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

Институт Энергетический
Направление подготовки АБ13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части ТЭЦ 315 МВт, расчет релейной защиты блока генератор – трансформатор.

УДК 621.316.925.1.001.24:621.314.224

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А10	Вершинский Илья Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдин С.М.	к. т. н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

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)
	Профессиональные компетенции
Р1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем
Р2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов
Р3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р4	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.
Р5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р6	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.
	Универсальные компетенции
Р7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р8	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
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р12	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
З-5А10	Вершинскому Илье Валерьевичу

Тема работы:

Проектирование электрической части ТЭЦ 315 Мвт, расчет релейной защиты блока генератор – трансформатор	
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 анализ и т. д.).*	*Объектом исследования являются устройства релейной защиты и автоматики основного оборудования подстанции «Сомкинская» Тюменской энергосистемы. В качестве исходных данных представлены:* *- электрическая схема района;* *- параметры электрооборудования.*

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 подстанции «Сомкинская»;* *-выбор и обоснование устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования;* *- постановка задачи проектирования;* *- проектирование релейной защиты автотрансформатора рассматриваемой подстанции;* *- детальное рассмотрение видов повреждений и ненормальных режимов работы основного оборудования ;* *- 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)*	*- главная схема подстанции (приложение 1)* *- структурная схема электрических подключений (приложение 2)*

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.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5А10	Вершинский И.В.		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа состоит из 136 листов, 2 рисунков, 12 таблиц, 25 источников, 2 приложений.

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

Объектом проектирования является релейная защита блока генератор – трансформатор ТЭЦ 315 МВт.

Цель работы: разработка принципиальной схемы электростанции на основании исходных данных и проектирование релейной защиты блока генератор-трансформатор на микропроцессорной базе.

В процессе исследования проводились расчёты в программах «ТКЗ-3000», «Microsoft Word 2007», а, также использовались пакеты программ Mathcad, Excel.

В результате исследования была разработана принципиальная электрическая схема станции. На основании исходных данных произведен выбор главного оборудования, сечение проводов линий электропередач. По полученным данным расчета токов короткого замыкания в заданных точках выбраны вспомогательное оборудование и коммутационная аппаратура. Затем для разработанной станции был произведен расчет уставок микропроцессорной защиты блока генератор-трансформатор, которая выполнена на базе шкафа ШЭ1111 ООО НПП «ЭКРА».

Проанализированная релейная защита и автоматика базируются на отечественной микроэлектронной аппаратуре. Чувствительность измерительных органов основных и ряда ступеней резервных дистанционных защит и токовых защит нулевой последовательности достигнута благодаря использованию возможностей типовой аппаратуры.

Экономическая эффективность спроектированных защит весьма 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

СТЗНП – ступенчатая токовая защита нулевой последовательности

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности

ТЗОП – токовая защита обратной последовательности

ТЭО – технико-экомическое обоснование

УРЗА – устройство релейной защиты и автоматики

УРОВ – устройство резервирования отказа выключателя

Нормативные ссылки.

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. 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.

Оглавление

Введение. ..... Ошибка! Закладка не определена.

Обзор литературы.....**13**

1 Общий баланс активных мощностей ..... Ошибка! Закладка не определена.

2 Описание структурной схемы ТЭЦ ..... Ошибка! Закладка не определена.

3 Выбор основного оборудования..... Ошибка! Закладка не определена.

3.1 Выбор турбогенераторов..... Ошибка! Закладка не определена.

3.2 Выбор трансформаторов связи ..... Ошибка! Закладка не определена.

3.3 Выбор блочного трансформатора..... Ошибка! Закладка не определена.

3.4 Выбор секционных реакторов..... Ошибка! Закладка не определена.

4 Определение расчетных токов продолжительного режима в цепях электростанции Ошибка! Закладка не определена.

5 Расчет токов КЗ в расчетном присоединении и распределительном устройстве (РУ) . Ошибка! Закладка не определена.

5.1 Расчет параметров схемы замещения..... Ошибка! Закладка не определена.

5.2 Преобразование схемы замещения: ..... Ошибка! Закладка не определена.

6 Выбор сборных шин, токопроводов и потребительских линий ..... Ошибка! Закладка не определена.

6.1 Выбор жесткого шинопровода для ГРУ 10 кВ..... Ошибка! Закладка не определена.

6.2 Выбор проводов длинных связей 35 кВ..... Ошибка! Закладка не определена.

6.3 Выбор проводов длинных связей 110 кВ..... Ошибка! Закладка не определена.

7 Выбор электрических аппаратов..... Ошибка! Закладка не определена.

7.1. Выбор реакторов нагрузки ..... Ошибка! Закладка не определена.

7.2. Выбор измерительных трансформаторов тока ..... Ошибка! Закладка не определена.

7.3. Выбор измерительных трансформаторов напряжения..... Ошибка! Закладка не определена.

8 Выбор схем электрических соединений распределительных устройств электростанции и основные конструктивные решения..... Ошибка! Закладка не определена.

9 Расчет токов короткого замыкания и остаточных напряжений ..... Ошибка! Закладка не определена.

10 Защиты генератора ..... Ошибка! Закладка не определена.

10.1 Расчет уставок продольной дифференциальной токовой защиты .. **Ошибка! Закладка не определена.**

10.2 Методика расчета уставок дифференциальной защиты..... **Ошибка! Закладка не определена.**
10.3 Расчет уставок дифференциальной защиты генератора..... **Ошибка! Закладка не определена.**
10.4 Методика расчета уставок защиты от симметричных перегрузок... **Ошибка! Закладка не определена.**
10.5 Расчет уставок защиты от симметричных перегрузок генератора... **Ошибка! Закладка не определена.**
10.6 Расчет уставок защиты от несимметричных перегрузок генератора**Ошибка! Закладка не определена.**
10.7 Методика расчета уставок защиты от несимметричных перегрузок**Ошибка! Закладка не определена.**

11 Расчет уставок дистанционной защиты блока генератор-трансформатор ..... Ошибка! Закладка не определена.

12 Расчет уставок максимальной токовой защиты генератора..... Ошибка! Закладка не определена.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОП

13. Финансовый менеджмент..... Ошибка! Закладка не определена.

13.1 Технико-экономическое обоснование анализа устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования ..... Ошибка! Закладка не определена.

13.2 Оценка научно-технического уровня инженерных решений ..... Ошибка! Закладка не определена.

13.3 Оценка трудозатрат на проектирование..... Ошибка! Закладка не определена.

13.4 Разработка графика проведения научного исследования..... Ошибка! Закладка не определена.

13.5 Бюджет научно-технического исследования..... Ошибка! Закладка не определена.

13.5.1 Расчет материальных затрат..... Ошибка! Закладка не определена.

13.5.2 Оплата приработка исполнителей темы. ..... Ошибка! Закладка не определена.
13.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)... **Ошибка! Закладка не определена.**
13.5.4 Амортизация ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
13.5.5 Прочие расходы ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

13.5.6 Определение капитальных вложений в РЗА ..... Ошибка! Закладка не определена.

14. Организационные мероприятия по обеспечению безопасного производства работОшибка! Закладка не определена.

14.1 Социальная ответственность ..... Ошибка! Закладка не определена.

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

14.3 Техника безопасности ..... Ошибка! Закладка не определена.
14.3.1 Электробезопасность. ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

14.4 Техника безопасности при работах на высоте ..... Ошибка! Закладка не определена.
14.4.1 Техника безопасности при работе с вращающимися механизмами ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

14.5 Производственная санитария..... Ошибка! Закладка не определена.

14.5.1 Микроклимат ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

15.1 Особенности распространения и физиологическое воздействие звука..... Ошибка! Закладка не определена.

15.2 Силовой трансформатор как источник шума ..... Ошибка! Закладка не определена.

15.3 Нормирование уровня шума трансформаторов ..... Ошибка! Закладка не определена.

15.4 Конструкции малошумных трансформаторов..... Ошибка! Закладка не определена.

15.5 Пожарная безопасность..... Ошибка! Закладка не определена.
15.5.1 Категории пожаровзрывоопасности..... **Ошибка! Закладка не определена.**
15.5.2 Классы пожароопасности ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
15.5.3 Средства пожаротушения ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

15.6 Охрана окружающей среды ..... Ошибка! Закладка не определена.

15.7 Чрезвычайные ситуации ..... Ошибка! Закладка не определена.
Заключение.....128

Список использованной литературы.....128

Приложение А..... Ошибка! Закладка не определена.

Приложение В.....78

Введение.

Первоначальной задачей расчета релейной защиты блока генератор-трансформатор ТЭЦ является необходимость обеспечения эффективного и быстродействующего функционирования при основных повреждениях, предотвращение разрушений и значительных повреждениях оборудования и предотвращение нарушений устойчивости энергосистемы.

Устройства р/з должны обладать необходимыми для них свойствами, соответствующим основным требованиям: чувствительности, быстродействию, надёжности и селективностью

Для необходимой эффективности необходимо выполнение следующих условий функционирования релейной защиты энергоблоков.

· обеспечить быстрое отключение любого элемента блока. При этом участок первичной схемы не должен оставаться не защищенным. Не смотря на это, во многих случаях приходится допускать применение релейной защиты, не полностью охватывающих защищаемое оборудование

·также резервные защиты обязаны охватывать все его элементы и должны обеспечить дальнее и ближнее резервирование соответственно защит прилежащей сети и основных защит блока (на ТЭЦ должно быть быстродействующим ближнее резервирование)

·должны по возможности быстро отключаться, поврежденные узлы, не сопровождающиеся коротким замыканиям и не отражающиеся на работе энергоблока, если их развитие может привести к значительным разрушениям оборудования;

· должны автоматически ликвидироваться релейной защитой не нормальные режимы (потеря возбуждения, перегрузки, и др.), если они недопустимы для оборудования или для энергосистемы. Если не требуется быстрая ликвидация не нормального режима, допускается только сигнализация его возникновения;

· работа устройств релейной защиты должно быть связанно с технологическими защитами и автоматикой энергоблока.

К выполнению релейной защиты основными требованиями является; обязательные при проектировании и в эксплуатации, устанавливают правила устройства электроустановок, Правила технической эксплуатации и материалы на основе многолетнего опыта научно-исследовательских

разработок, производства, проектирования и эксплуатации устройств релейной защиты.

Обзор литературы

Релейная защита является одной их самых важных и ответственных частей автоматики, которая применяется в современных энергосистемах. Анализ имеющихся исследований показал, что изучению релейной защиты уделяется большое внимание. Существует большое количество изданий, содержащих данные для разработки защит электроустановок. Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [1]. Но этот источник даёт нам только основные понятия. Более подробно схемы защит рассмотрены в работе Бурнашева А.Н.[2].

Так как основные принципы релейной защиты остаются неизменными, всё ещё актуальны труды таких авторов, как Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. [3], Федосеев А. М., Федосеев М. А. [4].

Тем не менее, устройства РЗА непрерывно совершенствуются, поэтому необходимо постоянно обновлять знания персонала для полноценной работы с современным оборудованием. Такую возможность предоставляют производители УРЗА, публикуя документацию на своих официальных сайтах.

Расчёт параметров ЭЭС и уставок релейной защиты в наше время невозможен без использования специализированных компьютерных программ. Описание одной из таких программ (ТКЗ-3000) рассмотрено в работе Шмойлова А.В.[5].

Экономический раздел ВКР был рассмотрен на основе работ Коршуновой Л.А., Кузьминой Л.Г.[6].

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности[9-32].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-5А10	Вершинскому Илье Валерьевичу

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. *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
З-5А10	Вершинский Илья Валерьевич		

13. Финансовый менеджмент

13.1 Технико-экономическое обоснование анализа устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование анализа устройств релейной защиты и автоматики основного оборудования.

Сегодня на смену традиционным релейным защитам на электромеханической элементной базе всё активнее приходят современные цифровые устройства, сочетающие в себе функции защиты, автоматики, управления и сигнализации. Использование цифровых терминалов дает возможность повысить чувствительность защит и значительно уменьшить время их срабатывания, что в совокупности с высокой надежностью позволяет существенно снизить величину ущерба от перерывов в электроснабжении.

Кроме того, появляется возможность построения автоматизированной системы управления технологическим процессом подстанций на базе этих терминалов и интегрирования ее с АСУ ТП верхнего уровня. На основании этого можно говорить о перспективности перехода к использованию цифровых терминалов в качестве основных устройств релейной защиты и автоматики электрических сетей.

Преимущества МП защит:

1. снижение ступени селективности с 0,5 с до 0,2 с;
2. малое потребление по измерительным цепям и цепям оперативного тока;
3. наличие различных характеристик, которые используются в разных случаях для согласования и повышения чувствительности;

4 процент правильной работы микропроцессорных защит составил 98,6–99,2%. Для примера, у защит линий 110–500 кВ, выполненных в основном на электромеханических и полупроводниковых панелях, этот же показатель составляет 97,0–98,2%;

5 Одним из главных достоинств микропроцессорных реле защиты, которое следовало бы отметить является осуществимость реализации целого ряда функций и характеристик (как измерительных и пусковых органов, так и логических цепей), получить которые в устройствах на другой элементной базе или невозможно или весьма затруднительно; Хорошим примером может послужить реализация однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) линии электропередачи. В электромеханической версии это как минимум две панели с количеством реле, близким к полусотне, в микроэлектронном исполнении – одна панель, модули которой в совокупности содержат около 2000 отдельных статических элементов. Ряд зажимов последней содержит около 300 клемм для обеспечения взаимодействия с другими устройствами защиты и выключателями. Реализация данной функции в микропроцессорном терминале осуществляется только средствами алгоритмов. При этом дополнительно легко могут быть реализованы и функции адаптивного времени бестоковой паузы ОАПВ и ОАПВ при двухфазных коротких замыканиях без «земли» и многое другое, причем без «аппаратного» усложнения схем защиты линии;

6 Простота (относительная) наладки при соответствующем оборудовании.

Микропроцессорные устройства, несмотря на их большую стоимость, существенно потеснили электромеханические реле в системах защиты объектов среднего напряжения. Отечественные производители (ООО «АББ Автоматизация», НПП «Механотроника», НПП «Радиус», ИЦ «Бреслер» и другие) ежегодно внедряют тысячи МП-терминалов.

Общее количество шкафов и панелей с МП-терминалами, внедренных на

объектах высокого и сверхвысокого напряжения России фирмами Siemens, AREVA, ООО «АББ Автоматизация», НПП «Экра» и другими, уже составляет несколько тысяч. Отметим, что проекты, выполняемые по требованиям заказчика, в ряде случаев просто нереализуемы на базе электромеханических и статических защит.. Кроме того того МП терминалы обеспечивают оперативную передачу информации в РДУ.

13.2 Оценка научно-технического уровня инженерных решений

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

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \qquad (15.1)$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального объекта;

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):

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i d_i, \qquad (15.2)$$

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.

$$Q_н = \sum_{i=1}^{n} q_i d_i = 0,6325 \quad (15.3)$$

$$Q_к = \sum_{i=1}^{n} q_i d_i = 0,485 \quad (15.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$К_{ту} = \frac{Q_н}{Q_к} = \frac{0,6325}{0,485} = 1,3 \quad (15.5)$$

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

$Q_н$, $Q_к$ – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 13.1 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	ЭКРА		Устаревшие эл.механич.УРЗА		Идеальное УРЗА	
	d_i	P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}

1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), *Q*		$Q_н$		$Q_к$		Q_{100}=1	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,2	100	0,9	50	0,45	100	0,9
1.2Срок службы (Год)	0,3	12	0,4	25	0.9	25	0,9
1.3 Надежность работы(процент правильных срабатываний), (%)	0,3	99	0,89	0,88	98	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 13.2 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения

другую.	характеристик.	характеристик.
Срок службы	Заявленный срок службы 12 лет.	Срок службы 25 лет
Надежность работы(процент правильных срабатываний)	Параметр близок к идеальному	Параметр близок к идеальному, но немного хуже микропроцессорных 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 и меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, более низкие эксплуатационные затраты, 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. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 13.3. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение *i*-го фактора
	d_i	$К_{дуi}$	$К_{дуi} \cdot d_i$
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	$К_{ну} = \sum(К_{дуi} \cdot d_i) = 0.14$		

13.3 Оценка трудозатрат на проектирование

Перечень этапов, и работ по ним распределение представлен в таблице 13.4

Таблица 13.4

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
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
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	Руководитель
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разраберотка блок-схемы, принципиальной схемы	инженер
Оформление отчета но НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	инженер

13.4 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \text{ , (15.8)}$$

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

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

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

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{кi} = T_{рi} \cdot k_{кал} = 2,8 * 1,22 = 3 дней \text{ , (15.9)}$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

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

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 13.5 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	**Трудоёмкость работ**						Длительность работ в рабочих днях $T_{рi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{кi}$	
	t_{min}, человеко-дни		t_{max}, человеко-дни		$t_{ожi}$, человеко-дни					
	Руковод.	инженер	Руковод	инженер	Руковод.	инженер	Руковод.	инженер	Руковод.	инженер
Составление и утверждение технического задания	3	3	5	5	3.8	3,8	3.8	3,8	4	4
Подбор и изучение материалов по теме		8		12	0	9,6	0	9,6	0	12
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1

Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	2	2
Анализ исходных данных		5		8	0	6	0	6	0	7
Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	6
Расчет уставок продольной дифференциальной токовой защиты		4		5	0	4.4	0	4.4	0	5
Расчет уставок защиты от симметричных перегрузок генератора		5		6	0	5.4	0	5.4	0	6
Расчет уставок защиты от несимметричных перегрузок генератора		3		4	0	2.8	0	2.8	0	3
Расчет уставок дистанционной защиты блока генератор-трансформатор защита		4		5	0	4.4	0	4.4	0	5
Расчет уставок ащиты от замыкания в обмотке ротора		3		4	0	2.8	0	2.8	0	3
Оценка эффективности полученных		4		6	0	4,8	0	4,8	0	5

результатов										
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8	8	10	10	8,8	8,8	8,8	8,8	11	11
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	9
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10

Таблица 13.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

№ работ	**Вид работы**	**Исполнители**	$T_{\text{к}i}$, кал. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1-4
2	Подбор и изучение литературы по теме	инженер	4-16
3	Выбор направления исследования	Руководитель, инженер	16-17
4	Календарное планирование работ	Руководитель	17-19

	по теме		
5	Анализ исходных данных	Руководитель, инженер	19-26
6	Предварительный выбор защит	инженер	26-32
7	Расчет уставок продольной дифференциальной токовой защиты	инженер	32-37
8	Расчет уставок защиты от симметричных перегрузок генератора	инженер	37-43
9	Расчет уставок защиты от несимметричных перегрузок генератора	инженер	43-46
10	Расчет уставок дистанционной защиты блока генератор-трансформатор защита	инженер	46-51
11	Расчет уставок ащиты от замыкания в обмотке ротора	инженер	51-54
12	Оценка эффективности полученных результатов	инженер	54-59
13	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель	59-70
14	Разработка блок-схемы, принципиальной	инженер	70-79
15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	инженер	79-89

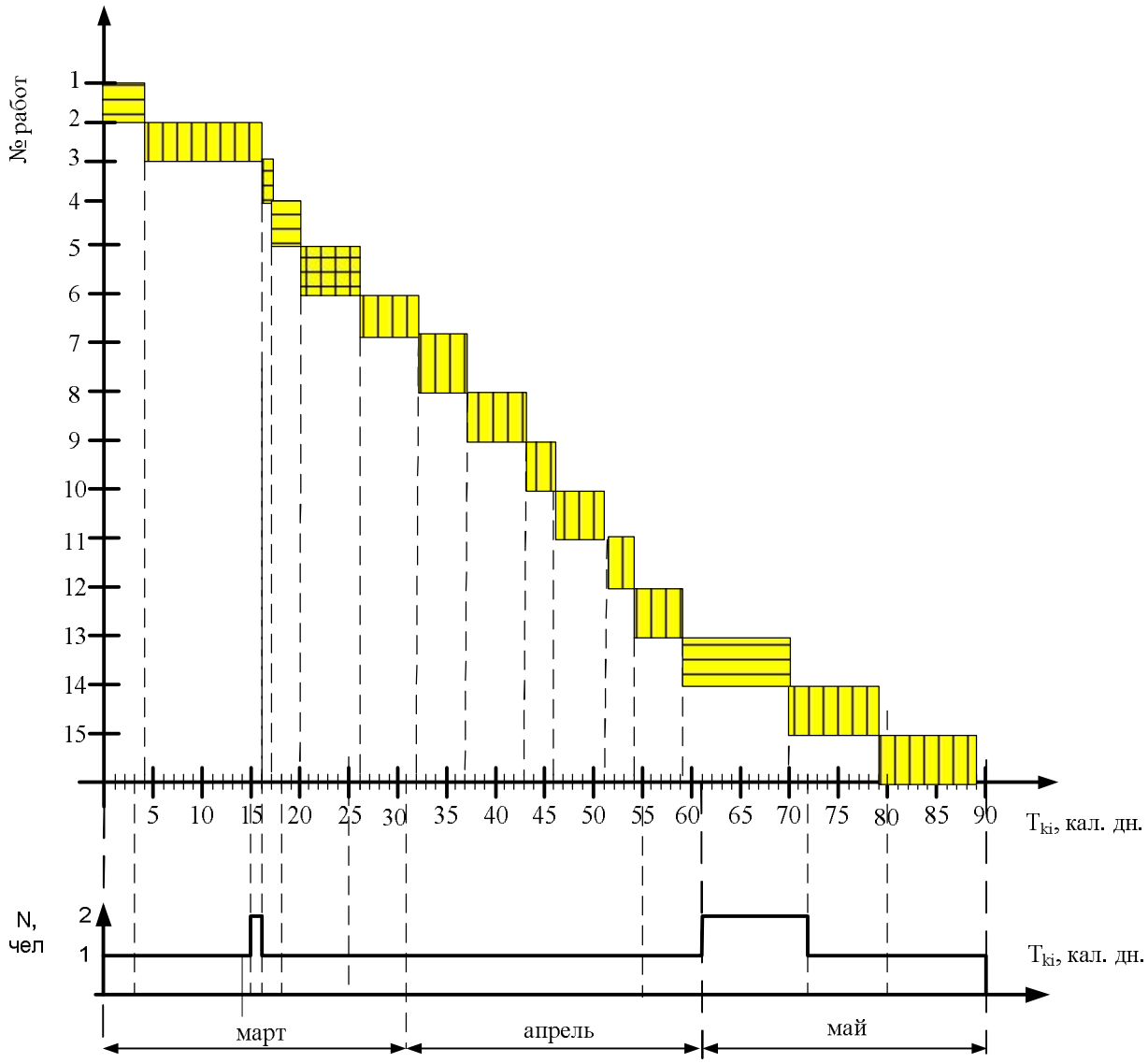

Рисунок 13.1 – Календарный график проведения научного исследования по теме

Где

– руководитель;

– инженер;

13.5 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

- накладные расходы.

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

12.5.1 Расчет материальных затрат

Таблица 13.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	40	80
2. Карандаш	10	1	10
3. Ластик	12	1	12
4. Ручка	25	2	50
5. Картридж	3500	1	3500
6. Линейка	10	1	10
7. Калькулятор	230	1	230
Итого:			7784

13.5.2 Оплата приработка исполнителей темы.

В данную тему включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, 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. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20÷30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведён ниже.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (15.10)$$

Где:

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (0,08÷0,16% от $З_{осн}$).

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{р} \quad (15.11)$$

Где

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м}{21} \quad (15.12)$$

Где

$З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_{тс} \cdot К_{доп} \cdot К_р \quad (5.13)$$

Где

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

$К_{доп} = 1{,}08$ - за неотработанное время

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

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$З_м = (16751{,}29 + 2000) \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}3 = 36565$$

Среднедневная заработная плата, инженера руб.:

$$Здн = \frac{36565{,}0}{21} = 1741{,}2$$

Основная заработная плата инженера, руб.:

$$Зм = 1741{,}19 \cdot 72 = 125365{,}68$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$З_м = (23264{,}86 + 2200) \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}3 = 49656{,}47$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$Здн = \frac{49656,47}{21} = 2364,59$$

Основная заработная плата руководителя, руб.:

$$Зм = 2364,59 \cdot 18 = 42565,62$$

Итого по зарплате: 125365,68+42565,65=167931,33 руб.

13.5.3 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (15.15)$$

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:

$$Зв_{неб} = к_{внеб} \cdot (З_{доп} + З_{осн}) = 0,3 \cdot 167931,33 = 50379,39$$

13.5.4 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 13.8.

Таблица 13.8. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс АРМ СРЗА	1	682 400	682 400
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	2	2 500	5 000
3	Оргтехника, комплект	2	41000	82 000
4	Мебель, комплект	2	19000	38 000
Итого:				682525

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

$$A = \frac{стоимость \cdot N_{днейиспользования}}{срокслужбы \cdot 365} \quad (5.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{комп} = \frac{(682400 + 5000 + 82000) \cdot 90}{5 \cdot 365} = 37943,01руб.$$

Амортизация мебели

$$A_{меб} = \frac{38000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 936,98\ руб.$$

Итого: 38879,99 руб

13.5.5 Прочие расходы

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

$$З_п = \left(З_м + З_{внеб} + З_а + З_{зп}\right) * 0,1 (13.13)$$

$$З_п = (7784 + 167931,33 + 50379,39 + 38879,99) * 0,1 = 71497,47$$

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

$$Знакл = З \cdot 4 \qquad З_{нак} = З_{зп} \cdot 4 \qquad (15.13)$$

Накладные расходы, руб.:

$$З_{накл} = 167931,33 \cdot 4 = 66925,32 \text{ руб.}$$

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 13.9.

Таблица 13.9 – Б3юджет затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	7784
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	167931,33
3. Отчисления во внебюджетные фонды	50379,39
4. Амортизация	38879,99
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	71497,47
6. Накладные расходы	66925,32
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	403397,5

8. Прибыль (п. 7*0,2)	80679,5
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	484077

13.5.6 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum M_{ЗМ} = 2\,548\,000\,руб$. (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА»).

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$К = К_{проект} + К_{оборуд} + К_{монт} \quad (15.14),$$

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

$$К = 484077 + 2548000 + 2548000 Ч 0,2 = 1\ 116015,4\ руб.$$