

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

---

Институт ЭНИН

Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Проектирование релейной защиты и автоматики района линии 220 кВ ПС «Тульская» – «Новосибирская ГЭС» Новосибирской энергосистемы

УДК 621.316.925.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Сафонов Владимир Сергеевич		

Руководитель

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

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

Код результата	Результат обучения
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Сафонову Владимиру Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование релейной защиты и автоматики района линии 220 кВ ПС «Тулинская» – «Новосибирская ГЭС» Новосибирской энергосистемы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.17 497/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p>Электрическая схема Новосибирской энергосистемы. База данных ПК АРМ СРЗА Новосибирской энергосистемы. Исследуемая линия – линия 220 кВ ПС Тулинская – НГЭС.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Работа заключается в расчете параметров релейных защит и применение УШР и КБ, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выборе измерительных трансформаторов;</li> <li>– расчете уставок срабатывания дистанционной защиты;</li> <li>– расчете уставок срабатывания ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности;</li> <li>– расчете уставок срабатывания ступенчатой токовой защиты;</li> <li>– применение КБ и УШР для стабилизации напряжения на ПС Тулинская 220 кВ.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Электрическая схема исследуемого района линии. Схемы цепей оперативного тока и подключения терминала к измерительным устройствам. Характеристики срабатывания ДЗ.</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.02.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Шестакова Вера Васильевна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А3А	Сафонов Владимир Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Сафонову Владимиру Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов проекта): 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»: Инженер – 17000 руб; Руководитель – 31000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 15%; Коэффициент дополнительной заработной платы 13%; 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 проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета проекта	Формирование плана и графика проекта: - Определение структур работ; - Определение трудоемкости работ; - Разработка диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта сравнения конкурентных решений	
2. Матрица SWOT- анализа	
3. График Ганта	
4. Бюджет затрат НТИ	

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
5А3А	Сафонову Владимиру Сергеевичу		

# **ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А3А	Сафонову Владимиру Сергеевичу

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

## **Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. <i>Описание рабочего места</i>	Рабочее место представляет собой помещение, внутри которого находятся пользовательские компьютеры, офисное оборудование, шкафы с различной документацией.
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. №123; Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 г. №426.

## **Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</i>	<p><b>Климатические условия:</b> Нормированные показатели микроклимата при работе инженера за компьютером должны соответствовать нормам для комфортной работы.</p> <p><b>Освещение:</b> Освещение на рабочем месте должно быть достаточно для производительной работы инженера.</p> <p><b>Шум:</b> Шум создающийся от компьютеров во время выполнения дипломной работы не должен превышать 50 дБ.</p> <p><b>Электромагнитные поля:</b> Электромагнитные поля, которые создают компьютеры во время работы не должны действовать на организм человека.</p>
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды</i>	Опасным фактором при работе за ЭВМ является поражение электрическим током, которое может возникнуть при прикосновении к токоведущим частям оказавшимся под напряжением.
3. <i>Охрана окружающей среды</i>	<p>Наибольший вред окружающей среде при работе в кабинете за ЭВМ наносят следующие факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- бытовой мусор;</li> <li>- отработанные люминесцентные лампы;</li> <li>- утилизация устаревшей офисной техники.</li> </ul>
4. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях</i>	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть в помещении – короткое замыкание проводки или пожар.

5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Социальные аспекты компенсации ущерба работнику
<b>Перечень графического материала:</b>	
Графические материалы к расчётному заданию	План эвакуации при возникновении пожара и других видов ЧС из кабинета, который является рабочем местом

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Сафонов Владимир Сергеевич		



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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования бакалавр

Кафедра ЭЭС

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.04.2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет дистанционной защиты</li> <li>– Расчет ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности</li> <li>– Расчет ступенчатой токовой защиты</li> <li>– Применение КБ и УШР</li> </ul>	
26.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	
23.05.2017	Социальная ответственность.	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шестакова Вера Васильевна	К.Т.Н		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов Алмаз Омурзакович	К.Т.Н		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 страниц, 19 рисунков, 20 таблиц, 23 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: Релейная защита, дистанционная защита, токовая отсечка, уставка срабатывания, коэффициент чувствительности, ТЗНП, УШР, КБ.

Объектом исследования является: Линия 220 кВ ПС Тулинская – НГЭС Новосибирской энергосистемы.

Цель работы – Моделирование противоаварийной автоматики и релейной защиты района.

В процессе исследования использовались расчетные программные комплексы: АРМ РЗА и «Mustang».

В результате исследования: Спроектирована релейная защита, базирующаяся на отечественной микропроцессорной аппаратуре. Рассчитанный комплекс защит отвечает основным требованиям, предъявляемым к релейной защите: селективность, быстродействие, чувствительность и надежность.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: класс напряжения 220кВ, длина линии 14,33 км.

Степень внедрения: Полученные результаты могут быть использованы при проектировании релейной защиты в региональном диспетчерском управлении Новосибирской энергосистеме.

Экономическая эффективность/значимость работы: улучшение качества и надежности релейной защиты линии.

В будущем планируется: замена электромеханического типа реле на микропроцессорное.

## Обозначения и сокращения

ДЗ	дистанционная защита
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
ЛЭП	линия электропередачи
МТЗ	максимальная токовая защита
СТЗНП	ступенчатая токовая защита нулевой последовательности
ЭВМ	электронно-вычислительная машина
ППБ	правила пожарной безопасности
ПС	подстанция
ЭЭС	электроэнергетическая система
РЗ	релейная защита
СанПиН	санитарные правила и нормы
ПУЭ	правила устройства электроустановок
ТН	трансформатор напряжения
ТО	токовая отсечка
ТТ	трансформатор тока
ГЭС	гидроэлектростанция
КБ	конденсаторная батарея
УШР	управляемый шунтирующий реактор

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	14
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	16
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРИНЯТИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ .....	17
1.1 Характеристика защищаемого объекта .....	17
1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит .....	17
1.3 Выбор аппаратной реализации релейной защиты .....	18
1.4 Выбор устройств релейной защиты .....	18
1.5 Выбор измерительных трансформаторов .....	19
2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ .....	23
2.1 Дистанционная защита .....	23
2.2 Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности .....	37
2.3 Токовая ступенчатая защита .....	45
3. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕ НА ПС ТУЛИНСКАЯ 110 кВ НОВОСИБИРСКОЙ ЭЭС .....	51
3.1 Общие сведения о регулировании напряжения в ЭЭС .....	51
3.2 Конденсаторные батареи (КБ) .....	52
3.3 Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) .....	55
4. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	62
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	62
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений .....	62
4.1.2 SWOT-анализ .....	64
4.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	66
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	66
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта .....	67
4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	72

4.3.1 Расчет материальных затрат .....	72
4.3.2. Расчет затрат на программное обеспечение.....	72
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы .....	73
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	75
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ..	75
4.3.6. Накладные расходы .....	75
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	76
4.4. Ресурсоэффективность .....	77
5.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	79
5.1 Анализ опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды .....	79
5.1.1 Вредные факторы производственной среды.....	79
5.2.2 Опасные производственные факторы.....	83
5.2 Охрана окружающей среды .....	84
5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	85
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	90
СПИСОК ИСОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	91
Приложение А .....	93
Приложение Б.....	94
Приложение В .....	95

## **ВВЕДЕНИЕ**

При проектировании и эксплуатации любой электроэнергетической системы приходится считаться с возможностью возникновения в ней повреждений и ненормальных режимов работы. Наиболее распространенными и в то же время наиболее опасными видами повреждений в них являются короткие замыкания. А одним из основных видов ненормальных режимов работы являются перегрузки.

Повреждения и ненормальные режимы работы могут приводить к возникновению в системе аварий, под которыми обычно понимаются вынужденные нарушения нормальной работы всей системы или её части, сопровождающиеся определенным недоотпуском энергии, недопустимым ухудшением её качества или разрушением основного оборудования.

В большинстве случаев развитие аварий может быть предотвращено автоматическим отключением повреждённого элемента, как правило при КЗ, от остальной, неповреждённой части системы при помощи выключателей, что является основным назначением релейной защиты.

Дополнительным назначением релейной защиты является необходимость её реагирования на опасные ненормальные режимы работы элементов системы. В зависимости от их вида и условий эксплуатации установки защита действует на сигнал или отключение выключателей тех элементов, отставлять которые на некоторое время в работе нежелательно или даже не допустимо, так как это может привести к возникновению аварий

В настоящее время в энергосистемах имеется значительное количество подстанций, с устройствами РЗА выполненными на устаревшей электромеханической релейной аппаратуре. Эта аппаратура физически изношена, ее характеристики значительно отстают от современных требований по точности, энергопотреблению, возможности работать в

экстремальных аварийных условиях. На данный момент целесообразно применять цифровые комплексы релейной защиты потому, что они компактны, удобны в эксплуатации и настройки, позволяют с высокой точностью проводить замеры электрических величин, фиксировать в реальном времени возникшие аварийные ситуации.

Целью данной работы является расчёт одного комплекта релейной защиты на микропроцессорном терминале, установленного со стороны ПС Тулинская для линии 220 кВ. Для расчёта будет использоваться программный комплекс АРМ РЗА, который позволяет быстро и точно рассчитать уставки релейной защиты, исключая ошибки, которые могут возникнуть при ручном расчёте.

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» отображает оценку реализации технического проекта, связанный с проектированием релейной защиты для линии 220 кВ. Рассматриваются организационно-технические вопросы, связанные со всеми видами работ исполнителей проекта.

В разделе «Социальная ответственность» производится оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, пожарной безопасности и охраны окружающей среды, которые могут возникнуть при выполнении выпускной квалификационной работы.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Релейная защита является одной из самых важных и ответственных частей автоматики, которая применяется в современных энергосистемах. Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [2]. Данные требования периодически пересматриваются в соответствии с современными тенденциями развития электроэнергетики. Но этот источник даёт нам только основные понятия.

Основные принципы алгоритма функционирования и выполнения устройств релейной защиты и автоматики изложены в трудах таких авторов как: Копьев В.Н. [1], Федосеев А. М., Федосеев М. А. [5].

Поскольку устройства РЗА непрерывно совершенствуются, то необходимо регулярно обновлять свои знания в этой области. Всю необходимую информацию публикуют производители на официальных сайтах, где представлена документация о новых разработках. Например, всю последнюю актуальную информацию о шкафах 2607 производителя ООО НПП «ЭКРА» можно узнать на их официальном сайте.

Основные алгоритмы расчёта уставок релейной защиты представлены в руководящих указаниях [6,8]. Но в наше время расчёт вручную слишком затруднителен, поскольку приходится тратить большое количество времени, а также повышенная вероятность совершить расчётные ошибки. Поэтому расчёт линии Новосибирской энергосистемы будет производиться в соответствии с указаниями, разработанными Шестаковой В.В. [7].

Раздел, посвященный финансовому менеджменту, был рассмотрен на основе работ Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. [13]

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности [14-23].



#### **4. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Реализация какого-либо проекта существенно зависит от экономической эффективности, привлекательности, будущего потенциала технологии. В настоящее время существует множество типов реализации релейной защиты и для того, чтобы проект был успешным необходимо выбрать самый современный, востребованный, технологически-развитый вариант исполнения релейной защиты.

Целью данного раздела является определение целесообразного разработки технического проекта, связанного с установкой релейной защиты на линии 220 кВ ПС Тулинская – НГЭС, с точки зрения финансового менеджмента, теории управления организацией и производством.

##### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

###### **4.1.1. Анализ конкурентных технических решений**

В данном разделе будет произведён анализ конкурентных технических решений наиболее распространённых на данный момент типов реле:

- Микропроцессорное;
- Аналоговое;
- Электромеханическое.

Сравнение поможет определить наиболее конкурентоспособный тип реле, который будет востребован на рынке, иметь направления развития в будущем, обладать всеми возможностями, которые необходимы для надёжной и эффективной работы в электроэнергетике.

Таблица 4.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>мпр</sub>	Б <sub>ан</sub>	Б <sub>э/м</sub>	К <sub>мпр</sub>	К <sub>ан</sub>	К <sub>э/м</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Точность измерения	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
2. Компактность	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
3. Безопасность	0,16	5	3	2	0,8	0,48	0,32
4. Надежность в работе	0,12	5	3	3	0,6	0,36	0,36
5. Возможность ремонта собственными силами	0,04	1	2	5	0,04	0,08	0,2
7. Функциональные возможности (например, вывод измеряемых величин)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
8. Простота эксплуатации	0,06	2	3	5	0,12	0,18	0,3
9. Эксплуатация в широком диапазоне рабочих температур	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
10. Возможность подключения к ПК	0,09	5	2	1	0,45	0,18	0,09
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
2. Цена установки	0,04	2	3	5	0,08	0,12	0,2
3. Стоимость обслуживания	0,03	2	3	4	0,06	0,09	0,12
4. Срок эксплуатации	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Необходимость обучения персонала	0,03	1	3	4	0,03	0,09	0,12
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>4,23</b>	<b>3,1</b>	<b>3,05</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Исходя из результатов анализа, микропроцессорное реле получило наивысший балл по сравнению с другими конкурентами ( $K=4,23$ ), следовательно, будем исследовать данный тип реле.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

В данном разделе будет произведён SWOT-анализ, который поможет определить:

- Сильные стороны и преимущества микропроцессорного реле, которые можно задействовать в стратегии его внедрения в отрасль электроэнергетики;
- Слабости и уязвимости микропроцессорного реле в конкурентной борьбе с другими типами реле;
- Благоприятные возможности для его развития;
- Риски и наиболее эффективные действия для защиты от них.

Таблица 4.1.2 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	С1. Простота в эксплуатации; С2. Высокая безопасность и надёжность во время работы; С3. Мало габаритные размеры; С4. Большой срок эксплуатации; С5. Высокая точность измерения; С6. Возможность вывести измеримые величины на дисплей ПК и шкафа РЗ.	Сл1. Высокая стоимость; Сл2. Необходимость обучения персонала; Сл3. Малая ремонтпригодность; Сл4. Большая подверженность к высоким и низким температурам.

Продолжение таблицы 4.1.2

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Развитие данной отрасли в России;  В2. Поддержка со стороны государства для развития технологий в данной отрасли;  В3. Появление спроса на продукт с передовыми технологиями;  В4. Возможность сотрудничества с мировыми передовыми компаниями;  В5. Привлечение молодых инженеров в развивающуюся отрасль.</p>	<p><b>Сильные стороны и возможности:</b></p> <p>Введение в структуру схему микропроцессорного реле, позволит продлить срок эксплуатации РЗ, повысить надежность защиты защищаемого объекта и привлечёт поддержку в развитии технологии со стороны государства, что позволит постоянно совершенствовать технологию микропроцессорной релейной защиты до высокого стандарта качества, сравнимое с мировыми производителями.</p>	<p><b>Слабые стороны и возможности:</b></p> <p>Введение нового технологически развитого оборудования, а именно микропроцессорного реле приведёт затратам на обучение и пере классификацию персонала, дополнительным затратам для проникновения данного типа реле на рынок.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии из-за экономически сложившейся ситуации в стране;  У2. Отсутствие стимула для переоборудования защищаемых объектов;  У3. Появление более технологически развитых конкурентных разработок.</p>	<p><b>Сильные стороны и угрозы:</b></p> <p>Внедрение микропроцессорного реле позволит уменьшить количество аварий, связанных с несрабатыванием релейной защиты, что приведёт к увеличению спроса на данный тип реле и появится стимул к переоборудованию ЛЭП, а также постоянное усовершенствование данного типа реле позволит сохранить лидирующие позиции на рынке.</p>	<p><b>Слабые стороны и угрозы:</b></p> <p>Большая стоимость оборудования, средства необходимые для обучения персонала могут привести к тому, что выделенного бюджета не хватит для переоборудования линий электропередач, что приведёт к отсутствию стимула для дальнейшей замены старых типов реле.</p>

Из анализа видно, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабых, следовательно, микропроцессорное реле имеет большие шансы конкурировать с остальными типами реле и занять лидирующее место на рынке.

## 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе определим, какие этапы работ нужно выполнить в НТИ, распределим заданные этапы работы между руководителем и инженером, установим продолжительность их выполнения.

Таблица 4.2.1 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Описание объектов первой и второй периферии защищаемой линии	Инженер
	5	Разработка структурной схемы защищаемого объекта	Инженер

Продолжение таблицы 4.2.1

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор типа исполнения защиты	Инженер
	7	Выбор устройств РЗиА	Инженер
	8	Расчет параметров РЗиА	Инженер
	9	Технико-экономические расчеты	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	10	Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды	Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

#### 4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта

В данном разделе определим трудоемкость работы инженера и руководителя и построим диаграмму Ганта, которая характеризует даты начала и окончания выполнения работ.

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 4.2.4.

Таблица 4.2.2 – Обозначение величин

Обозначение	Расшифровка	Единицы измерения
$t_{ожі}$	Ожидаемая трудоемкость выполнения $i$ -ой работы	чел.-дни
$t_{mini}$	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной $i$ -ой работы	чел.-дни
$t_{max i}$	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной $i$ -ой работы	чел.-дни
$T_{ki}$	Продолжительность выполнения $i$ -й работы в календарных днях	дни
$T_{pi}$	Продолжительность выполнения $i$ -й работы в рабочих днях	дни

Таблица 4.2.3 – Временные показатели проекта

Название  работы	Трудоёмкость работ						Длительность  работ в  рабочих  днях  $T_{pi}$	Длительность  работ в  календарных  днях  $T_{ki}$		
	$t_{min}$ ,  человеко  -дни		$t_{max}$ ,  человеко  -дни		$t_{ожсi}$ ,  человеко  -дни					
	Руковод.	Инженер	Руковод	Инженер	Руковод.	Инженер			Руковод.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		3	

Продолжение таблицы 4.2.3

Подбор и изучение материалов по теме		3		5		4		4		6
Календарное планирование работ по теме	1		2		2		2		4	
Описание объектов первой и второй периферии защищаемой линии		1		2		2		2		3
Разработка структурной схемы защищаемого объекта		2		3		3		3		4
Выбор типа исполнения защиты		1		2		2		2		3
Выбор устройств РЗиА		1		2		2		2		3
Расчет параметров РЗиА		4		5		5		5		7
Технико-экономические расчеты		2		3		3		3		4
Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды		2		3		3		3		4
Оценка эффективности полученных результатов	3		5		4		4		6	
Составление пояснительной записки		4		6		5		5		8



### Пример расчёта

Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

Продолжительность работы в рабочих днях:

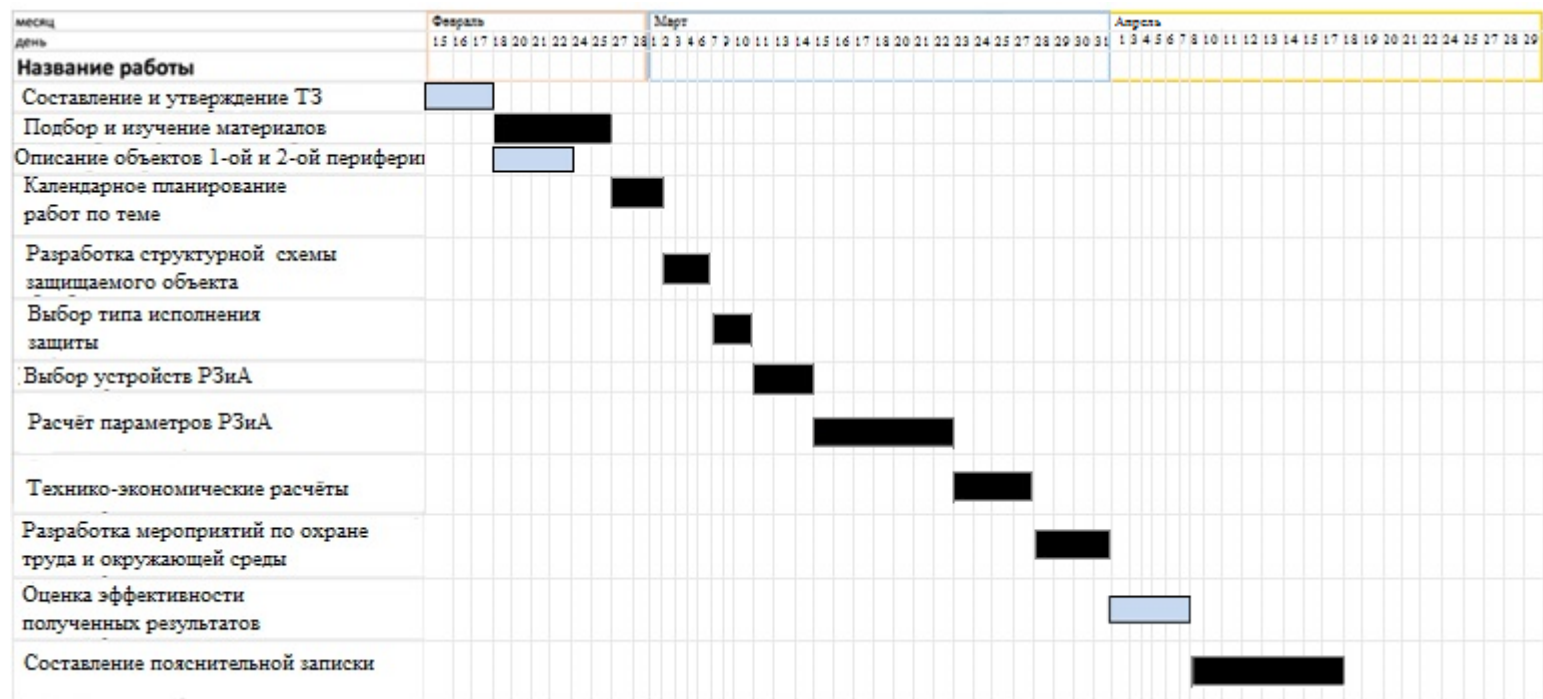
$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

Продолжительность работы в календарных днях:

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$



 - Руководитель

 - Инженер

Рисунок 4.2.1 – График Гант

### 4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат

При планировании бюджета НТИ необходимо учесть все виды расходов, связанных с его выполнением: материальные затраты, основная и дополнительная заработная плата работников, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

В таблице 4.3.1 представлены статьи материальных затрат, связанных с выполнением проекта.

Таблица 4.3.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага	упаковка	1	290	290
Ручки	штук	2	20	40
Карандаши	штук	2	7	14
Скоросшиватель	штук	1	9	9
<b>Итого:</b>				<b>353</b>

Затраты в таблице приведены на руководителя и инженера.

#### 4.3.2. Расчет затрат на программное обеспечение

Осуществим анализ необходимого оборудования, который потребуется для выполнения научного исследования.

Таблица 4.3.2 – Затраты на программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на оборудование, руб.
Программный комплекс АРМ СРЗА	штук	1	694 500	694 500
<b>Итого:</b>			<b>726 700</b>	

В общую стоимость проекта войдут отчисления на амортизацию за время использования этого оборудования конкретно в этом проекте. В затраты на амортизацию включаем оборудование стоимость которого превышает 40 тыс.руб, т.е. только программный комплекс АРМ РЗА.

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{Дней использ}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{694500 \cdot 20}{3 \cdot 365} = 12685 \text{ руб.}$$

#### 4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ и дополнительную заработную плату:

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

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

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

Основная заработная плата ( $З_{\text{осн}}$ ):

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

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{60450 \cdot 10,4}{237} = 2652,66 \text{ руб.},$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн

Таблица 4.3.3 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 31000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 60450 \text{ руб}$$

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

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 8.

Таблица 4.3.4 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ТС}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	31000	0,3	0,2	1,3	60450	2652,66	8	21221,28
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1454,68	29	42185,72
<b>Итого <math>Z_{\text{осн}}</math></b>								<b>63407</b>

#### 4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Руководитель:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,12 \cdot 21221,28 = 2546,56 \text{ руб}$$

Инженер:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,12 \cdot 42185,72 = 5062,29 \text{ руб}$$

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

#### 4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления идут на:

- государственное социальное страхование (ФСС);
- пенсионный фонд (ПФ);
- медицинское страхование (ФФОМС).

Руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (21221,28 + 2546,56) = 6441,1 \text{ руб}$$

Инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (42185,72 + 5062,29) = 12804,21 \text{ руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2017 году равен 27,1%.

#### 4.3.6. Накладные расходы

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

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} = (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб} + З_{м} + А) \cdot 0,16 = \\ &= (63407 + 7608,85 + 19245,31 + 353 + 12685) \cdot 0,16 = 16527,87 \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### 4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Подведём итог затрат на научно-исследовательский проект по разработке релейной защиты линии 220 кВ ПС Тулинская-НГЭС.

Таблица 4.3.5 – Бюджет затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1	Материальные затраты НТИ	353	0.295
2	Амортизация	12685	10.586
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	63407	52.916
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7608,85	6.35
5	Отчисления во внебюджетные фонды	19245,31	16.061
6	Накладные расходы	16527,87	13.793
	<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>119827,03</b>	<b>100</b>

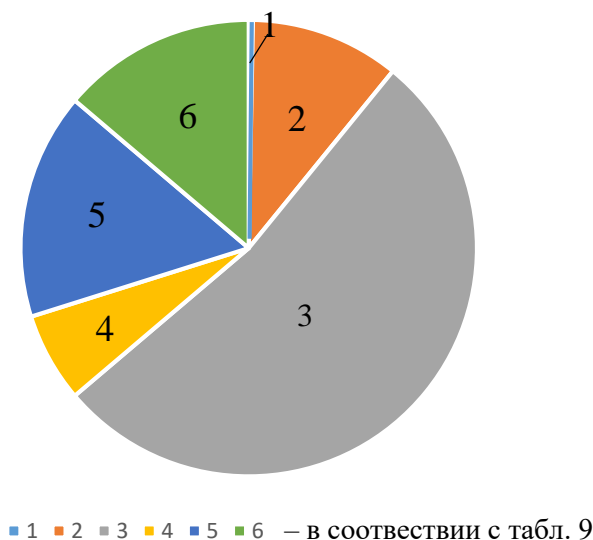


Рисунок 2 – Диаграмма затрат на НТИ

Наибольшей статьёй расходов оказалась зарплата (основная и дополнительная). Итоговая сумма необходимая на выполнение проекта составила 119,83 тыс. рублей.

#### 4.4. 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.

Таблица 4.4.1 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Высокая точность измерения	0,3	5
2. Безопасная и надёжная эксплуатация	0,25	5
3. Многофункциональность	0,13	5
4. Малые габариты	0,12	4
5. Высокий срок эксплуатации	0,20	4
Итого:	1	4,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,13 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 = 4,68$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,68 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.



В данной части выпускной квалификационной работы был произведён анализ конкурентоспособность технического решения, в результате которого наиболее выигрышным вариантом оказалось реле микропроцессорного типа, которое включает в себя новизну, высокую точность измерения, повышенную безопасность и надёжность в эксплуатации.

При выполнении SWOT-анализа были оценены сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности, которые в очередной раз подтвердили правильный выбор типа реле.

В следующей части был произведён расчёт количества дней, который был потрачен на выполнения ВКР: инженеру необходимо затратить 29 рабочих дней, а руководителю 8 рабочих дней. По результатам расчёта была построена диаграмма Ганта, которая графическим способом показала начало и конец выполнения одной части работы и когда нужно приступить к выполнению другой.

Заключаящим этапом являлся расчет бюджета проекта, который составил 119 827,03 руб. При этом основная часть затрат приходится на выплату заработной платы участникам проекта.

В ходе выполнения проекта были выбраны эффективные технико-экономические решения. Из интегрального показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что данный проект можно считать перспективным.