View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Electronic archive of Tomsk Polytechnic University

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 Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части КЭС мощностью 400 МВт и расчет установившихся режимов работы энергосистемы

УДК 621.311.2.004.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Симавин Александр Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдин С.М.	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 И. И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
Общекультурные компетенции	
Р1	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.
Р2	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.
Р3	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.
Р4	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.
Р5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
Р6	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.
Общепрофессиональные компетенции	
Р7	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.
Р8	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.
Р9	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.
Р10	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.
Р11	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.
Р12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

Код результата	Результат обучения
Р13	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.
Р14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
Р16	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.
Специальные профессиональные компетенции *Профиль «Электрические станции»*	
Р7	Способностью моделировать режимы работы электроэнергетических станций и подстанций с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
Р8	Способностью определить параметры электрической станции; оценивать надёжность работы проектируемой станции.
Р9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
Р10	Способностью обеспечить соблюдение рассчитанных параметров при строительстве станции, отладке релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
Р11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке электрической станции и включении её в электроэнергетическую систему.
Р12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
Р13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
Р14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств на электростанции. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования электростанции.
Р15	Способностью к обслуживанию устройств автоматики на электростанциях; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации оборудования энергообъекта.
Р16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

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

Институт _____Энергетический_____
Направление подготовки (специальность)__Электрические станции
Кафедра _____Электроэнергетических систем_____

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Симавин Александр Сергеевич

Тема работы:

Проектирование электрической части КЭС мощностью 400 МВт и расчет установившихся режимов работы энергосистемы	
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.).*	*Объект проектирования – конденсационная электростанция. Исходными данными являются структурная схема КЭС, число и мощность турбогенераторов, нагрузка на РУ ВН и РУ СН, данные по линиям связи энергообъекта с энергосистемой, данные по энергосистеме.*
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).*	*В ВКР будет спроектирована электрическая часть КЭС мощностью 400 МВт, рассчитан и отбалансирован установившийся режим работы энергосистемы, а также исследован самозапуск электродвигателей собственных нужд.* *Дополнительными разделами, подлежащими разработке, являются финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	*1. Структурно-принципиальная схема;* *2. Электрическая схема с собственными нуждами*

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	Юдин Святослав Михайлович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
5А2Б	Симавин Александр Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 119 страниц, 15 рисунков, 67 таблиц, 11 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: конденсационная электростанция, установившийся режим, короткое замыкание, самозапуск, собственные нужды.

Объектом проектирования является КЭС общей мощностью 400 МВт.

Цель работы – проектирование станции, выбор электрооборудования, исследование режимов работы КЭС, расчет установившихся режимов работы энергосистемы, исследование самозапуска электродвигателей собственных нужд, расчет себестоимости проекта, выявления опасных и вредных производственных экологических факторов, средств защиты от них и исследовании предельно допустимых норм.

Исследование самозапуска электродвигателей собственных нужд и расчет установившихся режимов работы энергосистемы проводились на базе конфигурации и параметров сети промышленной программы «MUSTANG».

Спроектированная станция выполняет всем требованиям предъявляемым нормативными документами. Выбранное оборудование производится на заводах России занимающихся проектированием силового оборудования.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращения:

Электроэнергетическая система – электрическая часть энергосистемы и питающиеся от неё приёмники электрической энергии, объединённые общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии;

Короткое замыкание – электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу;

Собственные нужды электростанции – комплекс вспомогательного электрического оборудования электростанции, обеспечивающего бесперебойную работу её основных агрегатов;

Самозапуск – восстановление нормальной работы электродвигателей ответственных механизмов без участия персонала после кратковременного нарушения электроснабжения;

Установившийся режим работы энергосистемы – режим работы энергосистемы, при котором параметры режима могут приниматься неизменными;

ЭЭС – электроэнергетические системы;

ТЭС – тепловая электростанция;

КЭС – конденсационная электростанция;

ВН – высокое напряжение;

СН – среднее напряжение;

НН – низкое напряжение;

Г – генератор;

РУ – распределительное устройство;

АТ – автотрансформатор;

Л – линия;

КЗ – короткое замыкание.

Содержание

Введение 11

1. Проектирование электрической части КЭС мощностью 400 Мвт 12

1.1 Исходные данные для КЭС 12

1.2. Описание структурной схемы 13

1.3. Выбор типа турбогенераторов 14

1.4. Общий баланс мощностей 15

1.5. Расчет продолжительных режимов КЭС 17

1.6. Выбор трансформаторов и автотрансформаторов 21

1.7. Полное описание варианта и расчетного присоединения 22

1.8. Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей 27

1.8.1 Расчетные условия по продолжительным режимам работы 27

1.8.2. Расчётные условия по режимам коротких замыканий 28

1.9 Выбор коммутационных аппаратов в цепях выбранного расчетного присоединения 33

1.9.1. Выбор выключателей 33

1.9.2. Выбор разъединителей 36

1.10 Выбор токоведущих частей цепей расчетного присоединения 38

1.11 Описание формы оперативного управления электрической частью объекта. Проектирование измерительной подсистемы 40

1.12 Проектирование измерительной подсистемы 41

1.12.1. Выбор измерительных трансформаторов тока 44

1.12.2. Выбор измерительных трансформаторов напряжения 47

2. Расчет установившихся режимов работы энергосистемы 48

2.1 Исходные данные 48

2.2 Типы и параметры электродвигателей собственных нужд..... 51

2.3. Выбор схемы собственных нужд..... 52

2.4 Расчет установившегося режима..... 54

2.4.1 Расчет установившегося режима через рабочий ТСН..... 55

2.4.2. Расчет установившегося режима через ПРТСН..... 63

2.5. Ввод параметров элементов энергосистемы для расчета переходных процессов..... 69

2.6. Ввод данных модели асинхронного двигателя..... 70

2.7. Проверка самозапуска двигателей собственных нужд..... 71

2.7.1 Короткое замыкание на маломощном электродвигателе..... 72

2.7.2 Короткое замыкание на секции с.н. (шина 7)..... 72

2.7.3.Короткое замыкание внутри ТСН при срабатывании дифференциальной защиты этого трансформатора..... 73

2.7.4. Короткое замыкание внутри ТСН при отказе дифференциальной защиты и срабатывании МТЗ на стороне ВН..... 74

3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... 77

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... 77

3.1.1. Анализ конкурентных технических решений..... 77

3.1.2. SWOT-анализ..... 79

3.2. Планирование научно-исследовательских работ..... 81

3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования..... 81

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ..... 83

3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования..... 84

3.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)..... 86

3.2.5. Формирование бюджета затрат НТИ..... 90

3.3. Ресурсоэффективность 90
4. Социальная ответственность..... 95
Введение..... 95
4.1. Описание рабочего места электромонтёра на КЭС..... 96
4.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов..... 97
4.3. Производственная санитария..... 97
4.3.1. Оптимальные условия микроклимата..... 99
4.3.2. Допустимые условия микроклимата..... 99
4.3.3. Производственная вентиляция. 100
4.3.4. Отопление 100
4.3.5. Освещение..... 101
4.3.6. Электромагнитные поля 103
4.3.7. Шум 104
4.4. Охрана окружающей среды на предприятии 105
4.4.1. Охрана атмосферного воздуха от загрязнений 106
4.4.2. Охрана поверхностных вод от загрязнения..... 107
4.4.3. Охрана окружающей среды при обращении с отходами..... 108
4.5. Пожарная безопасность. Меры по предотвращению пожара..... 109
Заключение 111
Список используемой литературы 113
Приложение А. Схема энергосистемы с с.н. 115
Приложение Б. Схема замещения энергосистемы с с.н. 116
Приложение В. Графики для опытов коротких замыканий 117
Приложение Г. График Ганта 119

Введение

Конденсационные электростанции, наравне с тепловыми электростанциями, занимают лидирующие позиции по выработке электроэнергии не только в России, но и во всём мире. Отличительными особенностями КЭС являются удаленность от потребителей электроэнергии, что определяет в основном выдачу мощности на высоких и сверхвысоких напряжениях, и блочный принцип построения электростанции.

Актуальность проектирования КЭС заключается в том, что их мощность обычно такова, что может обеспечить электроэнергией крупный район страны, где в большинстве случаев присутствует дефицит электроэнергии. Это является положительным фактором для снабжения потребителей в сильно удаленных и труднодоступных местах, а так же тех потребителей вблизи которых сооружение электростанции экономически крайне не выгодно.

Также в настоящее время расчет установившихся режимов электроэнергетической системы (ЭЭС) является часто решаемой задачей. При проектировании ЭЭС расчет установившихся режимов осуществляется с целью выбора и уточнения параметров проектируемой системы. В процессе эксплуатации подобные расчеты позволяют оперативно управлять, а также прогнозировать работу ЭЭС. При этом производится оценка допустимости режима по условиям обеспечения нормальной работы оборудования и определение режимов, оптимальных по технико-экономическим критериям. Задача расчета установившихся режимов ЭЭС сводится к определению совокупности параметров, характеризующих работу системы: напряжений в различных точках системы, токов в её элементах, потоков мощности и потерь мощности и т.д.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Симавин Александр Сергеевич

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	Оклад руководителя - 27842,35 руб. Оклад инженера - 15675,95 руб.
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	Премиальный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. *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:	
1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	-Анализ конкурентных технических решений; - *SWOT – анализ*
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; - амортизационные отчисления.
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	- Определение ресурсоэффективности исследования
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*:	
1. *Оценочная карта конкурентных технических решений Матрица SWOT* 2. *График Ганта*	

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	Симавин Александр Сергеевич		

3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

3.1.1. Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела является определение экономической целесообразности разработки релейной защиты и автоматики КЭС мощностью 400 МВт. Рассматриваемой частью будет являться защита блока трансформатора собственных нужд, отходящего от блока генератор-трансформатор с мощностью генератора 200 МВт.

В данном разделе будут рассмотрены следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала внедрения данной методики;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной эффективности исследования.

С учетом всех данных задач необходимо сформировать структуру выполнения данного проекта, провести необходимые расчеты и сделать соответствующие выводы.

Защита трансформатора собственных нужд выполнена с помощью шкафа защит трансформатора ШЗТ-МТ-022-02-01, данный вид защиты блока принадлежит компании НТЦ «Механотроника». Также защита блока трансформатора собственных нужд может быть выполнена с помощью шкафа защит трансформатора БРЕСЛЕР Ш2100 14.536, данный вид защиты блока принадлежит компании ООО «ИЦ «Бреслер».

В связи с этим необходимо провести экспертную оценку и убедиться в том, что шкаф защит трансформатора ШЗТ-МТ-022-02-01 наиболее предпочтительным вариантом.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении.

Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (таблица 3.1).

Оценка будет происходить по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Экспертная оценка будет происходить по техническим и экономическим критериям.

Таблица 3.1 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**		**Конкурентоспособность**	
		ШЗТ-МТ-022-02-01	Ш2100 14.536	ШЗТ-МТ-022-02-01	Ш2100 14.536
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Надежность	0,12	5	5	0,6	0,6
2. Уровень шума	0,01	3	2	0,03	0,02
3. Помехоустойчивость	0,10	5	4	0,5	0,4
4. Удобство в эксплуатации	0,09	5	5	0,45	0,45
5. Безопасность	0,095	5	5	0,475	0,475
6. Функциональная мощность	0,08	5	3	0,4	0,24
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,095	5	4	0,475	0,38
8. Возможность подключения к ЭВМ	0,10	5	5	0,5	0,5

Продолжение таблицы 3.1

Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,10	3	4	0,3	0,5
2. Конкурентоспособность продукта	0,10	4	4	0,4	0,4
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	5	5	0,55	0,55
Итого	**1**	**50**	**46**	**4,68**	**4,515**

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$К = \sum В_i \cdot Б_i = 0,12 \cdot 5 = 0,6$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$В_i$ – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – балл i-го показателя.

В ходе проведения данного анализа было выявлено, что шкафы релейной защиты типа ШЗТ-МТ-022-02-01 производителя НТЦ «Механотроника» являются наиболее предпочтительными по сравнению со своими конкурентами. Наиболее выгодно и эффективно при проектировании защиты будет использование шкафов данного типа.

3.1.2. SWOT-анализ

Сначала выявим сильные и слабые стороны проекта, а так же его возможности и угрозы, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень

Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны 1) Высокая надежность работы; 2) Большой срок службы; 3) Отсутствие вреда для окружающей среды; 4) Удобство в настройке и использовании шкафа; 5) Высокая функциональная мощность	**Слабые стороны** 1) Высокая стоимость шкафа; 2) Требование к высокой квалификации персонала для работы со шкафом; 3) Для подключения к ЭВМ требуются старые операционные системы; 4) Высокий уровень шума при работе шкафа; 5) Требуются отдельные цепи оперативного тока для подключения измерительных органов
Возможности 1) Внедрение улучшение на базе данного шкафа; 2) Увеличение функциональной мощности; 3) Улучшение и обновление программного обеспечения; 4) Возможность замены более дорогостоящих шкафов данными моделями; 5) Увеличение спроса на данный тип шкафов	1) Благодаря своим высоким характеристикам данные шкафы имеют высокую надежность работы и большой срок службы, тем самым принесут прибыль, со временем полностью окупившись; 2) Большой срок эксплуатации, позволит экономить на покупке новых шкафов, а подтолкнет к улучшению характеристик данных шкафов	1) Из-за высокой стоимости шкафов возможен отказ инвесторов от финансирования для покупки, но при покупке привлечет; 2) Для сохранности и правильной эксплуатации шкафов потребуется обучение и повышение квалификации персонала; 3) Для более удобной работы возможно увеличение финансирования для улучшения и обновления программного обеспечения
Угрозы 1) Высокий уровень конкуренции среди производителей шкафов; 2) Снижение уровня финансирования на покупку шкафов в связи с экономической ситуацией в стране; 3) Отказ от закупки новых видов шкафов; 4) Возможная, дополнительная государственная сертификация шкафов; 5) Возможность закрытия фирмы-изготовителя из-за экономической ситуации	1) Из-за дополнительной государственной сертификации инвесторы могут привлечь дополнительные средства на совершенствование старых технологий; 2) Обладая долгим сроком эксплуатации, высокой надежностью и чувствительностью к авариям, данный шкаф выглядит предпочтительнее своих конкурентов	1) Использование данных шкафов на старых операционных системах может привести к отказу от покупки, это и должно стимулировать к финансированию в сторону улучшений; 2) Высокая стоимость шкафов также может привести к отказу в покупке, но экономическая и политическая ситуация в стране позволит шкафам отечественного производства иметь определенные преимущества перед зарубежными конкурентами

Из проделанного анализа следует, что защиту трансформаторов собственных нужд следует выполнять на шкафах защит трансформатора ШЗТ-МТ-022-02-01. Достоинства данных шкафов релейной защиты превосходят недостатки, к тому же они имеют большие возможности по улучшению функционирования. Вышеизложенный анализ является примером, показывающим выгоду выбора шкафов защит трансформатора ШЗТ-МТ-022-02-01 компании НТЦ «Механотроника».

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1. 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 входят руководитель темы и инженер.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, произведем распределение исполнителей по видам работ. Полученные результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.3 – 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	Выбор направления исследований	Руководитель темы
			Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит РЗ	
	7	Расчет параметров РЗ	
	8	Планирование ликвидации аварийных режимов	
	9	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
	11	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы
Контроль и координирование проекта	12	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель темы
Разработка технической документации и проектирование	13	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	14	Выбор и расчёт конструкции	Руководитель темы
			Инженер
	15	Технико-экономические расчеты	Инженер
Оформление отчета но НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min\,i} + 2t_{max\,i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \approx 3 \text{ чел.-дн.}$$

где $t_{ожi}$ – 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.

Беря во внимание ожидаемые трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_р$, которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (руководителем и инженером). Данный способ вычисления необходим для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{р_i} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{3}{1} = 3 \text{ дня}$$

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.

3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Построение ленточного графика проведения научных работ в форме Ганта является одним из наиболее удобных и наглядных способов построений.

Диаграмма Ганта – это ленточная диаграмма, который представляет собой две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

Для более удобного построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{\text{кi.инж}} = T_{\text{рi}} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,48 = 4,44 \text{ дня};$$

$$T_{\text{кi.рук}} = T_{\text{рi}} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \text{ дня}$$

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

$T_{\text{рi}}$ – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 111 - 8} = 1,48;$$

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 58 - 8} = 1,22$$

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 $T_{\text{кi}}$ необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – 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		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	3	0	3	0	4	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	4	0	7	0	5,2	0	5,2	0	8
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
Календарное планирование работ по теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных	0	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	10
Предварительный выбор защит РЗ	0	5	0	7	0	5,8	0	5,8	0	9
Расчет параметров РЗ	0	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	7
Планирование ликвидации аварийных режимов	0	7	0	9	0	7,8	0	7,8	0	12
Расчет уставок защит	0	12	0	16	0	13,6	0	13,6	0	21
Оценка эффективности полученных результатов	2	0	6	0	3,6	0	3,6	0	5	0
Определение целесообразности проведения ОКР	1	0	3	0	1,8	0	1,8	0	3	0
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	7	0	10	0	7,8	0	7,8	0	10	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	7	0	9	0	7,8	0	7,8	0	12
Выбор и расчёт конструкции	5	7	8	10	6,2	8,8	6,2	8,8	8	14
Технико-экономические расчеты	0	5	0	7	0	5,8	0	5,8	0	9
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	0	8	0	12	0	9,6	0	9,6	0	15

График Ганта изображен на рисунке Г.1 приложения Г.

Таблица 3.5 – Итоговая таблица

	Кол-во дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	140
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	119
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	34

3.2.4. 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:

- 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.

Основная заработная плата

В данную тему включается заработная плата инженера и руководителя.

Основная заработная плата (руководителя, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_р$$

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

$Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 3.4);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для 5- дневной недели (инженер):

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{28\,105,2 \cdot 11,2}{213} = 1477,8 \text{ руб.},$$

Для 6- дневной недели (руководитель):

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{39950,5 \cdot 10,4}{247} = 1682,1 \text{ руб.},$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.:

Для руководителя:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р = 27842,35 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 54292,6 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_р = 15675,95 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30568,1 \text{ руб.}$$

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 (для города Томска);

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;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	**Руководитель**	**Инженер**
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	58+8	111+8
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48+5	24+10
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	213

Таблица 3.7 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб	$З_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	27842,35	0,3	0,2	1,3	39950,5	1682,1	25	42052,5
Инженер	15675,95	0,3	0,2	1,3	28105,2	1477,8	76,4	112903,9
Итого:								154956,4

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Определим дополнительную заработную плату:

Руководитель: $З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,12 \cdot 42052,5 = 5046,3$ (руб.),

Инженер: $З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,12 \cdot 112903,9 = 13548,5$ (руб.),

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величину отчислений во внебюджетные фонды определим как:

Руководитель: $З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (42052,5 + 5046,3) = 2465,8$ (руб)

Инженер: $З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (112903,9 + 13548,5) = 34268,6$ (руб)

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

На 2014 г. в соответствии с Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации (печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, и т.д.). Их величину определим как:

Руководитель: $З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{нр} = (42052,5 + 5046,3 + 2465,8) \cdot 0,16 = 7930,3$ (руб);

Инженер: $З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{нр} = (112903,9 + 13548,5 + 34268,6) \cdot 0,16 = 25715,4$ (руб)

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.2.5. Формирование бюджета затрат НТИ

Рассчитанная величина затрат научно-технического исследования 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.

Таблица 3.8 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Всего, руб.	Доля, %
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	154956,4	63,5
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18594,8	7,6
3. Отчисления во внебюджетные фонды	36734,4	15,1
4. Накладные расходы	33645,7	13,8
5. Бюджет затрат НТИ	**243931,3**	**100**

Исходя из полученных данных можно увидеть, что общие расходы на проектирование равны 1205849,7 руб. Наибольшие доли затрат пришлись на затраты по основной заработной плате исполнителей темы – 60,6%, затем на отчисления во внебюджетные фонды– 18,4% и накладные расходы – 13,7%. Наименьшие затраты – это затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы – 7,3%.

3.3. Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Большая точность	0,25	4
2. Надежность работы	0,25	5
3. Технические характеристики	0,2	5
4. Ремонтопригодность	0,15	4
5. Простота эксплуатации	0,15	4
Итого:	1	4,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,45$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,45 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет большое значение, при выполнении данного раздела. Его высокое значение говорит об эффективности использования научного исследования. Высокие баллы точности, надежности, удобства в применении, новизны, экономии времени позволяют судить о корректно выполненной разработке.

Заключение

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1) проведен анализ конкурентных технических решений, благодаря которому было выявлено, что шкафы релейной защиты типа ШЗТ-МТ-022-02-01 производителя НТЦ «Механотроника» являются наиболее предпочтительными;

2) SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. SWOT-анализа позволил показать выгоду выбора шкафов защит трансформатора ШЗТ-МТ-022-02-01 компании НТЦ «Механотроника».

3) при проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 140 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 119 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 34;

4) составлен бюджет научного исследования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 384,83 тыс.руб.;

5) проведенная оценка ресурсоэффективности, было получено 4,45 по 5-бальной шкале, что говорит об эффективности реализации данного научного исследования.