

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	
Релейная защита и автоматика сетевого района «А» напряжением 110 кВ УДК 621.316.925(571.14)	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Борщев Евгений Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Копьев В.Н.	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
Ст. преподаватель Кафедры ЭБЖ	Романцов И. И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

Код результата	Результат обучения
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции</i> <i>Профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры срабатывания релейной защиты энергообъекта; оценивать защитную способность проектируемой релейной защиты.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение заданных параметров при производстве устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров. Готовностью к участию в исследовательских работах по автоматизации энергообъектов; к участию во внедрении результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов; использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств автоматики; способностью к участию в монтаже устройств релейной защиты и автоматики энергообъектов. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования релейной защиты и автоматики.
P15	Способностью к обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации релейной защиты и автоматики энергообъекта. Готовностью к участию в работах по модернизации устройств релейной защиты и автоматики энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

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

_____ А.О. Сулайманов

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Борщев Евгений Сергеевич

Тема работы:

Релейная защита и автоматика сетевого района «А» напряжением 110 кВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2016 г. №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Электрическая схема Новосибирской энергосистемы 2. База данных Новосибирской энергосистемы в РК «АРМ СРЗА»
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Выбор и расчет релейной защиты района линии 110 кВ Правобережная – ТЭЦ-4 Новосибирской энергосистемы и проверка чувствительности защит. 2. Моделирование противоаварийной автоматики линии (однофазное автоматическое повторное включение)
Перечень графического материала	Электрическая схема Новосибирской энергосистемы Электрическая схема района линии Схема замещения Функциональная схема дистанционной защиты Функциональная схема ступенчатой токовой защиты
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	2.02.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Копьев В.Н.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Борщев Евгений Сергеевич		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) электроэнергетика

Уровень образования бакалавр

Кафедра ЭЭС

Период выполнения _____ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.03.2016 г.	Анализ исходных данных и предварительный выбор защит	10
10.04.2016 г.	Расчет дистанционной защиты	10
25.04.2016 г.	Расчёт продольной дифференциальной защиты	10
10.05.2016 г.	Расчёт ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности	10
17.05.2016 г.	Расчёт ступенчатой токовой защиты	10
25.05.2016 г.	Расчет уставок избирательных органов ОАПВ для ШЭ 2710 581 для линии ПС Чулымская – ПС Дружная	15
12.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
17.05.2016 г.	Социальная ответственность	10
19.05.2016 г.	Оформление работы	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Копьев В.Н.	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоит из 91 страницы, 16 рисунков, 14 таблиц, 36 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА, АВАРИЙНЫЙ РЕЖИМ, УСТАВКА, СТУПЕНЬ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, СОГЛАСОВАНИЕ, ПЕРЕТОК, ОТСТРОЙКА, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, ЭНЕРГОСИСТЕМА.

Объектом исследования является Новосибирская энергосистема, а именно линия 110кВ от подстанции «Правобережная» до «ТЭЦ-4», и отходящие линии.

Цель работы – проектирование релейной защиты и автоматики линии 110 кВ «Правобережная» – «ТЭЦ-4» Новосибирской энергосистемы, исследование режимов работы станции и отходящих присоединений при исследовании автоматики АПВ, 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 программные комплексы «АРМ СРЗА» и «MathCAD», а также программный пакет Microsoft Office (Word, Exel, Visio).

Релейная защита и автоматика блока выполнена на комплексе отечественных шкафов ШЭ 2607 компании «ЭКРА» на микропроцессорной аппаратуре. Рассчитанный комплекс защит отвечает основным требованиям, предъявляемым к релейной защите: селективность, быстродействие, чувствительность и надежность.

Полученные в проекте результаты могут быть использованы, как предварительные в расчетных группах РЗА центрального, объединенного или регионального диспетчерского управления, в техническом ведении которых находится рассматриваемая линия.

Содержание

Реферат	8
Введение	10
1. Характеристика энергосистемы	13
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	18
9.1. Анализ конкурентоспособности технического решения	18
9.2. Планирование научно-технического исследования	20
9.2.1. SWOT-анализ	21
9.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	22
9.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	22
9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	25
9.3.2 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение	25
9.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	26
9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды.....	28
9.3.5 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования	29
9.4. Ресурсоэффективность	29
Список литературы	32
Нормативная литература	33

Введение

Электроэнергетическая система — электрическая часть энергосистемы и питающиеся от неё приёмники электрической энергии, объединённые общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Главной особенностью электроэнергетических систем является тесная взаимосвязь элементов, входящих в её состав:

- электроустановки: подстанции, распределительные устройства;
- линии электропередач;
- электрооборудование: генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, компенсаторы.

В электроэнергетической системе возможно возникновение ненормальных режимов работы и различных повреждений электрооборудования элементов, входящих в состав электроэнергетической системы.

Повреждения элементов могут вызвать большие по величине аварийные токи, а также сопровождаться значительным понижением напряжения на шинах подстанций и электростанций. При значительном понижении напряжения нарушается нормальная работа потребителей электроэнергии, а также возможно нарушение параллельной работы элементов энергосистемы в целом. Ток короткого замыкания сопровождается выделением большого количества теплоты, вызывающее сильное разрушение в месте повреждения, также происходит нагревание проводов неповрежденных линий электропередач и оборудования, по которому этот ток протекает.

Ненормальный режим работы может привести к отклонению напряжения частоты и тока от допустимых значений. Отклонение частоты и напряжение ниже допустимых значений может повлечь за собой нарушение

устойчивости энергосистемы и нормальной работы потребителей. Отклонение тока и напряжения выше допустимых значений может вызвать повреждение линий электропередач и оборудования.

Чтобы уменьшить разрушения в месте повреждения и обеспечить нормальную работу неповрежденной части энергосистемы следует как можно быстрее выявлять место повреждения и отделять его от неповреждённых участков. Также следует принимать меры к устранению ненормальных режимов работы.

Выявлять и отключать повреждения следует очень быстро – в течение сотых или десятых долей секунды, из-за сильного термического действия токов короткого замыкания. Быстрое выявление места повреждения и отключение повреждённого участка от энергосистемы может быть только средствами автоматики и релейной защиты.

Релейная защита должна осуществлять непрерывный контроль состояния элементов энергосистемы и реагировать на возникновение повреждений оборудования и ненормальных режимов в энергосистеме. При возникновении коротких замыканий и других повреждений в энергосистеме релейная защита должна выявить повреждённый участок и отключить его, воздействуя на силовые выключатели. Также релейная защита должна реагировать на возникновение ненормальных режимов и либо отключать оборудование, при опасности его повреждения, либо осуществлять сигнализацию оперативному персоналу, который уже должен сам принимать решения по ликвидации ненормального режима.

В настоящее время устройства РЗА могут выполняться на электромеханической, аналоговой и микропроцессорной базе. Устройства релейной защиты, должны отвечать основным требованиям: селективности, надёжности, быстродействия, резервирования и чувствительности. Соответствие реальных устройств релейной защиты и автоматики этим

требованиям обеспечивается, в основном, на стадии проектирования, которое при правильной его организации обязательно должно быть комплексным.

При рассмотрении процессов в электрической части электроэнергетической системы, на которые реагирует релейная защита и автоматика (РЗА), считается достаточным учитывать элементы электрической схемы (электрической сети) и участвующие в электромеханическом преобразовании энергии турбины.

Для выполнения поставленной задачи, необходимо выбрать район энергосистемы, чтобы было возможно полноценно спроектировать РЗА объектов.

Целью данного дипломного проекта является проектирование релейной защиты района линии 110 кВ «Правобережная – ТЭЦ-4» Новосибирской энергосистемы.

Для решения поставленных задач использованы расчетно-аналитические и графические методы, методы логики, математической статистики и др. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через программные комплексы «АРМ СРЗА», «Mathcad» и др., имеющихся в обеспечении кафедры электроэнергетических систем.

В результате проделанной работы были получены значения уставок для различных типов защит РЗА. Была проверена чувствительность отдельных ступеней соответствующих защит.

1. Характеристика энергосистемы

В данной работе необходимо выполнить расчет режимов работы и релейной защиты района линии 110 кВ «Правобережная – ТЭЦ-4». Данная линия входит в состав Новосибирской энергосистемы.

Объём производства электроэнергии составляет 1,162 миллиарда кВт/ч. В состав генерирующих мощностей ОАО «Новосибирскэнерго» входит пять тепловых электрических станций и ГЭС. Установленная мощность Новосибирской системы на начало 2011 года составляет 2 554,5 МВт, тепловая — 6 782 Гкал/час, из них на долю ТЭЦ приходилось 85 % [1]. В 2005 г. энергопотребление Новосибирской энергосистемы составило 13,8 млрд кВтч, отпуск тепла – 13,2 млн Гкал [2].

Упрощенная схема энергорайона приведена на рисунке 1.1.

ПС «Правобережная» соединена с шинами 110 кВ «ТЭЦ-4» через ВЛ 110 кВ №101,102,105,106, протяжённостью 6,5 км каждая.

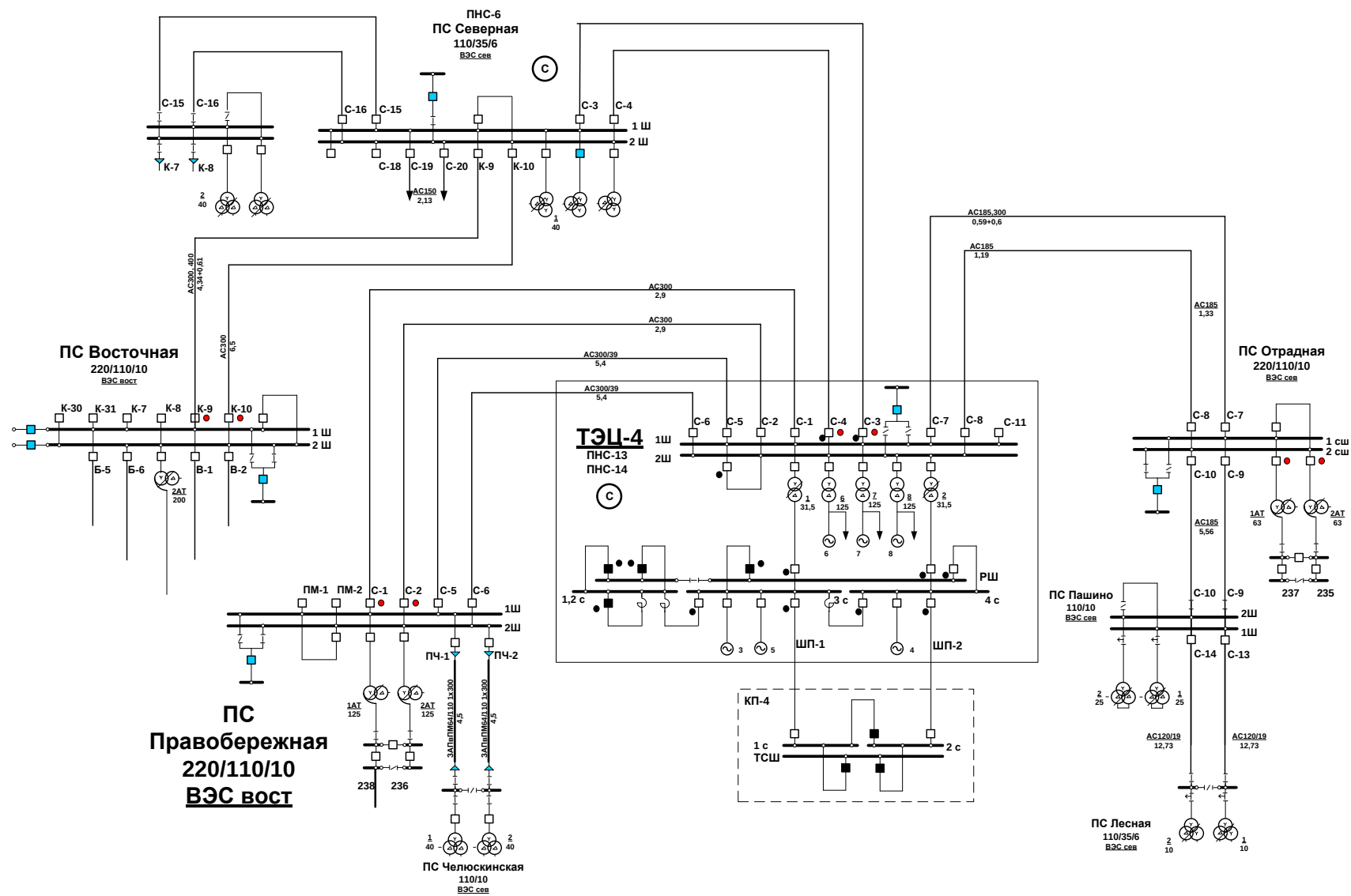


Рисунок 1.1 – Упрощенная схема исходного района

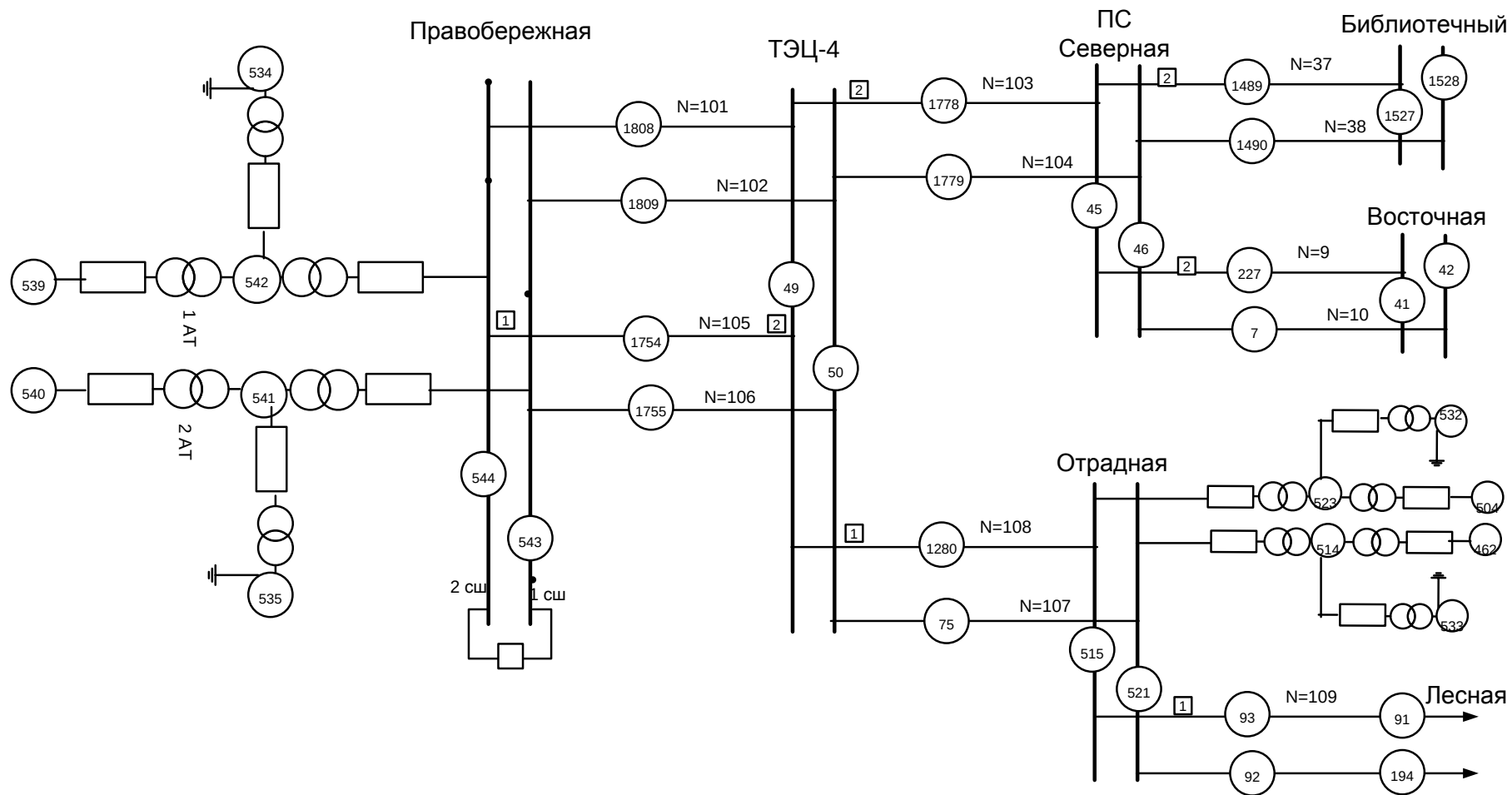


Рисунок 1.2 – Расчетная схема исходного района

Финансовый менеджмент , ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Студенту:

Группа	ФИО
5A2A	Борщев Евгений Сергеевич

Институт	Энергетический	Кафедра	Электроэнергетических систем
Уровень образования	Бакалавриат	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 материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г.Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Величина накладных расходов 16 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления на социальные цели 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности</i>	-Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности; -SWOT – анализ.
2. <i>Формирование плана и графика разработки</i>	Формирование плана и графика разработки : -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Формирование бюджета затрат на научное исследование:</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений*
2. *График Ганта*
3. *Бюджет затрат на НИИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. менеджмента	Потехина Н. В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2A	Борщев Евгений Сергеевич		

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

9.1. Анализ конкурентоспособности технического решения

Целью работы является определение целесообразности проведения научного исследования с экономической точки зрения, также учитывая ресурсосбережение и ресурсоэффективность.

Для достижения цели проводятся следующие мероприятия:

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

Выявлять и отключать повреждения следует очень быстро – в течение сотых или десятых долей секунды, из-за сильного термического действия токов короткого замыкания. Быстрое выявление места повреждения и отключение повреждённого участка от энергосистемы может быть только средствами автоматики и релейной защиты.

Релейная защита должна осуществлять непрерывный контроль состояния элементов энергосистемы и реагировать на возникновение повреждений оборудования и ненормальных режимов в энергосистеме. При возникновении коротких замыканий и других повреждений в энергосистеме релейная защита должна выявить повреждённый участок и отключить его, воздействуя на силовые выключатели. Также релейная защита должна реагировать на возникновение ненормальных режимов и либо отключать оборудование, при опасности его повреждения, либо осуществлять сигнализацию оперативному персоналу, который уже должен сам принимать решения по ликвидации ненормального режима.

Оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием для поиска источников финансирования проведения научного 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 2607, ЭПЗ 1643 и ПДЭ 2802.

Таблица 9.1. Оценочная карта для сравнения технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф ШЭ 2607	Б _{к1} ЭПЗ 1643	Б _{к2} ПДЭ 2802	К _ф ШЭ 2607	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 явное преобладание шкафа типа ШЭ 2607 над рассматриваемыми аналогами. Таким образом при проектировании защиты наиболее эффективным будет использование именно этого шкафа.

9.2. Планирование научно-технического исследования

Проведем планирование НТИ с которым можно ознакомиться в таблице 9.2.

Таблица 9.2.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	Описание объекта	Руководитель проекта, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Анализ исходных данных. Разработка структурной (принципиальной) схемы защищаемого объекта	Инженер
	6	Выбор и расчет устройств РЗ и ПА	
	7	Планирование аварийных режимов	
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

9.2.1. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты SWOT-анализа представлены в табличной форме.

Таблица 9.2.1 . Матрица SWOT – анализа.

	Сильные стороны: С1. Большой срок эксплуатации шкафа; С2. Удовлетворение желаний потребителя (выбор любой защиты); С3. Максимальная чувствительность к различным аварийным режимам сети; С4. Уменьшение времени на контроль и наладки защит; С5. Минимальный вред окружающей среде.	Слабые стороны: Сл1. Высокая стоимость шкафов; Сл2. Требуется опытный специалист для работы со шкафами; Сл3. Сложность подключения в сеть; Сл4. Требуются отдельные цепи постоянного тока для измерительных трансформаторов; Сл5. Для настройки шкафа требуется подключение к ПК на устаревшей базе.
Возможности: В1. Возможность защиты и замены более дорогостоящего оборудования; В2. Улучшение программных обеспечений для пользования шкафами персоналу; В3. Применение энергопредприятиями данного шкафа, как основную защиту главных схем электростанций; В4. Повышение спроса.	Из-за сохранности дорогостоящего энергооборудования, внедрение шкафов ШЭ2607 приведет к привлечению инвесторов, для финансирования более развитых технологий. Долгий срок службы шкафов позволит увеличить спрос, что обеспечит экономию при покупке новых.	Из – за высокой стоимости шкафа возможен отказ инвесторов в финансировании, что приведёт к снижению спроса; Для сохранности энергооборудования потребуется время для обучения персонала пользования шкафом ШЭ2607 и его 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 затмевает зарубежных конкурентов. Удовлетворение желаний потребителя может привести к дополнительной государственной сертификации, по которой шкаф может получить дополнительные средства на совершенствование старых технологий.	Использование шкафов ШЭ2607 на базе Windows 2000/ XP может привести к снижению спроса. В виду того, что шкафы ШЭ2607 обладают высокой стоимостью, также требуются затраты на подключение отдельных цепей для измерительных трансформаторов, возможен отказ на финансирование более новых технологий.

Анализируя полученную матрицу проекта, видим, что устанавливая микропроцессорные реле будет увеличена надежность режима передачи электроэнергии. Конечно, данный проект имеет и свои минусы, объясняющиеся высокой стоимостью оборудования. Но когда вопрос касается надежности, необходимо помнить, что целесообразней инвестировать в новое и эффективное оборудование, чем получить больший убыток от аварии.

9.2.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3*2 + 2*4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни} , (3)$$

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 , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} , (4)$$

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.

9.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22 , (5)$$

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дней}, (6)$$

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

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

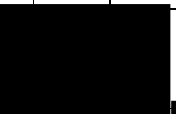
$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Значения в календарных днях по T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 9.2.3.

Таблица 9.2.3. 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		$t_{ож\dot{z}i}$, 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	12
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	7
Предварительный выбор защит		5		8	0	5	0	5	0	6
Расчет уставок защит		20		29	0	25	0	25	0	31
Оценка эффективности полученных результатов		4		6	0	4,8	0	4,8	0	6
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	8
Составление пояснительной записки		7		10	0	8,2	0	8,2	0	10

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3									
2	Подбор и изучение литературы по теме	Инженер	12									
3	Выбор направления исследований	Руководитель и инженер	11									
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2									
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы защищаемого объекта	Инженер	7									
6	Выбор и расчет устройств РЗ и ПА	Инженер	6									
7	Планирование аварийных режимов	Инженер	31									
8	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	8									
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель	11									
10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	6									
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	10									

 – руководитель

 – инженер

Рисунок 9.2.3.График Ганта

9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

9.3.2 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), 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 заносится в таблицу 9.3.2.

Таблица 9.3.2. Расчет затрат на приобретение программного обеспечения

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудован ия	Цена единицы оборудовани я, 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:

$$A_{\text{комп}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней.использования}}}{\text{срок.службы} \cdot 366} = \frac{681400 \cdot 67}{5 \cdot 366} = 25144,27$$

9.3.3 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:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

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

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

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

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

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

k_d – 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 $З_{тс}$);

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

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

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

Таблица 9.3.3.Расчёт основной заработной платы.

	Руководитель	Инженер
Заработная плата по тарифной ставке, ($З_{\text{тс}}$), руб.	23264	14584
Премияльный коэффициент ($k_{\text{пр}}$)	0,3	
Коэффициент доплат и надбавок ($k_{\text{д}}$)	0,3	
Районный коэффициент ($k_{\text{р}}$)	0,3	
Месячная заработная плата ($З_{\text{м}}$), руб.	48389,12	18734,72
Среднедневная заработная плата работника ($З_{\text{дн}}$), руб.	1830,4	665,6
Продолжительность выполнения данного проекта($T_{\text{р}}$), раб. дни	14,2	66,6
Основная заработная плата начисленная за выполнения данного проекта($З_{\text{осн}}$), руб	25991,68	44328,96
Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	0,13	
Дополнительная заработная плата исполнителей, ($З_{\text{доп}}$), руб	3378,9	5762,76
Итого, руб	29370,58	50091,7

9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

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 исходя из следующей формулы:

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

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

На 2016 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%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 9.3.4.

Таблица 9.3.4.Отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	25991,68	44328,96
Дополнительная заработная плата, руб.	3378,9	5762,76
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.271	
Итого:	7930	13524,76

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»

9.3.5 Формирование бюджета затрат научно-технического 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.

Для формирования итоговой величины затрат суммируются все ранее рассчитанные затраты по отдельным статьям как в отношении руководителя, так и инженера. Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование приведено в таблице 9.3.5.

Таблица 9.3.5. Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Руб.	%
1. Амортизация ПО, используемого для проектирования	25144,27	19,8
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	70328,64	55
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9141,66	7,7
4. Отчисления во внебюджетные фонды	21454,76	16,9
5. Накладные расходы	20306,97	16
6. Бюджет затрат НТИ	126918,56	100%

Из рассмотренной таблицы видно, что затраты на НТИ составят 126918,56 руб. и эта сумма будет являться минимальной при выполнении данного исследования.

9.4. Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 9.4.

Таблица 9.4. Сравнительная оценка характеристик проекта.

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Безопасность	0,20	5
2. Надежность	0,25	5
3. Качество электроэнергии	0,20	5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Малые потери энергии	0,15	4
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,20 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,65$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает очень хороший результат 4,65 из 5, что свидетельствует об эффективности реализации исследовательского технического проекта.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта очень важен в данном разделе. Его высокое значение говорит об эффективности использования в перспективе технического проекта.

В результате проведенных экономических расчетов, а также рассмотрения научно-технической работы со стороны ресурсосбережения и ресурсоэффективности мы убедились, что проектируемая работа является

конкурентоспособной и отвечает всем современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Так как для выполнения релейной защиты были выбраны шкафы серии ШЭ, то это положительно скажется на дальнейшей работе данного энергообъекта. Получим увеличение надежности, функциональной мощности, быстродействия защиты. Все это обеспечивает хорошую работу и хорошее качество электроэнергии в энергорайоне.

Список литературы

1. А.В. Мильто, Ю.А. Секретарев. «Перспективы развития новосибирской энергосистемы». «Сборник научных трудов НГТУ». – 2007. – № 1(47). – 123–128.
2. Копьев В.Н. Релейная защита. «Принципы выполнения и применения». Учебное пособие. 3-е изд., испр. И доп. – Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. – 143с.
3. Копьев В.Н. «Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций». Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. И доп. – Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. – 107с.
4. Э.М. Шнеерсон. «Цифровая релейная защита». Москва: Энергоатомиздат, 2007. – 549с.
5. Б.Н. Неклепаев, И.П.Крючков «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. – 608с.: ил.
6. Рожкова Л.Д. , Козулин В.С. «Электрооборудование станций и подстанций».-2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
7. «Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.: ил
8. Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова «Программные комплексы в учебном проектировании электрической части электростанций»: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 116 с.
9. Техническая документация шкафа ШЭ 2607/ ООО НПП "ЭКРА"
10. Правила устройства электрических установок. – М.: Энергия, 1985. – 480 с.
- 11.Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.– метод. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - 145 с.
- 12.Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 261 // СПС «КонсультантПлюс» – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 21.04.2014 г

Нормативная литература

13. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты.
14. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
16. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).
17. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
18. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
19. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
20. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"
21. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
22. ПУЭ 85. Правила устройства электроустановок. Издание 6 01.01.1985
23. Р2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
24. 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

- 25.РД 52.04.186. Комплект измерительный ИК для контроля компонентов в атмосферных осадках и покрове.
- 26.СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 27.СанПиН 2.2.4.723-98. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях
- 28.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.
- 29.СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
- 30.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.
- 31.СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
- 32.СНиП 11 -90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
- 33.СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
- 34.СНиП II-90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
- 35.СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение.
- 36.СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения.