



Институт ЭНИН
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра ЭЭС

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ ПС «Крохалевская» - ПС «Ново-Анжерская» Кузбасской ЭЭС

УДК 621.316.925.1.001.6:621.315.1.027(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А11	Якимович Андрей Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Андреев М.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<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, 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.



Институт ЭНИН
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра ЭЭС

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
3-5А11	Якимович Андрею Викторовичу

Тема работы:

Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ ПС «Крохалевская» ПС «Ново-Анжерская» Кузбасской ЭЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 01.02.2016 г. № 576/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p align="center">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>1.Параметры защищаемого участка 2.Параметры прилегающей периферии</p>
<p align="center">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1.Краткая характеристика защищаемого объекта 2.Выбор и обоснование видов и состава РЗ автотрансформатора 3.Выбор и обоснование аппаратных средств РЗ 4.Определение электрических величин для расчета выбранных РЗ с помощью ПВК «АРМ СРЗА» 5.Расчет параметров настроек и чувствительности РЗ</p>
<p align="center">Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1.Схема расчетного района энергосистемы 2.Схема основных электрических соединений РЗ</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
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	Андреев М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Якимович Андрей Викторович		

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)
10.02.2016	Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений	6
20.02.2016	Расчет параметров релейной защиты	5
10.03.2016	Дистанционная защита	6
20.03.2016	Токовая отсечка	4
10.04.2016	Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности	5
25.04.2016	Основные преимущества использования	6

	микропроцессорных устройств	
Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
20.05.2016	Социальная ответственность	4

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Андреев М.В.	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы, 12 рисунков, 15 таблиц, 30 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: дистанционная защита, токовая защита нулевой последовательности, максимальная токовая защита, релейная защита, линия электропередач.

Объектом разработки является релейная защита линии электропередач.

Цель работы – выбор и расчет уставок срабатывания релейной защиты линии электропередач.

В процессе работы проводились замеры электрических величин с помощью программно-вычислительного комплекса и расчеты необходимых параметров по соответствующим выражениям.

Полученными результатами являются значения уставок срабатывания и коэффициентов чувствительности.

Область применения: непосредственная установка защит и задание ее параметров.

Обозначения и сокращения

ДЗ	дистанционная защита
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
МП	магнитное поле
МТЗ	максимальная токовая защита
ППБ	правила пожарной безопасности
ПУЭ	правила устройства электроустановок
РЗ	релейная защита
СанПиН	санитарные правила и нормы
СНиП	строительные нормы и правила
ТЗНП	токовая защита нулевой последовательности
ТН	трансформатор напряжения
ТТ	трансформатор тока
УРЗ	устройства релейной защиты
УРОВ	устройство резервирования при отказе выключателя
ЭП	электрическое поле

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998.
2. ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
7. ГОСТ 12.1.030 – 81. Защитное заземление, зануление.
8. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
9. ГОСТ 12.3.009 – 76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 12.4.011 – 89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
11. ГОСТ 12.4.125 – 83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов.
12. Постановление Правительства РФ № 390 от 25 апреля 2012 года «О противопожарном режиме».
13. Р 2.2.2006 – 05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2006.
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03. Санитарно – защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
16. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
17. СанПиН 2.2.4.1191 – 03. Электромагнитные поля в производственных условиях. М.: Минздрав России, 2003.
18. СНиП П – 12 – 77. Защита от шума.
19. СНиП 23 – 05 – 95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. М.: Минстрой России, 1995.
20. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» – Федеральный закон № 123 от 22.07.08 г.

Оглавление

Планируемые результаты обучения по ООП.....	2
Календарный рейтинг-план.....	5
Реферат.....	7
Обозначения и сокращения.....	8
Нормативные ссылки.....	9
Введение.....	12
1 Формирование района энергосистемы с точки зрения релейной защиты заданных объектов... 13	
2. Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений.....	14
2.1 Характеристика защищаемого объекта.....	14
2.2 Выбор состава РЗА защищаемого объекта.....	17
2.3 Выбор аппаратной реализации РЗА.....	17
2.4 Выбор устройств защиты.....	18
2.5 Принцип действия защит.....	19
2.6 Выбор измерительных трансформаторов.....	25
3. Расчет выбранных РЗА защищаемого объекта.....	27
3.1 Расчет защиты линии «Крохалевская»-«Ново-Анжерская».....	27
3.1.1 Расчет дистанционной защиты.....	27
3.1.2 Токовая отсечка.....	38
3.1.3 Токовая защита нулевой последовательности.....	39
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
4.1 Планирование исследования.....	48
4.1.1 Определение трудоемкости выполнения работ.....	49
4.1.2 Разработка графика проведения исследования.....	50
4.2 Расчёт научно-технической эффективности.....	53
4.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ.....	58
4.4 Бюджет научно-технического исследования.....	58
4.4.1 Расчет материальных затрат.....	58

4.4.2 Заработная плата исполнителей темы.....	59
4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	60
4.4.4 Амортизация.....	60
4.4.5 Накладные расходы.....	62
4.4.6 Формирование бюджета затрат исследования.....	62
4.5 Определение капитальных вложений в РЗА.....	63
5. Социальная ответственность при работе на обще станционном пункте управления(ОПУ).....	66
5.1 Характеристика объекта.....	66
5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	66
5.3 Техника безопасности.....	67
5.4 Производственная санитария.....	74
5.4.1 Микроклимат в помещении.....	74
5.4.2 Запыленность помещения.....	76
5.4.3 Освещенность.....	78
5.5 Электромагнитные поля.....	82
5.6 Пожарная безопасность.....	84
5.7 Экологическая безопасность.....	86
5.8 Чрезвычайные ситуации.....	88
Заключение.....	90
Список источников литературы.....	91
Схема расчетного района энергосистемы (приложение 1)	
Структурная схема терминала ШЭ 2607-016 (приложение2)	
Структурная схема терминала ШЭ 2607-016 продолжение (приложение)	

Введение

Особенность электроэнергетических систем (ЭЭС) заключается в жесткой взаимосвязи различных элементов и комплексов: генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, компенсаторы, фильтр нагрузки; линии электропередачи различного напряжения. Вся предоставленная система компонентов действует в критериях взаимозависимости характеристик процессов в одних элементах от характеристик процессов в иных. Однако не только по параметрам процессов элементы ЭЭС взаимосвязаны, но сами параметры процессов определяются параметрами схем и конструкции элементов, среди которых обобщающими и фундаментальными являются коэффициенты передачи между выходом и входом элементов и постоянные времени, отображающие динамику изменения процессов.

Время протекания электромагнитных процессов настолько быстротечно, что никакого непосредственного участия рабочего персонала в выявлении и изменении параметров, по сравнению с автоматикой, не может быть и речи. Поэтому устройства релейной защиты (РЗ), реагирующие на изменение каких-либо параметров электромагнитных процессов, работают без участия обслуживающего персонала, т.е. в автоматическом режиме. Поэтому нормальная работа электроустановок не обходится без оборудования РЗА, которые за доли секунд могут обнаружить место повреждения, возмущения колебаний, выявляют их и нейтрализуют распространение посредством отключений, поврежденного или предельно-перегруженного элемента от электрической сети. Время работы основных средств РЗ составляют 0,02-0,06 с, основных ступеней резервных защит 0,1-1,5 с, время работы (отключения) выключателей 0,06-0,1 с, резервирующих ступеней РЗ, осуществляющих дальнейшее резервирование 3-10 с, время работы АПВ 0,3-1,5 с, АВР 0,2-1 с.

В электроустановках на данный момент времени используют устройства РЗА трех видов: микропроцессорные, электромеханические и микроэлектронные устройства. Наиболее современным является микропроцессорная защита.[8] В данной работе поставлена задача

спроектировать релейную защиту линии 220 кВ «Крохалевская»-«Ново-Анжерская». Для решения поставленных задач использованы аналитические и графоаналитические расчетные методы, энергетический вычислительный расчетный комплекс (ВРК) АРМ СРЗА. Для оформления результатов использованы пакеты программ Microsoft office, Microsoft Visio.

1 Формирование района энергосистемы с точки зрения релейной защиты заданных объектов

Автоматизируемые объекты: релейная защита линии 220 кВ «Крохалевская» - «Ново-Анжерская». Для формирования расчётных схем будем использовать схему Кемеровской энергосистемы, которая фактически является схемой электрических соединений для нормального оперативного режима.

Возможность с точки зрения РЗ выделения района реализуется в составе заданных автоматизируемых объектов и периферий предыдущих и смежных элементов в таком объеме, чтобы обеспечить полноценные расчеты уставок и чувствительности, планируемых к использованию на заданных объектах устройств РЗ.

Для определения уставки вторых и третьих ступеней РЗ линий по условиям согласования с защитами первых, вторых (третьих) ступеней предыдущих линий и трансформаторных элементов, необходимо знать величины уставок первых, вторых (третьих) ступеней последних, а значит обеспечить их расчет. Но вторые (третьи) ступени предыдущих линий должны быть согласованы с первыми, вторыми (третьими) ступенями других предыдущих элементов и так вплоть до граничных (оконечных) элементов энергосистемы в направлении действия РЗ. Таким образом, полное проектирование ступенчатых РЗ возможно только на базе схемы электрических соединений всей энергосистемы и, следовательно, с точки

зрения проектирования РЗ заданных элементов район расчетной схемы выделить нельзя.

Однако возможно приближенное проектирование, в рамках данной учебной работы, например, так: ступенчатые защиты заданных элементов проектируются в полном предписываемом руководящими указаниями объеме, но вторые и третьи ступени предыдущих или смежных элементов только согласуются с первыми и вторыми ступенями следующего уровня предыдущих элементов и отстраиваются от КЗ на противоположных сторонах предыдущих трансформаторов и автотрансформаторов. Уставки же первых и вторых ступеней последних определяются приближенно, а именно, первой ступени - только путем отстройки от КЗ в конце защищаемой линии, а второй - не путем согласования с РЗ и отстройки от неполнофазного режима на предыдущих линиях, отстройки от КЗ на противоположных сторонах предыдущих трансформаторов и автотрансформаторов, а исходя из минимально-допустимой чувствительности. Исходя из изложенного, район для проектирования РЗ должен содержать кроме заданных автоматизируемых элементов также два уровня периферий из предыдущих элементов в направлении действия комплектов РЗ по концам заданной линии и два уровня периферий: одного - из смежных элементов, а другого - из предыдущих относительно смежных элементов в основном направлении. Для решения поставленных задач используем программный комплекс «Автоматизированное рабочее место службы релейной защиты и автоматики» (АРМ СРЗА).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 3-5A11	ФИО Якимович Андрею Викторовичу
-------------------------	---

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

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения НИ</i>

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	Якимович Андрей Викторович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование реконструкции релейной защиты и автоматики основного оборудования линии электропередач 220 кВ ПС «Крохалевская» - ПС «Новоанжерская» Кузбасской энергосистемы.

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 основного оборудования линии ПС «Крохалевская» - ПС «Новоанжерская» Кузбасской энергосистемы;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

4.1 Планирование исследования

Таблица 4.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания, принятие технического решения, составление перечня необходимых видов защит	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Подготовка материально технической базы, планирование времени	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер

предполагаемых видов работ,	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проведение теоретических расчетов и обоснований выбранных защит	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов проделанной работы, оценка эффективности, выполнения требований руководящих указаний	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.1.1 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 $t_{ожи}$ используем следующую формулу:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini}}{5} + \frac{2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 2}{5} + \frac{2 \cdot 1}{5} = 1.4 \text{ чел} - \text{дни} \quad (5.6)$$

Где $t_{ожi}$ – 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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{1.4}{1} = 1.4 \text{ дней (5.7)}$$

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

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

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

4.1.2 Разработка графика проведения исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22, \text{ (5.8)}$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} = 1.4 \cdot 1.22 = 1.7 \text{ дней, (5.9)}$$

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 4.2 - Временные показатели проведения исследования

№ п/п	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях	
		t_{min} , человеко-дни		t_{max} , человеко-дни		$t_{\text{ож}}$, человеко-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания, разработка технического задания, принятие технического решения, составление перечня необходимых видов защит	1		2		1.4		1.4		2	
2	Подбор и изучение литературы по теме, подготовка материально технической базы предстоящей работы		1		1		1		1		1
3	Выбор направления исследований нужной области	2	2	3	3	2.4	2.4	1.2	1.2	2	2
4	Планирование затрат времени, на все предполагаемые виды работ	3	3	2	2	2.4	2.4	1.2	1.2	2	2
5	Анализ исходных данных, анализ принятых технических решений		2		2		1.8		1.8		3

6	Выбор защит воздушной линии согласно руководящим указаниям		1		2		1.4		1.4		2
7	Расчет уставок срабатывания защит реле сопротивления		3		1		2.2		2.2		3
8	Анализ полученных результатов		1		2		1.4		1.4		2
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя по рассчитанным уставкам срабатывания реле сопротивления выбранных защит	2	2	3	3	2.4	2.4	1.2	1.2	2	2
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		1		2		1.4		1.4		2
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		1		1		1		1		1
12			Итого:							8	20

Таблица 4.3 – Календарный план проведения исследования по теме

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кол. дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	1
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	2 2
4	Календарное планирование работ по теме	Инженер Руководитель	2 2
5	Анализ исходных данных	Инженер	3
6	Предварительный выбор защит	Инженер	2
7	Расчет уставок защит	Инженер	3

8	Анализ полученных результатов	Инженер	2
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	2 2
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	2
11	Составление пояснительной записки	Инженер	1

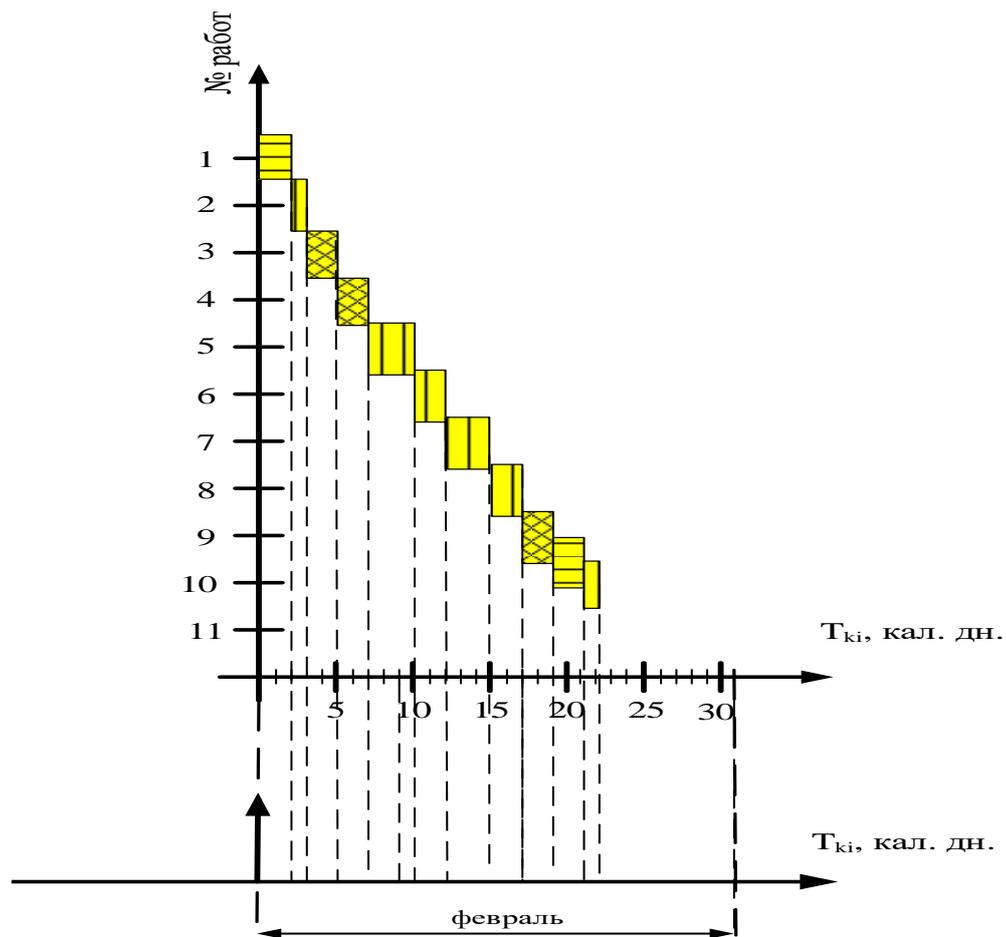


Рисунок 4.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где:



– руководитель;



– инженер;



– руководитель и инженер.

4.2 Расчёт научно-технической эффективности

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

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

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.

$$Q_i = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,532 \quad (5.3)$$

$$Q_e = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,442 \quad (5.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{к}}} = 1,2$$

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 4.4 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшество ЭКРА ШЭ2607		Конкурент SIMENS Siprotec4		Идеальное УРЗА	
		P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{к}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	60	0,54	40	0,36	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	50	0,45	30	0,27	100	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	90	0,63	70	0,63	100	0,9

1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	80	0,72	80	0,72	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	100	0,9	100	0,9

Таблица 4.5 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА ШЭ2607	Конкурент: SIMENS Siprotec4
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Большой выбор задаваемых уставок, регулируемый отечественной аппаратурой.	Большой выбор задаваемых уставок, регулируемый только зарубежной аппаратурой.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Передача данных осуществляется по каналам связи, используя основные кабельные линии лэп, так и используя опто-волоконные линии связи, если последний вид связи присутствует на данном участке воздушной линии.	Передача данных осуществляется по каналам связи, используя основные кабельные линии лэп, так и используя опто-волоконные линии связи, если последний вид связи присутствует на данном участке воздушной линии. При использовании кабельных линий в качестве канала связи, возможна погрешность в показаниях, рекомендовано производителем использовать опто-волоконные линии

		связи для передачи информации.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Архивирование и хранение изменений аналоговых и дискретных сигналов, команд пользователя и других событий происходящих в системе в размере 200 mb.	Архивирование и хранение изменений аналоговых и дискретных сигналов, команд пользователя и других событий происходящих в системе в размере 150 mb.
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Самодиагностика выявляет и сигнализирует о неисправности в системе мониторинга.	Самодиагностика выявляет и сигнализирует о неисправности в системе мониторинга.
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Подключение терминала к сети Ethernet.	Подключение терминала к сети Ethernet.

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. Кроме того, немаловажным фактором при выборе защитного терминала производителя ЭКРА послужило то, что выпускает его именно отечественный производитель. Конечная стоимость продукции не будет привязана к курсу рубля, в отличие от зарубежных производителей, что весьма актуально при условиях нынешней рыночной экономики. 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. 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 4.6 - Оценка научного уровня разработки

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

4.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

4.4 Бюджет научно-технического исследования

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

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

4.4.1 Расчет материальных затрат

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

Таблица 4.7 Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	150	2	300
2. Карандаш	15	2	30
3. Ластик	10	2	20
4. Ручка	40	4	160
5. Картридж	780	1	780
6. Линейка	20	2	40
7. Калькулятор	200	2	400

Итого	1730
-------	------

4.4.2 Заработная плата исполнителей темы.

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P$$

Где

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

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

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

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

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_{мес} = 18751 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 26326,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{днев} = \frac{26326,4}{30} = 877,5$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{инж} = 20 \cdot 877,5 = 17550,9$$

Месячный должностной оклад руководителя, руб.:

$$Z_{мес} = 25264,9 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38099,47$$

Среднедневная заработная плата руководителя, руб.:

$$З_{\text{днев}} = \frac{38099,47}{30} = 1269,9$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$З_{\text{рук}} = 8 \cdot 1269,9 = 10159,2$$

Итого по зарплате: 17550,9 + 10159,2 = 27710,1

4.4.3 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:

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

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 водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot З = 0,271 \cdot 27710,1 = 7509,4$$

Итого: 7 509,4 руб.

4.4.4 Амортизация

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение

¹ Федеральный 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»

стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье занесён в таблицу 4.8.

Таблица 4.8. 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	681 400	681 400
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office	1	3 500	3 500
3	Оргтехника, комплект	2	50 000	100 000
4	Мебель, комплект	2	20 000	40 000
Итого:				824 940

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

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

Амортизация оргтехники, программного обеспечения

$$A = \frac{784900 \cdot 22}{5 \cdot 365} = 9\,461,8 \text{ руб.}$$

Амортизация мебели

$$A = \frac{40000 \cdot 22}{10 \cdot 365} = 475,7 \text{ руб.}$$

Итого: 9 937,46 руб.

4.4.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = Z \cdot 4$$

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{\text{накл}} = 27710,1 \cdot 4 = 110840,4$$

4.4.6 Формирование бюджета затрат исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет бюджета затрат исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты исследования	1 730
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	27 710,1
3. Отчисления во внебюджетные фонды	7 509,4
4. Амортизация	9 937,46
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	4 688,7
6. Накладные расходы	110 840,4
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	162 416,1
8. Прибыль (п. 7*0,2)	32 483,2
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	194 899, 3

4.5 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики на линии 220 кВ ПС«Крохалевская» - ПС«Новоанжерская», микропроцессорного терминала ШЭ2607, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет: $\sum I = 2\,245\,180$ руб.. (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА»).

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}}$$

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

$$K = 194\,899,3 + 2\,245\,180 + 449\,036 = 2\,889\,115,3 \text{ руб.}$$