

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



Институт ЭНИН
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электроэнергетических систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Метод оптимальной настройки регулятора возбуждения синхронных машин УДК <u>621.3.078.3</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна		

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
Ассистент	Грахова Е. А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В. Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	эффективные режимы технологического процесса.
Р10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
Р12	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) __ Автоматика энергосистем
Кафедра _____ Электроэнергетических систем _____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭЭС
_____ А. О. Сулайманов

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна

Тема работы:

Метод оптимальной настройки регулятора возбуждения синхронных машин	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2016 г. №432/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1. Математическая модель автоматического регулятора возбуждения сильного действия (АРВ СД).
2. Математическая модель АРВ СД IEEEХ1
3. Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС для проверки методики определения оптимальных настроечных параметров АРВ СД и их влияния на режимы электрической сети.
4. Программный комплекс Powerfactory для проверки методики определения оптимальных настроечных параметров АРВ СД

<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>Исследовать методику определения оптимальных настроек АРВ СД в двух программных комплексах: ВМК РВ ЭЭС и PowerFactory. 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.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Результаты исследований.</p>
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	В. Н. Извеков, к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Е. А. Грахова, ассистент 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

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
<p>Method of determining the optimal settings of automatic excitation regulators of synchronous machines in EPS</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</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
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна		

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



Институт ЭНИН
 Направление подготовки (специальность) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Уровень образования магистр
 Кафедра ЭЭС
 Период выполнения _____ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2016 г.	Обзор литературы	
30.03.2016 г.	Объект и методы исследования	
7.04.2016 г.	Изучение программного обеспечения	
1.05.2016 г.	Исследование переходных характеристик АРВ СД	
10.05.2016 г.	Исследование влияния параметров АРВ СД на процессы в сети	
20.05.2016	Исследование методики определения оптимальных настроек АРВ СД в ВМК РВ ЭЭС	
30.05.2016	Исследование методики определения оптимальных настроек АРВ СД в PowerFactory.	
12.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
26.05.2016 г.	Социальная ответственность	
09.06.2016 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		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Автоматика энергосистем

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Заказчик научно-исследовательской работы – НИ ТПУ, кафедра ЭЭС. Стоимость ВМК РВ ЭЭС Стоимость PowerFactory Стоимость Microsoft Visual Studio Professional 2013 Размер оплаты труда</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>МРОТ Томской области Величина накладных расходов 16%</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Размер страховых взносов составляет 27,1%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<i>- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений.</i>
2. Формирование плана и графика разработки	<i>Планирование работ по проекту: - Определение структуры работ; - Определение трудоемкости работ; - Разработка линейного графика</i>
3. Формирование бюджета затрат на научное исследование	<i>Составление сметы для проекта: - Расчет материальных затрат; - Зарботная плата; - Отчислений на социальные цели; - Накладных расходов</i>
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<i>Оценка целесообразности проекта: - Описание групп рисков - Оценка важности группы рисков</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	А. Е. Ильина		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Магистр техники и технологии	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Автоматика энергосистем

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочее место инженера, выполняющего НИР находятся всегда в помещении, вблизи находится ПК</p> <p>- Вредные факторы: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенный уровень электромагнитных излучений; недостаточная освещенность рабочей зоны; физические перегрузки (статические); нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение; перенапряжение анализаторов; монотонность труда);</p> <p>- Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы.</p> <p>- Чрезвычайные ситуации: пожар.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.1.003-83, СНиП II-4-79, СН-245-71, СанПиН 2.2.2.542-96, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 , СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – шум, СН 2.2.4/2.1.8.556-96, НРБ-99, СанПиН 2.2.4.548-96</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>а. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) <p>б. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); 	<p>В качестве основных вредных факторов проектируемой производственной среды, рабочего места диспетчера, было решено рассмотреть воздействие шума освещения, электромагнитного излучения, несоответствие параметров микроклимата</p> <p>В качестве основных выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды была выбрана электробезопасность.</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>2. Экологическая безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Наиболее вероятным ЧС в здании может быть пожар в здании
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: Эргономические требования к рабочему месту
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В. Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Ильина Алина Евгеньевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 99 страниц, 44 рисунков, 32 таблицы, 28 источников, 4 приложений.

Ключевые слова автоматический регулятор возбуждения сильного действия, математическая модель, форсировка возбуждения, переходные характеристики, установившейся режим, короткое замыкание, синхронные качания, электромагнитные переходные процессы, электродинамические переходные процессы.

Объектом исследования является методика определения оптимальных настроечных параметров автоматического регулятора возбуждения сильного действия синхронной машины.

Цель работы – проверка методики определения оптимальных настроечных параметров автоматического регулятора возбуждения сильного действия синхронной машины в двух различных моделирующих комплексах и анализ особенности ее применения.

Метод проведения исследования и аппаратура – определение оптимальной настройки параметров автоматического регулятора возбуждения синхронных машин путем последовательного приближения параметра к оптимальному значению. В качестве аппаратуры для исследования используется всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС) и программный комплекс PowerFactory.

Научная или практическая новизна – в данной работе впервые было проведено сравнение результатов применения методики на двух различных моделирующих комплексах: ВМКР РВ ЭЭС и PowerFactory.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики – программный алгоритм реализации методики выполнен в виде сценариев для различных моделирующих комплексов с учетом их особенностей. Выполнение сценария производится в

темпе времени воспроизводимого процесса с получением конечных результатов.

Степень внедрения - Полученные в работе практические результаты позволяют их использовать в ВМК РВ ЭЭС ЭНИН для научных и исследовательских целей.

Рекомендации или итоги внедрения результатов работы – Разработанные сценарии проведения опытов рекомендуется внедрить в качестве основного или дополнительного инструмента в ВМК РВ ЭЭС.

Область применения – полученные результаты магистерской диссертации предоставляют возможность применения данной методики в определении оптимальной настройки регулятора возбуждения синхронного генератора в промышленных программах для энергетических предприятий. Полученные в работе практические результаты позволяют их использовать в ВМК РВ ЭЭС ЭНИН для научных и исследовательских целей.

Экономическая эффективность или значимость работы – Определяется минимизацией ущерба для энергетических предприятий и упущения крупных аварий в результате неправильной настройки автоматических регуляторов синхронных машин.

В будущем планируется предложить к внедрению для таких предприятий, как электрические станции или Системный оператор единой энергетической системы (ОАО «СО ЕЭС»).

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

ФГР - форсировочная группа

ТП – тиристорный преобразователь

ВЛ – воздушная линия

ПС – подстанция.

ОС – операционная система

КЗ – короткое замыкание

АРЧМ – автоматическое регулирование частоты и активной мощности

РЗА – релейная защита и автоматика

FACTS – гибкие системы передачи переменного тока

SCADA - программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля

Оглавление

Введение	14
1. Обзор литературы.....	17
2. Объект и методы исследования	24
3. Исследование переходных характеристик АРВ СД.....	22
3.1. Преобразование звена математической модели в систему дифференциальных уравнений.....	23
3.2. Программное обеспечение для моделирования переходных режимов в устройствах автоматики.....	24
3.2.1. Текст функции АРВ на С#	26
3.2.2. Создание сценария опытов	27
3.3. Результаты моделирования переходных характеристик АРВ СД ...	27
3.4. Исследование влияния параметров АРВ СД на процессы в сети....	30
3.4.1. Сценарий статики	34
3.4.2. Сценарий динамики. Осциллограф.....	35
3.5. Результаты исследования влияния параметров АРВ СД на процессы в сети	36
3.6. Метод оптимальной настройки регулятора возбуждения СМ.....	38
3.6.1. Проверка методики определения оптимальной настройки АРВ СД в программном комплексе ВМК РВ ЭЭС	38
3.6.2. Проверка методики определения оптимальной настройки АРВ СД в программном комплексе PowerFactory	41
3.6.2.1. Описание программного комплекса PowerFactory	41
3.6.2.2. Возможности программного комплекса PowerFactory	42
3.6.2.3. Математическая модель АРВ СД в PowerFactory	43
3.6.2.4. Результаты исследования методики определения оптимальной настройки регулятора возбуждения в PowerFactory	47
4. Результаты проведенного исследования.....	55
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	57

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	57
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	57
5.2. Планирование комплекса работ на создание проект	60
5.2.1. Составление перечня работ	60
5.2.2. Определение трудоемкости работ.....	61
5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	62
5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	63
5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	63
5.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	64
5.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	65
5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	66
5.3.5. Накладные расходы	67
5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	68
5.4. Оценка рисков при создании проекта.....	70
5.4.1. Описание рисков	70
5.4.2. Оценка важности группы рисков	71
6. Социальная ответственность	74
6.1. Производственная безопасность	75
6.1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	75
6.1.2. Производственная санитария	77
6.1.3. Техника безопасности	84
6.2. Экологическая безопасность	86
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
Заключение	92
Список публикаций студента	92
Список использованных источников	93

Введение

Проблема и ее актуальность. Электроэнергетическая система включает в себя все оборудование, находящееся в работе, участвующее в процессе генерации, распределения и потребления электроэнергии и рассматривается как единое целое по отношению к протекающим в ней процессам.

подавляющее большинство оборудования, и в частности регуляторы возбуждения синхронных машин, представляет собой динамические элементы, исследование, проектирование и настройка которых является сложной задачей из-за сложности своевременного и достоверного получения информации о нормальных и аварийных процессах.

Настроечные параметры регуляторов возбуждения оказывают влияние на процессы в оборудовании и режимы в сети, и неправильная их настройка может привести к нарушению устойчивой работы синхронных машин, возникновению перенапряжений, синхронных качаний, асинхронного хода и другим недопустимым для эксплуатации режимам.

Поэтому задача настройки параметров регуляторов возбуждения синхронных машин является актуальной с точки зрения их влияния на режимы сети.

Объект исследования. В соответствии с поставленной задачей объектом исследования является проверка методики определения оптимальных настроечных параметров автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин и их влияние на нормальные и аварийные режимы в оборудовании и ЭЭС в целом.

Предмет исследования. Методика определения переходных характеристик и выбор оптимальных настроечных коэффициентов по всем каналам АРВ СД, а также анализ их влияния по этим каналам на режимы работы синхронных генераторов.

Научная новизна. Впервые было проведено исследование влияния методики на двух моделирующих комплексах – ВМК РВ ЭЭС и PowerFactory. Результаты исследования позволяют оценить высокую степень достоверности применяемой методики.

Практическая значимость результатов ВКР. Полученные в работе практические результаты позволяют их использовать в ВМК РВ ЭЭС Энергетического института для научных и исследовательских целей.

Реализация и апробация работы. В процессе выполнения работы, была проверена методика определения оптимальных настроечных параметров автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин в двух моделирующих комплексах. Результаты работы были представлены на международных конференциях Электроэнергетика глазами молодежи в 2014 г., Интеллектуальные энергосистемы в 2014 г., Современные техника и технологии в 2015 г.

1 Обзор литературы

Первый автоматический регулятор возбуждения (АРВ) был создан на электронных лампах в конце 50-х годов. В нем применялся пропорциональный закон регулирования напряжения и в качестве параметров стабилизации использовались первая и вторая производные тока линии или среднего тока параллельно работающих генераторов. В последующих разработках, предпочтение было отдано стабилизации по изменению первой производной напряжения генератора, что сделало его независимым от коммутаций в первичной схеме станции. Для повышения надежности быстродействующие магнитные усилители заменили усилители на электронных лампах. Поскольку накопленный опыт был недостаточен, для каждой новой электростанции разрабатывался новый, более совершенный тип регулятора.

Вторая стадия развития АРВ обозначилась созданием унифицированного регулятора АРВ СД для всех типов синхронных машин (СМ) в составе различных типов систем возбуждения. По количеству функций и алгоритмическому обеспечению разработка превосходила все зарубежные аналоги.

В связи с развитием микроэлектронной техники производилась постоянная модернизация АРВ СД. Поэтому в 1977 г. был создан унифицированный регулятор возбуждения типа АРВ СДП на базе полупроводниковых элементов и интегральных микросхем.

АРВ СДП 1 стал последним полупроводниковым регулятором аналогового типа. Им оборудуются все синхронные генераторы мощностью свыше 63 МВт с 1982г. По своим характеристикам, регулятор намного превосходит предыдущие разработки. Он выполняет большее количество функций, отличается повышенным качеством поддержания напряжения, увеличенной устойчивостью регулирования и симметричностью настройки к изменению режима работы генератора и сети. [1]

Целью выпускной квалификационной работы является исследование переходных характеристик АРВ СД и влияния его настроечных параметров на процессы в сети.

Автоматический регулятор сильного действия используется для повышения предела передаваемой мощности по линиям электропередачи по условиям устойчивости СМ. При автоматическом регулировании возбуждения сильного действия наибольшая по условию статической устойчивости передаваемая мощность может достигать предельной мощности линии. [4]

Автоматическое регулирование сильного действия характеризуется:

- опережающим действием регулятора благодаря использованию в алгоритме регулирования воздействий по производным режимных параметров (напряжения, тока, частоты);
- высоким быстродействием регулятора и возбудителя;
- сложным алгоритмом регулирования, включающим регулирующие воздействия по нескольким режимным параметрам;
- большими значениями коэффициентов передачи регулятора по каждому из регулирующих воздействий.

Автоматическое регулирование возбуждения сильного действия используется на СМ с тиристорной или с быстродействующей бесщеточной системой возбуждения. [4]

В регуляторах возбуждения сильного действия в качестве регулирующих воздействий могут применяться:

- отклонение напряжения ΔU от заданного значения;
- первая производная напряжения $U' = \frac{dU}{dt}$;

- первая производная по току возбуждения $I_f' = \frac{dI_f}{dt}$;
- изменение и первая производная частоты $\Delta' f = \frac{1}{2\pi} \frac{d\delta}{dt}$, $f' = \frac{df}{dt} = \frac{1}{2\pi} \frac{d^2\delta}{dt^2}$;
- статизм по полному или реактивному току статора $K_{CT} = \frac{\Delta U}{I_{z.p.}}$;

Регулирование отклонения напряжения ΔU необходимо для обеспечения заданного напряжения генератора. С учетом того, что передача максимальной мощности возможна при постоянстве напряжения в начале линии, отклонение обозначают как разность между напряжением в начале линии и заданным значением:

$$\Delta U = \left| \dot{U}_G - j \dot{I}_G x_T \right| - U_3 = \left| \dot{U} \right| - U_3,$$

где \dot{U}_G - напряжения на выводах генератора; $j \dot{I}_G x_T$ - падение напряжения в трансформаторе блока генератор-трансформатор; U_3 - заданное значение напряжения.[4]

Использование регулирующего воздействия по производной напряжения U' позволяет обеспечить устойчивость процесса регулирования при высоком значении коэффициента передачи по отклонению напряжения, особенно в режиме холостого хода СГ.

Воздействие по каналу производной тока возбуждения или совместное действие каналов производной частоты с производной напряжения повышают устойчивость замкнутой автоматической системы регулирования, включающей нагруженную электропередачу, обеспечивая затухание электромеханических переходных процессов. Вследствие чего регулирующее воздействие АРВ СД часто разделяют на собственно регулирующее воздействие, вызванное отклонением напряжения, и стабилизирующее воздействие, определяемое производными режимных параметров.

Таким образом, алгоритм АРВ СД может быть представлен в виде:

$$U_f = k_U \Delta U_\Gamma + k_{II} \int \Delta U_\Gamma dt + k'_U U_\Gamma + k_f \Delta' f + k'_f f + k'_I I_f + k_{CT} I_P,$$

где $k_U, k'_U, k_f, k'_f, k'_I, k'_I, k_{II}, k_{CT}$ - коэффициенты передачи регулятора по соответствующим регулирующим воздействиям.[2]

Форсирование возбуждения при снижении напряжения статора ниже заданного обеспечивает блок форсировки. Вследствие этого обеспечиваются высокие пределы динамической устойчивости.[1]

Исходя из уравнения, представленного выше, в НИЛ «МЭЭС» ЭНИН была разработана математическая модель АРВ СД:

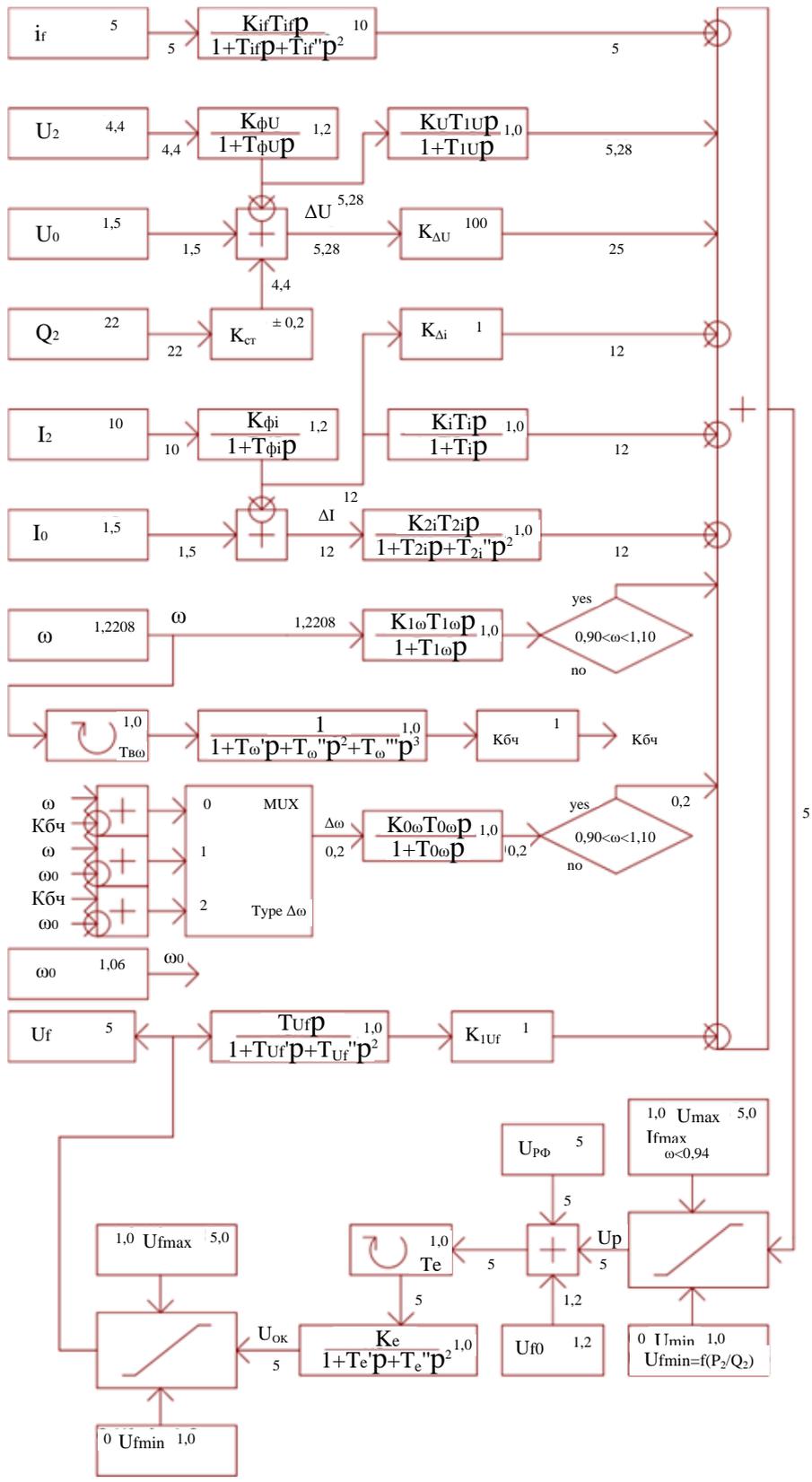


Рисунок 1 - Функциональная операторная схема СВ с АРВ СД

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является проверка методики определения оптимальных настроечных параметров автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин в разработанной математической модели в НИЛ «МЭЭС» ЭНИН и в стандартной математической модели АРВ СД IEEEХ1.

Определение оптимальных настроек АРВ производится по алгоритмам последовательного приближения каждого значения из настроечных параметров АРВ всех синхронных машин, при которых измеряется время затухания электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Минимизация времени затухания является критерием определения оптимального значения параметра АРВ.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Проблема моделирования электроэнергетических систем является актуальной не только для отечественной энергетики, но и для энергетики зарубежных стран. Также разработка может применяться в качестве учебной модели электроэнергетической системы. Для проверки достоверности моделирования, осуществляем сравнение разработанного в Томском политехническом университете Всережимного моделирующего комплекса реального времени и зарубежного программного обеспечения PowerFactory.

Таким образом, потенциальными потребителями результатов исследования могут являться:

- Энергетические компании;
- Научно-исследовательские институты;
- Зарубежные и отечественные ВУЗы.

В будущем предполагается внедрение методики на зарубежное и отечественное производство электроэнергии.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

На данный момент на рынке существует большое количество конкурентных разработок, способных производить точное и быстрое моделирование электроэнергетической системы, в частности моделирование работы регулятора возбуждения синхронных машин. Среди разработчиков

моделирующих программных комплексов, можно выделить отечественного и зарубежных производителей. При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были выбраны два программных комплекса, с помощью которых можно провести моделирование.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения направлен на проведение сравнительной эффективности научной разработки и определение направления для ее будущего повышения, см. табл. 6.

В таблице 6:

- под индексом «1» приводится оценка расчетов моделирования работы регулятора возбуждения синхронных машин, оценка методики выбора оптимальной настройки регулятора возбуждения и получения осциллограмм электромагнитных и электромеханических переходных процессов с помощью Всережимного моделирующего комплекса реального времени ЭЭС;
- под индексом «2» приводится оценка расчетов моделирования работы регулятора возбуждения синхронных машин, оценка методики выбора оптимальной настройки регулятора возбуждения и получения осциллограмм электромагнитных и электромеханических переходных процессов с помощью ПК «PowerFactory»;

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки		Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
			Б ₁	Б ₂	К ₁	К ₂
1		2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности						
1	Точность моделирования	0,05	5	5	0,25	0,25
2	Возможность моделирования различных видов электрических машин	0,05	5	4	0,25	0,2
3	Время расчета	0,05	5	3	0,25	0,15
4	Вид исходных данных	0,05	5	4	0,25	0,2
5	Доступность программного продукта	0,05	3	5	0,15	0,25
6	Интегрированность с другими комплексами	0,05	4	4	0,2	0,2
7	Возможность расчета переходных режимов	0,05	5	5	0,25	0,25
8	Возможность моделирования широкого спектра возмущений	0,05	5	4	0,25	0,2
9	Различные способы представления полученных результатов	0,05	5	4	0,25	0,2
10	Моделирование действий релейной защиты и противоаварийной автоматики	0,05	5	5	0,25	0,25
11	Возможность просмотра структурной схемы энергообъекта	0,05	5	4	0,25	0,2
12	Пользовательский интерфейс	0,05	5	3	0,25	0,15
13	Частота программного обновления	0,05	4	5	0,2	0,25
14	Системные требования компьютера для нормального процесса работы в программном комплексе	0,05	4	3	0,2	0,15
15	Возможность расчета сразу нескольких коротких замыканий	0,05	5	5	0,25	0,25
16	Знание программного комплекса специалистами в области электроэнергетики	0,05	3	4	0,15	0,2
Экономические критерии оценки эффективности						
1	Конкурентоспособность технологии	0,05	5	5	0,25	0,25
2	Цена	0,05	4	5	0,2	0,25
3	Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	0,25	0,25
4	Финансирование научной разработки	0,05	5	5	0,25	0,25
Итого		1			4,6	4,35

Вывод: По данным таблицы можно сделать вывод о том, что целесообразнее использовать ПК «ВМК ЭЭС» с точки зрения технических критериев оценки ресурсоэффективности и экономических критериев оценки эффективности.

5.2. Планирование комплекса работ на создание проект

5.2.1 Составление перечня работ

Для успешного выполнения научного исследования, формируется рабочая группа, в состав которой входят руководитель и инженер. Для оптимального распределения нагрузки по каждому виду работ, устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В таблице 7 представлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также установлена соответствующая должность исполнителей.

Календарный план-график представлен в приложении В.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Организация исследования	2	Подбор материалов и литературы	Руководитель, инженер
	3	Выбор программного обеспечения	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое исследование	5	Изучение программного комплекса	Инженер
	6	Исследование упрощенной модели	Инженер
Экспериментальное исследование	7	Создание опытного образца на ВМК РВ ЭЭС	Руководитель, инженер
	8	Исследование опытного образца на ВМК РВ ЭЭС	Инженер
	9	Создание опытного образца на PowerFactory	Руководитель, инженер
	10	Исследование опытного образца на PowerFactory	Инженер
Оформление отчета	11	Оценка итогов полученных результатов и оформление отчета	Инженер

Вывод: Исходя из календарного плана-графика, длительность выполнения проекта составляет 81 день. Из них длительность работ в календарных днях: 71 день – инженер, 26 – руководитель. Длительность работ в рабочих днях: 55 – инженер, 20 - руководитель

5.2.2 Определение трудоемкости работ

Одной из части стоимости разработки являются трудовые затраты, для ее подсчета необходимо определить трудоемкость работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к.

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения 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 (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Для примера расчета, рассчитаем ожидаемую трудоемкость и продолжительность работы №4:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8;$$

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,8}{2} = 0,9.$$

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения ленточного графика проведения научных работ, воспользуемся формой диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 0,9 \cdot 1,48 = 1,3 \approx 2,$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляются до целого числа.

Для примера расчета, рассчитаем продолжительность выполнения работы в календарных днях работы №4:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 0,9 \cdot 1,48 = 1,3 \approx 2$$

Календарный план-график представлен в приложении Г.

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, а именно канцелярские затраты.

Все расходы на канцелярию представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Канцелярские расходы

№	Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	бумага для принтера	2	200	400
2	ручка шариковая	2	30	60
3	тетрадь для записей	2	50	100
Итого:				560 руб.

5.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производилось по действующим прейскурантам, а также по договорной цене. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 9.

Расчет амортизации проводился следующим образом:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2,$$

где H_A – норма амортизации;

n – срок полезного использования в количествах лет;

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 593,588}{12} \cdot 3 = 29,679 \text{ тыс. руб.},$$

где I – итоговая сумма в тыс.руб.;

m – время использования в месяцах;

Таблица 9 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ВМК РВ ЭЭС	1	560,0	560,0
2	Microsoft Visual Studio Professional 2013	1	22,124	22,124
3	PowerFactory	1	11,464	11,464
Итого:				593,588 тыс. руб.
Амортизация				29,679 тыс. руб.

5.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включены основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов. Расчет основной заработной платы представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _м , руб	З _{дн} , руб.	Т _{р. раб.} дн.	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб
Инженер	8065	268,8	55	14784	1774,1
Руководитель(доцент)	22000	733,3	20	14666	1760
Итого З _{зп}	42879,3 руб.				

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

$$З_{зп} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot 1,3,$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 % от $З_{осн}$),

1,3 – коэффициент для г. Томска.

Основная заработная плата работников ТПУ рассчитывается на основании оклада в соответствии с занимаемой должностью.

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Размер отчислений во внебюджетные формы представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14666	1760
Инженер	14784	1774,1
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	8938,7 руб	

5.3.5 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:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр} ,$$

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

Величина коэффициента накладных расходов берется в размере 16%.

$$Z_{накл} = (675645) \cdot 0,16 = 108103,2 \text{ руб.}$$

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 12.

Таблица 12 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	% от общей суммы
1. Материальные затраты НИИ	560	0,07
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	593588	75,74
3. Амортизация специального оборудования	29679	3,79
4. Затраты по заработной плате исполнителей	42879,3	5,47
5. Отчисления во внебюджетные фонды	8938,7	1,14
6. Накладные расходы	108103,2	13,8
7. Бюджет затрат НИИ	783748,2	100

Вывод: расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта составил 783748,2 рублей

5.4 Оценка рисков при создании проекта

Проведение оценки рисков, которым может подвергнуться исполнение проекта разработки методики оптимальной настройки регулятора возбуждения синхронной машины производится квалифицированными экспертами с достоверными сведениями о поставщиках оборудования, разработчиках ПО и их условиях работы.

5.4.1 Описание групп рисков

Риски проекта по своему составу можно объединить в указанные ниже группы в зависимости от их характера (Социальные, Экономические, Экологические, Технические, и Политические).

К социальным рискам относятся:

- Потеря и хищения имущества
- Несоблюдение техники безопасности
- Отсутствие командной работы

К экономическим рискам можно отнести:

- Рост цен
- Недобросовестные поставщики и исполнители
- Недовольство заказчика дороговизной проекта
- Изменение налогообложения
- Непредвиденные расходы

Технологические риски включают в себя:

- Низкое качество изготовления комплектующих
- Неисправность оборудования

- Опасность повреждения комплектующих при транспортировке
- Опасность повреждения комплектующих при монтаже

Возможные экологические риски:

- Высокий уровень травматизма
- Применение и транспортировка токсичных материалов
- Загрязнение окружающей территории

Политические риски:

- Критика в СМИ
- Нарушение действующих нормативных законодательных норм
- Возможное изменение политического курса партии и правительства

5.4.2 Оценка важности группы рисков

При оценке важности рисков, оценивается вероятность их наступления. По шкале от 0 до 100 процентов:

- 100 – Наступит точно
- 75 – Скорее всего, наступит
- 50 – Ситуация неопределенности
- 25 – Риск, скорее всего не наступит
- 0 – Риск не наступит

Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i .

Внутри каждой группы оценка идет от простого к сложному. Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице.

Таблица 13 - Проведение экспертизы **социальных рисков**

№ п/п	Риски	Вероятность (pi)	Важность (bi)	Вес риска (wi)	Итоговая оценка (Pi*wi)
1	Потеря и хищения имущества	50	10	0,48	24
2	Несоблюдение техники безопасности	25	8	0,38	9,5
3	Отсутствие командной работы	0	3	0,14	0
Итого			21	1	33,5

Таблица 14 - Проведение экспертизы **экономических рисков**

№ п/п	Риски	Вероятность (pi)	Важность (bi)	Вес риска (wi)	Итоговая оценка (Pi*wi)
1	Инфляция	100	2	0,09	9
2	Недобросовестные поставщики и исполнители	0	2	0,09	0
3	Недовольство заказчика дороговизной проекта	25	8	0,36	9
3	Изменение налогообложения	25	2	0,09	2,25
4	Непредвиденные расходы	50	8	0,36	18
Итого			22	1	38,25

Таблица 15 - Проведение экспертизы **технологических рисков**

№ п/п	Риски	Вероятность (pi)	Важность (bi)	Вес риска (wi)	Итоговая оценка (Pi*wi)
1	Низкое качество изготовления комплектующих	25	8	0,29	7,25
2	Неисправность оборудования	25	8	0,29	7,25
3	Опасность повреждения оборудования при транспортировке	0	5	0,18	0
4	Опасность повреждения комплектующих при монтаже	0	7	0,25	0
Итого			28	1	14,5

Таблица 16 - Проведение экспертизы **экологических рисков**

№ п/п	Риски	Вероятность (p_i)	Важность (b_i)	Вес риска (w_i)	Итоговая оценка ($P_i * w_i$)
1	Загрязнение окружающей территории	25	7	0,35	8,75
2	Применение и транспортировка токсичных материалов	0	8	0,4	0
3	Высокий уровень травматизма	0	5	0,25	0
Итого			20	1	8,75

Таблица 17 - Проведение экспертизы **политических рисков**

№ п/п	Риски	Вероятность (p_i)	Важность (b_i)	Вес риска (w_i)	Итоговая оценка ($P_i * w_i$)
1	Критика в СМИ	25	3	0,14	3,5
2	Нарушение действующих нормативных законодательных норм	0	9	0,43	0
3	Возможное изменение политического курса партии и правительства	25	9	0,43	10,75
Итого			21	1	14,25

Вычисление общих рисков для проекта:

Таблица 18 - Определение общих рисков проекта:

№ п/п	Риски	Ранг (Pi)	Вес(Wi)	Вероятность (vi)	Общая оценка проекта (wi*vi)
1	Социальные	8	0,22	33,5	7,37
2	Экономические	10	0,27	38,25	10,33
3	Технологические	10	0,27	14,5	3,92
4	Экологические	5	0,14	8,75	1,23
5	Политические	4	0,11	14,25	1,57
Итого		37			24,42

Вывод: В данной главе был проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности для проведения эффективного научного исследования для дальнейшей коммерциализации проекта. Длительность выполнения научного проекта составляет 81 день. Из них длительность работ в календарных днях: 71 день – инженер, 26 – руководитель. Длительность работ в рабочих днях: 55 – инженер, 20 – руководитель. Расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта составил 783748,2 рублей. В результате расчет рисков дает общую оценку в 24,42. Эта цифра говорит, что проект имеет достаточно низкий показатель рисков, хотя и не лишен вероятных препятствий. Оценка отдельных групп риска (с наиболее высокими показателями) будет учтена на подготовительном этапе, для того что бы по возможности снизить их отрицательное влияние на проект в целом.

Список публикаций студента

Ильина, А. Е, Свечкарев С. В. The research of automatic excitation regulators on hybrid modeling complex real-time of electric power system [Electronic resource] / А. Е. Ильина, С. В. Свечкарев; науч. рук. С. В. Свечкарев // Электроэнергетика глазами молодежи : сборник докладов V международной молодежной научно-технической конференции, г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; ред. кол. Р. А. Вайнштейн и [др.]. — Т. 1. — [Р. 503-507]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader.

Ильина, А. Е, Свечкарев С. В. Исследование автоматического регулятора возбуждения сильного действия на всережимном моделирующем комплексе реального времени ЭЭС [Электронный ресурс] / А. Е. Ильина, С. В. Свечкарев; науч. рук. С. В. Свечкарев // Интеллектуальные энергосистемы : труды II Международного молодёжного форума, 6-10 октября 2014 г., г. Томске 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 2. — [С. 215-220]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader.

Ильина, А. Е, Свечкарев С. В. Method of determining the optimal settings of automatic excitation regulators of synchronous machines in EPS [Electronic resource] / A. Ilina, S. V. Svechkarev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2015. — Vol. 93: Modern Technique and Technologies (MTT'2015). — [012013, 5 p.]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса.