

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

---

Институт – ЭНИН

Направление подготовки – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра – Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Релейная защита и автоматика Беловской ГРЭС

УДК – 621.316.925.1:621.31.21.002.5(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Ващенко Ксения Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Копьев В.Н.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

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

---

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ЭЭС

\_\_\_\_\_  
(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	Ващенко Ксении Вячеславовне

Тема работы:

Релейная защита и автоматика Беловской ГРЭС
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 02.02.2016 г. № 653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Объект исследования – блок «Г4-Т4» 200 МВт Беловской ГРЭС, расположенной в пгт.Инской.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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 подразделяется на два основных раздела. Первый – это расчет токов короткого замыкания, необходимых для расчета уставок защит. Вторым основным вопросом является выбор и расчет защиты блока генератор-трансформатор 200 МВт. Защита блока обязательна, т.к. нельзя допустить нарушений в режиме работы.</p>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема подключения ШЭ 1111 и ШЭ 1112 (система А и система Б) 2. Электрическая схема Беловской ГРЭС 1200 МВт
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

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

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭЭС	Копьев Владимир Николаевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2А	Ващенко Ксения Вячеславовна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5A2A	Ващенко Ксения Вячеславовна

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление /специальность	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	АРМ РЗА – 681 400 руб.
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	27,1 отчисления на социальные нужды

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

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

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

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)
2. График Ганта
3. Расчет бюджета затрат НИИ

**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	Ващенко Ксения Вячеславовна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 75 страниц, 5 рисунков, 18 таблиц, 9 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: релейная защита, короткое замыкание, трансформатор, уставка.

Объектом исследования является релейная защита электрооборудования Беловской ГРЭС.

Цель работы – проектирование релейной защиты блока генератор-трансформатор «Г4-Т4», расчет себестоимости проекта и проведения монтажно-наладочных работ, исследование рабочего места с задачей выявления опасных и вредных производственных экологических факторов, средств защиты от них и исследовании предельно допустимых норм.

Выбранное оборудование производится на заводах России занимающихся проектированием силового оборудования. Рассчитанная защита блока отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к релейной защите.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

ЭЭС – электроэнергетические системы;

РЗА – релейная защита и автоматика (РЗ – релейная защита);

КЭС – конденсационная электростанция;

РУ – распределительное устройство;

ТТ – трансформатор тока;

ВЧ – высокочастотный;

ЭДС – электродвижущая сила;

ВЛ – воздушная линия;

АРН – автоматический регулятор напряжения;

ТП – тиристорный преобразователь;

ДЗ – дистанционная защита.

# Оглавление

Введение .....	11
1.Краткая информация о защищаемом объекте .....	14
2.Описание структурной схемы .....	15
3.Выбор и обоснование устанавливаемых защит .....	17
1.1 Повреждения генераторов .....	18
3.2 Анормальные режимы работы генератора.....	19
3.3 Повреждения трансформаторов .....	20
3.4 Выбор защит .....	21
4.Предварительные преобразования.....	23
5.Защита генератора .....	26
5.1 Поперечная дифференциальная защита .....	26
5.2 Продольная дифференциальная защита.....	27
5.3 Дистанционная защита.....	29
5.4 Защита обратной последовательности .....	30
5.5 Защита от замыканий на землю в обмотке статора.....	32
5.6 Защита от симметричных перегрузок обмотки статора .....	33
5.7 Защита от потери возбуждения .....	33
5.8 Защита от перегрузки цепей возбуждения.....	34
5.9 Защита от замыканий на землю в обмотке ротора .....	35
6.Защита трансформатора.....	34
6.1 Газовая защита.....	34
6.2 Дифференциальная защита блочного трансформатора .....	35
6.3 Дифференциальная защита трансформатора собственных нужд .....	37
6.4 Дистанционная защита трансформатора собственных нужд.....	39
7.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	39
7.1 Анализ конкурентоспособности технического решения.....	39
7.2 SWOT - анализ .....	41
7.3 Планирование научно-технического исследования.....	43
7.4 Определение трудоемкости выполнения работ .....	44
7.5 Разработка графика проведения научного исследования .....	45
8. Бюджет научно-технического исследования .....	49
8.1 Расчет материальных затрат НИИ.....	49
8.2 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение.....	50
8.3 Основная заработная плата исполнителей.....	51
8.4 Отчисления во внебюджетные фонды.....	54
8.5 Накладные расходы .....	55
8.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	55
9.Социальная ответственность .....	57
9.1 Анализ опасных и вредных факторов .....	58
9.2 Воздействия климатических условий.....	58
9.3 Защита от электромагнитных излучений .....	59
9.4 Защита от шума .....	60
9.5 Освещение .....	62
10. Опасные производственные факторы.....	63

10.1 Анализ опасности повреждения электрическим током.....	63
10.2 Организационные мероприятия.....	66
10.3 Технические мероприятия.....	66
10.4 Пожарная безопасность.....	67
Заключение.....	70
Список литературы.....	72
Приложение А. Схема подключения защит.....	74
Приложение Б. Электрическая схема Беловской ГРЭС.....	75

## Введение

При проектировании и эксплуатации любой электроэнергетической системы приходится считаться с возможностью возникновения в ней повреждений и ненормальных режимов работы. Наиболее распространёнными и в то же время наиболее опасными видами повреждений в них являются короткие замыкания (КЗ).

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 определённым недоотпуском энергии потребителям, недопустимым ухудшением её качества или разрушением основного оборудования.

Первопричины возникновения аварий бывают весьма разнообразными, но в большинстве своём являются результатом своевременно не обнаруженных и не устранённых дефектов оборудования, неудовлетворительных проектирования, монтажа и эксплуатации. Экономика нашей страны, в которой огромное значение имеет энергетика, требует бесперебойного электроснабжения потребителей. Поэтому следует стремиться к безаварийной работе. Предотвращение возникновения аварий или их развития при повреждениях в электрической части энергосистемы часто может быть обеспечено путём быстрого отключения повреждённого элемента.

По условиям обеспечения бесперебойной работы неповреждённой части системы и уменьшения размеров повреждения оборудования время отключения КЗ должно быть по возможности малым, часто это десятые, а иногда и сотые доли секунды. Помимо этого КЗ в любом месте системы ввиду взаимосвязанности всех её элементов в той или иной мере немедленно отражается на работе значительной её части. Очевидно, что дежурный персонал не в состоянии в требуемое малое время отметить возникновение КЗ, 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.

Устройства релейной защиты и системной автоматики в совокупности представляют собой сложную многоступенчатую систему, предназначенную для сохранения устойчивой работы синхронных генераторов и бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии. В настоящее время выпускаются устройства защиты элементов электроэнергетических систем, выполненные на электромеханической, микроэлектронной (линейные и логические интегральные микросхемы) и микропроцессорной элементной базе. Выполнить свою задачу эти устройства могут лишь в том случае, если они отвечают комплексу требований, изложенных в нормативных материалах. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики (УРЗА) этим требованиям обеспечивается, в основном, на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным. Устойчивая бесперебойная работа ЭЭС возможна лишь при условии эффективного функционирования всех частей, входящих в комплекс УРЗА.

**Цель работы:** в данной работе предстоит рассчитать защиту блока генератор-трансформатор мощностью 200 МВт, который расположен на Беловской ГРЭС. На данной электростанции расположено три распределительных устройства: РУ ВН – 500 кВ, РУ СН – 220 кВ и РУ НН – 110 кВ, к которым подключены генераторы, т.е. используются схемы блоков генератор – трансформатор (G – Т). К РУ СН и РУ НН подключены 4 и 2 генератора соответственно. Тип генераторов один, с параметрами: 200 МВт. Для повышения надежной выдачи электроэнергии со станции, РУ ВН и РУ СН связаны между собой автотрансформатором связи со встроенным устройством РПН, а РУ СН и РУ НН – двумя автотрансформатора связи со встроенным устройством РПН.

Блочные схемы соединений: находят широкое применение на современных мощных электростанциях. Наиболее часто соединяются в один блок генератор — повышающий трансформатор (или автотрансформатор) и

трансформатор собственных нужд. Находят применение также блоки генератор — повышающий трансформатор (или автотрансформатор) — линия. Блоки большой мощности (100, 200, 300, 500, 800 МВт) объединяют в единый агрегат не только генератор и трансформатор, но также котел и турбину. Такие блоки не имеют поперечных связей, позволяющих заменять один элемент блока (например, трансформатор или котел) аналогичным элементом другого блока. В результате этого повреждение или нарушение нормальной работы одного элемента блока выводит из работы весь блок.

## 1. Каткая характеристика защищаемого объекта

Тема данной работы - «Релейная защита блока генератор – трансформатор Беловская ГРЭС». Защита будет рассчитана на примере блока «Г4-Т4». Генератор Г4 является одним из шести турбогенераторов, установленных на станции. Тип турбогенератора ТВВ-200-2АУЗ. Относится к турбогенераторам со смешанной системой охлаждения, а именно с водородным форсированным охлаждением. Охлаждение обмотки статора- косвенное водородное, стали статора- непосредственное водородное, обмотки ротора- непосредственное водородное. Тип блочного трансформатора – ТДЦГ – 250000/220. Трехфазный трансформатор с масляным охлаждением с дутьем и принудительной циркуляцией масла.

Синхронные генераторы относятся к наиболее ответственному оборудованию, работающему в режиме интенсивных электрических и механических нагрузок. Их выход из работы может привести к возникновению системной аварии, поэтому устройства релейной защиты должны в полном объеме обеспечивать требования быстродействия, селективности, чувствительности и надежности. Блочный трансформатор также является ответственным оборудованием, так как от его надежной работы зависит бесперебойное электроснабжение потребителей.

Учитывая мощность, выдаваемую блоком, можно сделать вывод о высокой значимости данного энергообъекта для энергосистемы в целом, поэтому его защита должна отвечать всему комплексу требований, установленных в нормативных документах.

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

### **7.1. Анализ конкурентоспособности технического решения**

Целью данной работы является составление плана работ, планирование и формирование бюджета научно-технической работы «Релейная защита и автоматика блока генератор-трансформатор на Беловской ГРЭС». В качестве комплекса основных и резервных защит автотрансформатора принимаем микропроцессорные шкафы: ШЭ1111 и ШЭ1112, данный вид защиты принадлежит компании ООО НПП «ЭКРА». Также, защита автотрансформатора может быть выполнена и на аналоговом оборудовании.

В связи с этим необходимо провести экспертную оценку и убедиться в том, что микропроцессорные устройства компании ООО НПП «ЭКРА» является лидером перед ранее действующими релейными защитами.

Для сравнения аналогов и выявления наиболее подходящего шкафа, с применением которого будет выполняться защита, составим оценочную карту, в которой произведем оценку ресурсоэффективности с использованием технических и экономических критериев шкафов типа ШЭ 1111, ЭПЗ 1031-90.1 и ШЭРА-РЗТ-1003. Принадлежащие фирмам ООО НПП "ЭКРА", ЗАО "ЧЭАЗ" и ЗАО "РАДИУС Автоматика" соответственно.

Полный состав требуемых защит конструктивно невозможно разместить в одном шкафу, поэтому комплекс может состоять из шкафов типов ШЭ1111 и ШЭ1112. А так как шкафы ШЭ1111, ШЭ1112 состоят из одного комплекта защит и могут незначительно отличаться друг от друга по составу защит, входным и выходным цепям, то для сравнения выбираем только ШЭ1111.

Предпочтение было отдано исключительно шкафам Российского производства, руководствуясь, прежде всего их низкой стоимостью, относительно зарубежных аналогов, а также тем, что в последнее время они

очень хорошо себя зарекомендовали в плане надежности и простоты программирования.

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		ШЭ	ЭПЗ	ШЭРА	ШЭ	ЭПЗ	ШЭРА
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Помехоустойчивость	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
2. Энергоэкономичность	0,07	4	3	3	0,28	0,21	0,21
3. Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
4. Уровень шума	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Безопасность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
7. Простота эксплуатации	0,08	3	2	2	0,24	0,16	0,16
8. Возможность подключения к ПК	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,12	4	3	3	0,48	0,36	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
3. Наличие сертификации разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>4,53</b>	<b>3,8</b>	<b>4,05</b>

$$K_{TV} = \frac{7,66}{5,33} = 1,44 \text{ - показатель конкурентоспособности нового объекта по}$$

отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня).

Итогом данного анализа, является неоспоримое превосходство шкафа типа ШЭ 2710 над рассматриваемыми аналогами. Таким образом, при проектировании защиты наиболее эффективным будет использование именно этого шкафа.

## **7.2. SWOT-анализ**

SWOT - анализ – это анализ сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. «S» и «W» относятся к состоянию компании, а «O» и «T» к внешнему окружению организации.

Внутренней среда проекта включает работников, занятых в проекте, способ или технология осуществления проекта, имеющиеся материально-вещественные и информационные ресурсы.

Внешняя среда может быть определена как множество сил и субъектов, которые оказывают непосредственное или опосредованное влияние на проект.

Факторы, оказывающие немедленное и непосредственное влияние, относятся к среде прямого воздействия; все другие, оказывающие опосредованное влияние на фирму, к среде косвенного воздействия.

К основным факторам среды прямого воздействия относятся поставщики, потребители, конкуренты и контактные аудитории

Среда косвенного воздействия включает факторы, которые могут не оказывать немедленного воздействия на проект, но, тем не менее, сказываются на его результатах. Эти факторы можно подразделить на государственно-политические, экономические, социально-демографические, международные, научно-технологические и правовые и т.д.

Таблица 7 - Матрица SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большой срок эксплуатации шкафа;</li> <li>2. Удовлетворение желаний потребителя (выбор любой защиты);</li> <li>3. Максимальная чувствительность к различным аварийным режимам сети;</li> <li>4. Отечественный производитель;</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 на базе шкафов ШЭ1111;</li> <li>3. Улучшение программных обеспечений для пользования шкафами персоналу;</li> <li>4. Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций;</li> <li>5. Повышение спроса.</li> </ol>	<p>Характеристики шкафов ШЭ1111 позволяют улучшить качество электроэнергии, а так же предоставляют возможность избавиться от устаревшего оборудования, так как многие функции можно будет выполнять за счёт новых шкафов. ШЭ1111, имея улучшенные технологии, позволяет уменьшить срок окупаемости, а долгий срок эксплуатации привлечет инвесторов для финансирования новых проектов на базе данных шкафов.</p>	<p>Для грамотного использования ШЭ1111 понадобятся высококвалифицированные специалисты, а так же время для обучения всех сотрудников. Высокая стоимость оборудования и замена устаревших ПК может привести к отказу инвесторов в финансировании.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Снижение спроса на технологии нового образца;</li> <li>2. Отсутствие финансирования на получение новых технологий (шкафов);</li> <li>3. Дополнительная государственная сертификация шкафа;</li> <li>4. Неустойчивая ситуация в стране;</li> <li>5. Конкуренция зарубежных, аналоговых продуктов;</li> </ol>	<p>Большой срок эксплуатации, интерфейс, выполненный на государственном языке, и высокая чувствительность шкафов затмевает зарубежное оборудование, а так же укрепляет позиции страны на мировом рынке данного оборудования. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий.</p>	<p>Возможен отказ в дополнительном финансировании на подключение отдельных цепей для измерительных приборов, так как шкафы ШЭ1111 итак обладают высокой стоимостью. А использование шкафов ШЭ1111 на базе Windows 2000/ XP может привести к снижению спроса.</p>

Составление матрицы SWOT – анализа позволило нам учесть все угрозы при выполнении проекта, а также сделать упор на сильные стороны проекта.

### 7.3. Планирование научно-технического исследования

Планирование - это то, с чего начинается любой проект. Планирование проекта направлено на разработку плана проекта, в котором определены все действия, необходимые для осуществления проекта. План проекта необходим для координации деятельности всех участников проекта.

Большинство проектов имеют определенные дату окончания, бюджет и объем работ. И хотя для проекта в равной степени важны все три элемента, как правило, только один из них в зависимости от приоритетов имеет наибольшее влияние на другие.

При создании плана мы можем столкнуться с тем, что план не удовлетворяет ожиданиям, например, проект заканчивается слишком поздно или его стоимость превышает допустимые пределы. В таком случае план нужно оптимизировать, чтобы привести его в соответствие с ожиданиями.

Таблица 8 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
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
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер

Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель проекта
Разработка технической документации и проектирование	1 0	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	1 1	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

Таким образом были грамотно распределены обязанности в ходе проекта.

#### 7.4. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3*2 + 2*4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы человеко-дни;

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

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

Затем определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней},$$

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

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

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

### 7.5. Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

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

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

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

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

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{дня}$  - 6-тидневная рабочая неделя для руководителя,

$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 9 \cdot 1,46 = 13 \text{дней}$  - 5-тидневная рабочая неделя для инженера,

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.

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

Таблица 9 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , человеко- дни		$t_{max}$ , человеко- дни		$t_{ожг}$ , человеко- дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	2	0	4	0	2,8	0	2,8	0	3	0
Подбор и изучение материалов по теме	0	7	0	12	0	9	0	9	0	13
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	2
Календарное планирование работ по теме	1	0	2	0	1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных	0	4	0	8	0	5,6	0	5,6	0	8
Предварительный выбор защит	0	5	0	9	0	6,6	0	6,6	0	10
Расчет уставок защит	0	18	0	28	0	22	0	22	0	32
Оценка эффективности полученных результатов	0	4	0	7	0	5,2	0	5,2	0	8

Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	6	0	10	0	7,6	0	7,6	0	9	0
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	0	6	0	10	0	7,6	0	7,6	0	11
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	0	7	0	12	0	9	0	9	0	13

№ работ	Вид работы	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Апрель			Май			Июнь			Июль	
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3											
2	Подбор и изучение литературы по теме	Инженер	13											
3	Выбор направления исследований	Руководитель и инженер	1 2											
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2											
5	Анализ исходных данных	Инженер	8											
6	Предварительный выбор защит	Инженер	10											
7	Расчет уставок защит	Инженер	32											
8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	8											
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель	9											
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	11											
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	13											

 - руководитель       - инженер

Рисунок 5 - График Ганта

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

### 8.1. Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

Таблица 10 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.
Бумага для принтера	пачка	2	200	400
Краска для принтера	блок	1	200	200
Ручки	шт	50	2,5	125
Карандаши	шт	25	3	75
Степлер	шт	2	50	100
Мультифоры	пачка	1	50	50
Скоросшиватели	пачка	1	50	50
Итого:				1000

$$A_{\text{комп}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней.использования}}}{\text{срок.службы} * 366} = \frac{40000 * 111}{2 * 366} = 6065,57$$

## 8.2. Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение

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

Таблица 11 - Расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс АРМ СРЗА	1	681 400	681 400
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 500	3 500
Итого:				684900

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A_{\text{комп}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней.использования}}}{\text{срок.службы} * 366} = \frac{684900 * 111}{2 * 366} = 103857,79$$

### 8.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, 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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – 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  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}};$$

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

Месячный должностной оклад работника:

- Руководитель

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p = 23269,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 48401,3 \text{ руб.}$$

- Инженер

$$Z_m = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p = 14\,584,32 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 30335,4 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

- Руководитель

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{48401,3 \cdot 10,4}{248} = 2029,7 \text{ руб.},$$

- Инженер

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{30335,4 \cdot 10,4}{248} = 1272 \text{ руб.},$$

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;

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

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

- Руководитель

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2180,65 \cdot 13 = 28348,45 \text{руб}$$

- Инженер

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 872,26 \cdot 66,2 = 57743,61 \text{руб}$$

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.

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. Дополнительная зарплата:

- Руководитель

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 28348,45 = 3685,29 \text{руб.};$$

- Инженер

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 57743,61 = 7506,67 \text{руб.};$$

Таблица 12 - Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ( $Z_{тс}$ ), руб.	23269,86	14584,32
Премииальный коэффициент ( $k_{пр}$ )	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок ( $k_{д}$ )	0,3	
Районный коэффициент ( $k_{р}$ )	1,3	
Месячная заработная плата ( $Z_{м}$ ), руб.	48401,3	30335,4
Среднедневная заработная плата работника ( $Z_{дн}$ ), руб.	2029,7	1272

Продолжительность выполнения данного проекта( $T_p$ ), раб. дни	13	66,2
Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта( $Z_{осн}$ ), руб	28348,45	57743,61
Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ( $Z_{доп}$ ), руб	3685,29	7506,67
Итого, руб	32033,74	65250,28

#### 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:

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

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

Для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 12).

Таблица 13 - Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер.
Основная заработная плата, руб.	28348,45	57743,61
Дополнительная заработная плата, руб.	3685,29	7506,67
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	8681,14	17682,83

### 8.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ = (86092 + 11191,96 + 26363,97) \cdot 0,16 = 19783,67 \text{ руб.},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 8.6 Формирование бюджета 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.

Для формирования итоговой величины затрат суммируются все ранее рассчитанные затраты по отдельным статьям как в отношении руководителя,

так и инженера (дипломника). Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 9.

Таблица 14 - Бюджет НТИ

<b>Наименование статьи</b>	<b>Сумма, руб.</b>	<b>%</b>
Амортизация программного обеспечения	103 858	41,9
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	86 092	34,8
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11 191,96	4,6
Отчисления во внебюджетные фонды	26 363,97	10,7
Накладные расходы	19 783,67	8
Бюджет затрат НТИ	247 289,6	100

В результате экономического планирования научно-технической работы «Релейная защита и автоматика блока генератор-трансформатор Беловской ГРЭС» для выполнения защиты были выбраны шкафы серии ШЭ производства ООО НПП «ЭКРА», составлен план и график необходимых работ, посчитаны основные экономические показатели с выводом общего бюджета затрат на выполнение работы, что составило 247 289,6 рублей.

Составлен план и график необходимых работ, в котором реализация проекта займет 111 календарных дней, из них большую часть времени проектом занят инженер.

Эффект от реконструкции проявляется в повышении качества электроэнергии и увеличении надежности бесперебойной подачи электроэнергии для потребителей.