

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

Энергетический институт
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра «Электроэнергетические системы»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование вариантов объединения на параллельную работу Иркутской и Якутской энергосистем

УДК 621.316.11:621.316.13

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4P	Крицкий Евгений Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	И.М. Кац	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Ю.В. Бородин	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать 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	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать 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	Использовать 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.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты 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 инженерные исследования 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.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, 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 Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Сулайманов А.О.
 (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
5АМ4Р	Крицкий Евгений Николаевич

Тема работы:

Исследование вариантов объединения на параллельную работу Иркутской и Якутской энергосистемы

Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 № 432/с
---------------------------------------------	--------------------

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Нормальная схема электрических присоединений объектов электроэнергетики, входящих в операционную зону Иркутской и Якутской ЭС, данные по генерирующему и сетевому оборудованию</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая характеристика Иркутской и Якутской энергосистем 2. Отладка расчетной модели, смоделированной в ПК «Мустанг» и «RastrWin3» 3. Объединение Иркутской энергосистемы и западного района Якутской энергосистемы по ВЛ 220 кВ 4. Объединение Иркутской энергосистемы и западного района Якутской энергосистемы по ВЛ 500 кВ

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Нормальная схема электрических соединений объектов электроэнергетики, входящих в операционную зону Иркутской и Якутской энергосистемы.
---------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ю.В. Бородин, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н.В. Плтехина, старший преподаватель кафедры менеджмента
Раздел ВКР, выполняемый на иностранном языке	М.В.Андреев, к.т.н., ст.преподаватель кафедры электроэнергетических систем
Раздел ВКР, выполняемый на иностранном языке	Е.С.Тарасова, к.п.н., доцент кафедры иностранных языков
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Power system stability.	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кац И.М.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Р	Крицкий Е.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4P	Крицкий Евгений Николаевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Управление режимами электроэнергетических систем

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад работников:</i> - <i>Руководитель – 16751,29 руб.;</i> - <i>Исполнитель – 14584,32 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 27,1 %.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление реестра рисков исследования, календарного плана проекта, маркировка контрольных событий и строительство иерархии структуры работ</i>
3. <i>Определение эффективности проекта</i>	<i>В ходе проектирования была проведена оценка эффективности проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений*
2. *Календарный план-график проведения проекта*
3. *Контрольные события проекта и бюджет НТИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4P	Е.Н. Крицкий		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 129 с., 76 рисунка, 23 таблиц, 19 источников, 2 приложения

Ключевые слова: динамическая устойчивость, противоаварийная автоматика, максимально допустимые перетоки

Объектом исследования является параллельная работа Иркутской и Якутской энергосистем.

Цель работы – анализ электрических режимов Иркутской и западного района Якутской энергосистем и выбор возможных вариантов их объединения на параллельную работу.

В процессе исследования моделировалась рабочая схема при объединении Иркутской и Якутской энергосистем, а также определение МДП и АДП по контролируемому сечению ВЛ 220 кВ ПС Усть-Кут – ПС Бобровка и проверялась динамическая устойчивость при нормативных возмущениях. Произведена оценка различных вариантов объединения двух энергосистем

В результате исследования были выявленные наиболее эффективные способы объединения энергосистем.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в области Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.702 – 2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.
6. ГОСТ 2.709 – 89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
7. ГОСТ 2.721 – 74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
8. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки и виды документов.
9. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система конструкторской документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ОАО «СО ЕЭС»: ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы России», включая филиалы ОАО «СО ЕЭС».

ОДУ Сибири: диспетчерский центр, Филиал ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы России» Объединенное диспетчерское управление энергосистемами Сибири.

Статическая устойчивость энергосистемы: способность энергосистемы возвращаться к исходному или близкому к нему установившемуся режиму после малых возмущений. Под малым возмущением режима энергосистемы понимается такое возмущение, при котором изменения параметров несоизмеримо малы по сравнению со значениями этих параметров.

Динамическая устойчивость энергосистемы: способность энергосистемы возвращаться к установившемуся режиму после значительных возмущений без перехода в асинхронный режим.

Запас устойчивости: показатель, количественно характеризующий «удаленность» значений параметров режима энергосистемы от их значений в предельном по устойчивости режиме.

Используемые сокращения:

ЭЭС – электроэнергетическая система

ПА – противоаварийная автоматика

КЗ – короткое замыкание

РЗ – релейная защита

ПС – подстанция

ВЛ – воздушная линия

УР – установившийся режим

ЛЭП – линия электропередач

ШР – шунтирующий реактор

УШР – управляемый шунтирующий реактор

УРОВ – устройство резервирования отключения выключателя

ГЭС – гидроэлектростанция

УКРМ – установка компенсации реактивной мощности

МДП – максимально допустимый переток

АДП – аварийно допустимый переток

РДУ – региональное диспетчерское управление

ОДУ – объединенное диспетчерское управление

ОЭС – объединенная энергетическая система

ГРЭС – государственная районная электрическая станция

ГТУ – газотурбинная установка

ВСТО – трубопроводная система "Восточная Сибирь - Тихий океан"

НПС – нефтеперекачивающая станция

АРОЛ – автоматика разгрузки при отключении одной или двух линий электропередачи

УПК – устройства продольной компенсации

Оглавление

Реферат	7
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	8
Введение.....	13
Глава 1 Общая характеристика исследуемого энергорайона	Ошибка!
Закладка не определена.	
1.1 Общая характеристика Иркутской энергосистемы	Ошибка! Закладка не определена.
1.1.1 Генерируемая мощность и краткая характеристика основных электростанций Иркутской энергосистемы.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.1.2 Бодайбинский и Мамско-Чуйский энергорайоны ...	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Якутская энергосистема.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.1 Генерируемая мощность и краткая характеристика основных электростанций Якутской энергосистемы.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2.2 Особенности и проблемы функционирования энергосистемы на территории Республики Саха (Якутия)...	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Перспективное развитие Иркутской ЭЭС.....	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 2 Анализ вариантов объединения Иркутской и Якутской энергосистем	Ошибка! Закладка не определена.
2.1. Описание расчетной схемы	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Объединение Иркутской энергосистемы и западного района Якутской энергосистемы по ВЛ 220 кВ.	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Объединение Иркутской и энергосистемы западного района Якутской энергосистемы по ВЛ 220 кВ с использованием УКРМ.	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Объединение через ВЛ 500 кВ.	Ошибка! Закладка не определена.
2.5 Оценка полученных результатов при использовании различных вариантов объединения энергосистем	Ошибка! Закладка не определена.

Глава 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	15
Введение	16
3.1 Предпроектный анализ	16
3.3 Анализ конкурентных технических решений.....	19
3.4 Структура работ в рамках научного исследования	21
3.4.1 Иерархическая структура работ	21
3.4.2 Контрольные события проекта	24
3.5 Бюджет научного исследования	28
3.6 Реестр рисков проекта.....	30
3.7 Определение технической эффективности исследования	31
3.8 Заключение по главе	32
Глава 4 Социальная ответственность.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Производственная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.2 Вредные производственные факторы и мероприятия для их устранения	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Производственная санитария	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.1 Микроклимат	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.2 Освещение	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.3 Психофизические факторы	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Экологическая безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение по разделу	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Перечень использованных источников:.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А.....	Ошибка! Закладка не определена.

Приложение Б Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Актуальность темы: в настоящее время в Бодайбинском и Мамско-Чуйском энергорайонах Иркутской ЭЭС планируется введение в работу новых подстанций и воздушных линий для организации электроснабжения новых потребителей. В результате строительства новых подстанций появляется возможность объединения на синхронную работу западного энергорайона Якутской ЭЭС к ОЭС Сибири, что позволит обеспечить повышение надежности энергоснабжения и устойчивости работы энергосистемы.

Для осуществления электроснабжения существующих и новых потребителей на территории Бодайбинского и Мамско-Чуйского энергорайонов предполагается строительство новых ПС и ВЛ номинальным напряжением 220 кВ и 500 кВ, а также перевод уже имеющихся ВЛ 110 кВ, построенных в габаритах 220 кВ на номинальное напряжение 220 кВ.

На территории Иркутской энергосистемы в рамках проекта сооружения трубопроводной энергосистемы «Восточная Сибирь – Тихий океан» предполагается ввод ПС 220 кВ Киренская, ПС 220 кВ Тира (НПС–7), ПС 220 кВ Бобровка (НПС–6) с сооружением связывающих их двухцепных ВЛ 220 кВ. Также предполагается ввод в работу двухцепной ВЛ 220 кВ Чертово корыто – Пеледуй и двухцепной ВЛ 220 кВ Рассоха (НПС-9) – Талаканская (НПС-10).

Исследования электрических режимов выполнены с помощью программ «RastrWin3» и «Мустанг». Исходная расчетная модель содержит Иркутскую и Якутскую энергосистему. Выполнена оценка влияния объединения двух энергосистем с сохранением статической и динамической устойчивости. Произведены расчеты МДП и АДП по контролируемому сечению, параметры УКРМ необходимых для поддержания напряжения в допустимых пределах.

Объектом исследования является параллельная работа Иркутской и Якутской энергосистем.

Целью работы является анализ электрических режимов Иркутской и западного района Якутской энергосистем и выбор возможных вариантов их объединения на параллельную работу.

Практическая значимость результатов магистерской диссертации:

Результаты выполнения данной работы могут быть использованы как основа для проведения детальных расчетов при выборе вариантов объединения ЭЭС специалистами РДУ и ОДУ.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является параллельная работа Иркутской и западного энергорайона Якутской энергосистем. Система электроснабжения, объединяющая две энергосистемы расположена в Бодайбинском энергорайоне.

Передача электроэнергии и мощности в энергорайоне объединяющего Иркутскую и Якутскую ЭЭС осуществляется по электрическим сетям 220 кВ. Основными потребителями на территории Бодайбинского энергорайона являются ресурсо–добывающие предприятия и жилищно–коммунальный сектор. Присутствуют потребители всех категорий надежности электроснабжения.

Методом исследования при выполнении данной работы являлось математическое моделирование, которое осуществлялось в программных комплексах «RastWin» и «Mustang».

Программа «RastWin» предназначена для расчета и оптимизации режимов электрических сетей и систем. С помощью данной программы можно проводить расчет и утяжеление режима, а также эквивалентирование энергосистем.

Программа «Mustang» предназначен для расчета и оптимизации режимов электрических сетей и систем. С помощью данной программы можно проводить моделирование установившихся и переходных электромеханических режимов и утяжеление режима.

Глава 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В современном мире высокие требования выдвигают к техническим проектам исходя из их коммерческой ценности. Высокие показатели экономического потенциала проекта позволяют ему быть конкурентоспособным на рынке предложений. Это важно в первую очередь для разработчиков проекта, так именно они являются заинтересованными, в том, чтобы разработка не остановилась на стадии проекта, а осуществилась коммерциализация и дальнейшее ее развитие.

Важными факторами, влияющими на экономическую привлекательность проекта, в первую очередь являются бюджет, сроки выполнения разработки и техническое качество проекта. Проект должен отвечать всем техническим нормам, выдвигаемым к объекту исследования, но при этом должен быть нацелен на меньшую возможную цену его осуществления.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

3.1 Предпроектный анализ

На стадии предпроектного анализа будут определены основные показатели заинтересованности инвесторов и участников проекта. Данная часть не является обязательной, с точки зрения законодательства, однако позволяет выполнить предварительный анализ рисков. Для осуществления предпроектного анализа воспользуемся упрощенной схемой, рассмотрев только потенциальных потребителей результатов исследования, проанализировав конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Предпроектный анализ проводится на основе существующих на данный момент наработок и договоренностей, документации, которую предоставляют участники проекта. Несмотря на то, что процесс предпроектного анализа достаточно трудоемок, его результаты оправдывают ожидания, поскольку помогают не только нейтрализовать риск потери вложенного капитала, но и в дальнейшем получить прибыль

3.2 Организационная структура проекта

На рисунке 3.1 представлена организационная структура проекта, отражающая в себе иерархическую структуру работ проекта.



Рисунок 3.1 - Организационная структура проекта

На данном этапе были определены исполнители и их функции в составе проекта, а также разработана структура исполнения работ. Правильно сформированная организационная структура проекта обеспечит его эффективное управление, планирование, исполнение в запланированные сроки, на определенном качественном уровне.

Цели и результат проекта

Реализация любого проекта преследует какую-либо определенную цель. Неправильно определенные цели и задачи приводят к тому, что в процессе реализации проекта возникают перерасход средств, конфликты между членами проектной команды, несоблюдение контрольных промежуточных пунктов и, как следствие, недовольство доноров проекта. Цель в большей степени представляет собой декларацию о намерениях, из которой должно быть ясно, в чем состоит важность проекта для общества.

Таблица 3.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Филиал ОАО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Иркутской области»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчет установившихся режимов работы Иркутской энергосистемы с учетом и без учета ввода новой линии электропередач. 2. Определение «слабых мест» энергосистемы, где возможны перегрузки оборудования при вводе новой линии электропередач. 3. Анализ мероприятий, позволяющих устранить нарушения, возникающие при анализе режимов с учетом ввода новой линии электропередач.

Таблица 3.2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение влияния строительства нового сетевого элемента (ВЛ 220 кВ ПС Усть Кут – ПС Пеледуй и ВЛ 220 кВ ПС Пеледуй – ПС Мамакан) на режим работы Иркутской энергосистемы. 2. Определение проблемных мест иркутской энергосистемы с учетом ввода новой линии электропередач. 3. Рассмотрение способов увеличения перетоков активной мощности действиями противоаварийной автоматики.
Ожидаемые результаты проекта:	Полученные в ходе расчетов результаты проектирования значения могут быть использованы в качестве основы для формирования заключения Системного оператора о влиянии ввода нового сетевого элемента на режим работы иркутской энергосистемы. В дальнейшем планируется продолжить сотрудничество с ОАО «СО ЕЭС» в данном направлении.
Критерии приемки результата проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полученные в ходе моделирования результаты обязаны соответствовать требованиям обеспечения допустимых параметров электроэнергетического режима и недопущения возникновения недостатка пропускной способности электрической сети. 2. Выполнение проекта должно осуществляться в программном комплексе, находящемся в перечне программ, разрешенных для выполнения расчетов установившихся режимов. 3. Каналы передачи данных телеметрии и телемеханики должны быть зашифрованы по стандартам РФ для обеспечения нормальной работы центра управления данными терминалами.

Продолжение таблицы 3.2

Требования к результату проекта:	Полученные в ходе моделирования результаты обязаны соответствовать требованиям обеспечения допустимых параметров электроэнергетического режима и недопущения возникновения недостатка пропускной способности электрической сети.
	Стоимость проекта должна быть сопоставима по сравнению с аналогами, а в лучшем случае быть меньшей. Результатов проекта не должно быть в широком доступе для обеспечения энергетической безопасности иркутской энергосистемы

В таблице отражены цели проекта, ожидаемые результаты проекта, критерии приемки результата проекта и требования к результату проекта. В дальнейшем это позволит не допустить перерасхода средств.

3.3 Анализ конкурентных технических решений.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Может быть использована вся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Проведено сравнение режимов работы Иркутской и Якутской ЭС при раздельной работе и объединение их через ПС Пеледуй 220 кВ с образованием кольца.

Таблица 3.3 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _т	Б _к	К _т	К _к
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда	0,15	3	4	0,45	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	2	4	0,14	0,28
3. Энергоэкономичность	0,06	3	3	0,18	0,18
4. Надежность	0,12	2	4	0,24	0,48
5. Безопасность	0,05	3	3	0,15	0,15
6. Простота эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	0,4	0,4
8. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	2	0,16	0,08
3. Цена	0,13	4	3	0,52	0,39
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
Итого	1	41	43	3,31	3,7

где Б_т, К_т – раздельная работа Иркутской и Якутской ЭС;

Б_к, К_к – синхронная работа Иркутской и Якутской ЭС.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 3.3, подбираются, исходя из

выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K_1 = B_1 \cdot B_i = 0,15 \cdot 3 = 0,45,$$

где K – конкурентоспособность режимной схемы;

B_1 – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По итогам этого расчета, при сравнении двух режимов работы энергосистем, можно сказать, что схема с объединением ЭС имеет более высокий средний бал, чем схема с изолированной работой. Это обуславливается тем, что в схеме с объединением ЭС повышена надежность, снижены перетоки по параллельным связям и увеличена пропускная способность контролируемых сечений. Существенный признак, по которой схема с объединением ЭС проигрывает традиционной это цена установки. Но можно сказать, что схема с объединением ЭС отвечает по своим характеристикам заявленной цене.

3.4 Структура работ в рамках научного исследования

Последовательность выполнения научно-исследовательской работы, а также ее содержание зависят от предмета исследования, сложности научно-исследовательской работы, актуальности и новизны темы.

3.4.1 Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ – это иерархическое разбиение всей работы, которую необходимо выполнить для достижения целей проекта, на более мелкие операции и действия до такого уровня, на котором способы выполнения этих действий вполне ясны и соответствующие работы могут быть

оценены и спланированы. Она включает также определение промежуточных результатов всех составляющих эту структуру работ.

Содержание всего проекта работ определено и структурировано в виде иерархии, показанной на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Иерархическая структура проекта

3.4.2 Контрольные события проекта

Список контрольных событий - список важных моментов и событий проекта определен в таблице 3.4

Таблица 3.4 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Контроль собранной информации	26.10.2015	Был произведен сбор технических данных по энергооборудованию станций и подстанций (генераторы, трансформаторы). Рассмотрены нормативные документы, определяющие работу энергосистемы с учетом ее особенностей. Получены расчетные базы для ПК RastrWin3, а так же схема нормальная электрическая схема энергосистемы. Рассмотрены нормативные документы, определяющие работу энергосистемы с учетом ее особенностей.
2	Расчет установившихся режимов работы энергосистемы Иркутской области	04.04.2016	Актуализирована база в ПК RastrWin3. Рассчитаны режимы работы энергосистемы для разных лет расчетного периода с учетом ремонтных схем и нормативных возмущений. Анализ параметров режима и мероприятий, обеспечивающих допустимые значения параметров режима.
3	Готовность подпроектов и приложений ВКР	03.06.2016	Определена бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования
4	Сдача магистерской диссертации на проверку руководителю проекта.	03.06.2016	Сформированы обозначенные разделы, сформулированы выводы по работе.

В рамках данного раздела определены ключевые события проекта, определены их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты.

План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный план и график проекта. Календарный план представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Календарный план проекта

№	Название	Длит- ть, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Анализ текущего состояния проблемы				
1.1	Оценка сложившейся ситуации в Иркутской энергосистеме	16	01.09.2015	16.09.2015	1. Исполнитель 2. Руководитель
1.2	Анализ прогнозируемых уровней энергопотребления и балансов мощностей в энергосистеме Иркутской области	5	17.09.2015	22.09.2015	1. Руководитель 2. Исполнитель
1.3	Формирование исходных для проектирования (актуализация расчетной модели в ПК RastrWin3, определение рабочих мощностей для расчетного периода)	34	23.09.2015	26.10.2015	1. Исполнитель 2.Руководитель
2	Требования к продукту				
2.1	Изучение требований к продукту со стороны государственных органов и фирмы-изготовителя	17	27.10.2015	12.11.2016	1. Исполнитель
2.2	Изучение программных комплексов, с помощью которых можно произвести данное моделирование	22	13.11.2015	04.12.2015	1. Руководитель 2. Исполнитель
3	Подробное проектирование				
3.1	Расчет и анализ установившихся режимов Иркутской ЭС	25	07.12.2015	11.01.2016	1. Исполнитель
3.2	Расчет и анализ установившихся режимов Якутской ЭС	23	12.01.2016	08.02.2016	1. Исполнитель
3.3	Расчет и анализ установившихся режимов объединенной ЭС на 2019 г.	23	09.02.2016	09.03.2016	1. Исполнитель
3.4	Анализ принятых решений, формирование выводов	20	10.03.2016	04.04.2016	1. Руководитель 2. Исполнитель

Продолжение таблицы 3.5.

Код	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение				
4.1	Предпроектный анализ	4	05.04.2016	08.04.2016	1. Исполнитель
4.2	Инициация проекта	4	11.04.2016	14.04.2016	1. Исполнитель
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	6	15.05.2016	22.04.2016	1. Исполнитель
4.4	Эффективность исследования	10	25.04.2016	10.05.2016	1. Исполнитель
5	Социальная ответственность				
5.1	Безопасность в ЧС	8	11.05.2016	20.05.2016	1. Исполнитель
5.2	Региональная безопасность	5	23.05.2016	27.05.2016	1. Исполнитель
5.3	Техногенная безопасность	4	30.05.2016	02.06.2016	1. Исполнитель
Итого		226			

Длительность разработки проекта составила 226 дней, дата начала работ 01.09.2015, дата окончания работ 02.06.2016. На анализ текущего состояния проблемы отведено 55 дней. На определение требований к продукту отведено 39 дней. На подробное проектирование отведено 91 день. На финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение отведено 26. На социальную ответственность отведено 17 дней. По полученным данным построен календарный план-график проведения проекта, представленный в таблице 3.6.

3.5 Бюджет научного исследования

Бюджет предложенного к рассмотрению научного проекта предусматривает финансовые затраты на:

1. Специальное ПО для проведения проектных работ;
2. Зарботную плату (основной составляющей и дополнительной);
3. Отчисления на социальные нужды;
4. Накладные расходы.

Специальное ПО для проведения проектных работ

Таблица 3.7 – Расчет затрат по выделенной статье

п.п.	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена ед. оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПО Медиа Windows Vista Business Rus	2	7790	15580
2	ПО Медиа Office 2013 на 1 ПК, DVD-диск	2	3590	7180
Затраты по приобретению оборудования:				22760

Затраты на ПО составляют:

$$\sum M_{з.м.} = 22760 \text{ руб.} \quad (3.1)$$

Для расчетов установившихся режимов необходимо специальное расчетное ПО: RastrWin3. Согласно данным сайта <http://www.b2b-energo.ru/> его стоимость на 2016 год составляет:

- ПК RastrWin3 (лицензия на 2 компьютера) – 900,000 тыс. руб.

Данное ПО уже имеется в составе ПО АО Филиал «СО ЕЭС» Иркутское РДУ, поэтому учитываем только затраты на амортизацию.

Средний срок полезного использования ПО составляет не менее 3 лет. На расчетные работы приходится 91 день.

$$\sum I_A = \frac{900000}{3 \cdot 12 \cdot 30} \cdot 91 = 75833 \text{ руб.} \quad (3.2)$$

Амортизацию остального необходимого оборудования учтем в накладных расходах.

Основная заработная плата

Для расчета заработной платы будем исходить из того, что в составе рабочей группы находятся 2 человека: исполнитель (студент) в качестве специалиста-стажера ОАО «СО ЕЭС», руководитель (научный руководитель в ТПУ). Из календарного план графика найдем занятость каждого из участников.

В таблице 3.8 приведен расчет заработной платы по данному проекту, учитывая различные коэффициенты и базовый оклад каждого из работников.

Таблица 3.8 – Расчёт основной заработной платы.

Исполнители	З _б , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	З _м , руб	З _{дн} , руб	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб
Руководитель	16751,29	1,2	1,2	1,3	28476,7	1356	97	131532
Исполнитель	14584,32	1,2	1,2	1,3	24793,3	1180,6	226	266815,6

$k_{пр}$ – коэффициент премий, $k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок, $k_{р}$ – районный коэффициент, З_б – заработная плата базисная, З_м – зарплата месячная, З_{дн} – дневная заработная плата, T_р – количество рабочих дней, З_{осн} – основная заработная плата.

В данном проектировании дополнительная заработная плата не предусматривается. Итого по данной статье предусматривается финансирование в размере $\Phi ЗП=398347,6$ руб.

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$ОСНп = 0,271 \cdot 398347,6 = 107952,2 \text{ руб.} \quad (3.3)$$

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

Прочие непредвиденные расходы (Пр. 10% от И.)

$$\begin{aligned} \sum I_{\Pi} &= \sum M_{3.М.} + \sum I_A + \Phi ЗП + ОСН = \\ &= 22760 + 75833 + 398347,6 + 107952,2 = 655282,2 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$Pr_{\Pi} = 65528 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (16 % от $\sum I_{\Pi}$)

$$Hr_{\Pi} = 0,16 \cdot \sum I_{\Pi} = 0,16 \cdot 655282,2 = 104845,15 \text{ руб.} \quad (3.5)$$

Итого полная себестоимость проекта

$$C_{\Pi} = \sum M_{3.М.} + \sum I_A + \Phi ЗП_{\Pi} + ОСН_{\Pi} + Pr_{\Pi} + Hr_{\Pi} = 825655,4 \text{ руб.} \quad (3.6)$$

Норма прибыли данного предприятия составляет 30%. Значит, капиталовложения заказчика в проектирование составит:

$$K_{\text{пр}} = C_{\Pi} \cdot 1,3 = 825655,4 \cdot 1,3 = 1073352,02 \text{ руб.} \quad (3.7)$$

Суммарные вложения в научно исследовательскую работу составили 1073352,02 рублей.

3.6 Реестр рисков проекта

Под риском понимают возможность полного или частичного неполучения запланированного результата.

Возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать влекущие за собой нежелательные последствия, сведены в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вер-ть	Вли-ян	Уров-ень	Способы смягчения	Условия наступления
1	Неблагоприятная политика руководства организации ОАО «СО ЭЭС»	Отказ от выполнения работ по рассматриваемому проекту	1	1	Низ.	1. Обоснование необходимости проведения расчетного проекта по моделированию релейной защиты	При появлении более эффективных мероприятий
2	Разработка подобных проектов другими проектными институтами	Невозможность внедрения данного проекта, связанная с его неактуальностью по предложенной проблеме	4	4	Выс.	1. Разработка наиболее эффективной, простого и дешевого варианта по объединению ЭС	В случае необходимости

Продолжение таблицы 3.9

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вер-ть	Влия-н	Уро-вень	Способы смягчения	Условия наступления
3	Изменение направления в использовании иностранного оборудования	Смещение приоритета по использованию иностранного оборудования в пользу отечественных аналогов	4	4	Выс.	1. Обоснование необходимости внедрения именного иностранного оборудования из-за его широкого распространения, большей точности измерений и надежности	По определенному стечению обстоятельств

В таблице приведены наиболее вероятные риски проекта. Управление рисками позволит скорректировать работу чтобы сэкономить деньги и время проекта.

3.7 Определение технической эффективности исследования

Техническая эффективность производства — это определенный аспект эффективности, связанный с наибольшим выпуском продукции при данных затратах, или наименьшими из возможных затрат при данном выпуске.

Таблица 3.10 – Техническая эффективность

№	Состояние энергосистемы	Ограничения
1	Характеристики энергосистемы с точки зрения технической эффективности, до строительства линии электропередач.	<ul style="list-style-type: none"> • Неэффективное использование генерирующего оборудования Иркутской энергосистемы, вследствие ограничения перетока активной мощности на участке от ПС Таксимо до ПС Мамакан. Высокая вероятность выхода из строя ВЛ 110 кВ в транзите Таксимо – Мамакан, вследствие этого отключение большого количества потребителей; • Анализ и ведение режимов производилось с учетом доступных схемно-режимных мероприятий. • Отсутствие резервного питания Бодайбинского ЭР при разрыве связи ПС Таксимо – ПС Мамакан
2	Характеристики энергосистемы с точки зрения технической эффективности, после строительства линии электропередач.	<ul style="list-style-type: none"> • Избежание роста цен на электроэнергию за счет эффективного использования генерации. Повышение надежности снабжения потребителей, снижения вероятности аварийных режимов. • Обеспечение оптимального потокораспределения в Иркутской и Якутской энергосистемах, тем самым уменьшения потерь электроэнергии. • Возможность резервирования потребителей Бодайбинского ЭР при разрыве связи ПС Таксимо – ПС Мамакан

В таблице, приведенной выше говорится, что строительство и ввод новой линии будет способствовать уменьшению аварийных ситуаций. Как следствие, можно сказать: отсутствие технологических нарушений в энергосистеме, а, следовательно, и финансовых затрат на восстановление работоспособности оборудования после аварии, отсутствие простоя оборудования электростанций, отсутствие роста потерь электроэнергии в элементах сетевого хозяйства и т.п. – все эти факторы являются основными показателями финансовой целесообразности рассматриваемых мероприятий по решению режимных задач.

3.8 Заключение по главе

В данной главе был определен коммерческий потенциал проекта, произведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Приведен процесс организации научного исследования и бюджет его реализации. Составлен реестр рисков проекта и определена техническая эффективность исследования. Бюджет НИР составил 1073352,02 руб.

Время, затраченное для производства работ:

- для исполнителя – 226 дней;
- для руководителя – 97 день.

По результатам данной главы можно сделать вывод о том, что ценность данного исследования в сочетании с относительно небольшим бюджетом и высокими показателями эффективности, представляет реальный интерес для энергетического сообщества, в частности, для сотрудников АО «СО ЕЭС» и ТПУ, с точки зрения дальнейшей реализации и развития.