

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
Исследование автоматического регулятора возбуждения сильного действия УДК <u>621.316.7:519.876</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Изофенко Сергей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарев С.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные 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 автоматика 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 бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ЭНИН
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра ЭЭС

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Изофенко С.В.

Тема работы:

Исследование автоматического регулятора возбуждения сильного действия	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2017, №497/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Математическая модель автоматического регулятора возбуждения сильного действия (АРВ СД). 2. Программа анализа переходных характеристик математических моделей автоматических регуляторов. 3. Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС для определения влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети.
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Провести исследование переходных характеристик всех звеньев математической модели автоматического регулятора возбуждения сильного действия (АРВ СД) и представить графические и аналитические результаты. Провести анализ влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети. Особые требования: оценка безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, экономический анализ.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы АРВ СД.</p> <p>Результаты исследований.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Потехина Нина Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Дашковский Анатолий Григорьевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарев Сергей Владимирович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Изофенко Сергей Владимирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Изофенко Сергею Владимировичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады: - руководителя – 23100 руб. - инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Коэффициент дополнительной заработной платы 15%; Коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки научного исследования: 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, амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности научного исследования.

Перечень графического материала:

Матрица SWOT-анализа;
Календарный план-график выполнения НИИ;
Бюджета затрат НИИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Изофенко Сергей Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Изофенко Сергей Владимирович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Релейная защита и автоматика ЭЭС

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Помещение лаборатории для работы с ВМК РВ ЭЭС
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	<ul style="list-style-type: none"> - Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ; - Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	<ul style="list-style-type: none"> - Микроклимат на электростанции; - Шумы на электростанции; - Освещенность диспетчерского пункта электростанции
1.2 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды	- Опасное воздействие от электрического тока и электрической дуги
2. Экологическая безопасность	- Вредное влияние на окружающую среду
3. Защита в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> - План эвакуации при пожаре; - Средства первичного тушения
4. Права и охрана труда	- Социальные вопросы обеспечения безопасности труда, условия труда

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию	План эвакуации людей из помещения
---	-----------------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский Анатолий Григорьевич		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Изофенко Сергей Владимирович		

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



Институт ЭНИН
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Уровень образования Бакалавр
 Кафедра ЭЭС
 Период выполнения (весенний семестр 2016/2017 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)
25.03.2017 г.	Обзор литературы	
8.04.2017 г.	Объект и методы исследования	
14.04.2017 г.	Изучение программного обеспечения	
10.05.2017 г.	Исследование переходных характеристик АРВ СД	
23.05.2017 г.	Исследование влияния настроечных параметров АРВ СД на режимы электрической сети	
02.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
15.05.2017 г.	Социальная ответственность	
20.05.2017 г.	Оформление работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарев С.В.	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 108 страниц, 54 рисунка, 28 таблиц, 16 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: автоматический регулятор возбуждения сильного действия, энергосистема, математическая модель, переходные характеристики, установившийся режим, короткое замыкание.

Объектом исследования является автоматический регулятор возбуждения сильного действия синхронного генератора.

Цель работы – исследование переходных характеристик автоматического регулятора возбуждения сильного действия и оценка влияния настроечных коэффициентов по каналам АРВ СД.

В ходе проведения исследования изменялись параметры АРВ СД по каналам АРВ СД.

В результате исследования получены характеристики переходных процессов, протекающих в элементах АРВ СД и определена степень их влияния на систему.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: точность воспроизведения процессов в моделируемом АРВ СД и другие характеристики определены на приемлемом уровне.

Степень внедрения: планируется внедрить для ВМК РВ ЭЭС.

Область применения: моделирование ЭЭС.

Экономическая эффективность определяется заранее проведенными испытаниями АРВ СД без реального ущерба ЭЭС. Полученные в работе практические результаты позволяют их использовать в ВМК РВ ЭЭС для научных и исследовательских целей.

В будущем планируется провести более глубокий анализ влияния коэффициентов и их совместное действие по всем каналам испытываемого устройства.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ЭЭС – электроэнергетические системы;

АРВ – автоматический регулятор возбуждения;

ВМК РВ ЭЭС – всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетической системы;

РМ - реактивная мощность;

АРВ СД- автоматический регулятор возбуждения сильного действия;

СМ – синхронная машина;

СГ- синхронный генератор;

ЭДС – электродвижущая сила;

ВЛ – воздушная линия;

ПС – подстанция;

БН – блок напряжения;

БРТ –блок реактивного тока;

БЧЗ – блок частоты и защиты.

Оглавление

Введение.....	13
1. Обзор литературы.....	15
2. Объект и методы исследования.....	19
3. Автоматический регулятор возбуждения сильного действия...20	
3.1. Блок напряжения.....	25
3.2. Блоки реактивного тока.....	27
3.3. Блок частоты и защиты.....	29
4. Преобразование звена математической модели в систему дифференциальных уравнений.....	33
5. Моделирование переходных характеристик АРВ СД.....	35
6. Описание ВМК РВ ЭЭС.....	43
7. Определение влияния настроечных коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети.....	47
7.1. Влияние настроечных коэффициентов по каналам АРВ СД при работе эквивалентного генератора на холостом ходу.....	48
7.2. Влияние настроечных коэффициентов по каналам АРВ СД при работе эквивалентного генератора на статическую нагрузку.....	52
7.3. Влияние настроечных коэффициентов по каналам АРВ СД при работе эквивалентного генератора в динамическом режиме.....	57
8. Результаты проведенного исследования.....	68
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	69
9.1. Стратегическое планирование научных исследований.....	70
9.1.1. SWOT-анализ.....	70
9.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	73
9.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	73
9.2.2. Определение трудоемкости выполненных работ.....	74
9.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	75
9.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	78
9.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	78

9.3.2. Основная заработная плата исполнителей работ.....	79
9.3.3. Дополнительная заработная плата исполнительской системы...	81
9.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды.....	81
9.3.5. Амортизационные отчисления.....	82
9.3.6. Накладные расходы.....	83
9.3.7. Формирование бюджета затрат исследовательского проекта....	84
9.4. Определение ресурсоэффективности исследования.....	85
10. Социальная ответственность.....	88
10.1. Анализ выявленных факторов.....	88
10.1.1. Микроклимат на электростанциях.....	89
10.1.2. Шумы на электростанциях.....	90
10.1.3. Расчет искусственного освещения помещения диспетчерского пункта электростанции.....	91
10.2. Анализ выявленных опасных факторов.....	94
10.2.1. Опасное воздействие от электрического тока и электрической дуги на электростанции.....	94
10.3. Экологическая безопасность.....	96
10.3.1. Охрана окружающей среды.....	96
10.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	97
10.5. Права и охрана труда.....	100
10.5.1. Условия труда.....	101
Заключение.....	104
Список использованной литературы.....	105
Приложение А.....	107

Введение

Проблема и ее актуальность. Для развития энергетики постоянно требуется решение комплекса теоретических и практических задач, среди которых значительную роль играет исследование и разработка методов для повышения пропускной способности линии, также в настоящее время существует проблема по сохранению устойчивой параллельной работы синхронных генераторов с электроэнергетической системой.

Значительным результатом этого исследования стало создание и внедрение автоматического регулятора возбуждения сильного действия. Этот регулятор возбуждения позволяет сохранять некоторые параметры синхронных генераторов в допустимых пределах путём регулировки коэффициентов по входам, но, так как вырабатываемая нагрузка на электростанциях изменяется в течение дня, выбор оптимальных параметров сложен и не всегда точен, и на отладку регулятора может уйти большое количество времени. Неправильная настройка регуляторов может привести к нарушению устойчивости работы генераторов, что приведёт к перенапряжению, выпадению генераторов из синхронизма и другим аварийным режимам.

Поэтому задача исследования процессов, протекающих в регуляторах возбуждения синхронных машин, и настройка их параметров весьма актуальна на сегодняшний день.

Целью работы: исследование математической модели АРВ СД и его переходных характеристик, анализ влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети.

Объект исследования: влияние настроечных параметров по каналам АРВ СД на динамические режимы электрической сети.

Предмет исследования: переходные характеристики звеньев математической модели автоматического регулятора возбуждения сильного действия.

Научная новизна: испытана программа для исследования переходных характеристик всех звеньев математической модели АРВ СД. Результаты исследования данной программы моделирования дают возможность оценить достоверность математической модели АРВ СД.

Практическая значимость результатов ВКР: результаты работы в будущем могут использоваться для учебных, исследовательских и научных целей.

Реализация и апробация работы. В ходе выполнения научно-исследовательской работы в программе Visual Studio 2015 была собрана модель АРВ СД. Произведено исследование влияние коэффициентов по каналам АРВ СД на динамические режимы электрической сети.

1 Обзор литературы

Внедрение АРВ СД позволило при минимизированных капитальных затратах обеспечить правильную работу синхронных генераторов, найти целесообразное решение вопросов по повышению устойчивости энергосистем и надежности процессов передачи электрической энергии. Также появление АРВ СД позволило более рационально подойти к процессу распределения реактивной мощности между генераторами и минимизации потерь в электрических сетях.

В настоящее время работа синхронных генераторов, которые оснащены автоматическими регуляторами возбуждения сильного действия, стала проявлять некоторые негативные последствия, следствием этого послужил персонал электростанций. Персонал не располагает простыми приемами анализа аппаратуры для наладки и проверки систем возбуждения генераторов, также персонал не способен качественно выполнять весь объем планово-профилактических и ремонтных работ. Результатом этого являются повреждения дорогостоящей аппаратуры, серьезные системные аварии, которые могут привести в свою очередь к перерывам в электроснабжении потребителей. Происходит это из-за того, что АРВ СД имеют сложный алгоритм работы и ненадежную конструкцию, что приводит к актуальности модернизации АРВ и возбуждателей синхронных генераторов, появляется тенденция к упрощению алгоритма работы АРВ, уменьшению количества и упрощению функциональных блоков. Данные действия позволяют сократить объем пуско-наладочных работ и повысить надежности аппаратуры. [1]

Автоматическое регулирование возбуждения сильного действия применяется в случаях присутствия резкопеременных мощностей после чего появляется высокое колебание значения напряжения. В результате АРВ сильного действия происходит регулирование по производным всех параметров как-то: сила тока, напряжение, частота и так далее. АРВ сильного действия способствует передаче больших мощностей по высоковольтным линиям на

большие расстояния.

Основные задачи АРВ:

- обеспечение задаваемого графиком напряжения на шинах электростанции и потока реактивной мощности при передаче энергии от станции к потребителю;
- сохранение, а также повышение статической устойчивости электропередачи в нормальном режиме работы ЭЭС;
- повышение результирующей и динамической устойчивости электроэнергетической системы в аварийных режимах;
- предотвращение развития колебаний роторов генераторов в нормальном режиме и обеспечение быстрого затухания качаний генераторов в послеаварийном режиме;
- поддержание требуемого уровня напряжения у потребителя. [2]

Наиболее распространенные автоматические регуляторы возбуждения:

- пропорционального (ПД) действия;
- пропорционально-дифференциального или «сильного» действия (СД);
- пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД-) действия. [2]

АРВ ПД вступает в работу при отклонении от заданного уровня напряжения, тока нагрузки синхронного генератора и коэффициента мощности $\cos\phi_G$. Для выравнивания напряжения в АРВ СД применяют производную от действующего значения напряжения, а при ПИД-алгоритме подаётся сигнал через интегральную функцию отклонения амплитуды напряжения и первую и вторую производные угла электропередачи δ . [2]

АРВ СД помогает достигнуть максимальной пропускной способности электропередачи и значительно повышает статическую устойчивость всей системы. Эти факторы и обеспечили широкое распространение регулятора по всему миру. [2]

Основными элементами системы возбуждения являются возбудитель, АРВ, контрольно-измерительные приборы, устройства защиты и коммутации. От свойств системы возбуждения с АРВ в первую очередь зависит устойчивость не только синхронной машины, но и электроэнергетической системы в целом.[3]

Все АРВ, используемые на существующих станциях отличаются друг от друга способами воздействия на систему возбуждения синхронного генератора и делятся на три типа:

Электромеханические регуляторы. В качестве возбудителя в которой применяется электрическая машина постоянного тока, устанавливаемая на одном валу с ротором возбуждаемой СМ. Данный регулятор реагирует на отклонение напряжения от установленного значения и изменяет сопротивление в обмотке возбуждения возбудителя.

Во вторую группу входят электрические АРВ. Реагируют на отклонение тока в генераторе и напряжения от установленных значений, а также подают дополнительный выпрямленный ток на обмотку возбуждения от трансформатора тока, напряжения или трансформатора собственных нужд.

В третью группу входят АРВ с высокочастотной, бесщеточной и тиристорной системами возбуждения. Эти регуляторы контролируют работу возбудителей, но не имеют своих внешних источников питания. В качестве возбудителей применяются электрические машины переменного тока повышенной частоты для высокочастотной и бесщеточной систем и промышленной частоты для тиристорной. [3]

Развитие регуляторов возбуждения.

Исследование и установка автоматических регуляторов возбуждения на электростанциях для повышения устойчивости началось ещё в довоенные годы. Однако с развитием энергосистем обычные для тех времен инерционные регуляторы переставали справляться с возрастающей нагрузкой. На смену им пришли ионные, отличающиеся своим быстродействием, а позже и тиристорные системы регулирования возбуждения. [1]

В 50-х годах развитие систем автоматического регулирования вышло на новый уровень благодаря созданию АРВ сильного действия. Для регулировки возбуждения он реагировал на скорость изменения напряжения, а также на его ускорение. Дальнейшие разработки были направлены на улучшение конструкции и способов настройки регуляторов, а также на повышение надёжности их работы. Помимо выполнения основных функций таких, как поддержание напряжения и повышение устойчивости энергосистемах, АРВ СД выполняет и другие функции по защите генераторов и автоматизации процессов выработки электроэнергии, что повышает надёжность работы всего оборудования на электростанции. [1]

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является зависимость влияния настроечных параметров по каналам АРВ СД на динамические режимы электрической сети.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы в программе Visual Studio 2015 будет собрана модель АРВ СД. Затем будут получены осциллограммы переходных характеристик передаточных функций первого и второго порядка. После чего будет произведено сравнение полученных результатов с результатами в программной среде Mathcad. Далее будет производиться анализ влияния настроечных параметров по каналам АРВ СД во всережимном моделирующем комплексе реального времени разработанным в ТПУ (ВМК РВ ТПУ).

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования является оценка коммерческой ценности разработки. Это требуется для разработчиков, которые предоставляют перспективы проводимых научных исследований и их состояние.

НТИ освещает вопросы по определению зависимости влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети во всережимном моделирующем комплексе реального времени ВМК РВ ЭЭС, а также по анализу переходных характеристик звеньев математической модели автоматического регулятора возбуждения сильного действия АРВ-СД.

Основная цель данного раздела: экономическое планирование и оценка ресурсоэффективности научно-исследовательской работы. Поставлены следующие задачи для комплексного анализа научно-исследовательского проекта:

- Составить матрицу *SWOT*-анализа;
- Определить структуру работ в рамках научного исследования;
- Определить трудоемкость запланированных работ;
- Разработать график проведения научного исследования;
- Сформировать бюджет НТИ;
- Определить ресурсоэффективность исследования.

Решение поставленных задач представлено ниже.

Результаты данной работы необходимы для оптовых генерирующих компаний, таких как ООО «Сибирская генерирующая компания», АО «Концерн Росэнергоатом», ПАО «РусГидро» и др.

9.1 Стратегическое планирование научных исследований

9.1.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это анализ сильных и слабых сторон предприятия, а также оценка возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. «*S*» и «*W*» относятся к состоянию компании, а «*O*» и «*T*» к внешнему окружению предприятия.

Основной целью *SWOT*-анализа является исследование сильных и уязвимых сторон предприятия. Также *SWOT*-анализ включает в себя анализ потенциальных угроз от факторов извне, поиск и определение предположительных путей развития фирмы. Этот анализ помогает установить связи между данными составляющими.

Анализ состоит из трех этапов:

1) Описание сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

2) Выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Выявление необходимости изменения стратегии.

3) Составление матрицы *SWOT*-анализа.

Матрица *SWOT*-анализа представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта				Слабые стороны научно-исследовательского проекта				
	1. Гибкость ввиду применения в стандартизированной отрасли 2. Использование последних достижений по данной теме; 3. Актуальность разработки в стратегической отрасли; 4. Полная информативная база и достаточная изученность происходящих процессов в используемом оборудовании				1. Необходимость в подготовленных сотрудниках; 2. Наличие полной картины объекта и всех исходных данных; 3. Относительная сложность согласования по расчетам; 4. Высокая степень износа оборудования, на которое устанавливается АРВ СД				
Возможности 1. Научно-технический прогресс, открывающий дополнительные возможности в данном проекте (например новые программные комплексы); 2. Высокий спрос на исследуемый и в дальнейшем модернизируемый АРВ СД; 3. Выход на внешний рынок; 4. Доработка оборудования заводом по надобности		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	1	+	+	+	+	-	0	0	+
2.	2	+	0	0	+	0	-	-	0
3.	3	0	+	+	0	0	-	-	0
4.	4	+	+	0	+	0	+	+	0

Продолжение таблицы 14

Угрозы									
1. Консервативность в энергетике;	1	0	0	-	0	0	0	0	0
2. Сложная доставка оборудования	2	-	+	+	0	0	-	0	0
3. Относительная новизна внедрения в отрасль	3	0	0	0	+	-	-	0	0

Коррелирующие сильных сторон и возможностей: 11, 21, 31, 41.

Коррелирующие сильных сторон и угроз: 22, 32, 43.

Коррелирующие слабых сторон и возможностей: 24, 34, 41.

Коррелирующие слабых сторон и угроз: не выявлен.

Элементы среды организации обычно испытываются не односторонним воздействием, а находятся в условиях динамичного взаимодействия. Внешняя среда является: с одной стороны источником, который, питает организацию ресурсами (за счет движения НТП появляются новые программные комплексы и новое оборудование для моделирования электроэнергетических систем), необходимыми для поддержания ее внутреннего потенциала (гибкость ввиду применения в стандартизированной отрасли; актуальности разработки в стратегической отрасли) на должном уровне, с другой стороны – потребителем продукции организации на рынке, а значит и источником дополнительной прибыли (выход на внешний рынок).

В результате *SWOT*-анализа были оценены возможности проекта и его недостатки. Можно заключить, что проект не лишен слабостей, их можно устранить путем использования сильных сторон проекта и возможностей. В итоге проект считается реализуемым, однако необходимо серьезно подойти к сбору всех исходных данных и параметров среды внедрения проекта, так как именно это должно решить первые три пункта слабых сторон, имеющих в матрице наибольшее число отрицательных пунктов.

9.2 Планирование научно-исследовательских работ

9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для проведения научно-исследовательской работы требуется:

1. Сформировать рабочую группу, в состав которой войдет инженер и научный руководитель.
2. Определить этапы необходимых работ.
3. По каждому виду запланированной работы установить соответствующую должность исполнителя.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор материалов и литературы по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретическое исследование	5	Изучение материалов и литературы	Инженер
	6	Выбор программного обеспечения	Инженер
	7	Изучение программного обеспечения	Инженер
Экспериментальное исследование	8	Исследование переходных характеристик звеньев математической модели автоматического регулятора возбуждения сильного действия	Инженер

Продолжение таблицы 15

Экспериментальное исследование	9	Анализ влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Внесение корректив по эксперименту	Инженер
Оформление отчета по НИР	11	Оценка итогов полученных результатов	Руководитель
	12	Составление отчета по проделанной работе	Инженер

9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудовых затрат необходимо рассчитать трудоемкость работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для расчёта ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

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

Исходя из расчётов трудоемкости работ, определяется время выполнения каждой i -ой работы (T_{pi}) по формуле

$$T_{pi} = t_{ожі} / Ч_i,$$

где T_{pi} – 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.

Пример расчета:

Рассчитаем ожидаемую трудоемкость и продолжительность работы №5:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 6}{5} = 5,4 \text{ чел.-дн};$$

$$T_{pi} = t_{\text{ож}i} / Ч_i = 5,4 / 1 = 5,4 \text{ дн.}$$

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 16.

9.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее популярным и распространенным методом планирования проекта является ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для построения графика целесообразно перевести длительность каждого этапа работ из рабочих дней в календарные дни.

Воспользуемся формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

В соответствии с производственным календарем на 2017 год, суммарное количество выходных и праздничных дней в 2017 году составляет:

- При шестидневной рабочей неделе – 66 дней;
- При пятидневной рабочей неделе – 118 дней.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Допускается, что руководитель работает по шестидневной рабочей неделе, а инженер – по пятидневной.

Пример расчета для инженера (работа №5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22;$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 5,4 \cdot 1,22 = 6,558 \approx 7 \text{ дн.}$$

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни					
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
1	Составление и утверждение технического задания	2		5		3,2		3	0	4	0
2	Выбор направления исследований	2		4		2,8		3	0	4	0
3	Подбор материалов и литературы по теме		2		3	0	2,4	0	2	0	4
4	Календарное планирование работ по теме	1		3		1,8	0	2	0	2	0
5	Изучение материалов и литературы		5		6	0	5,4	0	5	0	7

Продолжение таблицы 16

6	Выбор программного обеспечения		4		5	0	4,4	0	4	0	6
7	Изучение программного обеспечения		8		10	0	8,8	0	9	0	13
8	Исследование переходных характеристик звеньев математической модели автоматического регулятора возбуждения		8		10	0	8,8	0	9	0	13
9	Анализ влияния коэффициентов по каналам АРВ СД на режимы электрической сети		6		8	0	6,8	0	7	0	10
10	Внесение корректив по эксперименту		4		6	0	4,8	0	5	0	7
11	Оценка эффективности полученных результатов	1		3		1,8	0	2	0	2	0
12	Составление отчета по проделанной работе		4		10	0	6,4	0	6	0	9
Итого:	Общее количество дней для выполнения НТИ							календарных	81		
								рабочих	69		
	Общее количество дней, в течение которых работал инженер							календарных	69		
								рабочих	47		
	Общее количество дней, в течение которых работал руководитель							календарных	12		
								рабочих	10		

Календарная продолжительность выполнения НТИ составит 80 дней. Руководитель при этом задействован в течение 11 календарных дней, инженер в течение 69 календарных дней. При этом общее количество рабочих дней руководителя составляет 10, инженера – 47. Начало работ запланировано на 28 февраля 2017 г, окончание работ запланировано на 19 мая 2017 г. Учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, реальная продолжительность работ может незначительно отличаться.

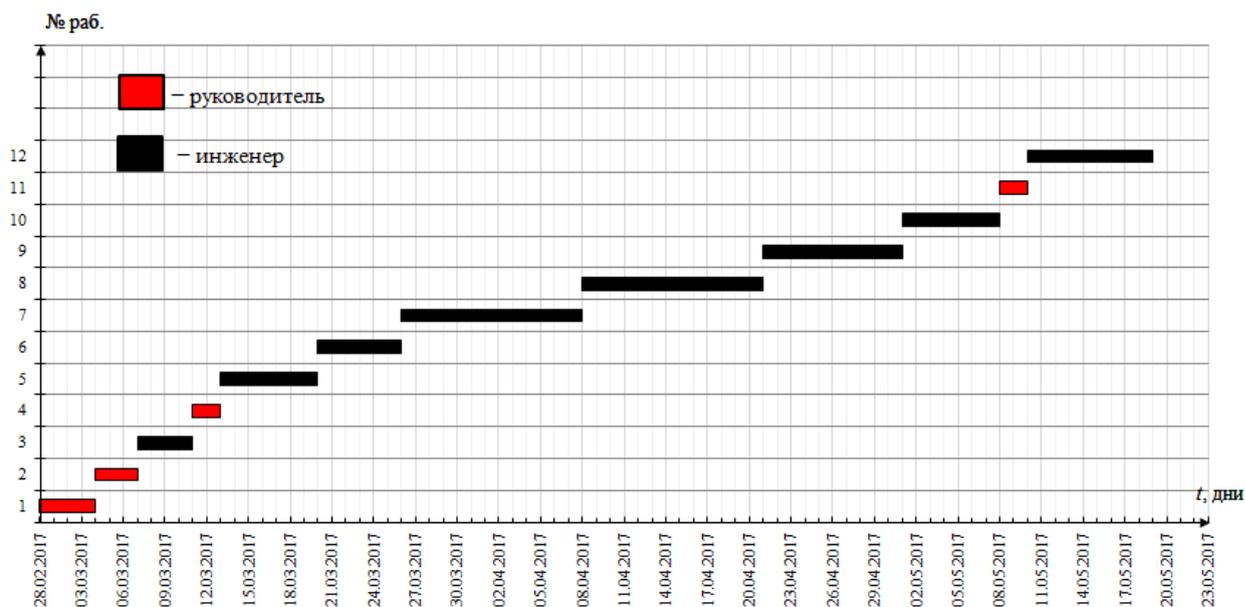


Рисунок 51 – Календарный план-график выполнения НТИ

9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ учитываются следующие затраты:

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

9.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, а именно затраты на канцелярские товары, запоминающие устройства и закупку программного обеспечения.

Все материальные затраты по проделанной работе представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

№ п/п	Наименование изделия	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Ручка шариковая	4	35	140
2	Карандаш	4	30	120
3	Бумага для печати	2	250	50
4	Картридж для принтера	1	1000	1000
5	Ластик	2	15	30
6	USB накопитель	1	500	500
Итого:				1840

9.3.2 Основная заработная плата исполнителей работ

В данном пункте рассчитываются заработная плата инженера и научного руководителя, участвующих в выполнении научно-исследовательской работы. Расходы по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{45045,00 \cdot 10,4}{251} = 1866,41 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{\partial}) \cdot k_p = 23100,00 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45045,00 \text{ руб.},$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

– при отпуске в 48 раб. дней – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: – выходные дни и праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени: – отпуск и невыходы по болезни	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	234

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , р.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23100,00	0,3	0,2	1,3	45 045,00	1 866,41	10	18664,06
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33 150,00	1 586,67	47	74573,33
Итого:								93237,40

9.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

По трудовому кодексу РФ величину доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций рассчитывают как затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы.

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 18664,06 = 2239,68 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 74573,33 = 8948,80 \text{ руб.},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы принят на уровне 0,12.

9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды - это обязательные отчисления от затрат на оплату труда работников по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам:

- государственного социального страхования (ФСС);
- пенсионного фонда (ПФ);
- медицинского страхования (ФФОМС).

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (18664,06 + 2239,68) = 5664,91 \text{ руб.};$$

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (74573,33 + 8948,80) = 22634,49 \text{ руб.},$$

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

На основании пункта 1 ст. 58 закона № 212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка на размер страховых взносов – 27,1%.

Таблица 20 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	18664,06	2239,68
Инженер	74573,33	8948,80
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	5664,91	
Инженер	22634,49	
Итого	28299,41	

9.3.5 Амортизационные отчисления

Для возмещения износа оборудования, а также для обновления программного обеспечения рассчитываются амортизационные отчисления.

Учитывается только оборудование или программное обеспечение стоимостью от 40 тысяч рублей. Стоимость программного обеспечения Microsoft Office и Visual Studio менее 40 тысяч рублей, отсюда следует, что данные продукты не следует учитывать в расчете.

Таблица 21 – Стоимость необходимого программного обеспечения и оборудования

№ п/п	Наименование	Кол-во ед.	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Компьютер	1	40000,00	40000,00
2	Программно-вычислительный комплекс Mathcad Application	1	120360,00	120360,00
Итого:				160360,00

В связи с длительностью использования, учитывается данная стоимость с помощью амортизации по формулам:

– Для компьютера:

$$A_1 = \frac{C \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\Gamma_{\text{ср.служ.}} \cdot 365} = \frac{40000,00 \cdot 69}{3 \cdot 365} = 2521 \text{ руб.}$$

– Для программного комплекса:

$$A_2 = \frac{C \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\Gamma_{\text{ср.служ.}} \cdot 365} = \frac{120360,00 \cdot 20}{5 \cdot 365} = 1319 \text{ руб.}$$

Где $N_{\text{дн.исп.}}$ – продолжительность в днях (для компьютера равна количеству календарных дней инженера, для программного комплекса равна продолжительности работ в календарных днях в течение которых он использовался;

$\Gamma_{\text{ср.служ.}}$ – срок полезного использования (для компьютера равен 3 года, для программного комплекса равен 5 лет).

Суммарная амортизация составила:

$$A = A_1 + A_2 = 2521 + 1319 = 3840 \text{ руб.}$$

9.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{амор}}) \cdot 0,16 = \\ &= (1840 + 93237,40 + 11188,49 + 28299,41 + 3840) \cdot 0,16 = 22140 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно принять в размере 16%.

9.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Данный бюджет показывает какую часть из общих затрат составляет конкретный пункт.

Бюджет затрат научно-исследовательского проекта подаётся на утверждение в проектную организацию, которая принимает решение об осуществлении данного проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 22.

Таблица 22 - Бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	% от общей суммы
1 Материальные затраты НТИ	1840	1,15
2 Затраты по основной заработной плате исполнителей	93237,40	58,08
3 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	11188,49	6,97
4 Отчисления во внебюджетные фонды	28299,41	17,63
5 Амортизация	3840	2,39
6 Накладные расходы	22140	13,79
Бюджет затрат НТИ	160545,30	100

Вывод: наибольший процент от общей суммы бюджета затрат НТИ составили затраты по основной заработной плате исполнителей – 58,08%, наименьший процент составили материальные затраты НТИ – 1,15%.

9.4 Определение ресурсоэффективности исследования

Определить эффективность научного исследования можно при помощи расчета интегрального показателя эффективности. Для того, чтобы определить интегральный показатель эффективности требуется:

- Определить средневзвешенную финансовую эффективность;
- Оценить ресурсоэффективность научной разработки.

В данном разделе произведена оценка ресурсоэффективности научной разработки.

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Для оценки проекта необходимо принять ряд критериев:

1. Надежность – соответствие расчетов реальным моделям, рассматриваемым при расчете режимов АРВ;

2. Гибкость – способность проекта реагировать на изменение условий, в данном случае проект допускает изменение структуры расчетных комплексов;

3. Адаптивность – возможность использовать данный проект под разные модели синхронных генераторов, другие опыты и т.д.

4. Простота эксплуатации – проект должен быть выполнен с понятным алгоритмом работы, целесообразной логикой и наглядной

информацией, с целью создания условий для работы с проектом персонала средней квалификации;

5. Экономичность – проект должен иметь минимальные затраты на его создание, эксплуатацию и развитие (при условии соблюдения требований гибкости, безопасности и надежности).

Выбранные критерии требуется оценить по 5-и бальной шкале. Далее по данным оценкам рассчитывается интегральный показатель. Затем по величине интегрального показателя требуется оценить эффективность научной разработки.

Оценочные критерии интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Оценочные критерии проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Надежность	0,25	5
2. Гибкость	0,25	4
3. Адаптивность	0,10	4
4. Простота эксплуатации	0,15	5
5. Экономичность	0,25	3
Итого:	1,00	4,15

По интегральному показателю можно сделать вывод, что данный технический проект ресурсоэффективен.

1. В ходе выполнения работы была составлена матрица *SWOT*-анализа. Проект оказался актуальным и целесообразным для реализации. Количество сильных сторон превышает количество слабых. Кроме того слабые стороны могут быть компенсированы производением расчетов на иных схемах, по-другому отражающих реальные объекты электроэнергетической системы;

2. Определена структура работ, распределены исполнители и определена трудоемкость запланированных работ. Разработан график проведения научно-исследовательской работы. Календарная

продолжительность выполнения НТИ составит 80 дней. Руководитель задействован в течение 11 календарных дней, инженер в течение 69 календарных дней. Общее количество рабочих дней руководителя составляет 10, инженера – 47. Начало работ запланировано на 28 февраля 2017 г, окончание работ запланировано на 19 мая 2017 г.;

3. Сформирован бюджет НТИ. В сумме бюджет затрат НТИ составил 167408 рублей 30 копеек. Наибольший процент от общей суммы бюджета затрат НТИ составили затраты по основной заработной плате исполнителей – 58,08%, наименьший процент составили материальные затраты НТИ – 1,15%;

4. Определена ресурсоэффективность исследования. Интегральный критерий ресурсоэффективности составил 4,15. Данный проект является ресурсоэффективным.

Положительным эффектом от научно-технического исследования по влиянию настроечных параметров по каналам АРВ СД будет повышение качества электроэнергии (за счет поддержания номинальных параметров режима сети: напряжения и частоты), увеличение надежности (за счет повышения устойчивости энергосистемы к аварийным режимам работы), а также повышение максимальной пропускной способности на длинных ЛЭП.