

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части ТЭЦ 500 МВт и релейная защита трансформатора собственных нужд.

УДК 621.316.925.1:621.314.222:621.311.4.001.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Пропорциональный Артем Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдин С.М.	К. Т. Н. ДОЦЕНТ		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А..	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Институт Энергетический
Направление подготовки АБ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А10	Пропорциональному Артему Николаевичу

Тема работы:

Проектирование электрической части ТЭЦ 500 МВт, расчет релейной защиты трансформатора собственных нужд.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016, № 576/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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

*Объектом исследования являются устройства релейной защиты и автоматики ТЭЦ 500 МВт. В качестве исходных данных представлены:
- параметры электрооборудования.*

анализ и т. д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	-краткая характеристика главной схемы и электрооборудования станции; -выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования; - постановка задачи проектирования; - проектирование релейной защиты трансформатора собственных нужд; - выбор и расчёт основных защит; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	- Расчет токов КЗ в программе ТКЗ 3000. (приложение 1) - схема подключения модуля RET 670 (приложение 2) - главная схема подстанции (приложение 3)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Лидия Афанасьевна
«Социальная ответственность»	Бородин Юрий Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдин С.М.	К.Т.Н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Пропорциональный А.Н.		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 115 листов, 2 рисунков, 16 таблиц, 26 источников, 3 приложений.

Ключевые слова: электрическая сеть, энергосистема, автотрансформатор, релейная защита, линия, чувствительность, уставка, вероятность, экономическая эффективность, противоаварийная автоматика.

Объектом исследования является проектирование ТЭЦ 500 МВт и релейной защиты трансформатора собственных нужд.

Цель работы: Анализ и расчёт релейной защиты трансформатора собственных нужд с выбранными параметрами.

В процессе исследования были проведены расчёты в программах «ТКЗ-3000», с данными ТЭЦ 500 МВт, а, также использовались пакеты программ Mathcad, Microsoft Office «Word».

В следствии исследования были проанализированы устройства основного оборудования релейной защиты и автоматики ТЭЦ и трансформатора собственных нужд.

Полученными результатами являются значения уставок дифференциальной защиты и чувствительность измерительных органов основных и ряда ступеней дистанционных защит с пуском по току.

Область применения: непосредственная установка защит с заданными параметрами

Экономическая эффективность спроектированных защит очень высока.

Определения, обозначения, сокращения.

АВР – автоматический ввод резерва

АПВ – автоматическое повторное включение

АТ – автотрансформатор

ВН – высокое напряжение

ДЗТ – дифференциальная защита трансформатора

ДО – дифференциальная отсечка

КЗ – короткое замыкание

МТЗ – максимальная токовая защита

НН – низкое напряжение

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы

ОПУ - общеподстанционный пункт управления

ОРУ – открытое распределительное устройство

ПА – противоаварийная автоматика

ПС – подстанция

ПТЭ – правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

ПУЭ – правила устройства электроустановок

РЗА – релейная защита и автоматика

РПН – регулировка напряжения под нагрузкой

СН – среднее напряжение

ТЗОП – токовая защита обратной последовательности

ТЭО – технико-экономическое обоснование

УРЗА – устройство релейной защиты и автоматики

Нормативные ссылки.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты.

1. ПОТ РМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
2. ГОСТ 12.2.013-91 ССБТ. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытания.
3. ПОТ РМ-012-2000. Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте.
4. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
5. ПОТ РМ-007-98. Межотраслевых правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
6. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
8. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
9. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение, нормы проектирования».
11. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
13. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

Оглавление

Введение.....	11
Обзор литературы.....	12
1 Описание объекта.....	13
2 Общий баланс активных мощностей проектируемой станции	Ошибка! Закладка не определена.
3. Паспортные данные турбогенератора, основные параметры и характеристики. Описание принятой системы охлаждения и возбуждения.	Ошибка! Закладка не определена.
4. Выбор структурной схемы проектируемой электростанции	Ошибка! Закладка не определена.
5. Расчёт токов короткого замыкания (ТКЗ)	Ошибка! Закладка не определена.
6. Выбор электрических аппаратов	Ошибка! Закладка не определена.
7. Выбор сборных шин, токопроводов и потребительских линий.....	Ошибка! Закладка не определена.
8. Принципы, виды и основные характеристики производимой фирмами аппаратуры РЗА.....	Ошибка! Закладка не определена.
10. Дифференциальная защита	Ошибка! Закладка не определена.
10.1. Общие положения	Ошибка! Закладка не определена.
10.2 Методика расчета уставок дифференциальной защиты	Ошибка! Закладка не определена.
10.3 Расчет уставок дифференциальной защиты	Ошибка! Закладка не определена.
11. Защита от перегрузки обмоток трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
11.1 Общие положения	Ошибка! Закладка не определена.

- 11.2 Методика расчета уставок защиты от перегрузки обмоток трансформатора **Ошибка! Закладка не определена.**
- 11.3 Расчет уставок защиты от перегрузки обмоток трансформатора **Ошибка! Закладка не определена.**
- 12 Блокировка РПН при перегрузке по току **Ошибка! Закладка не определена.**
- 12.1 Общие положения **Ошибка! Закладка не определена.**
- 12.2 Методика расчета уставок блокировки РПН при перегрузке по току **Ошибка! Закладка не определена.**
- 12.3 Расчет уставок блокировки РПН при перегрузке по току **Ошибка! Закладка не определена.**
- 13 Дистанционная защита с пуском по току . **Ошибка! Закладка не определена.**
- 13.1 Общие положения **Ошибка! Закладка не определена.**
- 13.2 Методика расчета уставок дистанционной защиты **Ошибка! Закладка не определена.**
- 13.3 Расчет уставок дистанционной защиты с пуском по току **Ошибка! Закладка не определена.**
14. Газовая защита трансформатора..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	13
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... ..	14
15.1 Планирование научно-технического исследования	14
15.2 Расчёт научно-технической эффективности	15
15.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ	18
15.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	18
15.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	18
15.4.1 Расчет материальных затрат	22
15.4.2 Заработная плата исполнителей темы.....	22
15.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	23

15.4.5 Прочие расходы.....	24
15.5 Определение капитальных вложений в РЗА	25
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».Ошибка!	
Закладка не определена.	
16.1 Производственная безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
16.2 Техника безопасности.....	Ошибка! Закладка не определена.
Электробезопасность.	Ошибка! Закладка не определена.
Техника безопасности при работах на высоте	Ошибка! Закладка не определена.
Техника безопасности при работе с вращающимися механизмами	Ошибка!
Закладка не определена.	
16.3 Производственная санитария.....	Ошибка! Закладка не определена.
Микроклимат	Ошибка! Закладка не определена.
Освещение.....	Ошибка! Закладка не определена.
Поля радиочастот, электромагнитные поля ГОСТ 12.1.006 – 84ССБТ [22]	Ошибка! Закладка не определена.
Шум	Ошибка! Закладка не определена.
Вибрация	Ошибка! Закладка не определена.
Воздух рабочей зоны	Ошибка! Закладка не определена.
16.4. Пожарная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
Категории пожаровзрывоопасности.....	Ошибка! Закладка не определена.
Классы пожароопасности	Ошибка! Закладка не определена.
Средства пожаротушения.....	Ошибка! Закладка не определена.
16.5 Экологическая безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
16.6 Чрезвычайные ситуации	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список использованной источников.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение 1	Ошибка! Закладка не определена.

Приложение 2 **Ошибка! Закладка не определена.**

Приложение 3. **Ошибка! Закладка не определена.**

Введение.

Электроэнергетика – отрасль промышленности, занимающаяся производством электроэнергии на электростанциях и передачей её потребителям.

Энергетика является неотъемлемой частью развития инфраструктур производственных сил в любом государстве.

Электроэнергетика обеспечивает бесперебойную (стабильную) работу промышленности, транспорта, сельского и коммунального хозяйства. Стабильное развитие экономики невозможно без постоянно развивающейся энергосистемы.

При анализировании действий в электроэнергетических системах, на которые отвечает релейная защита и автоматика (РЗА), принимаются во внимание элементы электрической схемы и участвующие в электромеханической генерации энергии турбины. Вдобавок тому что, последнее принято считать только при расчете параметров электромеханических процессов, в первую очередь необходимо для нахождения уставок противоаварийной автоматики РЗА.

В данное время в электроустановках применяются три вида РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Самыми современным являются РЗА микропроцессорные, так как они более эффективные в плане регистрации процессов аварийного состояния, опережение отключения синхронных потребителей при нарушениях устойчивости системы, способность к дальнему резервированию.

На основании изложенного поставлена задача рассчитать релейную защиту трансформатора собственных нужд на ТЭЦ мощностью 500 МВт.

Для решения данной задачи, нужно выбрать, включающий автоматизируемые объекты. Необходимый выбор аппаратов РЗА нужно осуществить таким образом, чтобы была возможность полноценно и качественно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов. Для проектирования аппаратов РЗА необходимо рассчитать экономическую продуктивность.

При выполнении действий данных задач употреблены расчетно-аналитические и графические методы, математической статистики и др. Исполнение перечисленных методик и алгоритмов произведены через программные обеспечения такие как «ТКЗ-3000», «Мустанг», «Mathcad», «Excel» «Word» и др., имеющихся в аудиториях кафедры электроэнергетических систем.

Обзор литературы

Наиболее важной и ответственной частью автоматики является релейная защита, которая широко применяется в нынешних энергосистемах. Конструирование имеющихся исследований показало, что изучению релейной защиты уделяется огромное внимание. Существует огромное количество изданий, содержащих информацию для исследования и построения защит электроустановок. Важные требования к релейной защите отображено в ПУЭ [5]. Этот источник даёт нам только главные представления. Более конкретные схемы защит рассмотрены в работе Федосеев А. М., Федосеев М. А. [10].

Так как основы и правила релейной защиты остаются неизменными, то по прежнему необходимы труды авторов, как Крючков И. П., Неклепаев Б. Н.[1],

Но устройства РЗА непрерывно меняется и обновляется, по этому поводу необходимо стабильно проходить обучение персоналу для грамотной работы с современным оборудованием РЗА. Такую допустимость дают производители УРЗА, публикуя информацию на своих сайтах.

Расчёт параметров ЭЭС и уставок релейной защиты в нынешнее время невозможно без использования специальных компьютерных программ. Описание одной из таких программ (ТКЗ-3000) представлено в работе Шмойлова А.В.[11].

Раздел Финансового менеджмента ресурсоэффективности и ресурсосбережения ВКР был изучено работы Коршуновой Л.А., Кузьминой Л.Г.[12].

Раздел «Социальная ответственность» сделана при помощи нормативных документов, уделенной теме безопасности жизнедеятельности[3-13].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 3-5А10	ФИО Пропорциональному Артему Николаевичу
-------------------------	--

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСИП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
<i>3. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП</i>	Оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. Составление графика инженерных работ.
<i>4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- определение научно-технической эффективности -

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Пропорциональный Артем Николаевич		

15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование выбора релейной защиты и автоматики трансформатора собственных нужд для ТЭЦ 500 МВт.

Реконструкция позволит повысить быстродействие, селективность, чувствительность и надежность релейной защиты и, как следствие, повысить надёжность электроснабжения потребителей. Для достижения этих целей выбираем современное микропроцессорное оборудование.

Для ТЭО проведения анализа произведем необходимые расчеты:

1. Планирование научно-технического исследования;
2. Расчёт научно-технической эффективности;
3. Расчет затрат на проектирование релейной защиты трансформатора собственных нужд ТЭЦ;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

15.1 Планирование научно-технического исследования

Таблица 15.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок дифференциальной защиты	
	8	Расчет защиты от перегрузки	
	9	Расчет уставок РПН при перегрузке по току	
	10	Расчет уставок дистанционной защиты	
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координация проекта	12	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель

Разработка технической документации и проектирование	13	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

15.2 Расчёт научно-технической эффективности

В идеале, любое проектирование должно начинаться с выявления требований потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (13.1)$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального;

P_{100} – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (13.2)$$

где Q – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,9 \quad (13.3)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,135 \quad (13.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ты}} = \frac{Q_n}{Q_y} = \frac{0,9}{0,135} = 6,67 \quad (13.5)$$

где $K_{\text{ту}}$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

$Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{к}}$ – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 15.2 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	ABB RET 670		эл.механич.УРЗА		Идеальное УРЗА	
		P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{к}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,2	0,9	100	50	0,45	100	0,9
1.2Срок службы (Год)	0,3	12	0,4	25	0,9	25	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,3	0,9	100	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,1	0,9	100	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	0,9	100	0	0	100	0,9

Таблица 15.3 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ABB RET 670	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения характеристик.	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения характеристик.
Срок службы	Заявленный срок службы 12 лет.	Срок службы 25 лет
Возможность ведения отчёта о срабатывании	Есть возможность	Нет возможности

защит.		
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Есть возможность	Нет возможности
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Есть возможность	Нет возможности

Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее.

Таблица 15.4. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{ны} = \sum(K_{дyi} \cdot d_i) = 0,14$		

15.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

15.3.1 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.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (13.6)$$

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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{рi}$, учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{рi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} \quad (13.7)$$

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

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

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

15.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22, \quad (13.8)$$

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:

$$T_{\text{ки}} = T_{рi} \cdot k_{\text{кал}} = 2.8 \cdot 1.22 = 3.4 \text{ дней}, \quad (13.9)$$

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

$T_{рi}$ – 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.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 15.5 - Временные показатели проведения научного исследования

№ п/п	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		$t_{ож}$, человеко-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания	1		3		1,8	0	1,8	0	2	0
2	Подбор и изучение литературы по теме		8		12	0	9,6	0	9,6	0	12
3	Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
4	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	1	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2
5	Анализ исходных данных		4		9	0	6	0	6	0	7
6	Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	6
7	Расчет уставок дифференциальной защиты		5		8	0	6,2	0	6,2	0	9
8	Расчет защиты от перегрузок		5		7	0	5,8	0	5,8	0	6
9	Расчет уставок РПН при перегрузке по току		3		5	0	3,8	0	3,8	0	4
10	Расчет уставок дистанционной защиты		4		5	0	4,4	0	4,4	0	5
11	Анализ полученных результатов		3		4	0	3,4	0	3,4	0	4
12	Контроль качества выполнения проекта и консультация	8		10		8,8	0	8,8	0	11	11

	исполнителя										
13	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	8
14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10
15									Итого:	16	85

Таблица 15.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Инженер	0-2
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	2-14
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	14-15
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер	15-17
5	Анализ исходных данных	Инженер	17-24
6	Предварительный выбор защит	Инженер	24-30
7	Расчет уставок дифференциальной защиты	Инженер	30-39
8	Расчет защиты от перегрузок	Инженер	39-45
9	Расчет уставок РПН при перегрузке по току	Инженер	45-49
10	Расчет уставок дистанционной защиты	Инженер	49-54
11	Анализ полученных результатов	Инженер	54-58
12	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	58-69
13	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	69-77
14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	77-87

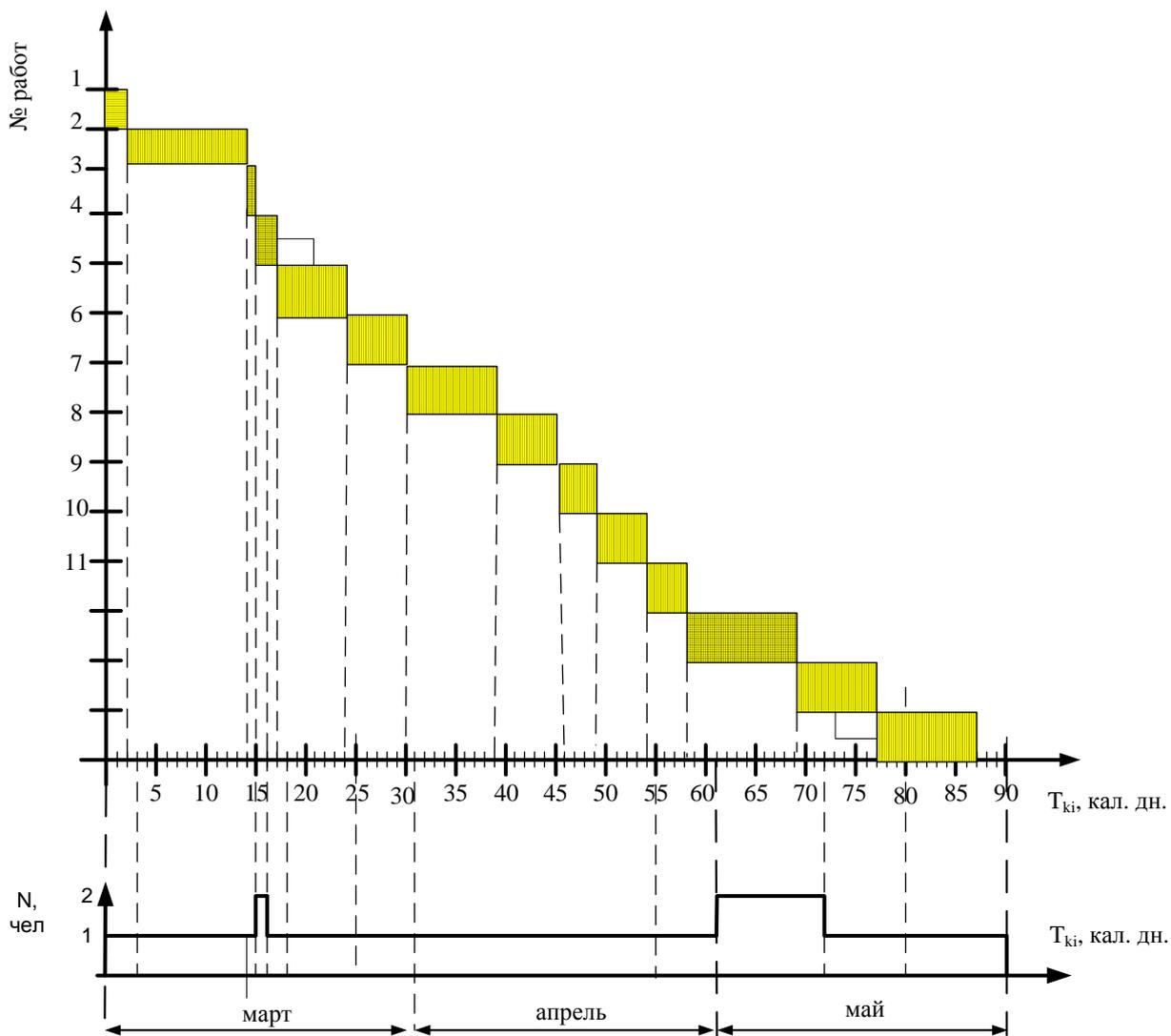


Рисунок 15.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где

 – руководитель;

 – инженер;

15.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научного исследования;
- оплата труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- амортизация
- прочие расходы
- накладные расходы.

15.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 15.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	150	300
2. Карандаш	25	3	75
3. Ластик	10	2	20
4. Ручка	20	5	100
5.Картридж	3000	1	3000
6. Линейка	30	1	30
7. Калькулятор	200	1	200
Итого			3725

15.4.2 Заработная плата исполнителей темы

В данную тему включается заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет заработной платы приведен ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P \quad (13.10)$$

Где

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

$k_D = 1,16$ – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_D = 1,08$ – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_P = 1,3$ – районный коэффициент для Томска.

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$C_i = (16751 + 2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26326,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$C_{\text{дн}} = \frac{26326,4}{30} = 877$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$C = 877 \cdot 85 = 74545$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$C_i = (23264,9 + 2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38401,06$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$C_{\text{дн}} = \frac{38401,06}{30} = 1280,03$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$C = 1280,03 \cdot 16 = 20480,48$$

Итого по зарплате: $74545 + 20480,48 = 95025,48$ руб.

15.4.3 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 по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z, \quad (13.11)$$

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 28.11.2015 №347-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$C_{\text{отч}} = k_{\text{отч}} \cdot C = 0,3 \cdot 95025,48 = 28507,64$$

15.4.4 Амортизация

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, 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 занесён в таблицу 15.8.

Таблица 15.8. Затраты на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	4 500	4 500
2	Оргтехника, комплект	2	45000	90 000
3	Мебель, комплект	3	25000	75 000
Итого:				169500

В связи с длительностью использования, стоимость основных средств учитывается с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{действ.использования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (13.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{оргтех}} = \frac{(90000 + 4500) \cdot 90}{5 \cdot 365} = 4660,27 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{25000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 1849,31 \text{ руб.}$$

Итого: 6509,58 руб.

15.4.5 Прочие расходы

Прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования и т.д.

$$C_n = (C_i + C_{\text{а\text{м}а}} + C_{\text{а}} + C_{\text{г}}) \cdot 0,1 \quad (13.13)$$

$$C_n = (3725 + 28507,64 + 6509,58 + 95025,48) \cdot 0,1 = 13376,77$$

Накладные расходы составляют 400% от заработной платы исполнителей. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = 3 \cdot 4 \quad (13.13)$$

Накладные расходы, руб.:

$$C_{\text{накл}} = 95025,48 \cdot 4 = 380101,92$$

Таблица 15.9 – Бюджет затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	3725
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	95 025,48
3. Отчисления во внебюджетные фонды	28 507,64
4. Амортизация	6509,58
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	13376,77
6. Накладные расходы	380101,92
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	527246,39
8. Прибыль (п. 7*0,2)	105449,278
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	632695,668

15.5 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики трансформатора собственных нужд исследуемой ТЭЦ, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum M_{\text{ЗМ}} = 1\,281\,000$ руб. (цены договорные по данным 2015 года).

В таблице 15.10 сведены стоимости устройств релейной защиты и кабельной продукции для подключения шкафа ШЭ1151-246UT10

Таблица 15.10

Наименование	Количество	Стоимость
ШЭ1151-246UT10 (шт)	1	1200 000
Комплект проводов(м)	60	81 000

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}} \quad (13.14),$$

Где: $K_{\text{монт}} = 20\% \text{ от } K_{\text{оборуд}}$

$$\hat{E} = 632695,668 + 1\,281\,000 + 1\,281\,000 \times 0,2 = 2\,169\,895,66 \text{ руб.}$$