

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

---

Институт Энергетический институт  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электроэнергетические системы

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Анализ электрической части Беловской ГРЭС и релейная защита блока генератор-трансформатор</b>

УДК 621.316.925.1: 621.311.22 (571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Белоногова Валентина Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Космынина Н.М	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	К.Т.Н.		

## Планируемые результаты обучения по ООП

Планируемые результаты обучения Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
<b>Р 1</b>	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 2</b>	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 3</b>	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 4</b>	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 5</b>	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 6</b>	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
<b>Р 7</b>	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 8</b>	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

<b>Р 9</b>	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 10</b>	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 11</b>	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>Р 12</b>	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**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 ЭЭС

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
5А2А	Белоноговой Валентине Андреевне

Тема работы:

Анализ электрической части Беловской ГРЭС и релейная защита блока генератор-трансформатор.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 02.02.2016 г. № 653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016 г
--	--------------

**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>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Главная схема электрических соединений Беловской ГРЭС, на которой указано, что на электростанции установлены 6 турбогенераторов, работающих в режиме блока генератор-двухобмоточный трансформатор с генераторным выключателем. На Беловской ГРЭС имеются три распределительных устройства, это ОРУ 110 кВ, ОРУ 220 кВ, ОРУ 500 кВ.</li></ol>
<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>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Краткая характеристика защищаемого объекта;</li><li>2. Описание структурной схемы;</li><li>3. Описание оборудования установленного на ГРЭС;</li><li>4. Составление баланса мощностей;</li><li>5. Описание и расчет продолжительных режимов ГРЭС;</li><li>6. Выбор и обоснование видов и состава релейной защиты блока генератор-трансформатор;</li></ol>

	7. Расчет уставок защит.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема электрических соединений Беловской ГРЭС;</li> <li>2. Параметры оборудования Беловской ГРЭС;</li> <li>3. Результаты расчетов с помощью таблиц среды Excel;</li> <li>4. Программный расчет продолжительных режимов РУ СН 220 и РУ СН 110;</li> <li>5. Программный расчет продолжительных режимов РУ ВН 500 и РУ СН 220;</li> <li>6. Схема подключения релейной защиты блока генератор - трансформатор.</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

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

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	02.02.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Космынина Н.М.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Белоногова Валентина Андреевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 118 с., 24 рис., 21 табл., 17 источников, 6 прил.

Ключевые слова: Беловская ГРЭС, релейная защита блока генератор-трансформатор, структурная схема, электрическое оборудование, релейная защита, генератор, трансформатор.

Объектом исследования является Беловская ГРЭС мощностью 1200МВт.

Цель работы заключается в анализе электрической части Беловской ГРЭС (анализ структурной схемы, характеристики оборудования, расчет баланса мощностей и т.д.) и расчете релейной защиты блока генератор – двухобмоточный трансформатор.

Для достижения поставленной цели использованы расчетные и графоаналитические методы, вычислительные расчетные комплексы STCURRE, программа для расчета продолжительных режимов электростанции «Исследование структурных схем КЭС с автотрансформаторами связи», пакеты программ Mathcad, Excel, графический редактор MS Visio.

В процессе исследования проводились анализ структурной схемы и схемы электрических соединений распределительных устройств, расчет баланса мощности, анализ и расчет продолжительных режимов электростанции и расчет токов коротких замыканий. Так же выбор и расчет параметров релейной защиты блока генератор – двухобмоточный трансформатор.

В результате исследования проанализированы результаты расчетов баланса мощности, продолжительных режимов, токов короткого замыкания, описана структурная схема и схема электрических соединений распределительных устройств, описано электрическое оборудование электростанции, выбрана и рассчитаны уставки релейной защиты,

применяемой для защиты электрооборудования от токов короткого замыкания, а так же ненормальных режимов работы.

Экономическая эффективность/значимость работы экономическая оценка является одним из важных факторов для принятия решения о строительстве и целесообразности размещения любого объекта в заданной экономической зоне.

## Обозначения и сокращения

- ЭЭС – электроэнергетическая система;
- КЗ – короткое замыкание;
- ПС – подстанция;
- АТ – автотрансформатор;
- ДЗ – дистанционная защита;
- ШЭ – шкаф для энергетических объектов;
- РЗ – релейная защита;
- РЗА – релейная защита и автоматика;
- ТТ – трансформатор тока;
- ТН – трансформатор напряжения;
- НН – низшее напряжение;
- ВН – высшее напряжение;
- СН – среднее напряжение;
- КЭС – конденсационная электростанция;
- СТН – независимая тиристорная система возбуждения;
- РУ – распределительное устройство;
- МТЗ - максимальная токовая защита.

## Содержание:

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ БЕЛОВСКОЙ ГРЭС.....	5
1.1.История развития и современное состояние Беловской ГРЭС.....	5
1.2. Описание структурной схемы Беловской ГРЭС.....	6
1.3. Характеристика турбогенераторов.....	9
1.4. Характеристика силовых трансформаторов.....	12
1.5. Баланс мощностей электростанции.....	14
1.6. Описание и расчет продолжительных режимов.....	18
1.6.1. Описание продолжительных режимов.....	18
1.6.2. Расчет продолжительных режимов Беловской ГРЭС.....	18
1.6.3. Проверка автотрансформаторов связи.....	23
1.7. Расчет токов короткого замыкания.....	26
Глава 2. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА БЛОКА ГЕНЕРАТОР – ДВУХОБМОТОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР.....	29
2.1. Общие сведения о релейной защите.....	29
2.2. Выбор устройств релейной защиты и автоматики.....	30
2.2.1. Виды повреждений и аномальных режимов генератора.....	30
2.2.2. Виды повреждений и аномальные режимы работы трансформаторов.....	33
2.3. Выбор защит для блока генератор – двухобмоточный трансформатор.....	35
2.4. Планирование расчетных аварийных процессов.....	37
2.5. Расчет параметров срабатывания защит генератора.....	46
2.5.1. Поперечная дифференциальная защита.....	46
2.5.2. Продольная дифференциальная защита.....	47
2.5.3. Дистанционная защита.....	49
2.5.4. Защита обратной последовательности.....	50

2.5.5. Защита от замыканий на землю в обмотке статора.....	52
2.5.6. Защита от симметричных перегрузок обмотки статора.....	53
2.5.7. Защита от потери возбуждения.....	54
2.5.8. Защита от перегрузки цепей возбуждения.....	55
2.5.9. Защита от замыканий на землю в обмотке ротора.....	56
2.6. Расчет параметров срабатывания защит трансформатора.....	57
2.6.1. Газовая защита.....	57
2.6.2. Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора.....	57
2.6.3. Токовая защита нулевой последовательности от токов внешнего замыкания на землю.....	59
2.6.4. Защита от перегрузки.....	60
2.6.5. Максимальная токовая защита.....	60
2.7. Расчет параметров защит трансформатора собственных нужд.....	61
2.7.1. Газовая защита.....	61
2.7.2. Дифференциальная защита трансформатора.....	61
2.7.3. Максимальная токовая защита.....	63
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	64
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	65
3.1. Анализ конкурентных технических решений.....	65
3.2. SWOT-анализ.....	68
3.3. Планирование научно технического исследования.....	70
3.4. Определение трудоемкости выполнения работ.....	72
3.5. Разработка графика проведения научного исследования.....	74
3.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	78

3.6.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	78
3.6.2. Основная заработная плата исполнителей.....	79
3.6.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	81
3.6.4. Формирование затрат научно-исследовательского проекта.....	82
3.7. Ресурсоэффективность.....	83
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	85
4. Социальная ответственность .....	87
Введение.....	87
4.1. Описание рабочего места электромонтера релейной защиты и автоматики.....	88
4.2. Анализ вредных и опасных факторов.....	89
4.3. Выявленные вредные факторы проектируемой производственной среды.....	90
4.3.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	90
4.3.2. Превышение уровней шума.....	92
4.3.3. Превышение уровней вибрации .....	93
4.3.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	94
4.3.5. Повышенный уровень напряженности электромагнитного поля.....	95
4.4. Опасные факторы проектируемой производственной среды.....	97
4.4.1. Электробезопасность.....	97
4.4.2. Пожарная безопасность.....	99
4.5. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	100
4.6. Охрана окружающей среды.....	102
4.7. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	104
4.8. Требования к деятельности организации в области социальной ответственности....	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106
Список используемых источников.....	108

Приложение А	Схема электрических соединений Беловской ГРЭС.....	110
Приложение Б	Параметры оборудования Беловской ГРЭС.....	111
Приложение В	Результаты расчетов с помощью таблиц среды Excel.....	112
Приложение Г1	Программный расчет продолжительных режимов РУ СН 220 и РУ СН 110.....	114
Приложение Г2	Программный расчет продолжительных режимов РУ ВН 500 и РУ СН 220.....	115
Приложение Д	Схема релейной защиты блока генератор-двухобмоточный трансформатор.....	116

## **ВВЕДЕНИЕ**

Задачей данного дипломного проекта является описание и анализ электрической части Беловской ГРЭС, а так же выбор и расчет защиты блока генератор – двухобмоточный трансформатор.

Беловская ГРЭС является одной из важных составляющих Кузбасской энергосистемы. Она обеспечивает теплом и электроэнергией практически треть Кемеровской области, в том числе и такие крупные города, как Кемерово и Новокузнецк.

Анализ электрической части ГРЭС будет основываться на описании ее структурной схемы, характеристик установленного основного оборудования (генераторов и трансформаторов), а так же на анализе и расчете продолжительных режимов и баланса мощности электростанции.

При проектировании и дальнейшей эксплуатации любой электроэнергетической системы приходится учитывать возможность возникновения в ней различных повреждений и ненормальных режимов работы.

В свою очередь, повреждения и аномальные режимы работы могут привести к ряду аварий, вследствие которых возникает недоотпуск энергии потребителям, недопустимое ухудшение ее качества или же разрушение основного оборудования.

Предотвращение возникновения аварий или их развития при повреждениях в электрической части энергосистемы часто может быть обеспечено путём быстрого отключения повреждённого элемента.

Очевидно, что дежурный персонал не в состоянии в требуемое малое время выявить повреждённый элемент и дать сигнал на отключение его выключателей. Поэтому электрические установки снабжаются автоматически действующими устройствами – релейной защитой, осуществляющей защиту от повреждений и некоторых ненормальных режимов работы.

Для обеспечения бесперебойной работы и надежной защиты оборудования от повреждений и ненормальных режимов работы будет

выбрана релейная защита для блока генератор-двухобмоточной трансформатор.

Для достижения поставленных целей использованы расчетные и графоаналитические методы, программный комплекс GTCURR, программа для расчета продолжительных режимов электростанции «Исследование структурных схем КЭС с автотрансформаторами связи», разработанная на кафедре электроэнергетических систем ЭНИН ТПУ, пакет программ MS Office для оформления пояснительной записки.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Белоноговой Валентине Андреевне

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Электроэнергетика и электротехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады были приняты в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер страховых взносов 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	Планирование: - определение структуры работ; - определение участников каждой работы; - установление продолжительности работ; - построение графика проведения НИ; Формирование бюджета затрат НИ: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсной эффективности исследования

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT-анализа
3. Календарный план-график Ганта
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
5A2A	Белоногова Валентина Андреевна		

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **3.3 Анализ конкурентных технических решений**

Данный раздел ВКР посвящен оценке экономической целесообразности проведения научного исследования. Для этого необходимо провести анализ и оценку конкурентоспособности предлагаемого технического решения, осуществить планирование работ, рассчитать бюджет научного исследования, а также определить ресурсоэффективность.

Для качественного и своевременного проекта установки релейной защиты на блок генератор-трансформатор одним из важных этапов является детальный анализ конкурирующих разработок, которые существуют на рынке. Такой анализ необходимо проводить систематически, поскольку рынки не стоят на месте, а пребывают в постоянном движении.

Составим оценочную карту, в которой произведем оценку ресурсоэффективности с использованием технических и экономических критериев для четырех фирм-поставщиков релейной защиты: ABB, Siemens, Schneider Electric, ЭКРА.

Описание четырех фирм поставщиков релейной защиты (ABB, Siemens, Schneider Electric, ЭКРА):

- ABB входит в число крупнейших инжиниринговых и электротехнических компаний в России. Российская группа концерна АББ разрабатывает и производит продукцию, которая находится на уровне международных стандартов и одновременно соответствует российским техническим требованиям.
- Siemens Сектор Energy был создан 1 января 2008 года. Он является одним из четырех секторов компании Siemens AG. Основная деятельность сектора сконцентрирована на производстве оборудования и компонентов, а также на оказании услуг в сфере энергоснабжения.

- Schneider Electric крупная французская машиностроительная компания, обеспечивающая разработку и производство решений в области управления электроэнергией, а также комплексных энергоэффективных решений для энергетики и инфраструктуры, промышленных предприятий, объектов гражданского и жилищного строительства, центров обработки данных.
- ЭКРА. Предприятие осуществляет свою деятельность по следующим направлениям: Разработка цифровых устройств РЗА. Выполнение НИОКР в области приборостроения и внедрение инновационных технологий в энергетике. Создание и внедрение систем автоматизации энергообъектов.

Модель экспертной оценки будет построена по следующим критериям (оценка производится по пятибалльной шкале):

- Цена;
- Помехоустойчивость;
- Комплектация шкафов РЗ;
- Надежность РЗ;
- Качество интеллектуального интерфейса;
- Подстройка к условиям ЭС;
- Простота эксплуатации;
- Возможность подключения к ПК;
- Предполагаемый срок эксплуатации;
- Наличие сертификации разработки.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				С учетом весовых коэф.			
		<i>ABB</i>	<i>Siemens</i>	<i>Schneider Electric</i>	<i>ЭКРА</i>	<i>ABB</i>	<i>Siemens</i>	<i>Schneider Electric</i>	<i>ЭКРА</i>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
Помехоустойчивость	0,11	4	5	4	5	0,44	0,55	0,44	0,55
Надежность	0,14	5	5	4	5	0,7	0,7	0,56	0,7
Комплектация шкафов	0,07	5	3	5	4	0,35	0,21	0,35	0,28
Качество интеллектуального интерфейса	0,07	4	4	4	4	0,28	0,28	0,28	0,28
Подстройка к условиям ЭС	0,14	4	4	4	5	0,56	0,56	0,56	0,7
Простота эксплуатации	0,05	4	3	4	5	0,2	0,15	0,2	0,25
Возможность подключения к ПК	0,03	5	5	5	5	0,15	0,15	0,15	0,15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
Цена	0,14	4	3	3	5	0,56	0,42	0,42	0,7
Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	5	5	5	0,44	0,55	0,55	0,55
Наличие сертификации разработки	0,14	5	5	5	5	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Итого</b>	<b>1,00</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>4,38</b>	<b>4,27</b>	<b>4,21</b>	<b>4,86</b>

Исходя из оценки конкурентоспособности, можно сказать, что шкафы компании ЭКРА, подходят наилучшем образом, поэтому выбираем их.

### 3.4 SWOT-анализ

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

Результаты SWOT-анализа представляем в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большой срок эксплуатации шкафов;</li> <li>2. Удовлетворение желаний потребителя (выбор любой защиты);</li> <li>3. Максимальная чувствительность к различным аварийным режимам сети;</li> <li>4. Уменьшение времени на контроль и наладки защит;</li> <li>5. Минимальный вред окружающей среде.</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая стоимость шкафов;</li> <li>2. Требуется опытный специалист для работы со шкафами;</li> <li>3. Сложность подключения в сеть;</li> <li>4. Требуются отдельные цепи постоянного тока для измерительных трансформаторов;</li> <li>5. Для настройки шкафа требуется подключение к ПК на устаревшей базе.</li> </ol>
<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования;</li> <li>2. Внедрение наиболее развитых технологий;</li> <li>3. Улучшение программных обеспечений для пользования шкафами персоналу;</li> <li>4. Повышение спроса.</li> </ol>	<p>Благодаря своим характеристикам, шкафы ЭКРА принесут быструю окупаемость и высокую прибыль, из-за сохранности дорогостоящего энергооборудования, что приведет к привлечению инвесторов, для финансирования более развитых технологий. Долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, что обеспечит экономию при покупке новых.</p>	<p>Из – за высокой стоимости шкафов ЭКРА возможен отказ инвесторов в финансировании, что приведёт к снижению спроса; Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования шкафами данной фирмы и их программными комплексами.</p>

### Продолжение таблицы 3.2 – Матрица SWOT – анализа

<p><b>Угрозы:</b></p> <p>1. Снижение спроса на технологии нового образца;</p> <p>2. Отсутствие финансирования на получение новых технологий (шкафов);</p> <p>3. Дополнительная государственная сертификация шкафа;</p> <p>4. Неустойчивая ситуация в стране;</p> <p>5. Конкуренция зарубежных, аналоговых продуктов;</p>	<p>Благодаря долгому сроку эксплуатации и высокой чувствительностью к авариям, шкаф затмевает зарубежных конкурентов. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий.</p>	<p>Использование шкафов ЭКРА на базе Windows 2000/ XP может привести к снижению спроса. В виду того, что требуются затраты на подключение отдельных цепей для измерительных трансформаторов, возможен отказ на финансирование более новых технологий.</p>
--	---	---

Оценив возможности и угрозы НТИ, можно сделать вывод о том, что проект имеет большие шансы на осуществление, т.к. рассмотренные угрозы и слабые стороны уравновешиваются его возможностями.

### 3.5 Планирование научно технического исследования

Планирование – это то, с чего начинается любой проект. 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.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 3.3.

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 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	Анализ и описание структурной схемы ГРЭС	Инженер
	6	Характеристика турбогенераторов и силовых трансформаторов	
	7	Описание и расчет продолжительных режимов	
	8	Расчет токов КЗ	
	9	Выбор и расчет релейной защиты блока генератор-трансформатор	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	11	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель проекта

Продолжение таблицы 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

Исходя из выше приведенной таблицы, можно сделать вывод о том, что НТИ будет реализован в семь этапов и в выполнении большинства работ данных этапов разработки будет задействован инженер.

### 3.6 Определение трудоемкости выполнения работ

При определении трудоемкости выполнения работ, стоит учесть тот факт, что трудовые затраты – это основная часть стоимости разработки НТИ.

Метод оценки трудоемкости выполнения работ научного исследования основан на экспертной оценке и носит вероятностных характер, так как зависит от множества факторов, которые трудно учитываемые. Трудоемкость оценивается в человеко-днях.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (3.1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

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

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Пример расчета по формулам 3.1 – 3.2:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4 \text{ чел. - дни};$$

$$T_{\text{р } i} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i} = \frac{4}{1} = 4 \text{ раб. дня.}$$

### 3.7 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.3)$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по формуле 3.4:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22, \quad (3.4)$$

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

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

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

Пример расчета по формуле 3.3:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 4 \cdot 1,22 = 4,88 \text{ кал.дней, округляем до } 5 \text{ кал.дней.}$$

Полный расчет по формулам 3.1 – 3.3 приведен в таблице 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		$t_{ож}$ , чел-дни					
	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	0	7	0	4	0	4	0	5	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	10	0	14	0	11,6	0	11,6	0	14
Выбор направления исследований	4	4	6	6	4,8	4,8	2,4	2,4	3	3
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0	2,2	0	3	0
Анализ и описание структурной схемы ГРЭС	0	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	6
Характеристика турбогенераторов и силовых трансформаторов	0	5	0	9	0	6,6	0	6,6	0	8
Описание и расчет продолжительных режимов	0	14	0	20	0	16,4	0	16,4	0	20
Расчет токов КЗ	0	14	0	20	0	16,4	0	16,4	0	20
Выбор и расчет релейной защиты блока генератор-трансформатор	0	14	0	20	0	16,4	0	16,4	0	20
Оценка эффективности полученных результатов	0	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	5
Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	1	0	3	0	1,8	0	1,8	0	2	0

Продолжение таблицы 3.4 – Временные показатели проведения  
научного исследования

Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	10
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	0	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	12

На основе табл. 3.4 строится календарный план-график Ганта. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

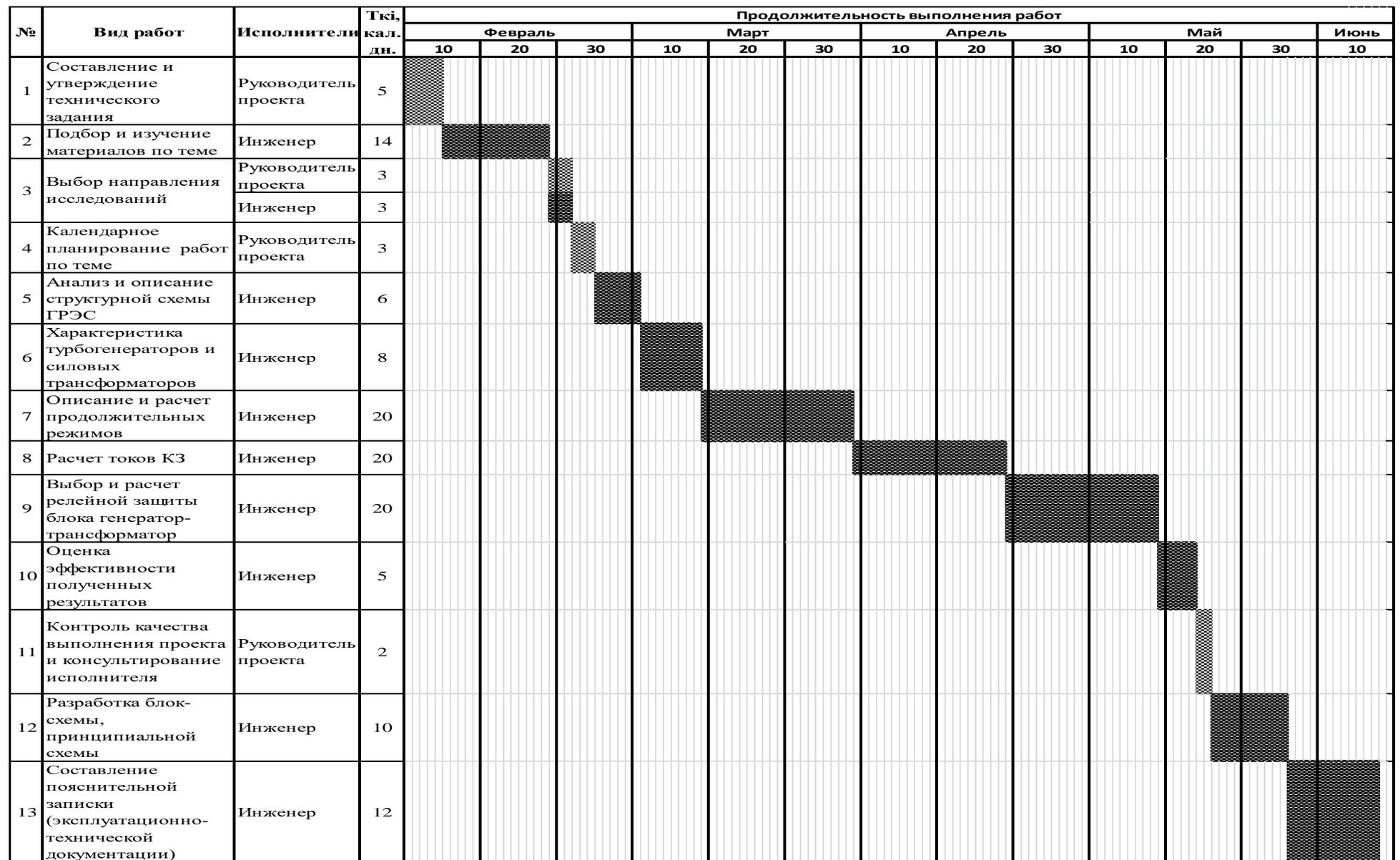


Рисунок 3.1 – Календарный план-график Ганта

### 3.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

В процессе формирования затрат НТИ используются следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

#### 3.8.2 Расчет материальных затрат НТИ

При расчете материальных затрат следует учитывать, что к ним относят: приобретенное сырье, покупные материалы, запчасти для ремонта оборудования, спецодежда, а так же канцелярские принадлежности, картриджи для принтера и другие офисные принадлежности.

Таблица 3.5 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм-ия	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага для принтера	пачка	2	500	1000
Ручка	шт.	2	50	100
Мультифоры	шт.	10	10	100
Степлер	шт.	1	150	150
Краска для принтера	шт.	1	1500	1500
Скоросшиватель	шт.	1	50	50
Скобы для степлера	пачка	1	50	50
Карандаш	шт.	2	25	50
Итого:				3000

### 3.8.3 Основная заработная плата исполнителей

Основная заработная плата – эта оплата труда научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Величину расходов на заработную плату определяют исходя из трудоемкости выполняемых работ, а так же на основании действующих окладов и тарифных ставок предприятия.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3.5)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (3.6)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.7)$$

где  $Z_m$  – 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;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (3.8)$$

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 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{р}}$  – 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (3.9)$$

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

На основании ГОСТ ТПУ от 2013 года об окладе сотрудников заработная тарифная ставка за месяц работы без районного коэффициента составляет: руководитель (доцент, к.н.т.) – 23 269,86 рубля; ассистент (инженер) – 14 584,32 рубля.

Таблица 3.7 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.	k <sub>доп</sub>	З <sub>доп</sub> , руб.	Итого, руб
Руководитель	23 269,86	0,3	0,4	1,3	51 425,2	2 165,3	10,4	22 519,12	0,13	2 927,5	25 446,62
Инженер	14 584,32	0,3	0,4	1,3	32 231,4	1461,5	96,2	140 596,3	0,13	18 277,5	158 873,8

### 3.8.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (3.10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – 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 водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 3.8 - Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	22 519,12	140 596,3
Дополнительная заработная плата, руб.	2 927,5	18 277,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого отчисления во внебюджетные фонды:	6 896,1	43 054,8

### 3.8.5 Формирование затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 3.9 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты НТИ	3 000	1,09
2. Затраты по суммарной заработной плате	184 320,42	66,97
3. Отчисления во внебюджетные фонды	49 950,9	18,15
4. Накладные расходы	37 963,41	13,79
5. Бюджет затрат НТИ	275 233,73	100

### 3.9 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы узла учета тепловой энергии определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (3.11)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	4
3. Удобство в эксплуатации	0,25	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5
5. Энергоэкономичность	0,15	4
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,8$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

В результате проведения исследовательской работы по финансовому менеджменту в научно-технической работе «Исследование электрической части Беловской ГРЭС и расчет релейной защиты блока генератор-трансформатор» для выполнения защиты были выбраны шкафы серии ШЭ производства ООО НПП «ЭКРА», на основании анализа и оценки ресурсоэффективности по экономическим и техническим показателям.

Составлен план и график необходимых работ, исходя из данных реализация проекта займет 131 календарный день, из них большую часть времени проектом занят инженер.

Посчитаны основные экономические показатели с выводом общего бюджета затрат на выполнение работы, что составило 275 233,73 рубля. Наиболее весомая часть затрат в процентном соотношении составляет заработная плата.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности, который составил 4,7 баллов из 5, свидетельствует о высокой эффективности реализуемого проекта.

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

При установке релейной защиты на блок генератор-трансформатор будет обеспечена бесперебойная работа блока, подача электроэнергии потребителям и уменьшение времени отключения блока при авариях.