

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – ЭНИН

Направление подготовки – 13.04.02. «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра – Электроэнергетические системы (ЭЭС)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование функционирования автоматики повторного включения с улавливанием синхронизма и ее адекватная настройка

УДК 621.316.54-022.336

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Б	Кротова Елизавета Михайловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС	Гусев А. С.	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е. А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский А. Г.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	<i>Совершенствовать</i> и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками</i> как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	<i>Использовать</i> на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	<i>Использовать</i> представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	<i>Применять</i> углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и <i>решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить 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.
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные</i> , наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт – ЭНИН

Направление подготовки – 13.04.02. «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра – Электроэнергетические системы (ЭЭС)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ5Б	Кротовой Елизавете Михайловне

Тема работы:

Исследование функционирования автоматики повторного включения с улавливанием синхронизма и ее адекватная настройка

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№593/с от 03.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объектом исследования является устройство автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС), применяющееся для повторного включения высоковольтных транзитных линий электропередач, не имеющих параллельных связей достаточной пропускной способности. Исходными данными для выполнения ВКР являются: Паспортные данные элементов устройства АПВУС; Модель Томской электроэнергетической системы (ЭЭС), выполненная на ВМК РВ ЭЭС.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений	Анализ причин неудовлетворительной настройки АПВУС и обоснование требований к ее математической модели; Синтез математической модели, обеспечивающей учет

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).	<p>значимых погрешностей, формируемых элементами АПВУС;</p> <p>Программа исследований АПВУС, обоснование и выбор средств ее выполнения;</p> <p>Экспериментальные исследования АПВУС в ЭЭС;</p> <p>Анализ результатов экспериментальных исследований и формирование методики адекватной настройки АПВУС;</p> <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>Производственная и экологическая безопасность научно-технического исследования;</p> <p>Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p>(с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент кафедры менеджмента, Грахова Е. А.
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Дашковский А. Г.
Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке	Доцент кафедры ИЯ, к.п.н., Буран А. Л., Доцент кафедры ЭЭС, к.т.н., Андреев М. В.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Study of automatic synchronizing recloser operation and its relevant (adequate) adjustment</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.01.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС	Гусев А. С.	д.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Б	Кротова Е. М.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР) содержит 101 с., 15 рис., 11 табл., 34 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ С УЛАВЛИВАНИЕМ СИНХРОНИЗМА, ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ, НАПРЯЖЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ, АДЕКВАТНАЯ НАСТРОЙКА, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПОГРЕШНОСТЬ.

Объектом научно-технического исследования (НТИ) является устройство, выполняющее функцию контроля момента синхронизма, входящее в состав автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС).

Цель работы: выполнить расчет погрешностей, формируемых устройством АПВУС, и оценить значимость их влияния на работу устройства.

В процессе исследования при выполнении расчетов был использован метод направленных графов, расчеты произведены в программном комплексе Mathcad.

В результате исследования было произведено сравнение результатов расчетов согласно существующей методике с расчетами, выполненными с учетом погрешностей, вносимых элементами устройства, выявлено влияние данных погрешностей на адекватность настройки АПВУС, а также представлены экономическая эффективность НТИ и его экологическая безопасность.

Область применения: результаты исследования могут быть использованы в энергосистемах для адекватной настройки АПВУС.

Обозначения и сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы следующие обозначения и сокращения:

АПВУС – автоматическое повторное включение с улавливанием синхронизма;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ВМК РВ ЭЭС – Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем;

ГРЭС – государственная районная электростанция;

ЛЭП – линия электропередач;

НТИ – научно-техническое исследование;

РВ – реле времени;

РН – реле напряжения;

РПВ – реле повторного включения;

ЭДС – электродвижущая сила;

ЭЭС – электроэнергетическая система.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности»
2. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования»
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
4. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования»
5. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
6. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
7. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

8. СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления»
9. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
10. СанПиН 4607-88 «Санитарные правила при работе с ртутью, её соединениями и приборами с ртутным заполнением»
11. СП 52.13330.2011 «Актуализированная редакция» СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
12. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
13. Федеральный закон от 24.06.1998 №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»
14. Федеральный закон от 30.12.2001 №197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации»

Оглавление

Введение.....	10
1 Анализ причин неудовлетворительной настройки автоматики повторного включения с улавливанием синхронизма и обоснование требований к ее математической модели.....	12
2 Синтез математической модели, обеспечивающей учет значимых погрешностей, формируемых элементами автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма.....	21
3 Программа исследований автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма, обоснование и выбор средств ее выполнения.....	28
4 Экспериментальные исследования автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма в энергосистеме.....	32
5 Анализ результатов экспериментальных исследований и формирование методики адекватной настройки автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма.....	46
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научно-технического исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
6.2 Планирование комплекса работ на создание научно-технического исследования.....	52
6.3 Планирование бюджета научно-технического исследования.....	56
6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности научно-технического исследования.....	60
7 Социальная ответственность.....	64
7.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	64

7.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	70
7.3 Охрана окружающей среды.....	71
7.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	72
7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	73
Заключение.....	78
Литература.....	79
Приложение А.....	82
Приложение Б.....	84

Введение

В настоящее время приблизительно четверть тяжелых аварий в энергосистемах связана с неправильной настройкой устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты, в том числе автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС), применяемого на одиночных транзитных линиях электропередач (ЛЭП) или параллельных ЛЭП недостаточной пропускной способности.

При авариях на таких ЛЭП разъединённые части электроэнергетической системы (ЭЭС) работают с различающимися частотами и векторы напряжений в разъединенных узлах ЛЭП проворачиваются относительно друг друга с частотой скольжения. Поэтому АПВУС должно обеспечивать приемлемый уровень уравнивающего тока и процесс синхронных качаний, и исключение асинхронного режима, определяемые уравнивающим напряжением, зависящим от значений напряжений в указанных узлах и угла между ними в момент завершения цикла АПВУС.

Существующая методика настройки ориентирована на минимизацию уравнивающего напряжения и, соответственно, определяемого им уравнивающего тока. Данная методика основана на задании угла между указанными напряжениями и определяемого ими уровня напряжения скольжения, исходя из допустимого скольжения. В действительности данные факторы формируются с погрешностями, определяемыми элементами, с помощью которых реализуется АПВУС, и поэтому реальные параметры срабатывания оказываются отличными от расчетных значений.

Оценка погрешностей, формируемых средствами реализации АПВУС, и их влияния может быть осуществлена только с помощью математического моделирования, так как производить эксперименты в реальной энергосистеме недопустимо, а физическое моделирование невозможно ввиду чрезвычайной сложности.

Причем для проверки адекватности настройки АПВУС необходимо достоверное моделирование процессов не только в АПВУС, но и ЭЭС в целом. Поскольку уравнительное напряжение и определяемый им уравнительный ток вызывают синхронные качания различной амплитуды и длительности, не исключающие возможность возникновения асинхронного режима. А характер качаний зависит от многих факторов, оказывающих различное влияние на электрооборудование ЭЭС.

Для решения этой задачи в данной работе поставлены и решены следующие вопросы:

1. Анализ причин неудовлетворительной настройки АПВУС и обоснование требований к математической модели, обеспечивающей адекватную настройку АПВУС;
2. Синтез математической модели, обеспечивающей учет значимых погрешностей, формируемых элементами АПВУС;
3. Разработка программы исследований, обоснование и выбор средств ее выполнения;
4. Выполнение экспериментальных исследований;
5. Анализ результатов проведенных экспериментов.

3. Программа исследований автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма, обоснование и выбор средств ее выполнения

Экспериментальные исследования проведены на примере применения АПВУС на транзитной линии в Томской энергосистеме. По территории Томской области проходит транзит 220 кВ Томская – Володино – Парабель – Советско-Соснинская – Нижневартовская ГРЭС, но по режимным условиям параллельная работа двух объединений по связи Парабель – Советско-Соснинская – Нижневартовская ГРЭС не осуществляется [11]. В связи с планированием объединения частей ЭЭС на синхронную работу необходимо применение АПВУС, поскольку ЛЭП является транзитной без параллельных шунтирующих линий. Схема моделирования Томской ЭЭС на ВМК РВ ЭЭС приведена на рисунке 4.1.

Для проведения экспериментальных исследований разработана программа их проведения:

1. Вычисление максимально возможной погрешности, формируемой элементами устройства контроля напряжения скольжения, по выражениям, полученным в п.2.;
2. Выполнение исследования процессов функционирования АПВУС в Томской энергосистеме при различных углах включения частей ЭЭС на синхронную работу, позволяющих оценить влияние погрешности на работу устройства и процессы в ЭЭС.
3. Анализ значимости влияния погрешности на функционирование АПВУС и процессы в ЭЭС.

Для того чтобы оценить влияние погрешностей на определение момента срабатывания АПВУС, надо рассматривать наихудший случай, при котором может произойти включение, т.е. случай, когда напряжение скольжения согласно существующей методике расчёта [1] будет иметь максимально допустимое значение.

Напряжение скольжения, определяется уравнивающим напряжением, зависящим от значений и частот напряжений по концам ЛЭП, следовательно, максимально допустимое значение напряжения u_s будет иметь место при максимальном скольжении, при котором работает АПВУС, согласно [1] равном 2 Гц, и при максимально различных значениях напряжений несинхронно работающих частей ЭЭС. Напряжения по концам линии могут быть различными по амплитуде в пределах допуска согласно [11] $\pm 10\%$ от $U_{ном}$ кратковременно в послеаварийном режиме.

Расчет параметров схемы замещения и определение передаточных функций выполнены с использованием программного комплекса Mathcad, позволяющего произвести расчеты в полной мере с приемлемым уровнем точности.

Моделирование процессов объединения Юга и Севера Томской ЭЭС на параллельную работу при различных углах включения производится на Всережимном моделирующем комплексе реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС), позволяющем производить исследования процессов в энергосистемах в режиме реального времени.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5AM5Б		Кротовой Елизавете Михайловне	
Институт	ЭНИН	Кафедра	Электроэнергетические системы (ЭЭС)
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научно-технического исследования (НТИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость программного обеспечения: Microsoft Office – 21509 руб., Matlab Simulink – 204200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Заработная плата: руководитель – 33163 руб., студент-дипломник – 2344 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в страховые фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и перспективности проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциальные потребители результатов исследования; SWOT-анализ
2. Планирование комплекса работ на создание НТИ	Структура расчетно-проектных работ; Определение трудоемкости выполнения работ; Построение графика проведения расчетно-проектных работ
3. Планирование бюджета НТИ	Расчет материальных затрат НТИ; Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ; Расчет полной заработной платы исполнителей; Отчисления во внебюджетные фонды; Накладные расходы; Формирование сметы НТИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности НТИ	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Б	Кротова Е. М.		

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела – рассмотрение научно-технического исследования (НТИ) с точки зрения его целесообразности и эффективности.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование комплекса работ на создание НТИ;
- Планирование бюджета НТИ;
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности НТИ.

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научно-технического исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.2.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время приблизительно четверть аварий в энергосистемах связана с неправильной настройкой устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты, в том числе автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС). Научно-техническое исследование, проводимое в рамках данной выпускной квалификационной работы (ВКР) направлено на решение задачи точной настройки устройства АПВУС методом математического моделирования.

Устранение данной проблемы актуально для всех объединенных энергетических систем (ОЭС), входящих в Единую энергетическую систему России (ЕЭС России).

6.2.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ НТИ. Матрица SWOT приведена в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 - Матрица SWOT

	<u>Сильные стороны проекта:</u> С1. Возможность решения проблемы в любой ЭЭС; С2. Актуальность разработки; С3. Позволяет не только произвести настройку АПВУС, но и воспроизвести процессы в системе; С4. Не требует больших финансовых затрат; С5. Не требует применения специального оборудования.	<u>Слабые стороны проекта:</u> Сл1. Требует высокой точности моделирования; Сл2. Необходимость учета влияния всех элементов ЭЭС; Сл3. Моделирование ЭЭС требует больших затрат времени и тщательности; Сл4. Необходимость изучения большого количества теоретического материала.
<u>Возможности:</u> В1. Исключение аварий, происходящих по причине неправильной настройки АПВУС; В2. Большой потенциал применения; В3. Возможность выхода на внешний рынок.	Возможность минимизировать/исключить аварии подобного рода во всех ЭЭС России и Мира.	Выгода от отсутствия аварий и их последствий окупится несмотря на необходимость высоких затрат различного типа на изготовление математической модели.
<u>Угрозы:</u> У1. Отсутствие спроса из-за необходимости отдельного моделирования каждой ЭЭС; У2. Появление подобной методики у конкурентов.	Создание конкурентоспособной разработки либо усовершенствование методики требует не только качественного моделирования, но и умения применить выполненное на практике.	Высокая сложность разработки может препятствовать проникновению на рынок.

Выявим соответствия сильных и слабых сторон НТИ с помощью построения интерактивных матриц проекта (таблицы 6.1.2 и 6.1.3).

Таблица 6.1.2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	-	-
	B2	+	+	+	-	-
	B3	+	+	+	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
	B1	+	+	+	-	
	B2	+	+	+	-	
	B3	+	+	-	+	

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие возможности: B1C1C2, B2C1C2C3, B3C1C2C3C4C5; B1Сл1Сл2Сл3, B2Сл1Сл2Сл3, B3Сл1Сл2Сл4.

Таблица 6.1.3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	+	+	-	+	+
	Y2	-	+	-	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
	Y1	+	+	+	+	
	Y2	-	-	-	-	

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие угрозы: Y1C1C2C4C5, Y2C2C4C5; Y1Сл1Сл2Сл3Сл4.

Проанализировав результаты можно сделать вывод о том, что НТИ, проводимое в рамках данной ВКР, является перспективным и финансово выгодным, но очень сложным с точки зрения реализации.

6.2 Планирование комплекса работ на создание научно-технического исследования

6.2.1 Структура расчетно-проектных работ

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель (далее руководитель) и студент-дипломник. Составлен перечень работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 6.2.1).

Таблица 6.2.1 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ п/п	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на НТИ	1	Составление и утверждение задания НТИ	Руководитель, студент-дипломник
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Руководитель, студент-дипломник
	3	Выбор модели и способов анализа	Студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Разработка модели исследования	Руководитель, студент-дипломник
	5	Поиск методов решения	Студент-дипломник
	6	Реализация модели	Руководитель, студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НТИ	9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные и рассчитывается по формуле:

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k,$$

где T_{k_i} – продолжительность одной работы, календ. дн.;

k – коэффициент календарности, определяется по формуле:

$$k = \frac{T_K}{T_K - T_B - T_{II}} = \frac{365}{365 - 105 - 13} = 1,48,$$

где T_K – количество календарных дней в году;

T_B – количество выходных дней в году;

T_{II} – количество праздничных дней в году.

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.2.2.

Таблица 6.2.2 –Продолжительность работ

№ п/п	Должность исполнителя	t_{\min} , чел.- дн.	t_{\max} , чел.- дн.	$t_{\text{ож}}$, чел.- дн.	Ч, чел.	T_p , раб. дн.	T_k , кал. дн.
1	Руководитель, студент-дипломник	1	2	1,4	2	0,7	1
2	Руководитель, студент-дипломник	25	30	27	2	13,5	20
3	Студент-дипломник	2	7	4	1	4	6
4	Руководитель, студент-дипломник	22	28	24,4	2	12,2	18
5	Студент-дипломник	4	6	4,8	1	4,8	7
6	Руководитель, студент-дипломник	12	19	14,8	2	7,4	11
7	Студент-дипломник	1	2	1,4	1	1,4	2
8	Руководитель, студент-дипломник	3	9	5,4	2	2,7	4
9	Студент-дипломник	3	9	5,4	1	5,4	8
Итого:							77

6.2.3 Построение графика проведения расчетно-проектных работ

В качестве графика инженерных работ можно использовать диаграмму Ганта, так как данная диаграмма является наиболее удобным и наглядным способом построения. Диаграмма представлена в таблице 6.2.3.

Общая продолжительность НТИ составила 77 дней. Продолжительность выполнения работ в рамках НТИ студентом-дипломником составила 77 дней, руководителем – 54 дня.

Таблица 6.2.3 – Диаграмма Ганта

№ п/п	Содержание работ	Должность исполнителя	Т _р , дн	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель				Май				
				2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Составление и утверждение задания НТИ	Руководитель, студент-дипломник	1												
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Руководитель, студент-дипломник	20												
3	Выбор модели и способов анализа	Студент-дипломник	6												
4	Разработка модели исследования	Руководитель, студент-дипломник	18												
5	Поиск методов решения	Студент-дипломник	7												
6	Реализация модели	Руководитель, студент-дипломник	11												
7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник	2												
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	4												
9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	8												

6.3 Планирование бюджета научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

Планирование бюджета НТИ включает в себя:

- Расчет материальных затрат НТИ;
- Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей НТИ;
- Расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Расчет накладных расходов;
- Формирование бюджета затрат НТИ.

6.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхи} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (в натуральных единицах);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, составляет – 15-25 % от стоимости материалов.

Материальные затраты на разработку проекта приведены в таблице 6.3.1.

Таблица 6.3.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед, руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Бумага	упак/шт	1/500	250	250
Карандаш	шт	1	20	20
Ластик	шт	1	20	20
Ручка	шт	2	50	100
Папка	шт	1	50	50
Услуги печати	лист	200	3	600
Интернет	мес	3	300	900
Электроэнергия	кВт/час	100	2,17	217
Итого:				2157

6.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для данного исследования затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

6.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей научно-технического исследования

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{\text{пн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p ,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 6.2.2);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{мс} + Z_{допл} + Z_{р.к.}}{F_{\delta}} ,$$

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

$Z_{допл}$ – доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{р.к.}$ – районная доплата, руб.;

F_{δ} – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.3.2.

Таблица 6.3.2. – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	$Z_{допл}$, руб	$Z_{р.к.}$, руб	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33163	11970	13543	58676	2257	37	83509
Студент- дипломник	2344	350	808	3502	135	52	7020
Итого $Z_{осн}$, руб.							90529

Дополнительная заработная плата составляет 12÷15% от основной заработной платы.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп} ,$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 6.3.3.

Таблица 6.3.3. – Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}, \text{руб.}$	$Z_{доп}, \text{руб.}$	$Z_{зн}, \text{руб.}$
Руководитель	0,15	83509	12526,4	96035,4
Студент-дипломник	0,12	7020	842,4	7862,4
Итого $Z_{зн}, \text{руб.}$				103897,8

6.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с Федеральным законом от 03.07.2016 № 243-ФЗ на 2017 г. установлен размер страховых взносов равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = 0,3 \cdot (90529 + 13368,8) = 31170 \text{ руб.}$$

6.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма затрат на ТПУ}) \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов для ТПУ принята в размере 16%.

Накладные расходы составят:

$$Z_{накл} = 137224,8 \cdot 0,16 = 21956 \text{ руб.}$$

6.3.6 Формирование сметы НТИ

Определение бюджета затрат на НТИ приведено в таблице 6.3.4.

Таблица 6.3.4 – Смета НТИ

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты НТИ	2157	1,3
Затраты на специальное оборудование для научных работ	-	0
Основная и дополнительная заработная плата исполнителей	103897,8	65,3
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	31170	19,6
Накладные расходы	21956	13,8
Бюджет затрат НТИ.	159180,8	100

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию НТИ составляют ≈ 160 тысяч рублей, из которых более половины (65,3%) составят затраты по полной заработной плате исполнителей, треть – отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности научно-технического исследования

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Сравнительная оценка характеристик НТИ приведена в таблице 6.4.1.

Таблица 6.4.1 – Сравнительная оценка характеристик НТИ

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Универсальность применения	0,20	5
2. Функциональная мощность	0,25	4
3. Доступность	0,15	5
4. Надежность	0,30	4
5. Возможность дальнейшего усовершенствования	0,10	4
Итого:	1,00	

Произведем расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,35$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования рассматриваемого НТИ.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в рамках оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были выявлены сильные и слабые стороны проекта, проведена оценка надежности и возможностей проекта. Сильные стороны обеспечивают высокую эффективность и финансовую выгодность проекта;

- при планировании расчетно-проектных работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая грамотно спланировать рабочее время исполнителей;
- составление сметы НТИ позволило оценить первоначальную сумму затрат на проектирование, а также предварительную сумму материальных затрат на реализацию исследования;
- оценка ресурсоэффективности НТИ, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат, что говорит об эффективности реализации данного исследования.

Обобщив выводы, можно заключить, что реализация данного НТИ, позволит увеличить эффективность производства - социальную, путем обеспечения требований безопасности и надежности работы электрооборудования; ресурсосберегающую, путем уменьшения количества аварий, связанных с неграмотной настройкой противоаварийной автоматики; и экономическую, путем оптимизации затрат на проектирование и реализацию НТИ.