

**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 Назаровской ГРЭС и релейная защита блока генератор-трансформатор</b>

УДК 621.31.002.5: 621.313.12.925.1: [621.313.12+621.314.2]: 621.311.21 (571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Ярмонов Виктор -		

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	Ярмонову Виктору -

Тема работы:

Анализ электрической части Назаровской 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>	<p>1. Главная схема электрических соединений Назаровской ГРЭС, на которой указано, что на электростанции установлены 7 турбогенераторов, работающих в режиме блока генератор-двухобмоточный трансформатор с генераторным выключателем, или блока генератор-автотрансформатор. На Назаровской ГРЭС имеются три распределительных устройства, это ОРУ 110 кВ, ОРУ 220 кВ, ОРУ 500 кВ.</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>1. Краткая характеристика защищаемого объекта; 2. Описание структурной схемы 3. Описание оборудования установленного на ГРЭС 4. Составление баланса мощностей 5. Исследование апериодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания</p>

	6. Выбор и обоснование видов и состава релейной защиты блока генератор-трансформатор; 7. Расчет уставок защит.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема электрических соединений Назаровской ГРЭС ; 2. Схема подключения релейной защиты блока генератор-трансформатор. 3. Диплом II степени за доклад «Электроснабжение нефтяных и газовых месторождений Красноярского края»

**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
5A2A	Ярмонов Виктор -		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А2А	Ярмонову Виктору -

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>27,1% отчисления на социальные нужды</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений SWOT – анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки НИ: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсоэффективности НИ</i>

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

1. *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений*
2. *Календарный график проведения научного исследования*
3. *Матрица SWOT анализа*
4. *Расчет бюджета затрат научного исследования*

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Потехина Н.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А2А	Ярмонов Виктор -		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 22 рис., 28 табл., 16 источников.

Ключевые слова: Назаровская ГРЭС, Релейная защита блока генератор-трансформатор, дистанционная защита генератора, дифференциальная защита генератора, постоянная времени затухания апериодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания.

Объектом исследования является Назаровская ГРЭС мощностью 1490 МВт.

Цель работы – анализ электрической части Назаровской ГРЭС, расчет релейной защиты блока генератор-трансформатор.

В процессе исследования произвели анализ структурной схемы, анализ схемы электрических соединений распределительных устройств, составили баланс мощности электростанции, произвели описание продолжительных режимов электростанции, исследовали постоянную времени затухания апериодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания, произвели описание релейной защиты блока генератор – трансформатор, произвели расчет уставок релейной защиты, финансовый менеджмент, анализ социальной ответственности.

В результате исследования была проанализировали структурную схему и схему электрических соединений распределительных устройств, рассчитали баланс мощности электростанции, были исследованы продолжительные режимы работы электростанции, произвели исследование постоянной времени затухания апериодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания, описали релейную защита блока генератор – трансформатор, рассчитали уставки срабатывания защит.

Область применения: на производстве, расчет баланса мощности, анализ продолжительных режимов электростанции для выбора силового оборудования, анализ постоянной времени затухания для выбора коммутационного оборудования, релейная защита применяется 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.

## Содержание:

Введение.....	3
1. Описание энергетики Красноярского края.....	5
2. Описание Назаровской ГРЭС .....	8
3. Структурная схема Назаровской ГРЭС.....	9
4. Описание турбогенераторов.....	11
5. Описание трансформаторов.....	14
6. Баланс мощностей.....	15
6.1 Расчет нагрузок потребителей.....	15
6.2 Программный расчет баланса мощности.....	17
6.3 Аналитический расчет баланса мощности.....	19
7. Продолжительные режимы работы.....	22
8. Исследование постоянной времени затухания апериодической составляющей тока трехфазного КЗ.....	25
8.1 Описание постоянной времени затухания апериодической слагаемой тока КЗ.....	25
8.2 Программный расчет трехфазного короткого замыкания.....	26
8.3 Анализ постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.....	31
9. Релейная защита блока генератор-трансформатор .....	34
9.1 Краткая характеристика защищаемого объекта.....	34
9.2 Повреждения генераторов.....	37
9.3 Анормальные режимы работы генераторов.....	36
9.4 Повреждения трансформаторов.....	37
9.5 Выбор устанавливаемых защит.....	38
10. Аналитический расчет тока КЗ.....	39
11 Защита генератора.....	46
11.1 Поперечная дифференциальная защита.....	46
11.2 Продольная дифференциальная защита.....	47
11.3 Дистанционная защита.....	48
11.4 Защита обратной последовательности.....	49
11.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора.....	50
11.6 Защита от симметричных перегрузок обмотки статора.....	51
11.7 Защита цепей возбуждения.....	52

12	Защита блочного трансформатора.....	54
12.1	Газовая защита трансформатора.....	54
12.2	Защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора.....	54
12.3	Токовая защита нулевой последовательности от токов внешнего замыкания на землю .....	57
13	Защита трансформатора собственных нужд.....	58
14.	Социальная ответственность .....	64
14.1	Введение.....	64
14.2	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	65
14.3	Микроклимат.....	66
14.4	Освещение.....	68
14.5	Шум и вибрация.....	70
14.6	Опасные факторы проектируемой производственной среды.....	71
14.7	Охрана окружающей среды.....	73
14.8	Защита в чрезвычайных ситуациях.....	75
14.9	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	77
15.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	81
15.1	Анализ конкурентных технических решений.....	81
15.2	SWOT-анализ.....	84
15.3	Планирование и структура работ в рамках научного исследования.....	85
15.4	Определение трудоемкости выполнения работ.....	87
15.5	Разработка графика проведения научного исследования.....	88
15.6	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	91
15.7	Основная заработная плата исполнителей работ и отчисления во внебюджетные фонды.....	92
15.8	Накладные расходы.....	97
15.9	Бюджет затрат научно-исследовательского проекта.....	97
15.10	Ресурсоэффективность.....	98
15.11	Результаты экономического анализа системы.....	99
	Заключение.....	100
	Список используемой литературы.....	102

## **15 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **15.1 Анализ конкурентных технических решений**

Целью данной раздела является оценка коммерческого потенциала, составление плана работ по разработке релейной защиты блока генератор трансформатор на Назаровской ГРЭС, а также составление бюджета затрат и определение ресурсоэффективности исследования.

В данном проекте необходимо провести оценку и убедиться в том, что релейной защита фирмы «ЭКРА» является лидером перед другими фирмами поставщиками оборудования применяемого для релейной защиты. Защита выполнена на шкафе релейной защиты фирмы «ЭКРА». Для мощных блоков генератор-трансформатор используются шкафы релейной защиты ШЭ1111, или ШЭ1112.

В настоящее время для установки релейной защиты важным пунктом является анализ поставщиков оборудования применяемого для релейной защиты. Анализ поставщиков необходим для выбора устройств соответствующим современным требованиям надежности работы оборудования. Важно реалистично оценивать сильные и слабые стороны поставщиков электрооборудования.

Необходимо произвести оценку ресурсоэффективности, а также составить оценочную карту. Для этого необходимо иметь не менее трех конкурентных товаров. В качестве фирм поставщиков будем исследовать фирмы: «ЭКРА», «СЕРАМ» и «АВВ».

Описание фирм поставщиков блоков релейной защиты:

- ЭКРА. Данное 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

- Seram — это микропроцессорное устройство защиты, управления, контроля и измерения. Seram обеспечивает полный набор функций релейной защиты и автоматики в зависимости от типа присоединения.
- АВВ является одной из крупнейших электротехнических компаний в России. Российская группа концерна АВВ разрабатывает и производит продукцию, которая находится на уровне международных стандартов, а так же одновременно соответствует российским техническим требованиям

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

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя

Таблица 19 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		<i>ЭКРА</i>	<i>SIEMENS</i>	<i>ABB</i>	$K_{Э}$	$K_S$	$K_{ABB}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Помехоустойчивость	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
Надежность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
Комплектация шкафов	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
Цена шкафов РЗ	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
Наличие сертификации разработки	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
<b>Итого</b>	<b>1</b>				4,98	4,24	4,16

По полученным результатам можно сделать вывод о том что шкафы компании «ЭКРА», являются наиболее эффективными и перспективными для использования в данном проекте. Превосходство данной фирмы так же обуславливается тем что продукция данной фирмы распространена на территории страны и опыты использования данной продукции позволяют сделать вывод о том что данная продукция является надежной, и соответствует стандартам качества.

## 15.2 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 представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Матрица SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b>          С1. Инновационное решение;          С2. Уменьшение затрат времени и наладки с контролем защит;          С3. Большой срок службы шкафа;          С4. Высокая чувствительность к аварийным режимам;          С5. Минимальный уровень шума и вред окружающей среде.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>          Сл1. Слабая нормативно-техническая база          Сл2. Усложнение проекта в связи с реализацией на базе нового стандарта МЭК 61850.          Сл3. Требуется опыт работы и знания по эксплуатации шкафа;          Сл4. Требуется отдельные цепи постоянного тока для подключения измерительных трансформаторов.</p>
<p><b>Возможности:</b>          В1. Внедрение новых технологий на массовое «производство»;          В2. Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций;          В3. Реализация необслуживаемой подстанции в обозримом будущем;          В4. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования;          В5. Повышение спроса</p>	<p>1. Благодаря своим характеристикам, шкафы фирмы «ЭКРА» могут устанавливаться на большое количество электрооборудования, благодаря этому будет возможность закупить большое количество шкафов за меньшую стоимость;          2. Долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, обеспечивая тем самым экономию на покупке новых.</p>	<p>1. Из-за новых технологий и стандарта возможны проблемы с установкой и обеспечением передачи данных в реальном времени;          2. Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования шкафом фирмы «ЭКРА» и его программными комплексами.</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Проблемы с синхронизацией приема данных;          У2. Возможная, дополнительная государственная сертификация шкафа;          У3. Экономическая ситуация в стране, способствующая закрытию предприятий по производству шкафов;          У4. Отсутствие финансирования на получение новых технологий.</p>	<p>1. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий;          2. Обладая долгим сроком службы и высокой чувствительностью к авариям, шкаф затмевает аналогичные устройства конкурентов.</p>	<p>1. Использование шкафов других фирм таких как АВВ приведёт к снижению спроса, и обеспечит конкурентам разработку зарубежных программ более высокого и современного класса;          2. Увеличение цены на оборудование возможно при нестабильной экономической обстановке в стране.</p>

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены возможности, угрозы а так же сильные и слабые стороны реализации проекта. В ходе исследования пришли к выводу что фирма «ЭКРА» является наиболее перспективным поставщиком качественного и надежного оборудования.

### 15.3 Планирование и структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

В данном разделе необходимо составить перечень этапов работ, в рамках которого будет проводиться исследование и распределение работ по исполнителям.

Далее в таблице 21 приведен порядок составления этапов работ:

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	3
Ознакомление с технической документацией и литературой	2	Подбор и изучение материалов	Инженер	6	9
	3	Ознакомление технической документацией	Инженер	11	16
	4	Календарное планирование работ	Руководитель	5	7

Выбор устройств РЗА	5	Описание электрической схемы ГРЭС	Руководитель, инженер	5	7
	6	Выбор устройств РЗА	Руководитель	4	6
	7	Описание устройств РЗА	Инженер	4	6
Расчет релейной защиты для блока генератор-трансформатор	8	Анализ продолжительных режимов	Руководитель	6	9
	9	Расчет токов КЗ	Инженер	6	9
	10	Расчет релейной защиты	Инженер	8	12
Оформление отчета	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно технической документации)	Инженер	7	10

### 15.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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

Где

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

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

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

Рассчитаем ожидаемое значение трудоемкости, чел.-дн.:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

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

Рассчитаем продолжительность каждой работы, раб. дн.:

$$T_{pi} = \frac{2,4}{2} = 1,2$$

В данном разделе произвели определили трудоемкость выполнения исследования, а так же рассчитали продолжительность работы.

### 15.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

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:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

Где

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

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

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

Рассчитаем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,47$$

Затем найдем длительность работ в календарных днях:

$$T_{ki} = 1,2 \cdot 1,47 = 1,76$$

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

На основе этой таблице строится календарный план-график. 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. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. В таблице 22 приведен календарный план проведения научного исследования.

Таблица 22 - Календарный план проведения научного исследования.

№ работ	Виды работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3
2	Подбор и изучение материалов	Инженер	9
3	Ознакомление с технической документацией	Инженер	16
4	Календарное планирование работ	Руководитель	7
5	Описание электрической схемы ГРЭС	Руководитель, инженер	7
6	Выбор устройств РЗА	Руководитель	6
7	Описание устройств РЗА	Инженер	6

№ работ	Виды работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.
8	Анализ продолжительных режимов	Руководитель	9
9	Расчет токов КЗ	Инженер	9
10	Расчет релейной защиты	Инженер	12
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	10

Далее представим графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма представлена на рисунке 22.

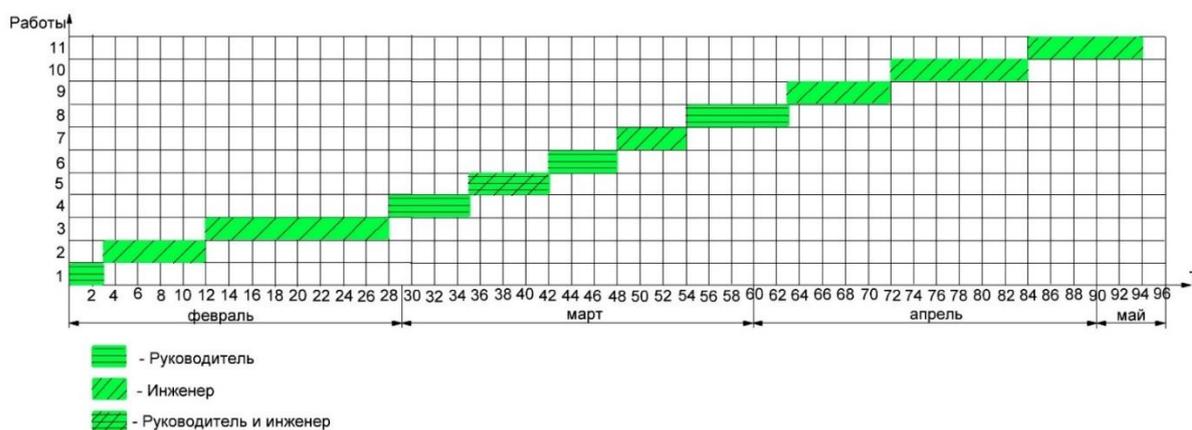


Рисунок 22– Календарный график проведения научного исследования

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

При составлении бюджета научного исследования необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех расходов, связанных с выполнением данного проекта. В процессе формирования бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

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

- накладные расходы.

Произведем расчет материалов необходимых для научного исследования приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет необходимых материалов

№	Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, тыс. руб.	Общая стоимость изделия, тыс. руб.
1	Канцелярские товары (бумага для принтера, ручки, карандаши, степлер, мультифоры, скоросшиватели, краска для принтера)	1	3	3
Итого:				3

Канцелярские товары предназначены для осуществления деятельности организации, а именно для оформления документации, ведения делопроизводства.

Произведем расчет амортизации программного обеспечения используемого при проектировании данного проекта, настройки релейной защиты и автоматики. Стоимость ПО приведена в таблице 24.

Таблица 24 – Стоимость ПО для научного исследования

№	Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, тыс. руб.	Общая стоимость изделия, тыс. руб.
2	Программное обеспечение RastrWin3	1	960	960
Итого:				960

$$A = \frac{C_{нк} \cdot N}{D \cdot 366} = \frac{960000 \cdot 94}{5 \cdot 366} = 49311,47 \text{ руб}$$

Где:  $C_{нк}$  - стоимость оборудования

N-количество дней использования

D- срок службы

## 15.7 Основная заработная плата исполнителей работ и отчисления во внебюджетные фонды

В ходе выполнения данного раздела необходимо определить расходы по заработной плате для лиц, непосредственно участвующих в выполнении работы по данной теме. Величина расходов на заработную плату определяются исходя из тарифных ставок, трудоемкости выполнения работы, а так же действующей системе окладов. В состав основной заработной платы необходимо так же внести премии, которые выплачиваются ежемесячно в размере 20-30% от тарифа или оклада.

Выполним расчет заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением научного исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{zn} = (Z_{осн} + Z_{дон}) \cdot k$$

Где

$Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{дон}$  – дополнительная заработная плата (20 % от  $Z_{осн}$ ).

$k=1,3$  – коэффициент для г. Томск.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Где

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$z_{дн} = \frac{z_m}{21}$$

Где

$z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$z_m = z_{ТС} \cdot (1 + k_{ПР} + k_{Д}) \cdot k_{Р}$$

Где

$z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{ПР} = 0,3$  – премиальный коэффициент;

$k_{Д} = 0,2$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{Р} = 1,3$  – районный коэффициент для г Томск.

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$z_m = 14874,45 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 20496,99$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$z_{дн} = \frac{20,496,99}{21} = 976,047$$

Основная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{осн} = 976,047 \cdot 69 = 67347,25$$

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы исполнителей

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.
Руководитель	27484,86	0,3	0,2	1,3	37874.13	1803.53	32	57712.97
Инженер	14874,45	0,3	0,2	1,3	20496.99	976.047	69	67347,25
<b>Итого</b>								<b>125060,23</b>

В результате расчетов вычислили что основная заработная плата за период проведения научного исследования для руководителя составляет 57712,97 руб, и заработная плата инженера составит 67347,25 руб.

Произведем расчет дополнительной заработной платы работников. Дополнительная заработная плата должна учитывать предусмотренную Трудовым кодексом РФ доплат, за отклонение от нормальных условий труда, а так же должны быть учтены выплаты, связанные с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

Где

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

Дополнительная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 67347,25 = 10102,087$$

В результате расчета вычислили, что дополнительная заработная плата инженера должна составлять 10102,87 руб.

Рассчитаем величину отчислений во внебюджетные фонды. Данные отчисления являются обязательными установленные законодательством Российской Федерации, а также нормами государственного социального страхования, пенсионного фонда, и медицинского страхования. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

Где

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

Величина отчислений инженера во внебюджетные фонды, руб.:

$$Z_{внеб} = 0,271 \cdot (67347.25 + 10102.087) = 20988.77$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представяем в виде таблицы.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
	Исполнитель 1	Исполнитель 2
Руководитель	57712.97	8656,8
Инженер	60514.92	10102.087
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Сумма отчислений	38974,97	

В результате расчета вычислили что сумма отчислений на социальные нужды составляет 38974,97руб

### 15.8 Накладные расходы

Накладными расходами называются расходы, которые не входят в предыдущие пункты расходов, а именно оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (A + M + Z_{\text{общ}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где;

A- Амортизация

M –материальные затраты НИИ

Z<sub>общ</sub> – итоговая заработная плата

Z<sub>внеб</sub> – отчисления во внебюджетные фонды

k<sub>нр</sub> – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов берется в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (49311,47 + 3000 + 125060,23 + 38974,97) \cdot 0.16 = 34615.312 \text{ руб.}$$

Величина накладных расходов составляет 34615,312 руб

### 15.9 Бюджет затрат научно-исследовательского проекта

Величина затрат на проведение научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета проекта. Величина затрат на осуществление проекта при осуществлении договора с заказчиком выступает в качестве нижнего предела на проведение разработки научно-технической продукции.

Таблица 27– Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты НИИ	3000	1.195
2. Затраты по суммарной заработной плате	125060.23	49.832

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
3. Отчисления во внебюджетные фонды	38974.97	15.531
4. Амортизация ПО	49311.47	19.649
5. Накладные расходы	34615.312	13.793
6. Бюджет затрат НТИ	250961.482	100

В результате составления бюджета затрат на проведение научно-исследовательского исследования вычислили, что величина затрат составляет 250961,482 руб.

### 15.10 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы 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 28 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Энергоэкономичность	0,10	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,4$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (4,4 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

Расчет ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Высокая важность данного раздела говорит об эффективности использования технического проекта. Баллы полученные при исследовании показывают то, что данный проект имеет высокие показатели в качестве надежности, безопасности, а так же предполагаемый срок эксплуатации позволяет сделать вывод об эффективности разработки системы.

В ходе выполнения данного раздела произвели планирование научно-технической работы: «Анализ электрической части Назаровской ГРЭС и релейная защита блока генератор-трансформатор». Для выполнения релейной защиты были выбраны поставщики оборудования релейной защиты, а именно фирма «ЭКРА». В ходе работы провели SWOT анализ, составили план и график необходимых работ, посчитали ресурсоэффективность проекта. Исходя из полученных значений можно сделать вывод об эффективности реализации данного проекта. В результате расчетов выяснили что на реализацию данного проекта требуется 94 дня. Так же были посчитаны основные экономические показатели, произведен вывод общего бюджета затрат. Затраты на выполнение данного проекта составляют 250961.482руб.