



«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 300 МВт и релейная защита трансформатора связи

УДК 621.316.925.1.001.24:621.311.22.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А10	Лапудин Максим Александрович		

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	Лапудину Максиму Александровичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016, № 576/С
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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><i>Объектом исследования являются устройства релейной защиты и автоматики ТЭЦ 300 МВт. В качестве исходных данных представлены:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - параметры электрооборудования.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений ми-</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - краткая характеристика главной схемы и электрооборудования станции; - выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования; - постановка задачи проектирования; - проектирование релейной защиты трансформатора связи;

<p>ровой 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).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - выбор и расчёт основных защит; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - главная схема подстанции (приложение 1) - схема подключения релейной защиты трансформатора связи (приложение 2) - расчет токов КЗ в программе ТКЗ 3000 (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	Лапудин М.А.		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 103 листа, 11 рисунков, 33 таблицы, 14 источников, 3 приложений.

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

Объектом проектирования является ТЭЦ 300 МВт и релейная защита трансформатора связи данной ТЭЦ.

Цель работы: Проектирование электрической части ТЭЦ 300 МВт и расчет уставок релейной защиты трансформатора связи данной ТЭЦ.

В процессе проектирования проводились расчёты в программах «ТКЗ-3000», а также были использованы пакеты программ Mathcad, Microsoft Office.

В результате проектирования были рассчитана электрическая часть ТЭЦ и параметры релейной защиты. На основе расчетов было выбрано основное оборудование, устройства релейной защиты и автоматики трансформатора связи ТЭЦ.

Полученными результатами являются значения параметров дифференциальной защиты, защиты трансформатора от перегрузок, защиты от однофазных замыканий на землю.

Область применения: непосредственная установка защит с заданными параметрами.

Выбранная релейная защита и автоматика базируются на отечественной микроэлектронной аппаратуре. Экономическая эффективность спроектированных защит весьма высока.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

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 потреби-

лей

ПУЭ – правила устройства электроустановок

РЗА – релейная защита и автоматика

РПН – регулировка напряжения под нагрузкой

СН – среднее напряжение

СТЗНП – ступенчатая токовая защита нулевой последовательности

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности

ТЗОП – токовая защита обратной последовательности

ТЭО – технико-экономическое обоснование

УРЗА – устройство релейной защиты и автоматики

УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя

В настоящей работе представлены ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
3. ПОТ РМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
4. ГОСТ 12.2.013-91 ССБТ. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытания.
5. ПОТ РМ-012-2000. Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте.
6. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
7. ПОТ РМ-007-98. Межотраслевых правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.
8. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
11. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
12. СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение, нормы проектирования».
13. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. - Томск: Изд. ТПУ, 2000.

14. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».
15. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях".
16. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
17. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
18. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
19. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
20. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
21. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 «О противопожарном режиме».
22. Пособие к СНиП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации "Охрана окружающей среды".
23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно- защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
24. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

Оглавление

Введение	11
Обзор литературы	13
1 Описание объекта.....	14
2 Общий баланс активных мощностей	Ошибка! Закладка не определена.
3 Выбор и особенности главной схемы электрических соединений электростанции	Ошибка!
4 Выбор генераторов и трансформаторов	Ошибка! Закладка не определена.
5 Выбор трансформаторов связи	Ошибка! Закладка не определена.
6 Расчет токов короткого замыкания	Ошибка! Закладка не определена.
7 Выбор электрических аппаратов	Ошибка! Закладка не определена.
8 Выбор трансформаторов тока	Ошибка! Закладка не определена.
9 Выбор трансформаторов напряжения	Ошибка! Закладка не определена.
10 Релейная защита трансформатора связи ТДЦ -200000/110	Ошибка! Закладка не определена
11 Дифференциальная защита. Методика расчета	Ошибка! Закладка не определена.
11.1 Расчет уставок дифференциальной защиты трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
12 Защита трансформатора от перегрузки. Методика расчета	Ошибка! Закладка не определена
12.1 Расчет уставок защиты от перегрузки обмоток трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
13 .Защита от однофазных замыканий на землю. Методика расчета	Ошибка! Закладка не опре
13.1 Расчет защиты от однофазных замыканий на землю	Ошибка! Закладка не определена.
14 Дистанционная защита трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.
14.1 Расчет дистанционной защиты трансформатора	Ошибка! Закладка не определена.

15 Газовая защита трансформатораОшибка! Закладка не определена.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»15

16 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.16

16.1 Планирование научно-технического проекта 16

16.2 Расчёт научно-технической эффективности 17

16.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ **Ошибка! Закладка не определена.**

16.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ 20

16.3.2 Разработка графика проведения научного исследования 21

16.4 Бюджет научно-технического исследования 24

16.4.1 Расчет материальных затрат..... 25

16.4.2 Заработная плата исполнителей темы..... 25

16.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) 26

16.4.4 Амортизация 27

16.4.5 Прочие расходы..... 27

16.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования **28**

16.5 Определение капитальных вложений в РЗА 28

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»Ошибка! Закладка не опре

17 Социальная ответственностьОшибка! Закладка не определена.

17.1 Производственная безопасность **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов ... **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.2 Техника безопасности..... **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.3 Производственная санитария..... **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.4. Пожарная безопасность **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.5 Экологическая безопасность..... **Ошибка! Закладка не определена.**

17.1.6 Чрезвычайные ситуации **Ошибка! Закладка не определена.**

Заключение.Ошибка! Закладка не определена.

ПриложениеОшибка! Закладка не определена.

Список использованных источниковОшибка! Закладка не определена.

Введение

Особенностью электроэнергетических систем (ЭЭС) является жесткая взаимосвязь разнородных элементов и комплексов: электрические элементы, оборудование, генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, электрические линии разных классов напряжений; энергомеханические: паровые и газовые турбины, сочлененные с турбогенераторами, гидротурбины, сочлененные с гидрогенераторами, физико-химические энергетические преобразователи: котельные агрегаты, атомные реакторы, камеры сгорания газовых турбин; системы топливо приготовления на угольных электростанциях, транспортные системы и цеха, водохранилище и т.д.

В настоящее время при рассмотрении процессов в электрической части ЭЭС, на которые реагирует релейная защита и автоматика (РЗА), считается достаточным учитывать элементы электрической схемы (электрической сети) и участвующие в электромеханическом преобразовании энергии турбины. При этом последнее учитывается только при расчете параметров электромеханических процессов, что в свою очередь необходимо для определения и уточнения уставок противоаварийной автоматики (ПА).

Время протекания электромагнитных процессов настолько быстротечно, что никакого непосредственного участия обслуживающего персонала в обнаружении и управлении ими не может быть и речи. Поэтому устройства релейной защиты (РЗ), автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резерва (АВР), устройства резервирующего отказы выключателей (УРОВ) и др., реагирующие на параметр электромагнитных процессов, функционируют без участия оперативного персонала, т.е. чисто автоматически. Практически устройства ПА, реагирующие на параметры быстрых электромеханических процессов, также работают без участия человека. Таким образом, работа электроустановок не может проходить нормально без средств РЗА, которые быстро обнаруживают место повреждения, возмущения, их последствия, локализируют их и подавляют распространение путем отключения, поврежденно-

го или предельно-перегруженного элемента от электрической сети, форсируют системы управления нагруженных элементов.

Время работы основных РЗ составляет 0,02-0,06 с, резервных 0,1-1,5 с, время работы (отключения) выключателей 0,06-0,1 с, резервирующих ступеней РЗ, осуществляющих дальнейшее резервирование 1-6 с, время работы АПВ 0,3-1,5 с, АВР 0,2-1 с.

В настоящее время в электроустановках используются устройства РЗА трех видов, которые отражают три поколения развития аппаратуры РЗА: электромеханические устройства, микроэлектронные и микропроцессорные. Наиболее современным является последний вид. Хотя количество внедренных микропроцессорных устройств в электроустановках незначительно, нет достаточного количества опубликованных учебных материалов, при проектировании РЗА необходимо обращаться как к более современным и перспективным микропроцессорным системам, микроэлектронным устройствам.

На основании изложенного поставлена задача рассчитать релейную защиту трансформатора связи на ТЭЦ мощностью 300 МВт.

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район сети, включающий автоматизируемые объекты. Этот выбор нужно осуществить так, чтобы была возможность достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов. Для спроектированных устройств РЗА необходимо оценить экономическую эффективность.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики и др. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ «ТКЗ-3000», «Mathcad» и др..

Обзор литературы

Релейная защита является важной частью автоматики, которая используется в современных энергосистемах. Рассмотрев существующие работы в данной области можно сделать вывод, что изучению релейной защиты уделяется большое внимание. На сегодняшний день опубликовано большое количество изданий, в которых содержится информация для разработки защит электроустановок. Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [2]. Однако в данном источнике приведены только основные понятия. Более подробно схемы защит рассматриваются в работе Бурнашева А.Н.[10].

В связи с тем, что основные принципы релейной защиты остаются неизменными, не теряют своей актуальности труды таких авторов, как Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. [11], Федосеев А. М., Федосеев М. А. [12].

Тем не менее, устройства РЗА постоянно развиваются, поэтому необходимо обновлять знания персонала для эффективной работы с современным оборудованием. Такая возможность существует благодаря публикации производителями УРЗА документации на своих официальных сайтах.

Применение специализированных компьютерных программ существенно облегчает расчёт параметров ЭЭС и уставок релейной защиты. Описание одной из таких программ (ТКЗ-3000) рассмотрено в работе Шмойлова А.В.[13].

Раздел ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был выполнен на основании методики, приведенной в работе Коршуновой Л.А., Кузьминой Л.Г.[14].

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности[1-24].

1 Описание объекта

Проектируемая ТЭЦ имеет мощность 300 Мвт. Для генерации электрической мощности применяются современные ПГУ с высоким КПД, и низким содержанием вредных веществ в отработанных газах.

В таблицу 1.1 сведены исходные данные для проектирования электрической части ТЭЦ.

Таблица 1.1 Исходные данные

Генераторы		Энергосистема				Нагрузки потребителей								Величина резерва	
						Присоединение на U1				Присоединение на U2					
Число и мощность	Напряжение	Мощность	Напряжение	Реактивное сопротивление	Количество линий связи	U1	Число и мощность линий	коэффициент системы	коэффициент мощности	U2	Число и мощность линий	коэффициент системы	коэффициент мощности	На станции	В системе
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Шт.* МВт	кВ	МВА	кВ	%	Шт.	кВ	Шт.* МВт	-	-	кВ	Шт.* МВт	-	-	МВт	МВт
3*63 1*110	10,5	1000	110	270	2	10	16*5 12*4	0,76	0,85	110	2*50	0,84	0,92	По балансу мощности	По балансу мощности

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A10	Лапудину Максиму Александровичу

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. Планирование и формирование графика работ по реализации ТП	Для составления графика технико-конструкторских работ используется оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график инженерных работ, позволяющий лучше спланировать процесс реализации ТП
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- 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
3-5A10	Лапудин Максим Александрович		

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование выбора релейной защиты и автоматики трансформатора связи для ТЭЦ 300 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 связи ТЭЦ;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

2.1 Планирование научно-технического проекта.

Таблица 16.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер
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 дополнительных защит	
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер

Контроль и координация проекта	11	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель Инженер
Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

2.2 Расчёт научно-технической эффективности

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

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (16.1)$$

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):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (16.2)$$

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.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,9 \quad (16.3)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,135 \quad (16.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ты}} = \frac{Q_n}{Q_k} = \frac{0,9}{0,135} = 6,67 \quad (16.5)$$

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

Q_n , Q_k – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 16.2 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	ЭКРА ШЭ1111-246UT10		Устаревшие 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_n		Q_k		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	100	0,9	50	0,45	100	0,9
1.2Срок службы (Год)	0,2	12	0,4	25	0,9	25	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагно-	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9

стики и диагностики первичного оборудования, (%)							
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 16.3 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА ШЭ1111-246UT10	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативно-го 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 защит.	Есть возможность	Нет возможности
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 16.4. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дvi}$	$K_{дvi} \cdot d_i$
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	$K_{ну} = \sum(K_{дvi} \cdot d_i) = 0,14$		

2.3 Планирование и формирование графика работ по реализации ТП

2.3.1 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 $t_{ожi}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (16.6)$$

Где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дни;

$t_{мини}$ – 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_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} \quad (16.7)$$

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

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

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

2.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22, \quad (16.8)$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 * 1,22 = 3 \text{ дней}, \quad (16.9)$$

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.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 16.5 - 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	2	2	4	4	2,8	2,8	2,8	2,8	3	3
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		5		8	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		4		6	0	4,8	0	4,8	0	5
9	Расчет дополнительных защит		7		10	0	8,2	0	8,2	0	11
10	Анализ полученных результатов		4		6	0	4,8	0	4,8	0	6
11	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8		10		8,8	0	8,8	0	11	11
12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	8
13	Составление пояснительной записки (экс-		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10

	платационно-технической документации)										
14		Итого:								17	91

Таблица 16.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Инженер	1-3
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	3-15
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	15-16
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер	16-18
5	Анализ исходных данных	Инженер	18-25
6	Предварительный выбор защит	Инженер	25-31
7	Расчет уставок дифференциальной защиты	Инженер	31-40
8	Расчет защиты от перегрузок	Инженер	40-45
9	Расчет дополнительных защит	Инженер	45-56
10	Анализ полученных результатов	Инженер	56-62
11	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	62-73
12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	73-81
13	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	81-91

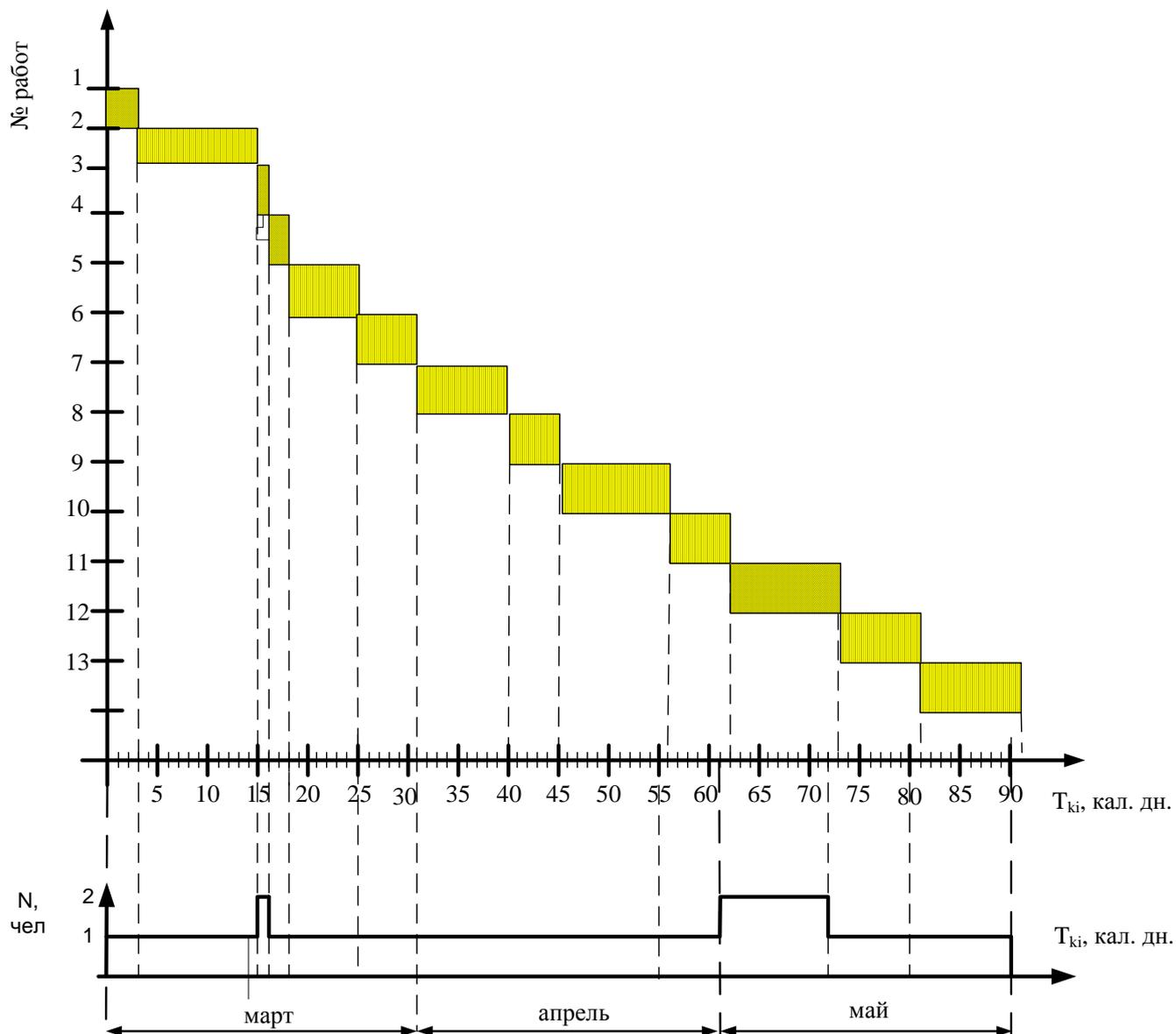


Рисунок 16.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где



- инженер;



- руководитель и инженер;

2.4 Бюджет научно-технического проекта

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.

2.4.1 Расчет материальных затрат

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

Таблица 16.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	200	400
2. Карандаш	25	4	100
3. Ластик	12	1	12
4.Картридж	2500	1	2500
5. Ручка	20	4	80
6. Линейка	10	1	10
7. Калькулятор	300	1	300
Итого Z_m			3402

2.4.2 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 приведён ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{мес} = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P \quad (16.10)$$

Где

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

$k_{Д} = 1,16$ – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_{Д} = 1,08$ – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

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

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_{мес} = (16751 + 2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26326,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{26326,4}{30} = 877,55$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{инж} = 877,55 \cdot 88 = 77224,4$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$Z_{мес} = (23264,9 + 2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38401,07$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{38401,07}{30} = 1280,04$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{рук} = 1280,04 \cdot 17 = 21760,68$$

Итого по зарплате: $Z_{зн} = Z_{инж} + Z_{рук} = 77224,4 + 38401,07 = 115625,47$ руб.

2.4.3 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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{зн}, \quad (16.11)$$

где $k_{внеб}$ – 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.:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{зн} = 0,3 \cdot 115625,47 = 34687,64$$

2.4.4 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 17.8.

Таблица 16.8. Расчет бюджета затрат 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	2	3 500	7 000
2	Оргтехника, комплект	2	40000	80 000
3	Мебель, комплект	2	20000	40 000
Итого:				127 000

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

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (16.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{комп}} = \frac{(80000 + 7000) \cdot 90}{5 \cdot 365} = 4290,41 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A_{\text{меб}} = \frac{40000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 986,3 \text{ руб.}$$

$$Z_a = A_{\text{комп}} + A_{\text{меб}} = 5276,71 \text{ руб.}$$

2.4.5 Прочие расходы

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

$$Z_n = (Z_m + Z_{зн} + Z_{внеб} + Z_a) \cdot 0,1 \quad (16.13)$$

$$Z_n = (3402 + 115625,47 + 34687,64 + 5276,71) \cdot 0,1 = 15899,18 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{накл} = Z_{зн} \cdot 4 \quad (16.14)$$

$$Z_{накл} = 115625,47 \cdot 4 = 462501,9 \text{ руб.}$$

2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического проекта

Определение бюджета затрат на выполнение научно-техническое проекта приведено в таблице 16.9.

Таблица 16.9 – Формирование бюджета затрат научного проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	3402
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	115625,47
3. Отчисления во внебюджетные фонды	34687,64
4. Амортизация	5276,71
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	15899,18
6. Накладные расходы	462501,9
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	637392,9
8. Прибыль (п. 7*0,2)	127478,58
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	764871,48

2.5 Определение капитальных вложений в РЗА

Затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики трансформатора связи исследуемой ТЭЦ, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum M_{зм} = 1\,132\,000 \text{ руб.}$ (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА» на шкаф ШЭ1111-246UT10).

В таблице 16.10 сведены стоимости устройств релейной защиты и кабельной продукции для подключения шкафа ШЭ1111-246UT10

Таблица 16.10

Наименование	Количество	Стоимость
ШЭ1111-246УТ10(шт)	1	1 120 000
Комплект проводов(м)	40	12 000

Капитальные вложения определяются по формуле:

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

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

$$K = 764871,48 + 1\,132\,000 + 1\,132\,000 \times 0,2 = 2\,123\,271,48 \text{ руб.}$$