

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 релейной защиты воздушной линии электропередач 500 кВ ПС Юрга – ПС Ново - Анжерская Кузбасской ЭЭС.

УДК 621.316.925:621.315.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Скворцов Андрей Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Рубан Н.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н. В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И. И.	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 результ ата	Результат обучения
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	
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 ЭЭС

(Подпись) _____
(дата) Сулайманов А.О.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Скворцову Андрею Дмитриевичу

Тема работы:

Проектирование релейной защиты воздушной линии электропередач 500 кВ ПС Юрга – ПС Ново-Анжерская Кузбасской ЭЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	576/С от 01.02.2016 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объектом проектирования является релейная защита линии электропередачи ПС Юрга–ПС Ново-Анжерская Кузбасской ЭЭС. Исходными данными для дипломного проекта является схема замещения электрической сети Кемеровской энергосистемы в программном комплексе АРМ СРЗА.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Выбор и обоснование устанавливаемых защит 2. Выбор измерительных трансформаторов 3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
Перечень графического материала	<i>Схема замещения района защищаемой линии. Схема подключения токовых цепей для линий без реакторов ШЭ 2710 582.</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов И. И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н. В.

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	Рубан Н.Ю.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Скворцов Андрей Дмитриевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоит из 85 страниц, 8 рисунков, 22 таблицы, 34 источников, 2 приложение.

Ключевые слова: релейная защита, аварийный режим, уставка, ступень, короткое замыкание, согласование, переток, отстройка, чувствительность, энергосистема.

Объектом исследования является кузбасская энергосистема, а именно линия 500кВ от подстанции «Юрга» до подстанции «Ново-Анжерская», и отходящие линии.

Цель работы – проектирование релейной защиты линии 500 кВ ПС Юрга – ПС Ново-Анжерская кузбасской энергосистемы, оценка конкурентоспособности альтернативных технических решений с позиции ресурсоэффективности и планирование проектных работ, исследование рабочего места инженера РЗА с задачей выявления опасных и вредных производственных и экологических факторов и средств защиты от них.

В ходе выполнения работы использовались программный комплекс «АРМ СРЗА», а также программный пакет Microsoft Office (Word, Exel, Visio).

Релейная защита и автоматика выполнена на комплексе отечественных шкафов ШЭ 2710 компании «ЭКРА» на микропроцессорной аппаратуре. Рассчитанный комплекс защит отвечает основным требованиям, предъявляемым к релейной защите: селективность, быстродействие, чувствительность и надежность.

Полученные в проекте результаты можно использовать, в качестве предварительных расчетов в расчетных группах релейной защиты и автоматики центрального, объединенного или регионального диспетчерского управления.

Нормативная литература

1. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты.
2. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
4. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).
5. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
7. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
8. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"
9. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
10. ПУЭ 85. Правила устройства электроустановок. Издание 6 01.01.1985
11. Р2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
12. РД 34.03.604. Руководящие указания по защите персонала, обслуживающего распределительные устройства и воздушные линии электропередачи переменного тока напряжением 400, 500 и 750 кВ, от воздействия электрического поля. 1981
13. РД 52.04.186. Комплект измерительный ИК для контроля компонентов в атмосферных осадках и покрове.

14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
15. СанПиН 2.2.4.723-98. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях
16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.
17. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
18. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
19. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
20. СНиП 11-90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
21. СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
22. СНиП II-90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
23. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение.
24. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения.

Оглавление

Введение	11
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	13
1.1 Характеристика защищаемого объекта	13
1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит	13
1.3 Выбор аппаратной реализации релейной защиты	14
1.4 Выбор устройств релейной защиты	14
1.5 Выбор измерительных трансформаторов	15
2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	18
2.1 Дистанционная защита	18
2.1.1 Расчет уставки первой ступени	18
2.1.2 Проверка чувствительности первой ступени	20
2.1.3 Расчет уставки второй ступени.	20
2.1.4 Проверка чувствительности второй ступени.	25
2.1.5 Расчет уставки третьей ступени	26
2.1.6 Проверка чувствительности третьей ступени	27
2.2 Токовая ступенчатая защита нулевой последовательности	29
2.2.1 Расчет уставки первой ступени	32
2.2.2 Проверка чувствительности первой ступени	33
2.2.3 Расчет уставки второй ступени	33
2.2.4 Проверка чувствительности второй ступени	36
2.2.5 Расчет уставки четвертой ступени	37
2.2.6 Проверка чувствительности четвертой ступени	37
2.3. Дифференциально-фазная высокочастотная защита ШЭ 2710 582	39
2.3.1 Исходные данные для расчёта защиты	40
2.3.2 Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов I_L , действующего на блокировку	41
2.3.3 Выбор уставки токового органа с пуском по вектору разности фазных токов I_L , действующего на отключение	42
2.3.4 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I_2 , действующего на блокировку	42
2.3.5 Выбор уставки токового органа с пуском по току обратной последовательности I_2 , действующего на отключение	43
2.3.6 Определение коэффициента чувствительности токового отключающего органа I_2	43
2.3.7 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_2 , действующего на блокировку	44
2.3.8 Уставка токового органа с пуском по приращению DI_2 , действующего на отключение	44

2.3.9 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_1 , действующего на блокировку	45
2.3.10 Выбор уставки токового органа с пуском по приращению DI_1 , действующего на отключение	45
2.3.11 Орган манипуляции. Коэффициент комбинированного фильтра токов	45
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	48
3.1 Анализ конкурентоспособности технического решения	49
3.2 Планирование научно-технического исследования	53
3.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ	54
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	55
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	58
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	58
3.3.2 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение	59
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	59
3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
3.3.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	62
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	66
4.1 Анализ опасных и вредных факторов	69
4.1.1 Воздействие климатических условий	69
4.1.2 Защита от электромагнитных излучений	70
4.1.3 Защита от шума	71
4.1.4 Освещение	72
4.2 Опасные производственные факторы	73
4.3 Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках	76
4.4 Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения	76
4.5 Пожарная безопасность	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСКОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
Приложение А	82
Приложение Б	83

ВВЕДЕНИЕ

Релейная защита выполняет важные функции по осуществлению автоматического выявления повреждений и ненормальных режимов в энергосистеме и является важной автоматикой, которая обеспечивает надежную и устойчивую работу.

В современных энергосистемах, благодаря росту мощности энергосистем, а так же объединением их в единые электрически связанные системы значение РЗ возрастает.

Сегодня в энергосистемах активно развиваются сети высокого и сверхвысокого напряжения, при помощи которых объединяются энергетические системы и осуществляется передача больших потоков электроэнергии от мощных электростанций к крупным центрам потребления. В связи с этим, по-прежнему остается актуальной задача проектирования РЗ системообразующих линий электропередачи. Целесообразно применять цифровые комплексы РЗ, так как они являются компактными, удобными в эксплуатации и настройке, позволяют проводить замеры электрических величин с высокой точностью, фиксировать возникшие аварийные ситуации в реальном времени. Для достижения вышеперечисленных целей был использован специализированный программный комплекс АРМ СРЗА, который позволяет произвести расчет РЗ. На практике он применяется для снижения трудоемких расчетов, выполняемых вручную, которые часто оказываются неверными, что может привести к неправильной настройке РЗ, и отнимают много времени.

При проектировании и выборе устройств РЗА необходимо принимать во внимание следующие факторы:

✓ Для повышения надежности функционирования не стоит учитывать маловероятные режимы работы энергосистемы и виды повреждений, если это приведет к существенному усложнению защиты;

Выбор конкретного типа защиты следует проводить с учетом экономической эффективности.

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Скворцову Андрею Дмитриевичу

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

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
--	--

<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Премияльный коэффициент 30%; - Доплаты и надбавки 15%; - Дополнительная заработная плата 13%; - Районный коэффициент 30%.
--	--

<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- отчисления в социальные фонды 27,1 %
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	- Анализ конкурентных технических решений. - SWOT-анализ.
--	--

<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Формирование плана и графика разработки научного исследования: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат НТИ: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды;
---	---

<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	- Определение ресурсной эффективности исследования
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Матрица SWOT-анализа
График Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Скворцов Андрей Дмитриевич		

3.1 Анализ конкурентоспособности технического решения

Сегодня возможность и способ реализации какого-либо исследования зависит как от технических возможностей, так и от экономических, а именно от привлекательности для целевой аудитории, коммерческого потенциала и т.д.

Целью данного раздела является анализ конкурентоспособности и эффективности разработки с точки зрения современных требований в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Анализ конкурентоспособности технического решения;
- SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон исследования ;
- Планирование научно-исследовательского исследования;
- Определение бюджета затрат;
- Определение ресурсной эффективности исследования.

В данном исследовании будет рассмотрена релейная защита линии 500 кВ ПС Юрга - ПС Ново-Анжерская Кузбасской электроэнергетической системы. Также необходимо выбрать наиболее оптимальный терминал для защиты линии.

Оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием для поиска источников финансирования проведения научного исследования.

Для достижения цели проводятся следующие мероприятия:

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной эффективности исследования.

Для сравнения аналогов и выявления наиболее подходящего шкафа, с применением которого будет выполняться защита, составим оценочную карту, в которой произведем оценку ресурсоэффективности с

использованием технических и экономических критериев шкафов типа ШЭ 2710, ЭПЗ 1643 и ПДЭ 2802.

Таблица 3.1.1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф ШЭ 2710	Б _{к1} ЭПЗ 1643	Б _{к2} ПДЭ 2802	К _ф ШЭ 2710	К _{к1} ЭПЗ 1643	К _{к2} ПДЭ 2802
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
2. Помехоустойчивость	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
3. Энергоэкономичность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
4. Надежность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
5. Уровень шума	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
6. Безопасность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
8. Простота эксплуатации	0,07	3	2	2	0,21	0,14	0,14
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
3. Наличие сертификации разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	58	49	48	4,46	3,81	3,76

Итогом данного анализа, является неоспоримое превосходство шкафа типа ШЭ 2710 над рассматриваемыми аналогами. Таким образом, при

проектировании защиты наиболее эффективным будет использование именно этого шкафа.

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ помогает ответить на следующие вопросы:

1. Используется ли в проекте внутренние сильные стороны или отличительные преимущества в своей стратегии? Если проект не имеет отличительных преимуществ, то какие из его потенциальных сильных сторон могут ими стать?
 2. Являются ли слабости проекта его уязвимыми местами в конкуренции и/или они не дают возможности использовать определенные благоприятные обстоятельства? Какие слабости требуют корректировки, исходя из стратегических соображений?
 3. Какие благоприятные возможности дают проекту реальные шансы на успех?
 4. Какие угрозы должны наибольшим образом беспокоить менеджера, и какие стратегические действия он должен предпринять для хорошей защиты?
- Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны: С1. Длительный срок службы оборудования; С2. Выполнение заказа потребителя (выбор любой защиты); С3. Максимальная чувствительность в случае аварийного режима; С4. Быстрые контроль и наладка оборудования защит; С5. Безвредность окружающей среде.	Слабые стороны: Сл1. Высокая стоимость шкафов; Сл2. Необходимость в квалифицированном персонале; Сл3. Сложность установки; Сл4. Необходимость наличия отдельных цепей для измерительных трансформаторов; Сл5. Для настройки шкафа используются устаревшие ОС.
Возможности: В1. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования; В2. Внедрение наиболее развитых технологий на базе шкафов ШЭ2710; В3. Улучшение программных обеспечений для использования персоналом; В4. Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций; В5. Повышение спроса.	Благодаря своим характеристикам, шкафы ШЭ2710 обеспечат сохранности дорогостоящего энергооборудования. Что способствует быстрой окупаемости и прибыли в дальнейшем, а долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, что обеспечит экономию при покупке новых.	Возможен отказ инвесторов в финансировании из – за высокой стоимости шкафа. Что может привести к снижению спроса; Необходимо время для обучения персонала использованию шкафов данного типа и их программными комплексами.
Угрозы: У1. Снижение спроса на технологии нового образца; У2. Отсутствие финансирования на получение новых технологий (шкафов); У3. Дополнительная государственная сертификация шкафа; У4. Неустойчивая ситуация в стране; У5. Конкуренция зарубежных, аналоговых продуктов;	Благодаря долгому сроку эксплуатации и высокой чувствительностью к авариям, шкаф превосходит свои аналоги. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий.	Использование шкафов ШЭ2710 на базе старых ОС может привести к снижению спроса. В связи с тем, что шкафы ШЭ2710 обладают высокой стоимостью, а также необходимы затраты на подключение измерительных трансформаторов, возможен отказ на финансирование более новых технологий.

Оценив возможности и угрозы проекта, можно сделать вывод о том, что проект стоит реализовать, так как рассмотренные угрозы и слабые стороны уравновешиваются возможностями данного проекта, а именно: обеспечение надежной сохранности оборудования, превосходство своих аналогов и другие. Все это значительно облегчает осуществление проекта.

3.2 Планирование научно-технического исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 3.2 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель проекта, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
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	Инженер
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель проекта
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

3.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

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

Пример расчета:

$$t_{ожс} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ожс}}{Ч} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дня};$$

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

Для 6-ти дневной недели:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22$$

Для 5-ти дневной недели:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48$$

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

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

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

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дня}$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 9,6 \cdot 1,48 = 14 \text{ дней}$$

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 3.2.2. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , человеко- дни		t_{max} , человеко- дни		$t_{ожг}$, человеко- дни					
	Руковод.	Инженер	Руковод	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8	0	2,8	0	3	0
Подбор и изучение материалов по теме		8		12	0	9,6	0	9,6	0	14
Выбор направления исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	1	1
Календарное планирование работ по теме	1		2		1,4	0	1,4	0	2	0
Анализ исходных данных		5		8	0	6	0	6	0	9
Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	7
Расчет уставок защит		20		29	0	25	0	25	0	37
Оценка эффективности полученных результатов		4		6	0	4,8	0	4,8	0	7
Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	8		10		8,8	0	8,8	0	11	0
Разработка блок- схемы, принципиальной схемы		6		8	0	6,8	0	6,8	0	10
Составление пояснительной записки (эксплуатационно- технической документации)		7		10	0	8,2	0	8,2	0	12

№ работ	Вид работы	Исполнитель	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ									
				Март			Апрель			Май			Июнь
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3										
2	Подбор и изучение литературы по теме	Инженер	14										
3	Выбор направления исследований	Руководитель и инженер	11										
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2										
5	Анализ исходных данных	Инженер	9										
6	Предварительный выбор защит	Инженер	7										
7	Расчет уставок защит	Инженер	37										
8	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	10										
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель	11										
10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	7										
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	12										

 - руководитель

 - инженер

Рисунок 1 График Ганта

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

Таблица 3.3.1. – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм- ия	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Бумага для принтера	пачка	2	500	1000
Ручка	шт.	2	50	100
Мультифоры	шт.	10	10	100
Степлер	шт.	1	150	150
Краска для принтера	шт.	1	1500	1500
Скоросшиватель	шт.	1	50	50
Скобы для степлера	пачка	1	50	50
Карандаш	шт.	2	25	50
Итого:				3000

3.3.2 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение

В данной статье включены все затраты, обусловленные приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по данной теме. Определение стоимости этого оборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье приведен в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2. Расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения

№ 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
Итого:				684900

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A_{\text{комп}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней.использования}}}{\text{срок.службы} * 365} = \frac{684900 * 67}{5 * 365} = 25144,27$$

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников.

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

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

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p,$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину доплат, предусмотренных Трудовым кодексом РФ за отклонение от нормальных условий труда

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 3.3.3. Расчёт основной заработной платы

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{тс}$), руб.	23 264,86	14 874,45
Премияльный коэффициент ($k_{пр}$)	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок ($k_{д}$)	0,2	
Районный коэффициент ($k_{р}$)	1,3	
Месячная заработная плата ($З_{м}$), руб.	44 203,2	29 005
Среднедневная заработная плата работника ($З_{дн}$), руб.	2 104,9	1 381
Продолжительность выполнения данного проекта(T_p), раб. дни	14	99
Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта($З_{осн}$), руб	29 468,6	136 719
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($З_{доп}$), руб	3 830,92	17 773,47
Итого, руб	33 299,51	154 492,47

3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отображены обязательные отчисления по установленным законодательством РФ 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 исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона 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 2016 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл 3.3.4).

Таблица .3.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер.
Основная заработная плата, руб.	29 468,6	136 719
Дополнительная заработная плата, руб.	3 830,92	17 773,47
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.271	
Итого:	9 024,16	41 867,46

3.3.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета проекта.

Для формирования итоговых затрат суммируются все ранее рассчитанные затраты по отдельным статьям как руководителя, так и инженера (дипломника).

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 3.3.5.1.

Таблица 3.3.5.1. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	3000	1.1
2. Амортизация оборудования, используемого для проектирования	25993,5	9.7
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	166 187,6	62
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21 603,91	8.2
5. Отчисления во внебюджетные фонды	50 891,62	19
6. Бюджет затрат НТИ	267 676,63	100%

В результате экономического планирования научно-технической работы «Проектирование релейной защиты линии 500 кВ ПС Юрга-ПС Ново-Анжерская Кузбасской ЭЭС» для выполнения защиты был выбран шкаф ШЭ 2710, составлен план и график необходимых работ, а также посчитаны основные экономические показатели с выводом общего бюджета затрат на выполнение работы, что составило 267 676,63 рублей.

Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы (табл. 3.3.5.2).

Таблица 3.3.5.2. - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 БМИ	Исп.2 ББИ	Исп.3 МБИ
Надежность работы	0,139	4	4	4
Габаритные размеры	0,111	5	5	3
Уровень материалоемкости разработки	0,111	4	5	5
Технические характеристики	0,139	5	5	3
Ремонтопригодность	0,139	5	4	3
Простота изготовления	0,111	4	3	3
Пожаробезопасность	0,139	4	4	4
Простота обслуживания	0,111	4	4	5
ИТОГО	1	4,39	4,25	3,72

В результате выполнения заданий данного раздела была произведена оценка конкурентоспособности, значение расчетного показателя выбранного варианта исполнения НТИ является наибольшим и составляет 4,492. Значение показателя перспективности (P_{cp}) составляет 70,782 - это говорит о том, что перспективность НТИ выше среднего. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 17 дней, а для инженера 99 дней. Сумма бюджета затрат НТИ составила 267 676,63 рублей. С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант,

так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,39).

Анализ полученных решений показывает, что проектируемая разработка является конкурентоспособной и отвечает всем современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.