

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование ТЭЦ мощностью 190 МВт и релейной защиты трансформаторов

УДК 621.316.925.1:621.311.22(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Перминов Антон Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р	-		

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
ЭЭС	Сулайманов А. О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные 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.
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 ЭНИН

Направление подготовки 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
3-5A11	Перминову Антону Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование ТЭЦ мощностью 190 МВт и релейной защиты трансформаторов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

576/С от 01.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Главная схема электрических соединений ТЭЦ; Исходные данные к проектированию.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов.	<i>Выбор основного оборудования; Расчет токов короткого замыкания; Расчет релейной защиты трансформаторов; Расчет технико - экономического обоснования; Анализ опасных и вредных факторов; Выводы по работе</i>
Перечень графического материала	<i>Главная электрическая схема ТЭЦ; Схема релейной защиты понижающего трехобмоточного трансформатора.</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Л. А. Доцент, к.т.н.
«Социальная ответственность»	Бородин Ю. В. Доцент, к.т.н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.01.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Перминов Антон Сергеевич		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
«Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем»

Уровень образования Бакалавр

Кафедра Электроэнергетических систем

Период выполнения: весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2016 г.

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.2016	Выбор основного оборудования ТЭЦ	5
22.02.2016	Определение токов короткого замыкания	6
11.03.2016	Выбор сборных шин, токопроводов и потребительских линий	6
23.03.2016	Выбор электрических аппаратов	4
05.04.2016	Выбор схем электрических соединений РУ	4
12.04.2016	Релейная защита и автоматика трансформаторов	5
26.04.2016	Расчет параметров срабатывания защиты	5

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
23.05.2016	Социальная ответственность	4

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р.	-		

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 13 рис., 34 табл., 12 источников, 2 прил.

Ключевые слова: ТЭЦ; РЗиА; РУ; электромеханические реле; микропроцессорная техника. ГРУ, ПУЭ.

Объектом исследования являются параметры релейной защиты трансформаторов ТЭЦ мощностью 190 МВт.

Цель работы – проектирование ТЭЦ мощностью 190 МВт и релейной защиты трансформаторов.

В процессе исследования проводились: расчет токов короткого замыкания, технико-экономическое обоснование проекта, рассмотрение вопросов связанных с обеспечением безопасного функционирования релейной защиты и ТЭЦ.

В результате исследования произведен выбор уставок релейной защиты трансформаторов ТЭЦ 190 МВт.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: выбранные уставки полностью соответствуют требованиям РЗ согласно НТД.

Область применения: результаты исследования применимы для предприятий электроэнергетической отрасли.

Экономическая эффективность/значимость работы: проект является экономически выгодным для внедрения, снижает себестоимость обслуживания РЗиА, так же повышает компетенции персонала занятого обслуживанием релейной защиты и автоматики.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52776 – 2007 “Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики”;

ГОСТ Р 22.0.02-94“Безопасность в чрезвычайных ситуациях”;

ГОСТ 12.0.003-74 “ССБТОпасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменением №1)”;

ГОСТ 12.2.013-91 “ССБТ Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний”;

ГОСТ 12.2.003-91 “ССБТОборудование производственное. Общие требования безопасности”;

ГОСТ 12.1.003-83(1999) “ССБТ Шум. Общие требования безопасности”;

ГОСТ 12.1.004-91 “ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”;

ГОСТ 12.1.012-2004 “ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.1.024-81“Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в заглушенной камере”;

ГОСТ 12.1.029-80 “ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация”;

ГОСТ 12.1.010-76 “Взрывоопасность. Общие требования”;

ГОСТ 12.4.026-2001“Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная”;

ГОСТ 12.4.009-83“Пожарная техника для защиты объектов”;

ГОСТ 17.0.001-76“Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения (с Изменениями №1,2)”;

ГОСТ 17.2.1.01-76“Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу (с Изменением №1)”;

ГОСТ 17.1.1.02-77 “Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов (с Изменением №1)”;

СНиП 11-01-95 “Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений”;

СНиП П-89-80“Генеральные планы промышленных предприятий”;

СНиП 2.01.02.85“Противопожарные нормы”;

СНиП 2.09.04-87“Административные и бытовые здания”;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03“Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов”;

СанПин 2.2.4.584-96 “Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений”;

СН 2.2.4/2.1.8.556-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”;

ПУЭ “Правила устройства электроустановок редакция 7”;

ПОТ Р М-016-2001 “Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок”;

ПОТ Р М-012-2000 “Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте”.

Оглавление

Введение.....	12
Обзор литературы.....	14
1. Проектирование ТЭЦ.....	16
1.1.Общий баланс активных мощностей.....	16
1.2. Описание структурной схемы ТЭЦ.....	17
1.3. Выбор основного оборудования.....	18
1.3.1. Выбор турбогенераторов.....	18
1.3.2. Выбор трансформаторов связи.....	20
1.3.3. Выбор блочного трансформатора.....	23
1.3.4. Выбор секционных реакторов.....	24
1.4. Определение расчетных токов продолжительного режима в цепях электростанции.....	24
1.5. Расчет токов КЗ в расчетном присоединении и РУ.....	26
1.5.1. Расчет параметров схемы замещения.....	26
1.5.2. Преобразование схемы замещения.....	28
1.6. Выбор сборных шин, токопровода и потребительских линий.....	31
1.6.1. Выбор жесткого шинопровода для ГРУ 6,3 кВ.....	31
1.6.2. Выбор сборных шин 35 кВ.....	32
1.6.3. Выбор проводов длинных связей 35 кВ.....	32
1.6.4. Выбор сборных шин 220 кВ.....	33
1.6.5. Выбор проводов длинных связей 220 кВ.....	34
1.6.6. Выбор комплектного токопровода.....	34
1.7. Выбор электрических аппаратов.....	34
1.7.1. Выбор выключателей.....	34
1.7.2. Выбор реакторов нагрузки.....	37
1.7.3. Выбор измерительных трансформаторов тока.....	38
1.7.4. Выбор измерительных трансформаторов напряжения.....	41
1.8. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств электростанции и основные конструктивные решения.....	43
1.9. Принципиальная схема управления и сигнализации выключателем.....	46
2. Расчет релейной защиты трехобмоточного трансформатора.....	48
2.1. Выбор и обоснование устанавливаемых защит.....	48
2.2. Схема замещения.....	48
2.3. Расчет в программе “LINE” токов короткого замыкания.....	51
2.4. Защита трансформатора.....	52
2.4.1. Продольная дифференциальная защита с торможением.....	52

2.4.2. Расчет параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне НН, выполненной в виде максимальной токовой защиты с комбинированным пуском по напряжению.....	57
2.4.3. Расчет параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне СН, выполненной в виде максимальной токовой защиты с комбинированным пуском по напряжению.....	59
2.4.4. Расчет параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне ВН, выполненной в виде максимальной токовой защиты с комбинированным пуском по напряжению.....	61
2.4.5. Газовая защита.....	61
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
3.1. Планирование научно-технического исследования.....	64
3.1.1. Разработка этапов работ.....	64
3.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	65
3.1.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	65
3.2. Расчет научно-технической эффективности.....	69
3.3. Расчет затрат на проектирование РЗ.....	71
3.3.1. Бюджет научно-технического исследования.....	71
3.3.2. Расчет материальных затрат.....	71
3.3.3. Зарботная плата исполнителей.....	72
3.3.4. Отчисления вовнебюджетные фонды (страховые отчисления).....	73
3.3.5. Амортизация.....	73
3.3.6. Прочие неучтенные затраты.....	75
3.3.7. Накладные расходы.....	75
3.3.8. Смета затрат на оборудование.....	76
4. Введение. Социальная ответственность.....	79
4.1. Производственная безопасность.....	79
4.1.1. Анализ опасных и вредных факторов.....	79
4.1.2. Производственная санитария.....	80
4.1.3. Электробезопасность.....	85
4.1.4. Пожарная безопасность.....	88
4.2. Экологическая безопасность.....	93
Заключение.....	96
Список используемых источников.....	97
Приложение А	
Приложение Б	

Введение

Электростанциями называются предприятия или установки, предназначенные для производства электроэнергии. По особенностям технологического процесса преобразования энергии и виду используемого энергетического ресурса электростанции подразделяют на тепловые (ТЭС), атомные (АЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), гидроаккумулирующие (ГАЭС), газотурбинные (ГТУ) и другие.

ТЭЦ предназначены для централизованного снабжения промышленных предприятий и городов электроэнергией и теплом. Являясь, как и КЭС, тепловыми электростанциями, они отличаются от последних использованием тепла «отработавшего» в турбинах пара для нужд промышленного производства, а также для отопления, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения. При такой комбинированной выработке электроэнергии и тепла достигается значительная экономия топлива по сравнению с раздельным энергоснабжением. Поэтому ТЭЦ получили широкое распространение в районах (городах) с большим потреблением тепла и электроэнергии. В целом на ТЭЦ производится около 25% всей электроэнергии, вырабатываемой в России. Специфика электрической части ТЭЦ определяется расположением электростанции вблизи центров электрических нагрузок. В этих условиях часть мощности может выдаваться в местную сеть непосредственно на генераторном напряжении. С этой целью на электростанции создается обычно генераторное распределительное устройство (ГРУ). Избыток мощности выдается в энергосистему на повышенном напряжении. Существенной особенностью ТЭЦ является также повышенная мощность теплового оборудования по сравнению с электрической мощностью электростанции. Всё это повышает требования к охране окружающей среды. Для уменьшения выбросов ТЭЦ целесообразно, где это возможно, использовать в первую очередь газообразное или жидкое топливо, а также высококачественные угли.

В электрической части энергосистем могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы электрооборудования электростанций и подстанций линий электропередачи и электроустановок потребителей электроэнергии. Повреждения вызывают появление значительных аварийных токов и сопровождаются глубоким понижением напряжения на шинах электростанций и подстанций. Ток повреждения выделяет большое количество теплоты, которые вызывает сильное разрушение в месте повреждения и опасное нагревание проводов неповрежденных ЛЭП и оборудования, по которым этот ток проходит. Понижение напряжения нарушает нормальную работу потребителей электроэнергии и устойчивость параллельной работы элементов энергосистемы.

Ненормальные режимы обычно приводят к отклонению напряжения, тока и частоты от допустимых значений. При понижении частоты и напряжения создается опасность нарушения нормальной работы потребителей и устойчивости энергосистемы, а повышение напряжения и тока угрожает повреждением оборудования и линий электропередачи. Для уменьшения разрушений в месте повреждения и обеспечения нормальной работы неповрежденной части энергосистемы необходимо возможно быстрее выявлять и отделять место повреждения от неповрежденной части энергосистемы. Опасные последствия ненормальных режимов также можно предотвратить, если своевременно принять меры к их устранению, а при необходимости отключить оборудование, оказавшееся в недопустимом для него режиме.

Выявление и отключение повреждений следует производить очень быстро – в большинстве в течение сотых и десятых долей секунды, что может быть обеспечено только средствами автоматики. В связи с этим возникла необходимость в создании и применении автоматических устройств, защищающих энергосистему и ее элементы от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов. Первоначально в качестве подобной защиты применялись плавкие предохранители. Впоследствии были созданы защитные устройства, выполняемые при помощи электрических автоматов реле. Такой способ получил название релейной защиты.

Релейная защита осуществляет непрерывный контроль за состоянием всех элементов энергосистемы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов. При возникновении повреждений РЗ должна выявить поврежденный участок и отключить его от энергосистемы, воздействуя на специальные силовые выключатели, предназначенные для размыкания токов повреждения.

Обзор литературы

Неотъемлемой частью современной жизни является электроэнергетика. Она находит широкое распространение во всех областях жизнедеятельности человека, а так же на производственных площадках, где к электричеству предъявляются большое количество требований, касающихся его качества и бесперебойности питания. Данные требования периодически пересматриваются и актуализируются в соответствии с современными реалиями, и предоставляются конечному пользователю в виде издания под названием ПУЭ. Как следует из названия, ПУЭ предъявляет требования устройству электроустановок.

При обслуживании электроустановок особые требования предъявляются к безопасному выполнению работ персоналом. Данные требования сведены в “Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок” ПОТ Р М-016-2001.

Рассматривая непосредственно тему ВКР “Проектирование ТЭЦ мощностью 190 МВт и релейной защиты трансформаторов”, можно сказать, что в рамках электроэнергетической отрасли данный вопрос находит широкое распространение в литературе. Примеров тому можно привести много. Мною при выполнении ВКР были использованы такие издания как “Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов” Андреев В.А. 2006; “Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб.для вузов” 1992 Федосеев А.М. и Федосеев М.А. ,Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов.– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

Не сложно заметить, что данная тема остается актуальной на протяжении многих лет. В свою очередь вышеперечисленные издания в полной мере освещают вопросы проектирования ТЭЦ, расчета уставок релейной защиты, как современных терминалов микропроцессорной релейной защиты, так и релейной защиты выполненной на основе электромеханических реле.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A11	Перминову Антону Сергеевичу

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
3-5A11	Перминов Антон Сергеевич		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью этого проекта является расчёт параметров устройств РЗА, для защиты оборудования ТЭЦ 190 МВт. Во многом от них зависит надежность и правильность работы электрооборудования.

Ожидаемые результаты работы:

- 1) определение параметров и типов аппаратов релейной защиты;
- 2) решение сложных задач надёжности работы оборудования ТЭЦ;
- 3) рост квалификации инженерно-технических работников;
- 4) повышение качества выполнения расчетных работ;

показать научно-техническую и практическую ценность результатов работы.

3.1. Планирование научно-технического исследования

3.1.1. Разработка этапов работ

Таблица 26– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ этапа	Наименование работ на текущем этапе	Количество исполнителей	Продолжительность чел. – дн	
			Руководитель	Инженер
Научно – теоретическая часть				
1	Разработка технического задания	Руководитель	2	-
2	Подбор персонала	Руководитель	2	-
3	Определения объема работ	Руководитель Инженер	1	1
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	-	4
5	Анализ и подготовка схемы	Инженер	-	2
6	Анализ исходных данных	Инженер	-	2
Практические работы				
7	Расчет уставок для разных состояний внешней системы электроснабжения	Инженер	-	4
8	Оперативные расчеты режимов коротких замыканий	Инженер	-	2
9	Выбор расчетных нагрузок	Инженер	-	3
10	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими исследованиями	Инженер	-	2
11	Расчет возмущенных режимов	Инженер	-	3
12	Анализ полученных результатов	Руководитель Инженер	3	3

13	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	-	1
14	Внесение корректировок	Инженер	-	1
15	Выбор оптимального режима	Руководитель Инженер	2	2
16	Анализ результатов расчетов	Инженер	-	2
17	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	14	-
18	Оформление отчета	Инженер	-	3
19	Выполнение графической части	Инженер	-	9
20	Рассмотрение результатов	Руководитель	4	-

3.1.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 2}{5} = 2 \text{ чел} - \text{дни}$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитываем параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дней}$$

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

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

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

3.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22,$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,22 = 2,44 \text{ дня}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

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

Таблица 27 – Календарный план проведения научного исследования по теме
(с нарастающим итогом)

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} кал.дн.
1	Разработка технического задания	Руководитель	2
2	Подбор персонала	Руководитель	4
3	Определения объема работ	Руководитель Инженер	5
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	Инженер	9
5	Анализ и подготовка схемы	Инженер	11
6	Анализ исходных данных	Инженер	13
7	Расчет уставок для разных состояний внешней системы электроснабжения	Инженер	17
8	Оперативные расчеты режимов коротких замыканий	Инженер	19

9	Выбор расчетных нагрузок	Инженер	22
10	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими исследованиями	Инженер	24
11	Расчет возмущенных режимов	Инженер	27
12	Анализ полученных результатов	Инженер Руководитель	30
13	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	31
14	Внесение корректировок	Инженер	32
15	Выбор оптимального режима	Инженер Руководитель	34
16	Анализ результатов расчетов	Инженер	36
17	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель	50
18	Оформление отчета	Инженер	53
19	Выполнение графической части	Инженер	62
20	Рассмотрение результатов	Руководитель	66

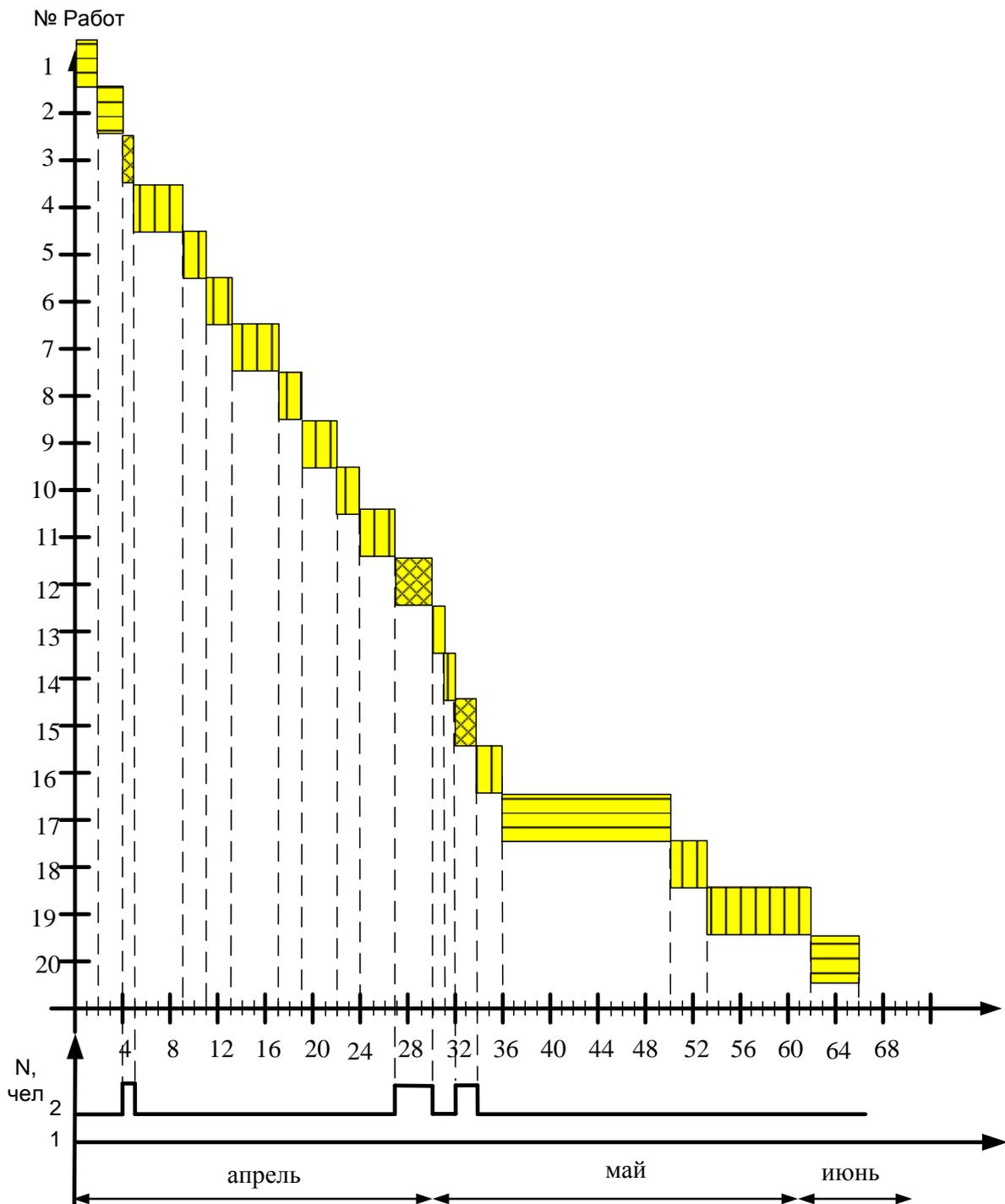


Рисунок 13 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме.

Где:

-  – руководитель;
-  – инженер;
-  – руководитель и инженер.

3.2 Расчёт научно-технической эффективности

Любое проектирование должно начинаться с выявления требований потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единственный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p,$$

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):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i,$$

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.

$$Q_{\text{н}} = 0,864$$

$$Q_{\text{к}} = 0,486$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}} = \frac{0,864}{0,486} = 1,77$$

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 28 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вспокказ а-телей	ДЗТ-11		РЗТ-25		Идеальное УРЗА	
		d_i	P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		Q_n		Q_k		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставокзащит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	100	0,9	60	0,54	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	90	0,81	40	0,36	100	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	70	0,63	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	90	0,81	70	0,63	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 29 – Объяснение величин параметров.

Характеристики:	ДЗТ-11:	РЗТ-25:
Возможность оперативного изменения уставокзащит и переход с одной характеристики на другую.	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, но проблематично.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, но проблематично.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Возможно	Невозможно
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Возможно, при определенных условиях.	Возможно, при определенных условиях.
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Возможно	Невозможно

Превосходствонад 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.

Таблица 30 - Оценка научного уровня разработки

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

3.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

3.3.1 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.

3.3.2 Расчет материальных затрат

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

Таблица 31 - Затраты на комплектующие изделия и материалы:

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	240	2 уп.	480
2. Флешкарта	420	1 шт.	420
3. Карандаш	45	5 шт.	225
4. Ластик	50	2 шт.	100
5. Ручка	70	5 шт.	350
6. Картридж	960	1 шт.	960
7. Линейка	40	1 шт.	40
8. Папка для бумаг	90	10 шт.	900
Итого ($U_{МЗ}$):			3 475

3.3.3 Заработная плата исполнителей

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:

$$Z_{м} = Z_{ТС} \cdot k_{Д} \cdot k_{Р}$$

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.

Месячная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{м} = 18\,751 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26\,327 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{26327}{30} = 877,6 \text{ руб.}$$

Зная, что инженер работает 44 дней рассчитаем оплату инженеру

$$З_{\text{и}} = 877,6 \cdot 44 = 38\,614,4 \text{ руб}$$

Месячная заработная плата руководителя, руб.:

$$З_{\text{м}} = 25\,565 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38\,552,02 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{38\,552,02}{30} = 1\,285,07 \text{ руб.}$$

Зная, что руководитель работает 28 дней рассчитаем оплату руководителя:

$$З_{\text{р}} = 1\,285,07 \cdot 28 = 35\,981,89 \text{ руб}$$

Итого суммарная заработная плата работников составит 74 596,29 рубля.

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З$$

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

На 2014 г., в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году вводится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$З_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 74\,596,29 = 20\,215,6 \text{ руб.}$$

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

3.3.5 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 32.

Таблица 32 – Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Компьютер	1	32 000	32000
2.	Принтер	1	13000	13 000
3.	Компьютерное кресло	1	14 000	14 000
4.	Стол компьютерный	1	9 000	9 000
Итого:				68 000

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

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365}$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A_{\text{компьютер}} = \frac{32000 \cdot 66}{10 \cdot 365} = 578,63 \text{ руб/день}$$

$$A_{\text{принтер}} = \frac{13000 \cdot 66}{5 \cdot 365} = 470,14 \text{ руб/день}$$

$$A_{\text{кресло}} = \frac{14000 \cdot 66}{7 \cdot 365} = 361,64 \text{ руб/день}$$

$$A_{\text{стол}} = \frac{9000 \cdot 66}{10 \cdot 365} = 162,74 \text{ руб/день}$$

Итого: 1573,15 руб.

3.3.6 Прочие неучтенные затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи, вознаграждения. Рассчитываются как 10% от суммы материальных затрат, заработной платы, амортизации и отчислений во внебюджетный фонд.

Итого: 9 986,01 рублей

3.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, копирование документов и т.д. и составляют 400% от заработной платы исполнителей. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \text{ФЗП} \cdot 4$$

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{\text{накл}} = 298\,385,2 \text{ руб.}$$

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 33.

Таблица 33 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	3 475,00
2. Затраты по заработной плате исполнителей	74 596,29
3. Отчисления во внебюджетные фонды	20 215,6
4. Амортизация	1 573,15
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	9 986,01
6. Накладные расходы	298 385,2
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	408 231,25
8. Прибыль (п. 7*0,3)	122 469,38
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	530 700,63

3.3.8 Смета затрат на оборудование

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики на ТЭЦ, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum M_{зм} = 1\,834\,071$ руб. (цены договорные по преискуранту ООО «Электронормаль»)

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборудование}} + K_{\text{монтаж}}$$

где $K_{\text{проект}}$ – затраты на выполнение проекта;

$K_{\text{монтаж}}$ – затраты на монтаж и наладку оборудования, которые определяются:

$$K_{\text{монтаж}} = 0,2 \cdot K_{\text{оборуд}}$$

где $K_{\text{оборуд}}$ – стоимость комплектов защит.

$$K_{\text{монтаж}} = 0,2 \cdot 1\,834\,071 = 366\,814,2$$

$$K = 530\,700,63 + 1\,834\,071 + 366\,814,2 = 2\,731\,585,83$$

