

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Математическое моделирование и исследование процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом районе энергосистемы <u>УДК 621.311.016.001.5</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Зубков Дмитрий Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ	Гусев А.С.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Извеков В.Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные результаты обучения

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4B	Зубков Дмитрий Андреевич

Тема работы:

Математическое моделирование и исследование процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом районе энергосистемы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Дата <u>27.01.2016</u> № <u>432/с</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Рекомендуемая научно-техническая литература по теме диссертации;2. Исследуемая схема и ее параметры энергорайона ОЭС Востока;3. Исходные данные исследуемых УШР и БСК и их системы автоматического управления.4. Рекомендуемый для исследования инструмент моделирования ЭЭС всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Анализ рекомендуемой научно-технической литературы по теме диссертации и определение необходимой для решения задачи автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в ЭЭС и ее актуальности.2. Обоснование задач решаемых в рамках диссертационной работы по автоматическому регулированию напряжения и реактивной мощности в исследуемом энергорайоне: 1) Обоснование требований к средствам математического моделирования.

	<p>2) Разработка программы и методики экспериментальных исследований автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в исследуемом энергорайоне с помощью УШР, БСК и АРКТ.</p> <p>3) Выполнение экспериментальных исследований.</p> <p>4) Анализ результатов экспериментальных исследований.</p> <p>5) Обобщенный вывод на основе результатов экспериментальных исследований.</p>
--	--

Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема моделирования энергокластера «Эльгауголь» и прилегающей периферии ОЭС Востока. 2. Принципиальная электрическая схема УШР. 3. Результаты осциллограмм исследований. 4. Схема режимного состояния с использованием средств регулирования.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
Раздел на иностранном языке	Тарасова Екатерина Сергеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Mathematical adjusting and research of process of automatic control of voltage and reactive- power

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Зубков Дмитрий Андреевич		

Реферат

Магистерская диссертация состоит из 138 листов, 41 рисунка, 26 таблиц, 29 источников, 1 приложения;

Ключевые слова: автоматическое регулирование, напряжение, реактивная мощность, управляемый шунтирующий реактор, батареи статических конденсаторов, моделирование, энергорайон, энергокластер, электроэнергетическая система.

Объектом исследования является проектируемый энергорайон «Эльгауголь» с прилегающей периферией ОЭС Востока.

Целью диссертационной работы является исследование процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом энергорайоне ЭЭС с помощью управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора совместно с коммутируемыми батареями статических конденсаторов.

Для достижения поставленной цели проведен ряд экспериментов на базе созданного в НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимного моделирующего комплекса реального времени ЭЭС, а также использованы расчетные и графоаналитические методы.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения УШР совместно с БСК, в исследуемом энергорайоне, в качестве инструмента по сохранению устойчивой и бесперебойной работы узлов нагрузки и средств по уменьшению потерь мощности в элементах энергорайона.

Областью применения проводимого исследования являются распределительные сети электроэнергетических систем.

Экономическая значимость работы заключается в уменьшении потерь мощности в элементах сети и предотвращении недоотпуска продукции вследствие нарушения непрерывности технологического процесса.

Список сокращений

УШР – управляемый шунтирующий реактор

БСК – батареи статических конденсаторов

ЭЭС – электроэнергетическая система

ОЭС – объединенная энергетическая система

САУ – система автоматического управления

ВМК РВ – всережимный моделирующий комплекс реального времени

РЗ – релейная защита

КЗ – короткое замыкание

СТАТКОМ – статический тиристорный компенсатор

СТК – статический тиристорный компенсатор

АПВ – автоматическое повторное включение

ПС – подстанция

ШУ – шкаф управления

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	10
1 Обзор литературы	13
1.1 Регулирование напряжения и реактивной мощности в электрических сетях	13
1.2 Основные потребители реактивной мощности ЭЭС	15
1.3 Технические средства для управления режимом работы по напряжению и реактивной мощности	16
1.3.1 Синхронный компенсатор	16
1.3.2 Изменение коэффициента трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов	17
1.3.3 Шунтирующий реактор и конденсаторные батареи	17
1.4 Выводы	18
2 Средства моделирования для адекватного решения задач регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом районе ЭЭС	18
2.1 Управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор и батареи статических конденсаторов	20
2.2 Конструктивные особенности и принцип действия управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора	21
2.3 Система автоматического управления УШР	27
2.3.1 Режим автоматической стабилизации напряжения	29
2.3.2 Режим форсированного набора мощности	29
2.3.3 Режим форсированного сброса мощности	30
2.3.4 Режим стабилизации тока сетевой обмотки	30
2.4 Коммутируемые батареи статических конденсаторов	32
2.5 Математические модели управляемого шунтирующего реактора и батарей статических конденсаторов	35
2.6 Программная реализация моделирующей системы	36

3 Экспериментальные исследования эффективности влияния УШР совместно с БСК на режимы работы проектируемого энергорайона и ЭЭС по напряжению и реактивной мощности.	42
3.1 Программа экспериментов	45
3.2 Исследование режимов работы системы автоматического управления УШР	47
3.2.1 Режим стабилизации напряжения в узле подключения	47
3.2.2 Режим регулирования тока реактора	52
3.2.3 Режим управления степенью загрузки УШР по реактивной мощности	54
3.3 Исследования влияния УШР и БСК на значение потерь активной и реактивной мощности в энергокластере «Эльгауголь»	56
3.4 Исследования влияния УШР совместно с БСК на устойчивость Узлов нагрузки энергокластера «Эльгауголь»	60
3.5 Анализ экспериментальных исследований	71
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	74
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	75
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	75
4.1.2 SWOT - анализ	76
4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования	80
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	80
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	81
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	82
4.3 Расчет бюджета научно – технического исследования	86
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	86

4.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	87
4.3.3	Дополнительная заработная плата исполнительской темы	91
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды	91
4.3.5	Накладные расходы	92
4.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	92
4.4	Определение целесообразности и эффективности Научного исследования	94
4.4.1	Анализ и оценка научно-технического уровня проекта	94
4.4.2	Оценка важности рисков	95
5	Социальная ответственность	99
5.1	Производственная безопасность	100
5.2	Производственная санитария	103
5.3	Техника безопасности	108
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	112
5.5	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	117
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	118
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	119
	Приложение А	

Введение

Одним из основных режимных показателей в электроэнергетических системах является напряжение. Напряжение, величина и диапазон изменения которого, определяет качество электрической энергии. Отклонение напряжения от допустимых пределов, определяемых нормативной документацией, оказывает отрицательное воздействие как на режим работы электрических сетей и ЭЭС, так и на работу электроприемников. Необходимость поддержания напряжения в допустимых пределах на узловых участках электрической сети определяет его регулирование. Процесс регулирования напряжения в каком либо узле электрической сети неразрывно связан с потоками реактивной мощности по участкам сети, то есть связан с регулированием генерируемой и потребляемой реактивной мощности.

Основными задачами, решаемыми регулированием напряжения и реактивной мощности, являются:

- снижение потерь мощности в ЭЭС;
- поддержание напряжения в узловых точках ЭЭС;
- обеспечение запасов статической устойчивости в нормальных режимах;
- обеспечение динамической устойчивости в аварийных режимах;

Передача реактивной мощности неизбежно сопровождается потерями активной мощности в линиях электропередач, так как реактивный ток является составляющей полного тока в линиях электропередачи и как следствие увеличивает падение напряжения в элементах сети. В связи с этим обеспечение требуемого уровня реактивной мощности приемной системы, только за счет передающей системы является экономически нецелесообразным.

Для решения поставленных задач необходимым становится использование дополнительных средств, осуществляющих управление режимом работы ЭЭС по напряжению и реактивной мощности. Основными такими средствами в российских сетях являются: шунтирующие реакторы, изменение коэффициента трансформации силовых трансформаторов и

автотрансформаторов, батареи статических конденсаторов. Данные компенсирующие устройства осуществляют ступенчатое регулирование напряжения и реактивной мощности, что в условиях переменного графика электрических нагрузок является не эффективными. Среди плавно управляемых источников реактивной мощности, таких как управляемый шунтирующий реактор, синхронный компенсатор, статический тиристорный компенсатор, статический синхронный компенсатор и др. Наиболее целесообразным является УШР. К основным преимуществам УШР перед другими средствами компенсации можно отнести их высокую надежность, конструктивную схожесть с обычным трансформаторным оборудованием, простоту в эксплуатации и более низкую стоимость. Применение УШР совместно с батареями статических конденсаторов позволяют выполнять функцию реверсивного источника реактивной мощности с регулируемым диапазоном потребления и генерации реактивной мощности.

Целью диссертационной работы является исследование процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом энергорайоне ЭЭС с помощью управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора совместно с коммутируемыми батареями статических конденсаторов.

Для решения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ и обоснование проблемы и актуальности автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в ЭЭС.
2. Обоснование требований к адекватному математическому моделированию проектируемого энергорайона, ЭЭС в целом и средств автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности, а именно УШР и БСК.
3. Разработка программы и методики проведения экспериментальных исследований процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности посредством УШР и БСК.

4. Выполнение экспериментальных исследований согласно разработанной программе.
5. Анализ результатов экспериментальных исследований.

Для решения поставленных задач в виду специфики проектируемого энергорайона и средств регулирования напряжения и реактивной мощности, используется Всережимный моделирующий комплекс реально времени электроэнергетических систем, в котором осуществляется математическое моделирование, предполагающее использование для УШР совместно с БСК, проектируемого энергорайона и всей ЭЭС в целом, адекватных математических моделей.

1 Обзор литературы

1.1 Регулирование напряжения и реактивной мощности в электрических сетях

Одним из основных режимных показателей в электроэнергетических системах является напряжение. Напряжение, величина и диапазон изменения которого, определяет качество электрической энергии. Отклонение напряжения от допустимых пределов, определяемых нормативной документацией, оказывает отрицательное воздействие как на режим работы электрических сетей и ЭЭС, так и на работу электроприемников.

Так как графики электрических нагрузок в ЭЭС непрерывно изменяются, электрическая система постоянно работает в квазистационарном режиме, то есть характеризуется постоянными процессами, приводящими к колебаниям напряжения. Необходимость поддержания напряжения в допустимых пределах на узловых участках электрической сети определяет его регулирование.

Процесс регулирования напряжения в каком либо узле электрической сети неразрывно связан с потоками реактивной мощности по участкам сети, то есть связан с регулированием генерируемой и потребляемой реактивной мощности.

Передача реактивной мощности неизбежно сопровождается потерями активной мощности в линиях электропередач, так как реактивная составляющая тока влияет на значение полного тока в линии и как следствие увеличивает падение напряжения. В связи с этим обеспечение требуемого уровня реактивной мощности приемной системы, только за счет передающей системы является экономически нецелесообразным.

Использование синхронных генераторов для регулирования напряжения в электрической сети наиболее эффективно в том случае, когда электрическая станция работает изолированно от системы и потребители питаются

непосредственно от шин станции. На практике потребители электрической энергии находятся на значительном удалении от генераторов станции, что свидетельствует о затруднительности обеспечения требуемого уровня напряжения у потребителей.

Основными задачами, решаемыми комплексом регулирования напряжения и реактивной мощности в сетях энергосистем, являются:

- снижение потерь мощности посредством обеспечение рациональных перетоков реактивной мощности при передаче электроэнергии в электроэнергетической системе;
- поддержания напряжения в узлах нагрузки, в соответствии с нормативной документацией по отклонениям напряжения от номинального значения в различных режимах работы сети;
- обеспечение запасов статической устойчивости в нормальном режиме линий электропередач и генераторов электростанций, определяемых условиями устойчивости параллельной работы;
- обеспечение динамической и результирующей устойчивости электроэнергетической системы в аварийных режимах;
- ограничение напряжений значениями допустимыми для изоляции электрооборудования.

Для решения поставленных задач в сетях энергосистем основным вопросом является рациональная компенсация реактивной мощности. Управление режимом энергорайона по напряжению и реактивной мощности в настоящее время в отечественной электроэнергетике используются разнообразные технические средства.

1.2 Основные потребители реактивной мощности в ЭЭС

Свойства реальных элементов электрической части электроэнергетической системы таковы, что при их функционировании создаются магнитные и электрические поля, что проявляется как потребление или выработка реактивной мощности.

Потребление реактивной мощности ЭЭС состоит из следующих составляющих:

- токи намагничивания асинхронных двигателей,
- потери реактивной мощности в сопротивлениях рассеивания асинхронных двигателей,
- токи намагничивания силовых трансформаторов,
- потери реактивной мощности в сопротивлениях рассеивания силовых трансформаторов,
- потери реактивной мощности в продольных индуктивных сопротивлениях линий.

Кроме этого в энергосистеме есть естественные источники реактивной мощности. Это – емкости между фазами линий электропередачи, известная как зарядная мощность линии.

Для удовлетворения потребностей данных составляющих в реактивной мощности использование располагаемой мощности генераторов электростанции оказывается не достаточным. Это в свою очередь определяет использование в ЭЭС дополнительных источников реактивной мощности, называемых компенсирующими устройствами.

1.3 Технические средства для управления режимом работы ЭЭС по напряжению и реактивной мощности

Для решения поставленных задач в сетях энергосистем основным вопросом является рациональная компенсация реактивной мощности. Управление режимом энергорайона по напряжению и реактивной мощности в настоящее время в отечественной электроэнергетике используются разнообразные технические средства, наиболее распространенные из которых являются:

- Синхронные компенсаторы;
- Конденсаторные батареи;
- Шунтирующие реакторы;
- Изменение коэффициента трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

1.3.1 Синхронный компенсатор

Синхронный компенсатор – один из видов синхронной машины, работающий в режиме холостого хода, т.е без механической нагрузки на валу. При перевозбуждении синхронный компенсатор осуществляет генерацию реактивной мощности, при недовозбуждении потребляет реактивную мощность. Таким образом синхронный компенсатор является реверсивным источником реактивной мощности.

Преимуществом синхронного компенсатора является возможность плавного регулирования реактивной мощности в достаточно большом диапазоне. Недостатками синхронных компенсаторов являются:

- относительно высокая стоимость, а, следовательно, и высокие удельные капитальные затраты на компенсацию;
- необходимость пуска от источников питания большой мощности

1.3.2 Изменение коэффициента трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов

Регулирование коэффициента трансформации трансформаторов изменением числа витков обмоток может производиться либо при отключенном трансформаторе – переключение без возбуждения, либо под нагрузкой с помощью специального регулировочного устройства – регулирование под нагрузкой или РПН.

Для осуществления автоматического регулирования на трансформаторах с РПН учитывается такая особенность, что регулирование может осуществляться только ступенями, поэтому регулятор устройства РПН должен иметь зону нечувствительности, согласованную с изменением напряжения при переключении на одну ступень.

Автотрансформаторы имеют несколько вариантов регулирования коэффициентов трансформации:

- система регулирования расположена в нейтрали обмоток ВН и СН,
- система регулирования расположена на выводах обмотки СН.

Основным недостатком трансформаторов с РПН является их повышенная стоимость, так как трансформатор без РПН является дешевле на 20-25 %. Существенно ограниченный диапазон регулирования(6-12% от номинального напряжения трансформатора).

1.3.3 Шунтирующие реакторы и конденсаторные батареи

Наиболее широкое распространение в российских сетях получили такие средства компенсации как шунтирующие реакторы и батареи статических конденсаторов, которые осуществляют ступенчатое регулирование напряжения и реактивной мощности (особенности и принцип действия данных средств компенсации рассмотрены в последующих разделах). Такие средства эффективны только в том случае, если график электрической нагрузки является равномерным. На практике потребители электрической энергии имеют переменный график нагрузок и в частности резкопеременный.

Вывод

Эффективным путем решения указанных недостатков приведенных средств компенсации реактивной мощности является применение устройств FACTS к которым относятся управляемые шунтирующие реакторы (УШР), статические синхронные компенсаторы (СТАТКОМ), статические тиристорные компенсаторы (СТК) и другие. Среди этих устройств наиболее широкое применение нашли управляемые шунтирующие реакторы с плавно регулируемым индуктивным сопротивлением известными как УШРП (управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор). К основным причинам распространенности УШР можно отнести их высокую надежность, конструктивную схожесть с обычным трансформаторным оборудованием, простоту в эксплуатации и более низкую стоимость. Совместно с батареями конденсаторов управляемые реакторы выполняют функцию реверсивного источника реактивной мощности с регулируемым диапазоном потребления и генерации мощности.

В следующем разделе приведены теоретические описания конструктивных особенностей и принципа действия управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора и батарей статических конденсаторов, исследованиям которых посвящена данная диссертационная работа.

2 СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АДЕВАТНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ПРОЕКТИРУЕМОМ РАЙОНЕ ЭЭС

Любая современная ЭЭС образует большую нелинейную, динамическую систему. Проектирование, исследование и эксплуатация таких систем, в отличие от статических, является трудной задачей из-за сложности получения достоверной информации о протекающих процессах в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах. Получение информации о протекающих процессах в ЭЭС путем натуральных испытаний, за редким

исключением, недопустимо, а из-за сложности ЭЭС невозможно полноценное физическое моделирование. В результате основным путем получения необходимой информации об ЭЭС является математическое моделирование. Адекватность математического моделирования будет зависеть от двух основных факторов:

- Полноты и достоверности математических моделей значимого оборудования в ЭЭС;
- Способности средств решения производить расчет систем уравнений с гарантированной точностью и на необходимом интервале времени.

Для получения достоверных и точных результатов необходимо, чтобы средства моделирования удовлетворяли следующим требованиям:

- Качественные математические модели основного и вспомогательного оборудования;
- Адекватность воспроизведения всевозможного спектра нормальных и аномальных процессов в оборудовании на неограниченном интервале времени;
- Возможность осуществлять всережимное моделирование ЭЭС в реальном интервале времени.

С учетом сформулированных требований к средствам моделирования наиболее подходящим для исследования применения УШР совместно с БСК в ЭЭС является Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС), который был создан в Энергетическом институте Томского политехнического университета.

Современные ЭЭС являются сложными многопараметрическими динамическими системами, все элементы которых жестко связаны между собой, и на напряжение в исследуемом узле оказывает влияние вся ЭЭС в целом. Поэтому на достоверность получаемых результатов влияет адекватность математических моделей всего значимого электрооборудования в ЭЭС.

2.1 УПРАВЛЯЕМЫЙ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ШУНТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР И БАТАРЕИ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Основным назначением управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора является регулирование напряжения и реактивной мощности. Плавное регулирование потребляемой реактивной мощности определяет его преимущество перед традиционными средствами компенсации. Преимуществами УШР перед другими альтернативными устройствами в ЭЭС являются:

1. Регулировочный диапазон составляет более 100% номинальной мощности УШР, при этом обеспечивается плавное регулирование с неограниченным ресурсом возможных изменений;
2. Отсутствие устройств РПН и других движущихся механических частей;
3. Возможность нормированной по времени перегрузки УШР до 130% и кратковременной перегрузки до 200%;
4. Регулирование напряжения и реактивной мощности непосредственно в точке подключения реактора;
5. Использование для регулирования маломощных вентильных устройств с меньшими потерями и отсутствием необходимости в водяном охлаждении;
6. Традиционные требования к квалификации обслуживающего персонала на подстанции;
7. Более низкий уровень потерь в эксплуатационных режимах;
8. Наружная установка основного силового оборудования для любой климатической зоны;
9. Существенно более низкая стоимость.

2.2 Конструктивные особенности и принцип действия управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора

В управляемом шунтирующем реакторе с подмагничиванием плавное регулирование потребляемой реактивной мощности, а следовательно, и напряжения в узле подключения, осуществляется за счет насыщения стали магнитопровода постоянным потоком, созданным источником постоянного напряжения.

Магнитная система одной фазы управляемого реактора состоит из двух стрижней на которых расположены обмотки, верхние и боковые ярма. На стрижнях располагаются обмотки СО - сетевая обмотка подключенная к электрической сети, ОУ - обмотка управления, подключенная к источнику постоянного напряжения, КО – компенсационная обмотка, компенсирует гармоники равные трем.

Расположение обмоток на магнитопроводе представлены на рис. 2.1.

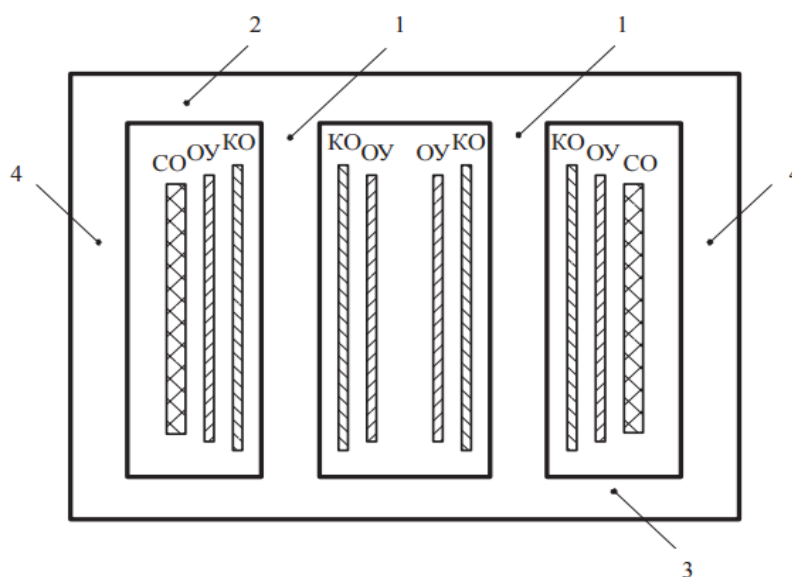


Рисунок 2.1 – Разрез магнитной системы фазы УШР 220 кВ:

1 – стержни; 2 – нижнее горизонтальное ярмо; 3 – нижнее горизонтальное ярмо;
4 – вертикальные ярма.

Две секции обмотки ОУ расположены на полустержнях при этом соединены встречно. Такое соединение обмоток объясняется тем, что ЭДС

наводимые в ОУ общим магнитным потоком в каждой секции будут взаимокompенсировать друг друга и тем самым обеспечивается независимость обмотки управления.

Сетевая обмотка охватывает два стержня и при этом соединена согласно. Сетевые обмотки УШР подключается к трехфазной сети и соединяются по схеме «звезда с заземленной нейтралью». Ток протекающий по обмотке одной фазы УШР создает магнитные потоки в полустержнях фазы расщепленного магнитопровода, а амплитуда магнитной индукции примерно соответствует индукции насыщения электротехнической стали, из которого собран магнитопровод УШР. Данное свойство увеличивает процент использования стали и позволяет задействовать максимальный диапазон регулирования устройства.

Компенсационная обмотка так же как и обмотка управления сосредоточена на двух полустержнях. КО соединяется в треугольник и выполняет две основные функции:

- компенсация гармоник кратных трем;
- выступает в роли вторичной обмотки питающего трансформатора к которой подключается полупроводниковый преобразователь, предназначенный для питания обмотки управления постоянны напряжением.

Принцип действия такой системы основывается на том, что каждая из обмоток создает свои магнитные потоки: сетевая обмотка – переменный поток промышленной частоты, обмотка управления – постоянный, регулируемый поток подмагничивания. Постоянный поток подмагничивания смещает переменный поток в область насыщения кривой намагничивания стали, что приводит к изменению индуктивности и соответственно индуктивного сопротивления. Фактически для УШР используется принцип магнитного усилителя, заключающегося в следующем:

При отсутствие тока в обмотке управления индуктивное сопротивление

сетевой обмотки:
$$X_{CO} = \omega \cdot L_{CO} = \omega \cdot \frac{w_{CO} \Delta \Phi}{\Delta I} = \omega \cdot \mu_a \cdot \frac{w_{CO}^2 \cdot S}{l}, \quad (2.1)$$

где L_{CO} – индуктивность сетевой обмотки; ω – угловая частота; w_{CO} – число витков сетевой обмотки; S – активное сечение магнитопровода; l – средняя длина магнитной линии в магнитопроводе; μ_a – абсолютная магнитная проницаемость.

При неизменных S, w_{CO}, l индуктивность L_{CO} определяется абсолютной магнитной проницаемостью μ_a . При $I_y=0$ магнитопровод характеризуется ненасыщенным состоянием, что соответствует участку на кривой намагничивания показанном на рис. 2.2, зона 1. В этом случае магнитная проницаемость $\mu_{a1} = \Delta B_1 / \Delta H_1$ велика и соответственно индуктивность сетевой обмотки. Значение тока в сетевой обмотке будет соответствовать минимальному значению, равное $I_{CO} = H_1 \cdot l / w_{CO}$. Напряженность магнитного поля H_{m1} находится по индукции $B_{m1} = U / (4,44 \cdot f \cdot w_{CO} \cdot S)$.

Подадим на обмотку управления постоянный ток, который обеспечивает переход магнитопровода в насыщенное состояние рис.2.2, зона 2.

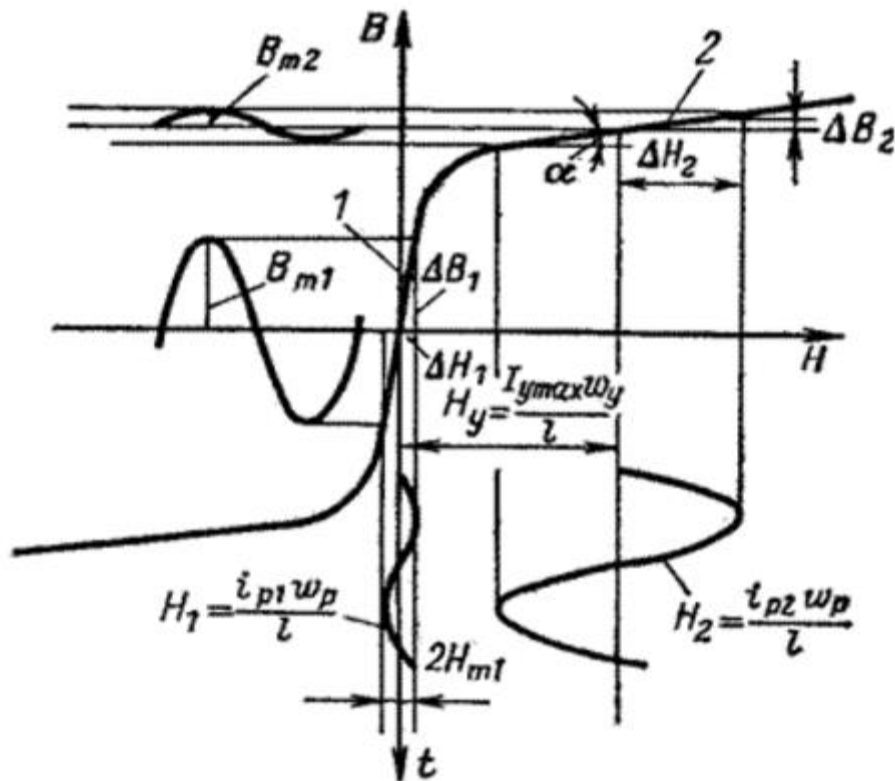


Рисунок 2.2 – Кривая намагничивания и насыщение электротехнической стали.

В зоне насыщения материал будет иметь магнитную проницаемость $\mu_{a2} = \Delta B_2 / \Delta H_2$ значительно меньшую чем в ненасыщенном состоянии. Индуктивное сопротивление сетевой обмотки в насыщенном состоянии магнитопровода определяется магнитной проницаемостью, которая с насыщением стали уменьшается, что приводит к уменьшению значения индуктивности и соответственно и индуктивного сопротивления.

В реальных конструкциях УШР при изменении состояния стали его магнитопровода от ненасыщенного состояния до глубокого насыщения, близкого к предельному, когда магнитная проницаемость стали приближается к магнитной проницаемости воздуха, удается получить диапазон плавного регулирования реактивной мощности с кратностью более 100.

В состав оборудования управляемых шунтирующих реакторов входят электромагнитная часть, трансформатор со встроенным полупроводниковым преобразователем, система автоматического управления. Принципиальная схема представлена на рис.2.3.

Электромагнитная часть является основным силовым элементом управляемого реактора и представляет собой трехфазное электромагнитное устройство трансформаторного типа, размещенное в маслonaполненном баке, для наружной установки. Электромагнитная часть реактора предназначена для потребления из электрической сети реактивной мощности. В зависимости от степени насыщения магнитной цепи фаз значение потребляемой мощности может изменяться в широких пределах. Степень насыщения магнитной цепи регулируется возбуждением в обмотке управления постоянного электрического тока. Чем больше ток в обмотке управления, тем большая реактивная мощность потребляется фазами.

Трансформатор со встроенным полупроводниковым преобразователем предназначен для регулирования значения постоянного напряжения в обмотке управления электромагнитной части, что осуществляется изменением значения выпрямленного тока преобразователя.

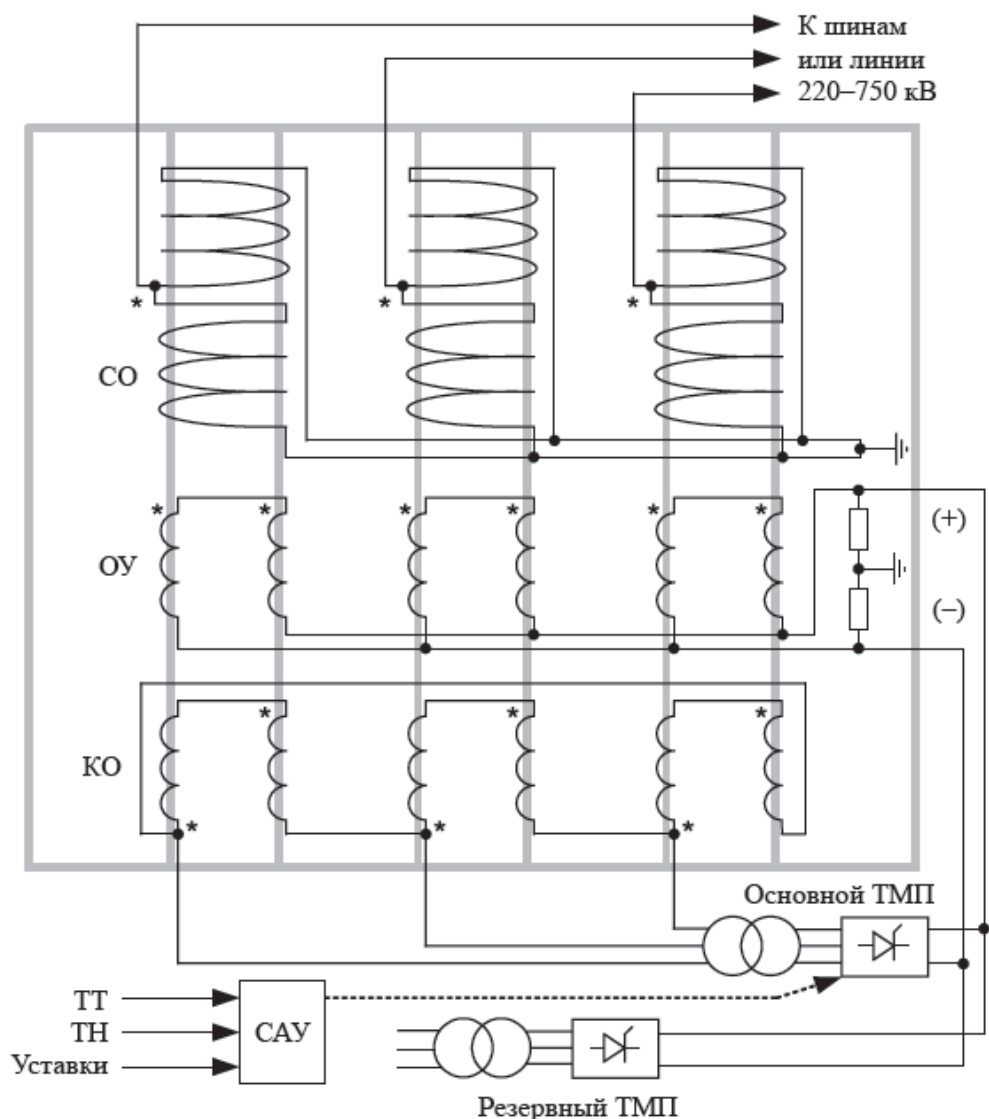


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема трехфазного трехобмоточного УРШ

Устройство выполнено в виде единого изделия, расположенного в одном или двух маслonaполненных баках. Номинальная мощность трансформатора со встроенным преобразователем не превышает 1% номинальной мощности реактора.

Управление и защита оборудования УРШ осуществляется взаимодействием между шкафами:

- шкаф ПИУ – панель измерения и управления;
- шкаф СУРЗА – система управления, регулирования, защиты и автоматики;
- шкаф ШУ – шкаф управления и контроля высоковольтных вентилях
- СО – система охлаждения высоковольтных вентилях

Панель измерений и управления предназначена для:

- гальванической развязки управляющих и информационных сигналов системы управления, регулирования, защиты и автоматики (СУРЗА);
- формирования сигналов управления режимами работы СУРЗА и управления выключателями УШР;
- отображения режимов работы УШР и его составных частей;
- фиксации срабатывания защит СУРЗА, конденсаторных батарей, шкафов управления УШР и системы охлаждения с выдачей сборных сигналов аварийной и предупредительной сигнализации.

Система управления, регулирования, защиты и автоматики

Шкаф СУРЗА – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для формирования импульсов управления тиристорными вентилями УШР, защиты УШР от аварийных режимов, управления включением и отключением выключателей конденсаторных батарей (БСК) УШР. Все алгоритмические функции управления и защиты УШР выполняются на программном уровне.

Шкаф управления и контроля высоковольтных вентилях предназначен для:

- запуска тиристорных прямого и обратного направлений каждого из 3-х вентилях тиристорной группы УШР при поступлении импульсов управления от СУРЗА и появлении на тиристорах положительного напряжения;
- контроля исправности тиристорных ячеек вентилях, подаче предупредительного сигнала и команды на отключение при исчерпывании избыточности тиристорных ячеек;
- контроль исправности блоков управления тиристорных ячеек вентилях, подаче предупредительного сигнала;
- контроль исправности избыточной части оборудования ШУ, подаче предупредительного сигнала;

2.3 Система автоматического управления УШР

Система автоматического управления шунтирующего реактора служит для формирования командных сигналов преобразователю который в свою очередь влияет на постоянный поток в полустержнях магнитной системы устройства, необходимого для создания и поддержания заданных уровней потребления реактивной мощности электромагнитной частью реактора.

САУ предназначен для формирования углов управления тиристором в полупроводниковом преобразователе, соединенного с обмоткой управления УШР, регулируя таким образом приложенное постоянное напряжения на выводах обмотки управления.

Помимо основной задачи управления углами тиристором и соответственно тока реактора УШР, САУ выполняет ряд функций, а именно:

- коммутация выключателей БСК в автоматическом и ручном режимах;
- контроль за состоянием высоковольтных вентилях через сигналы управления и контроля и системы охлаждения;
- защита оборудования от аварийных режимов с возможностью снимать импульсы управления и выключать главный выключатель;
- осуществление приема команд с ПИУ/АРМ/АСУТП;
- диагностика состояния оборудования и мониторинг основных параметров УШР.

Основой системы автоматического управления УШР является регулятор пропорционального типа. Алгоритм регулирования включает в себя следующие действия:

1. Оператором задается уставка – значение режимного параметра сети, которое регулятор будет стремиться поддерживать.
2. Измеряются режимные параметры сети с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения.

3. Производится сравнение параметров сети, полученных из измерительных органов, с заданной уставкой, после чего вычисляется их разность – сигнал рассогласования.
4. Пропорционально сигналу рассогласования выбирается угол управления тиристоров полупроводникового преобразователя, при котором сигнал рассогласования будет в нормальном регулировочном диапазоне.
5. Возвращение к началу цикла.

В системе автоматического регулирования УШР выделяют четыре основных режима работы:

1. Режим автоматической стабилизации напряжения.

Этот режим является основным для САУ. Предназначение этого режима определяет поддержание напряжения в узле подключения УШР плавному регулированию значения потребления реактивной мощности. Данный режим наиболее востребован в условиях суточного колебания напряжения в соответствии с графиком нагрузки.

2. Режим стабилизации заданного значения тока сетевой обмотки. Данный режим характеризуется фиксацией тока на заданном уровне.

3. Режим форсированного набора мощности.

Этот режим является кратковременным и осуществляется только в тех случаях, когда значение контролируемого параметра режима значительно больше заданной уставки. Осуществление форсированного режима УШР подразумевает приложение к обмотке управления напряжения в несколько раз превышающего значения номинального. Это вызывает более быстрое изменение тока в обмотке и, соответственно, существенно ускоряет процесс набора мощности.

4. Режим форсированного сброса мощности.

Данный режим предназначен для ускоренного сброса мощности. В основе режима лежит принцип форсированного набора но только напряжение прикладываемое к обмотке управления подается с обратной полярностью.

2.3.1 Режим автоматической стабилизации напряжения

Режим автоматической стабилизации напряжения необходим для поддержания заданного уровня напряжения в узле подключения УШР. Алгоритм САУ и его функционирование в этом режиме представлен ниже.

1. Напряжение сети U_C измеряется один раз в период частоты сети.
2. Измеренное напряжение U_C сравнивается с напряжением уставки U_Y , заданной оператором.

3. Вычисляется сигнал рассогласования $\Delta U = U_C - U_Y$ и выбирается угол управления тиристорами преобразователя, пропорциональный сигналу рассогласования. При изменении ΔU в диапазоне $(0 \div k) U_Y$ угол управления пропорционально меняется от α_{XX} (при $\Delta U = 0$) до $\alpha_{ном}$ (при $\Delta U = kU_Y$). Здесь α_{XX} , $\alpha_{ном}$ – значения углов управления, при которых при номинальном сетевом напряжении установившееся значения токов сетевой обмотки составляют I_{XX} и $I_{ном}$; k – коэффициент статизма, устанавливаемый оператором в пределах $(0,01 \div 0,05) U_Y$ с дискретностью 0,01 (1%). При значении ΔU , превышающем kU_Y , САУ будет работать в режиме ограничения тока сетевой обмотки реактора на номинальном уровне.

2.3.2 Режим форсированного набора мощности

Данный канал предназначен для форсированного набора мощности то есть для ускоренного набора мощности реактором. Форсировка осуществляется в приложении на короткое время к обмотке управления напряжения в несколько раз выше номинального.

Режим форсировки в системе автоматического управления производится при сочетании условий:

1. сигнал рассогласования превышает величину статизма $\Delta U > kU_Y$;
2. значение тока сетевой обмотки УШР меньше 70% от номинального уровня.

В сочетании данных условий САУ задействует динамический преобразователь с углами управления тиристорами, соответствующими

максимальному быстрдействию. Такой режим будет продолжаться до тех пор, пока ток сетевой обмотки не достигнет номинального значения либо напряжение на шинах не вернется в пределы регулировочного диапазона $0 < \Delta U < kU_y$.

2.3.3 Режим форсированного сброса мощности

В основе режима форсированного сброса мощности лежит принцип набора мощности, только при этом напряжение прикладываемое к обмотке управления будет обратной полярности. В магнитных стержнях реактора создастся магнитный поток, который будет направлен в противоположную сторону относительно постоянного магнитного потока предшествующего режима.

Режим сброса мощности в САУ включается при следующих условиях:

1. Сигнал рассогласования соответствует режиму когда напряжение сети ниже напряжения уставки то есть $\Delta U < 0$.
2. Значение тока сетевой обмотки УШР больше 30% от номинального.

На основе этих условий система автоматического управления УШР задействует динамический преобразователь в инверторном режиме. Расфорсировка продолжается до тех пор, пока УШР не перейдет в режим холостого хода либо напряжение не восстановит нормальный регулировочный диапазон $0 < \Delta U < kU_y$.

2.3.4 Режим автоматической стабилизации тока сетевой обмотки

Данный режим необходим для поддержания потребляемой реактором мощности на заданном уровне.

Изменение потребляемой реактором мощности осуществляется за счет изменения значения напряжения подводимого к сетевой обмотки, в результате которого меняются амплитуда переменного магнитного потока и интервал времени в течении которого стержни находятся в состоянии насыщения.

Поддержание тока в обмотке управления на заданном уровне уставки, производится за счет использования трех значений углов регулирования

тиристоров в преобразователе, которые сопоставляют трем уровням напряжения:

1. значение напряжения обмотки управления, при котором УШР потребляет 120% мощности при номинальном напряжении сети;
2. напряжение ОУ, при котором УШР потребляет 40-60% от своей номинальной мощности;
3. значение напряжения обмотки управления, при котором ток протекающий в сетевой обмотке соответствует значению тока холостого хода.

В зависимости от величины сигнала рассогласования, который равен величине отклонения среднего значения тока СО от уставки, система автоматического управления УРШ выбирает одно из трех значений угла регулирования тиристоров.

Алгоритм реализации САУ УШР в режиме стабилизации тока сетевой обмотки выглядит следующим образом:

1. Один раз в период частоты сети измеряется значение тока сетевой обмотки УШР I_{CO} .
2. Производится вычисление сигнала рассогласования $\Delta I = I_{CO} - I_Y$, где I_Y – уставка по току, которая задается оператором.
3. В зависимости от сигнала рассогласования ΔI тиристорам полупроводникового преобразователя задаются углы согласно табл.2.1.

Таблица 2.1. Диапазоны значений сигнала рассогласования, соответствующие значениям угла регулирования тиристоров

Величина ΔI	Угол регулирования
$-0,1 \cdot I_H \leq \Delta I < -0,01 \cdot I_H$	$\alpha_{доп}$
$ \Delta I \leq 0,01 \cdot I_H$	$\alpha_{0,5}$
$0,01 \cdot I_H < \Delta I \leq 0,1 \cdot I_H$	$\alpha_{ХХ}$

2.4 Коммутируемые батареи статических конденсаторов

Конденсаторная батарея, оборудованная коммутационной аппаратурой, средствами защиты и управления, образует конденсаторную установку.

Мощность генерируемая КБ, при ее заданной емкости C пропорциональна квадрату приложенного напряжения и частоте:

$$Q_{КБ} = U^2 \cdot \omega \cdot C. \quad (3.1)$$

Для полного использования конденсаторной мощности конденсаторы батареи, как правило, соединяют в треугольник и включают на линейное напряжение рис.3.2. Общая мощность такой батареи равна:

$$Q_{КБ} = 3 \cdot U^2 \cdot \omega \cdot C, \quad (3.2)$$

где C – ёмкость конденсаторов, включенных между каждой парой фаз, мкФ.

В связи с тем, что мощность конденсаторной батареи пропорциональна квадрату приложенного напряжения, нерегулируемые КБ обладают отрицательным регулирующим эффектом, что в отличие от других средств компенсации является их недостатком. Это говорит о том, что мощность генерации конденсаторной установки снижается со снижением приложенного напряжения, тогда как по условиям режима эту мощность необходимо увеличивать.

Регулирующий эффект по реактивной мощности КУ состоящей из одной секции представлен на рис.2.4а.

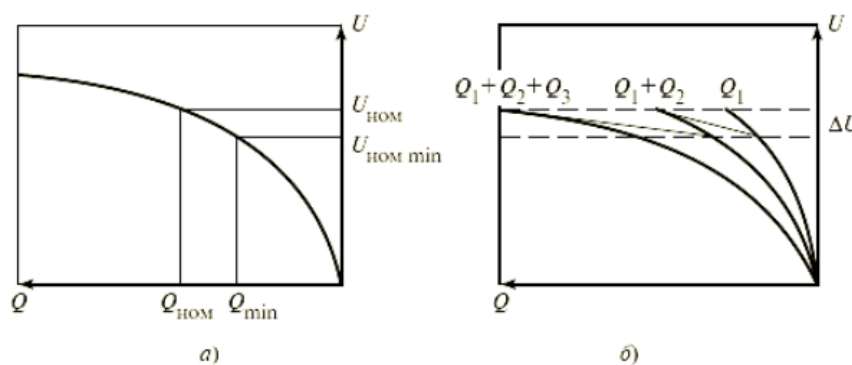


Рисунок 2.4 – Статические характеристики конденсаторной установки, состоящей из одной(а) и трех (б) секций

По статической характеристике рис.2.4а видно, что при снижении напряжения от $U_{ном}$ до U_{min} реактивная мощность конденсаторной установки снижается пропорционально квадрату приложенного напряжения от $Q_{ном}$ до Q_{min} .

Решением данного недостатка является конструктивное исполнение конденсаторных батарей из нескольких секций. Каждая секция управляется регулятором реактивной мощности или напряжения и подключается к сети через свой выключатель, таким образом наращивается мощность батареи в целом. На рис.2.5б. представлена статическая характеристика конденсаторной установки, состоящей из трех секций. При снижении напряжения мощность конденсаторной установки возрастает ступенчато $Q_1, Q_1 + Q_2, Q_1 + Q_2 + Q_3$.

Управление регулированием ступенями конденсаторной установки осуществляется от системы автоматического управления УНР. Ступенчатое регулирование КУ требует введения в регулятор напряжения зоны нечувствительности ΔU . Эта зона ограничивает подключение очередной секции при снижении напряжения.

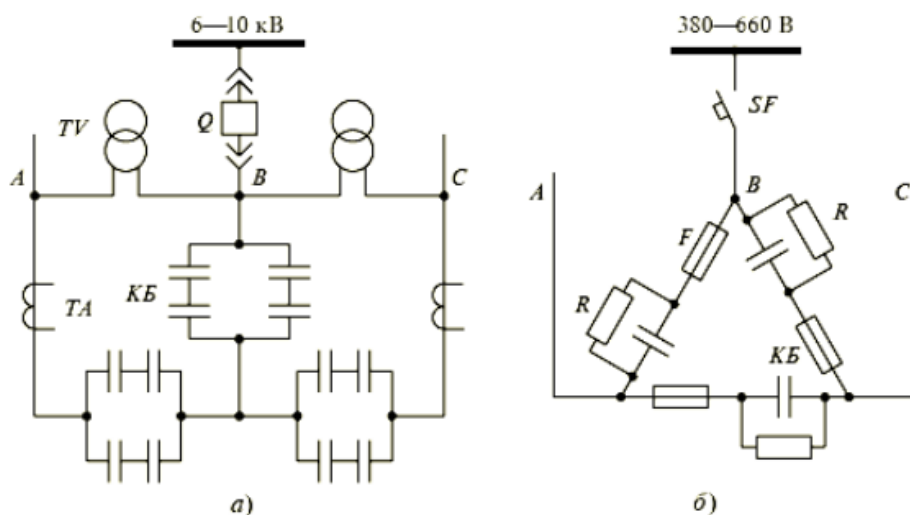


Рисунок 2.5 – Принципиальная схема одной трехфазной секции конденсаторной установки: а – для сети 6-10 кВ; б - для сети 380 В

Низковольтные конденсаторные установки, комплектуются из трехфазных конденсаторов имеющих параллельное включение. Защита таких

конденсаторов от коротких замыканий и перегрузок осуществляется предохранителями. Высоковольтные конденсаторные установки комплектуются из однофазных конденсаторов имеющих последовательно-параллельное включение.

При включении конденсаторной установки в сеть, процесс сопровождается бросками тока, а отключения установки приводит к перенапряжениям. Данные процессы отрицательно сказываются на сроке службы конденсаторов и коммутационной аппаратуры. В виду этого, конденсаторные установки не рекомендуют включать-выключать более 2-4 раз в сутки. Ограничение бросков тока осуществляется разрядкой конденсаторной установки перед включением, для этого используются разрядные устройства.

Совместное применение батарей статических конденсаторов с управляемым шунтирующим реактором главным образом обеспечивает плавнорегулируемую компенсацию реактивной мощности. Ввиду ограниченного числа коммутаций конденсаторных батарей, определяемыми негативными процессами происходящими в конденсаторах, использование БСК совместно с УШР обеспечивает значительное повышение срока службы конденсаторов посредством значимого сокращения коммутаций БСК.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Темой научно-технического исследования является математическое моделирование и исследование процессов автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности в проектируемом районе энергосистемы. Проведение исследования предполагает использование специализированного программно-технического комплекса и основано на построении математической модели рассматриваемого участка производства.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Крупные синхронные машины являются потребителями первой категории, незапланированное отключение которых может привести к существенным материальным потерям, риску для здоровья и жизни людей. Вышеперечисленные обстоятельства приводят к необходимости комплексного подхода к мероприятиям, направленным на сохранение устойчивости работы синхронных машин в различных режимах.

Немаловажную роль среди проводимых исследований играет изучение возможности самозапуска мощных синхронных двигателей в различных схемах электроснабжения промышленных предприятий в совокупности с системами автоматического включения резервного питания.

В рамках настоящего научного исследования предлагается разработанный на базе НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимный моделирующий комплекс электроэнергетических систем, представляющий собой специализированную микропроцессорную программно-техническую систему реального времени гибридного типа, на котором осуществляется моделирование необходимых для анализа режимов и процессов. Данное программное обеспечение обеспечивает необходимую достоверность результатов, высокую скорость выполнения работы, наглядность, а также доступный пользовательский интерфейс. Программа позволяет воспроизвести процессы, происходящие в реальных электроустановках при их эксплуатации, основываясь на построении адекватных математических моделей, что впоследствии является основой для принятия правильного технического решения и позволяет свести к минимуму экономические издержки того или иного производства.

Основными потребителями подобных исследований могут быть:

- крупные нефтехимические производства;
- объединенные диспетчерские управления;
- легкая и тяжелая промышленность;
- электростанции различного типа,

а также другие виды производств, связанные с эксплуатацией мощных потребителей электрической энергии, влияющих на процесс производства.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 4.1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: <ol style="list-style-type: none">1. Принципиально новая методика проведения исследования2. Универсальность применения разрабатываемых математических моделей3. Наличие опытного научно-руководителя4. Актуальность проводимого исследования5. Обширная сфера применения	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: <ol style="list-style-type: none">1. Требуется уникального оборудования2. Возможность появления новых методов3. Отсутствие повсеместного внедрения новой методики4. Требуется тщательного сбора исходных данных5. Многостадийность методики
--	--	--

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов 2. Большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов 3. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования 4. Возможность выхода на внешний рынок 5. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек 	<p>Актуальность разработки, опытный руководитель и принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Большой потенциал применения методики, а так же возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой;</p> <p>Рост потребности в обеспечении безопасности технолого-производственного процесса и сокращения экономических издержек возможен за счет принципиально новой методики;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики.</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;</p> <p>Отсутствие повсеместного внедрения новой методики обеспечивает большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере 2. Развитая конкуренция в сфере математического моделирования технологических процессов крупных производств 	<p>Универсальность применения разрабатываемых математических моделей и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p>	

3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования	Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок	
4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями		
5. Малые скорости внедрения разрабатываемого ПО		

2. Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 4.2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	0	+	+	0
	B3	+	-	-	-	-
	B4	+	+	0	+	+
	B5	+	0	-	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4C5, B2C3C4, B3C1, B5C1C4.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	0	0	+	-	-
	B3	-	0	0	-	-
	B4	-	0	-	-	-
	B5	0	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл1, В2Сл3.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	0	0	-	-
	У2	0	+	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
	У4	+	0	+	+	+
	У5	-	-	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У2С2С5, У4С1С3С4С5.

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	0	-	0	-
	У2	-	-	0	-	-
	У3	-	0	0	0	0
	У4	0	-	-	-	-
	У5	-	-	0	0	0

Коррелирующие слабые стороны и угрозы не выявлены.

Вывод: заявленная методика имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей, а также возможность быстрого выхода на внешний рынок.

4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Получение технического задания от предприятия-заказчика и его согласование.	Научный руководитель
Выбор направления	2	Подбор и изучение материалов по теме	Сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения	Инженер

исследований			технологического процесса.	
	3	Выбор направления исследований	Выбор способа проведения технической стороны исследования и его обоснование; составление математических моделей.	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Проведение теоретических расчетов, а затем необходимых экспериментов для их подтверждения.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Анализ результатов проведенного научно-технического исследования, выдача рекомендаций относительно решаемой задачи.	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по НИР	7	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов и принятых технических решений.	Инженер
	8	Публикация полученных результатов	Передача результатов исследования заказчику и их внедрение в процесс производства.	Научный руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

В таблице 4.7 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = \frac{365}{247} = 1,48, \quad (4)$$

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

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году (пятидневная рабочая неделя);

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

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

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнитель		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, чел-дни							
	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	-	21	-	16,8	-	1	-	16,8	-	25
Выбор направления исследований	2	4	3	5	2,4	4,4	1	1	2,4	4,4	4	7

Календарное планирование работ по теме	3	-	7	-	4,6	-	1	-	4,6	-	7	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	21	-	28	-	23,8	-	1	-	23,8	-	35
Оценка эффективности полученных результатов	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	3,8	9,8	6	15
Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	5	-	1	-	5	-	7
Публикация полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-

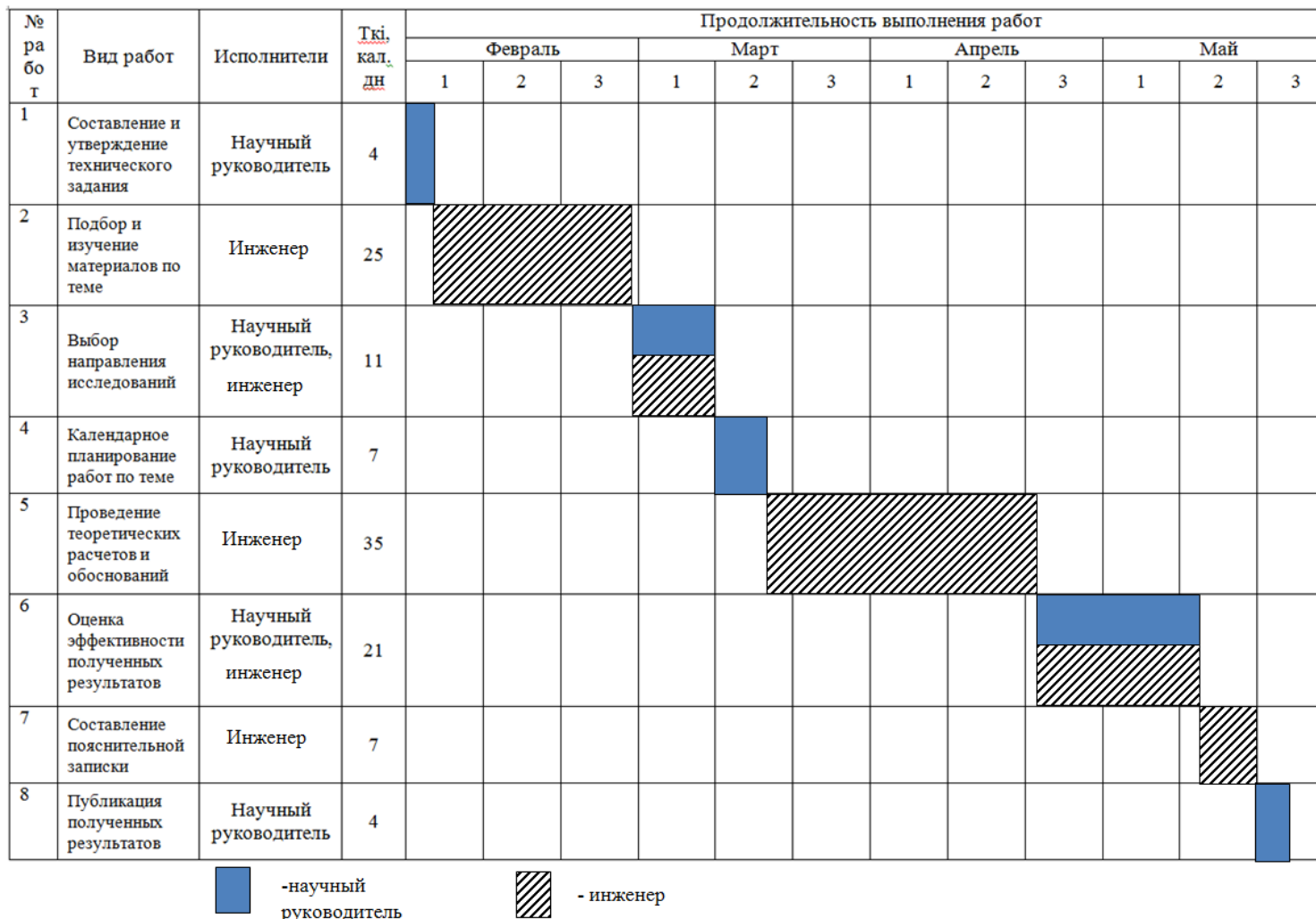
Итого длительность работ – 114 календарных дней.

На основе таблицы 4.7 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 4.8:

Вывод: общее число работ составило 8. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Таблица 4.8 - Календарный план-график проведения НИР (Диаграмма Ганта)



4.3 Расчет бюджета для научно-технического исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расхи}}, \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расхи}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, (Зм), руб	
		Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер
Компьютер	Штука	1	1	20000	25000	23000	28750
Принтер	Штука	1	1	6000	6000	6900	6900
Mathcad	Штука	1	1	7000	7000	8050	8050
Microsoft Word	Штука	1	1	2000	2000	2300	2300
Специализированное ПО	Штука	3	3	8000	8000	9200	9200
Канцелярские принадлежности	-	-	-	-	-	2000	4000
Итого						51450	57200

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.10:

Таблица 4.10 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям		Трудо-емкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	Инженер	-	16,8	-	1515	-	25452
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель	Инженер	2,4	4,4	3060	1515	7344	6666
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	-	4,6	-	3060	-	14076	-
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	Инженер	-	23,8	-	1515	-	36057
6	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	Инженер	3,8	9,8	3060	1515	11628	14847
7	Составление пояснительной записки	-	Инженер	-	5	-	1515	-	7575
8	Публикация полученных результатов	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
Итого:								50184	90597

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (7)$$

где $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 4.11

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	16	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	207	189

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (8)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12:

Таблица 4.12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,15	1,3	56550	3059,71	207	633360
Инженер	15000	0,3	0,5	1,3	35100	1514,689	189	286276
Итого								919636

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (9)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.13.

4.3.4 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – 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%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлен в таблице 4.8

Таблица 4.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	633360	95004
Инженер	286276	42941
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления, руб		
Научный руководитель	197386,6	
Инженер	89218	

4.3.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 4.14

Таблица 4.14 – Накладные расходы

	$Z_{\text{накл}}$, руб.
Научный руководитель	156352
Инженер	76102

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.15

Таблица 4.15 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Научный руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НИИ	51450	57200	Пункт 3.3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	633360	286276	Пункт 3.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	95004	42941	Пункт 3.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	197386	89218	Пункт 3.3.4
5. Накладные расходы	156352	76102	16 % от суммы ст. 1-4
Бюджет затрат НИИ	1133552	551737	Сумма ст. 1-5

Вывод: суммарный бюджет затрат НИИ составил – 1685289 рублей.

4.4 Определение целесообразности и эффективности научного исследования

4.4.1 Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (12)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Т а б л и ц а 4.16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Т а б л и ц а 4.17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Т а б л и ц а 4.18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Т а б л и ц а 4.19 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей

4.4.2 Оценка важности рисков

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). 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 . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице

Таблица 4.20 – Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированности рынка	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 4.21 – Технологические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 4.22 – Научно-технические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 4.23 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	P_i	b_i	W_i	$P_i * W_i$
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно-технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка риска проекта составила порядка 40%, т.е. проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен препятствий.

Для того чтобы избежать риски или минимизировать их воздействие на проект необходимо проводить мероприятия по борьбе с рисками.

Таким образом, анализируя результаты данного раздела, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

Выводы

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики, а так же возможность быстрого выхода на внешний рынок обеспечены принципиально новым подходом к решению поставленной задачи.
2. Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании влияния автоматического включения резерва на возможность самозапуска мощных синхронных двигателей. Общее число работ составило 8. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.
3. Суммарный бюджет затрат НТИ составил – 1685289 рублей. Расчет бюджета осуществлялся на основе следующих пунктов:
 - расчет материальных затрат НТИ;
 - основная заработная плата исполнителей темы;
 - дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4. Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем анализа и оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.