

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Релейная защита системного автотрансформатора 3х167 МВА 500/220/11 кВ, анализ и элементы проектирования

УДК 621,316,925,1:621,314,223,002,6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Чистяков Артем Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.В. Шмойлов	К.Т.Н.		

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.		

Томск – 2016г.

Планируемые результаты обучения ООП

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

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Чистякову Артему Николаевичу

Тема работы:

Релейная защита системного автотрансформатора 3х167 МВА 500/220/11 кВ, анализ и элементы проектирования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.16 №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	- Расчетная модель Тюменской энергосистемы, выполненная в ПК (программный комплекс) «АрмСРЗА». - Паспортные и расчётные данные основного электросетевого оборудования Тюменской энергосистемы. - Нормальная схема электрических соединений объектов электроэнергетики ПС Сибирская и смежных линий Тюменской энергосистемы.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Формирование района энергосистемы с точки зрения релейной защиты и автоматики. 2. Анализ исходных данных, принятие предварительных решений. 3. Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности (анализ, расчет). 4. Дистанционная защита (анализ, расчет).
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Нормальная схема электрических соединений исследуемого района ПС Сибирская и смежных линий Тюменской энергосистемы. 2. Схема замещения исследуемого района ПС Сибирская и смежных линий Тюменской энергосистемы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель кафедры менеджмента – Потехина Н.В.
Социальная ответственность	Старший преподаватель кафедры ЭБЖ – Романцов И.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шмойлов Анатолий Васильевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Чистяков Артем Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 86 с., 11 рис., 17 табл., 7 источников, 2 приложения, листов графического материала 2.

Ключевые слова: релейная защита и автоматика, район, уставка, чувствительность, микропроцессорный шкаф, линия.

Объектом проектирования является релейная защита и автоматика автотрансформатора 3х167 МВА 500/220/11кВ Тюменской энергосистемы.

Цель работы: проанализировать и спроектировать релейную защиту автотрансформатора 3х167 МВА 500/220/11 кВ.

Для достижения поставленной цели использованы расчетные методы, программный комплекс АРМ СРЗА с введенными базами данных Тюменской энергосистемы ТРДУ.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

Список принятых сокращений

РЗА – релейная защита и автоматика

ПС – подстанция

ЭЭС – электроэнергетическая система

КЗ – короткое замыкание

АТ – автотрансформатор

МТЗ – максимальная токовая защита

ДЗ – дистанционная защита

СТЗНП – ступенчатая токовая защита нулевой последовательности

ДТЗ – дифференциальная токовая защита

РЕФЕРАТ	9
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	10
ВВЕДЕНИЕ	13
1. ОПИСАНИЕ РАЙОНА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ (РЗА) ЗАДАННЫХ ОБЪЕКТОВ	14
2 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРИНЯТИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	16
2.1 Конфигурация, параметры схем элементов, установившихся режимов выбранного района энергосистемы.....	16
2.2 Принципы, виды и основные характеристики производимой фирмами аппаратуры РЗА.....	17
2.3 Принятие варианта решений по составу и номенклатуре РЗА заданных автоматизируемых объектов.....	20
2.4 Выбор измерительных трансформаторов.....	20
2.4.1 Выбор измерительных трансформаторов для высшей стороны АТ на ПС Сибирской.....	20
2.4.2 Выбор измерительных трансформаторов для средней стороны АТ на ПС Сибирской.....	20
3. СТУПЕНЧАТАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ (СТЗНП) ШЭ 2710 521	21
3.1 Подготовка данных по уставкам СТЗНП предыдущих линий первой и второй периферии.....	24
3.1.1 Расчет уставок I ступени СТЗНП линий второй периферии.....	24
3.1.2 Расчет уставок II ступени СТЗНП линий второй периферии.....	24
3.1.3 Расчет уставок I ступени СТЗНП линий первой периферии.....	25
3.1.4 Расчет уставок II ступени СТЗНП линии первой периферии.....	26
3.2 Расчет уставок и проверка чувствительности СТЗНП автотрансформатора 3х167 МВА 500/220/11 на ПС Сибирской.....	29
3.2.1 Расчет уставок 3 ступени СТЗНП автотрансформатора на высшей стороне.....	29
3.2.2 Расчет уставок IV ступени СТЗНП автотрансформатора на высшей стороне.....	30
3.2.3 Расчет уставок V ступени СТЗНП автотрансформатора на высшей стороне.....	31
3.2.4 Расчет уставок I ступени СТЗНП автотрансформатора на высшей стороне.....	32
4. ДЗ автотрансформатора ШЭ-2710 572 на стороне ВН	41
4.1 ДЗ направленная в автотрансформатор.....	41
4.2 ДЗ направленна в сеть высшего напряжения.....	43
4.3 ДЗ автотрансформатора ШЭ 2607 072 на средней стороне.....	47
4.3.1 ДЗ направленна в автотрансформатор.....	47
4.3.2 ДЗ направленна в сеть среднего напряжения.....	49
4.4 Продольная дифференциальная токовая защита автотрансформатора ШЭ 2710 544.....	52
4.4.1 Расчет уставки дифференциального тока срабатывания ДТЗ.....	55
4.4.2 Расчет уставки тока начала торможения ДТЗ.....	56
4.4.3 Расчет уставки тока торможения блокировки ДТЗ.....	56
4.4.4 Расчет уставки коэффициента торможения ДТЗ.....	57
4.4.5 Расчет уставки уровня блокировки по второй гармонике.....	58
4.4.6 Расчет уставки дифференциальной отсечки.....	59
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	60

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	60
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений	60
5.2 SWOT – анализ	62
5.3 Планирование научно-технического исследования	63
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	63
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	64
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	64
5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	68
5.4.1 Стоимость оборудования	68
5.4.2 Заработная плата исполнителей темы	68
5.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
5.4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	70
5.4.5 Определение затрат на осуществление проекта	71
5.5 Ресурсоэффективность	72
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	74
ВВЕДЕНИЕ	74
6.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	74
6.2 Опасные факторы проектируемой производственной среды	78
6.3 Охрана окружающей среды	78
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	80
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	86

Введение

В связи с быстротекущими процессами при коротких замыканиях (КЗ) в электрических сетях, необходимы автоматический контроль и ликвидация аварийной ситуации. Эту функцию выполняет релейная защита (РЗ). Ни один силовой элемент не может эксплуатироваться без РЗ, поэтому разработка РЗ для всех компонентов электроэнергетической системы (ЭЭС) является актуальной задачей.

В настоящее время в электроустановках используются устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) трех видов, которые отражают три поколения развития аппаратуры РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последний вид. При проектировании РЗА необходимо обращаться к более современным и перспективным микропроцессорным системам, а так же микроэлектронным устройствам.

В представленной работе поставлена задача проанализировать и спроектировать релейную защиту автотрансформатора 3хАОДЦТН-167000/500/220/11, расположенного на ПС Сибирской, объединяющей сети 220 и 500 кВ, отходящие на восток и на запад.

Для достижения поставленной цели использованы расчетные и графоаналитические методы, программный комплекс АРМ СРЗА с введенными базами данных Тюменской энергосистемы ТРДУ, пакет программ MS Office для оформления пояснительной записки, чертежей схем района и защит.

В ходе выполнения работы были выявлены следующие результаты и особенности.

При расчете ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности линии первой периферии «Сибирская – НВГРЭС» не прошла по чувствительности 1-ая ступень. Таким образом, было принято решение о нецелесообразности установки СТЗНП на эту линию. При расчете ступенчатых защит автоматизируемой линии и АТ, было выявлено, что зачастую ступенчатые защиты являются неэффективными, ввиду нечувствительности их ступеней. Так на защищаемом АТ на ПС Сибирской III ступень СТЗНП СН АТ оказалась нечувствительной и совсем ненужной. Логическим решением проблем нечувствительности ступенчатых защит является полная замена их на чувствительные дифференциальные. Но в условиях современной экономики это становится невозможным ввиду дороговизны нового оборудования.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Чистякову Артему Николаевичу

Институт	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр Направление/специальность	Электроэнергетика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады принимаются на основе тарифной сетки ТПУ. Затраты на оборудование учитываются по среднерыночному уровню цен.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент
2. 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 SWOT – анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- Составление плана работ - Определение трудоемкости работ - Построение диаграммы Ганта Бюджет затрат на проектирование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы; - затраты на амортизацию. Затраты на осуществление проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT-анализа
3. Календарный план-график проведения НИ
4. 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	Чистяков Артем Николаевич		
------	---------------------------	--	--

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В современном мире высокие требования выдвигают к техническим проектам исходя из их коммерческой ценности. Высокие показатели экономического потенциала проекта позволяют ему быть конкурентоспособным на рынке предложений. Это важно в первую очередь для разработчиков проекта, так именно они являются заинтересованными, в том, чтобы разработка не остановилась на стадии проекта, а осуществилась коммерциализация и дальнейшее ее развитие.

Важными факторами, влияющими на экономическую привлекательность проекта, в первую очередь являются бюджет, сроки выполнения разработки и техническое качество проекта. Проект должен отвечать всем техническим нормам, выдвигаемым к объекту исследования, но при этом должен быть нацелен на меньшую возможную цену его осуществления.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности реализации научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления, а так же сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Чтобы произвести оценку сравнительной эффективности научно-исследовательского проекта, а так же определить направления для её дальнейшего повышения, проведём анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсосбережения, ресурсоэффективности.

Данный анализ целесообразно проводить с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 1.

В данной работе рассматривается релейная защита линии, использующая реле фирмы «ЭКРА». Исходя из этого, целесообразно сравнить ее продукцию с конкурентами. Для сравнения возьмем продукцию компаний «SIEMENS» и «Schneider Electric».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
 B_i – вес показателя (в долях единицы);
 B_j – балл i -го показателя.

Таблица 5.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ЭКРА	SIEM	Sch. El	K _Э	K _S	K _{SE}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Помехоустойчивость	0,15	5	4	4	0,7 5	0,6	0,6
2. Надежность	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Предоставляемые возможности	0,2	5	5	4	1	1	0,8
4. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	5	2	0,4	0,5	0,2
5. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5	5	4	0,7 5	0,7 5	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	4	4	0,2 8	0,2 8	0,2 8
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	5	3	3	0,0 5	0,0 3	0,0 3
3. Финансирование научной разработки	0,02	4	4	4	0,0 8	0,0 8	0,0 8
4. Срок выхода на рынок	0,01	4	4	4	0,0 4	0,0 4	0,0 4
5. Наличие сертификации разработки	0,09	5	5	5	0,4 5	0,4 5	0,4 5
Итого	1				4,8	4,5 3	3,6 8

Из проведенного анализа конкурентных технических решений видно, представленного в таблице 1, видно, что продукция фирмы «ЭКРА» имеет явное преимущество над конкурентами. Данное превосходство объясняется рядом причин:

1. НПП «ЭКРА» обеспечивает техническую поддержку на всех стадиях: проектирование, производство, поставка, эксплуатация, включая шеф-наладку на объекте заказчика до включения энергоблока в сеть;

2. Заказчику предлагается готовое решение, в котором все особенности заказчика гибко конфигурируются опытными специалистами НПП «ЭКРА»;

3. В ценах на РЗА «ЭКРА» отсутствует скрытая стоимость в виде завышенных цен на обслуживание, дополнительные функции, протоколы, рабочие места, техническую поддержку и т.д.

Поэтому для реализации данного проекта выбираем продукцию фирмы «ЭКРА».

5.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты SWOT-анализа представляем в таблице 2.

Таблица 5.2.1 – Матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны: • Высокая надежность работы; • Большой срок службы; • Уменьшение затрат времени и наладки с контролем защит; • Высокая чувствительность к аварийным режимам; • Высокая функциональная мощность	Слабые стороны: • Высокая стоимость шкафа; • Для подключения шкафа к ЭВМ требуются старые операционные системы; • Требуется отдельные цепи постоянного тока для подключения измерительных трансформаторов. • Высокий уровень шума при работе шкафа
Возможности: • Внедрение улучшений на базе данного шкафа; • Увеличение функциональной мощности; • Улучшение и обновление программного обеспечения; • Возможность замены более дорогостоящих шкафов данными моделями; • 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 потребуются обучение и повышение квалификации персонала; 3) Для более удобной работы возможно увеличение финансирования для улучшения и обновления программного обеспечения
Угрозы: • Высокий уровень конкуренции среди производителей шкафов; • Снижение уровня финансирования на покупку шкафов в связи с экономической ситуацией в стране; • Отказ от закупки новых видов шкафов; • Возможная, дополнительная государственная сертификация шкафов; • 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

Как видно из проделанного SWOT–анализа, достоинства внедрения новых устройств релейной защиты на базе микропроцессорной техники превосходят недостатки, поэтому реализация данного проекта вполне возможна.

5.3 Планирование научно-технического исследования

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Успешная реализация научно-исследовательского проекта не возможна без планирования комплекса работ, которые предполагаются в ходе его осуществления. Планирование данного комплекса работ происходит в следующем порядке:

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

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, произведем распределение исполнителей по видам работ. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 5.3.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель проекта
			Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка исходных данных	Инженер
	6	Выбор и обоснование устанавливаемых защит	
	7	Проведение расчетов (установок РЗ)	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель проекта

Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель проекта
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел} - \text{дня},$$

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дня},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни.

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

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным построением ленточного графика проведения научных работ является построение в форме диаграммы Ганта.

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:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 5,2 \cdot 1,48 = 7,7 \approx 8 \text{ дней};$$

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 2,8 \cdot 1,22 = 3,41 \approx 4 \text{ дня}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведем в таблицу 4.

Таблица 5.3.3.1 – 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} , человек-дни		t_{max} , человек-дни		$t_{ожид}$, человек-дни					
	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	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
Подготовка исходных данных	0	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	10
Выбор и обоснование устанавливаемых защит	0	5	0	7	0	5,8	0	5,8	0	9
Проведение расчетов (уставок РЗ)	0	12	0	16	0	13,6	0	13,6	0	21
Оценка эффективности полученных результатов	0	4	0	6	0	4,8	0	4,8	0	7
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8	0	10	0	8,8	0	8,8	0	13	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	6	0	8	0	6,8	0	6,8	0	10
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	12

Таблица 5.3.3.2 – Календарный план-график проведения НТИ

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ									
				Фев- раль	Март			Апрель			Май		
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4										
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8										
3	Выбор направления исследований	Руководитель и инженер	4										
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2										
5	Подготовка исходных данных	Инженер	10										
6	Выбор и обоснование устанавливаемых защит	Инженер	9										
7	Проведение расчетов (установок РЗ)	Инженер	21										
8	Разработка блок-схемы, принципа лальной схемы	Инженер	10										
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель	13										
10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	7										
11	Составление пояснительной записки	Инженер	12										

 – руководитель – инженер

5.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.4.1 Стоимость оборудования

В данную статью не включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Стоимость оборудования заносится в таблицу 6.

Таблица 6 – Стоимость оборудования и ПО

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Программный ресурс АРМ СРЗА	1	681 400	681 400
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 499	3 499
3	Персональный компьютер	1	35 000	35 000
4	Принтер	1	8 200	8 200

В связи с длительностью использования, стоимость программного обеспечения учитывается с помощью амортизации, на остальное оборудование амортизация не начисляется, поскольку его стоимость менее 40 тыс.р.

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot \text{Ндней использования}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{681400 \cdot 99}{5 \cdot 365} = 36963,6 \text{ руб}$$

5.4.2 Заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается заработная плата научных и инженерно-технических работников.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

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

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл.4);

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

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $З_{\text{тс}}$);

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

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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

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

Месячный должностной оклад руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23264 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 48389,12 \text{ руб.};$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 14584 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 30334,72 \text{ руб.};$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

для пяти дневной недели (инженер):

$$З_{\text{он}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}} = \frac{30334,72 \cdot 11,2}{213} = 1595,065 \text{ руб.},$$

для шести дневной недели (руководитель):

$$З_{\text{он}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}} = \frac{48389,12 \cdot 10,4}{247} = 2037,437 \text{ руб.},$$

Таблица 5.4.2.1 – Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{\text{тс}}$), руб.	23264	14584
Премиальный коэффициент ($k_{\text{пр}}$)	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок ($k_{\text{д}}$)	0,3	

Районный коэффициент (k_p)	1,3	
Месячная заработная плата ($З_m$), руб.	48389,12	30334,72
Среднедневная заработная плата работника ($З_{дн}$), руб.	2037,437	1595,065
Продолжительность выполнения данного проекта (T_p), раб. Дни	15	52
Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта ($З_{осн}$), руб	30561,555	82943,38
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($З_{доп}$), руб	3973,002	10782,59
Итого, руб	34534,552	93725,97
Сумма, руб	128260,522	

5.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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 (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом 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 2016 году вводится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды представляем в табличной форме (табл. 8).

Таблица 5.4.3.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер.
Заработная плата, руб.	34534,552	93725,97
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.271	
Итого, руб	9358,864	25399,738
Сумма, руб	34758,602	

5.4.4 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Величина затрат научно-технического исследования является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 5.4.4.1 –Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	руб.	Доля, %
1.Амортизационные отчисления	36963,6	13,526
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	35600	13,027
3.Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	113504,935	41,535
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14755,592	5,4
4.Отчисления во внебюджетные фонды	34758,602	12,719
5.Накладные расходы	37693,237	13,793
6.Бюджет затрат НТИ	273275,966	100

Из проведенных расчетов видно, что основные затраты идут на выплату заработной платы работникам.

5.4.5 Определение затрат на осуществление проекта

Расчет затрат на оборудование и монтаж

Стоимость оборудования, монтажных работ (при приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены).

Таблица 5.4.5.1– Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Ед.из м	Кол -во	Сметная стоимость (тыс. руб.)
Шкаф защиты автотрансформатора ШЭ2710 542	шт.	1	2500
Шкаф защиты автотрансформатора ШЭ2710 544	шт.	1	2700
Доставка	-	-	780
Монтаж	-	-	780

$$K_{об} + K_{монт} + K_{дост} = 5200 + 780 + 780 = 6760 \text{ тыс. рублей}$$

5.5 Ресурсоэффективность

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

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

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 11.

Таблица 5.5.1 – 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.

В ходе выполнения данного раздела был проведен анализ конкурентных технических решений, благодаря которому было выявлено, что шкафы релейной защиты фирмы «ЭКРА» являются наиболее предпочтительными.

SWOT–анализ, показал, что достоинства внедрения новых устройств релейной защиты на базе микропроцессорной техники превосходят недостатки, поэтому реализация данного проекта вполне возможна.

Исходя из возможности реализации проекта, был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера,

позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Общее количество дней, в течение которых работал инженер, составило 79 дней, для руководителя – 21 день.

Следующим этапом для оценки затрат на реализацию проекта был составлен бюджет научного исследования, который составил 273275,966 руб. Большая часть бюджета приходится на выплату заработной платы (46,935%)

При проведении оценки ресурсоэффективности, было получено 4,45 по 5-и бальной шкале, что говорит об эффективности реализации данного научного исследования.