

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

Институт Энергетический институт

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭЭС

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая синхронизация генераторов

УДК 621.313.12.072.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Толкачев Никита Витальевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарев С.В.	канд.тех.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	канд.тех.наук		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт _____ Энергетический _____
 Направление подготовки (специальность) _____ Релейная защита и автоматизация
 электроэнергетических систем
 Кафедра _____ Электроэнергетических систем _____

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5АЗА	Толкачеву Никите Витальевичу

Тема работы:

Автоматическая синхронизация генераторов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

01.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

24.05.2017

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. Исходные данные для анализа установившихся и аварийных режимов ПС «Игольская».
2. Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС для определения влияния настройки РЗА на режимы в сети и проведения опытов точной синхронизации.

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>	1. Провести анализ влияния настройки РЗиА на аварийные режимы в сети 6 кВ. 2. Исследовать условия точной синхронизации ГТЭС «Игольская» при аварийном отключении от сети 110 кВ. 3. Особые требования: оценка безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, экономический анализ.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема моделирования. Результаты исследований.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н.В.
Социальная ответственность	Дашковский А.Г.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.09.2016
--	------------

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
5АЗА	Толкачев Никита Витальевич		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность анализировать а так же осознавать экономические процессы и проблемы; готовность использовать основные методы гуманитарных, экономических и социальных наук в различных видах профессиональной деятельности.
P2	Демонстрировать и понимать значение и сущность информации в развитии общества. Владение основными методами, способами и средствами хранения, переработки и получения информации; применение современных информационных технологий и технических средств в области решения коммуникативных задач.
P3	Умение самостоятельно применять средства познания и методы обучения, самоконтроля; критически оценивать свои недостатки и достоинства; осознавать перспективность культурного, интеллектуального, физического, нравственного, и профессионального самосовершенствования и саморазвития; умение критически оценивать собственные достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать в качестве члена команды и индивидуально, демонстрируя навыки руководства группой исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; умение проявлять приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности, умение проявлять личную ответственность.
P5	Демонстрация знаний правовых, социальных, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание безопасности жизнедеятельности и труда на электротехнических и электроэнергетических производствах, знание вопросов охраны здоровья.
P6	Осуществлять коммуникации в обществе в целом и в профессиональной среде, в том числе на иностранном языке; Разрабатывать самостоятельно техническую документацию и анализировать существующую; защищать и четко излагать результаты профессиональной деятельности. Общепрофессиональные компетенции.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять методы математического анализа и моделирования, основные законы естественнонаучных дисциплин, экспериментального и теоретического исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования систем, элементов и объектов электротехники и электроэнергетики.
P8	Способность применять средства автоматизации проектирования и стандартные методы расчета; принимать участие в проектировании и выборе систем, элементов и объектов электротехники и электроэнергетики в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность современные методы разработки экологически чистых и энергосберегающих технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и защиту их от возможных последствий катастроф, стихийных бедствий и аварий; применять способы рационального использования энергетических и других видов ресурсов на электротехническом и электроэнергетическом производствах.
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение трудовой и производственной дисциплины на электротехническом и электроэнергетическом производствах; обеспечивать соблюдение качества продукции и параметров технологического процесса.
P11	Способность проводить предварительное экономико-техническое обоснование проектных решений; выполнять планово-организационные расчеты по реорганизации или созданию производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; обеспечивать и определять эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с анализом и обработкой результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний объектов, электрооборудования и систем электротехники и электроэнергетики

Код результата	Результат обучения
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки базовые методы исследовательской деятельности.
P14	Способностью к регулировке, монтажу, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электроэнергетического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать научно-техническую и рабочую проектную документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии с техническими условиями, стандартами и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по стандартизации, качеству и сертификации электротехнических и электроэнергетических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы, оперативную документацию.
<i>Специальные профессиональные компетенции</i> <i>Профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»</i>	
P7	Способностью моделировать режимы работы релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры срабатывания релейной защиты энергообъекта; оценивать защитную способность проектируемой релейной защиты.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение заданных параметров при производстве устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке релейной защиты и автоматики объектов электроэнергетических систем.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров. Готовностью к участию в исследовательских работах по автоматизации энергообъектов; к участию во внедрении результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов; использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств автоматики; способностью к участию в монтаже устройств релейной защиты и автоматики энергообъектов. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования релейной защиты и автоматики.
P15	Способностью к обслуживанию устройств релейной защиты и автоматики; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации релейной защиты и автоматики энергообъекта. Готовностью к участию в работах по модернизации устройств релейной защиты и автоматики энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит в себе 87 с., 18 рис., 15 табл., 24 источников.

Ключевые слова: ЭЭС, ВМК, РЗА, синхронизация, энергосистема.

Объектом исследования являются методы синхронизации генераторов.

Цель работы – исследование различных методов синхронизации генераторов

В процессе выполнения работы были исследованы различные виды синхронизации на всережимном моделирующем комплексе реального времени ЭСС

В результате исследования были экспериментально сняты значения уравнивающих токов и проведено сравнение методов.

Область применения: электроэнергетика.

Экономическая эффективность/значимость работы: с экономической точки зрения проект эффективен и в него целесообразно инвестировать средства.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ЭЭС – электроэнергетические системы;

ВМК – Всережимный моделирующий комплекс;

РЗА (РЗиА) – релейная защита и автоматика;

КЗ - короткое замыкание;

ЭДС – электродвижущая сила;

РПН - регулировка под нагрузкой;

ПБВ - переключение без возбуждения;

ЛЭП - линия электропередачи;

АРВ - автоматическое регулирование возбуждения;

ВН – высокое напряжение

СН – среднее напряжение

НН – низкое напряжение

Г - генератор

ГРУ – генераторное распределительное устройство

РУ – распределительное устройство

АТ - автотрансформатор

СШ – сборные шины

Оглавление

Введение.....	14
Обзор литературы.....	16
1. Синхронизация генераторов и ее виды.....	19
1.1 Самосинхронизация генератора.....	20
1.2 Точная синхронизация генератора.....	26
2. Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС.....	31
2.1 Техническое описание.....	31
2.2 Работа в среде ВМК РВ ЭСС.....	34
2.2.1 Формы.....	35
2.2.2 Осциллографы.....	35
2.2.3 Сценарии режима.....	39
2.2.4 Сценарий динамики.....	39
3. Исследование различных видов синхронизации на всережимном моделирующем комплексе реального времени ЭЭС.....	41
Результаты проведенного исследования.....	49
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	50
4.1.2 SWOT-анализ.....	51
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	55
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	55
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	56
4.2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	59
4.2.3.1 Расчет материальных затрат.....	60

4.2.3.2 Расчет амортизации.....	60
4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей работ.....	61
4.2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	62
4.2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	63
4.2.3.6 Накладные расходы.....	63
4.2.3.7 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования..	64
4.3 Ресурсоэффективность.....	65
5. Социальная ответственность.....	67
5.1 Производственная безопасность.....	68
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	68
5.1.2. Акустический шум.....	68
5.1.3 Электромагнитное поле.....	69
5.1.4 Микроклимат.....	72
5.1.5 Освещение.....	73
5.1.6 Электрический ток.....	75
5.2 Экологическая безопасность.....	78
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	83
Заключение.....	85
Список литературы.....	86

ВВЕДЕНИЕ

В процессе производства и передачи электроэнергии происходят различного вида возмущения, нарушающие нормальные режимы работы. Связанно это с тем что процесс работы очень динамичен. Соответственно, дабы поддерживать этот процесс необходимо автоматизированное управление системы. Под данным понятием понимается автоматическое управление энергообъектами, процессами производства, передачи и распределения энергии без непосредственного участия человека.

На данном этапе развития производства, автоматическим является только управление энергообъектами. Управление процессом производства, передачи и распределения электроэнергии в целом остается автоматизированным, предполагающим некоторое участие оператора-диспетчера. Такие особенности производства как возникающие короткие замыкания (далее КЗ), высокая быстротечность электромагнитных и электромеханических процессов сами по себе обусловили необходимость развития автоматики.

По мере развития, выделились основные показатели нормальной работы энергосистемы, такие как: номинальные действующие значения напряжения и частота промышленного тока. Возмущения, происходящие во время работы энергосистемы, могут влиять на эти параметры различными способами. В ходе их изучения выделились две группы возмущений: большие и малые возмущающие воздействия.

Малые возмущающие воздействия - обуславливают необходимость автоматического управления нормальным режимом работы, обеспечивающего оптимальность в технико-экономическом смысле процесса производства и передачи электроэнергии и ее требуемое качество для потребителей.

Большие возмущающие действия - КЗ и отключения генерирующего и передающего оборудования, последствием чего является аварийная

ситуация. Предотвращение ее развития в общесистемную аварию производится противоаварийным автоматическим управлением - автоматикой защитных отключений (релейной защитой) и собственно противоаварийной автоматикой.

На сегодняшний день абсолютно все, даже самые маленькие электроэнергетические установки обладают релейной защитой.

Как итог, автоматика развивалась нога в ногу с развитием электроэнергетики, так как эти два понятия не могут существовать порознь.

В данной исследовательской работе, мы подробнее изучим один из видов автоматики - автоматическую синхронизацию генераторов.[1]

Обзор литературы

В наши дни к качеству производимой электроэнергии уделяется очень большое значение. Основными её показателями являются напряжение и частота промышленного тока. Согласно ГОСТ 13109-97 на нормы качества электрической энергии отклонение напряжения на зажимах потребителей в зависимости от их вида ограничивается в нормальных режимах в пределах $\Delta U'_{don} = \pm 5\%$, а в послеаварийных режимах $\Delta U'_{don} = \pm 10\%$ номинального. Такие нормы соблюдаются благодаря оборудованию автоматического управления процессом производства и распределения электроэнергии, которое предполагает прежде всего автоматическое регулирование напряжения и частоты и связанных с ними реактивной и активной мощностей синхронных генераторов.[8]

Синхронизация генераторов, в особенности точная синхронизация, является весьма ответственной операцией, требующей от обслуживающего персонала соответствующей квалификации и опыта работы. Ошибки в процессе синхронизации могут привести к нарушению нормального режима работы энергосистемы и к повреждению включаемого генератора. Поэтому автоматизация операций синхронизации является актуальной задачей.[9]

Синхронизация генераторов может произойти только при определенных углах сдвига между выходными напряжениями генераторов. Ввиду некоторого различия собственных частот генераторов условия, благоприятные для начала синхронизации, наступают почти мгновенно с подачей управляющих импульсов от задающего генератора, причем, чем выше частота последнего, тем меньше требуется времени на втягивание в синхронизм. Выше было показано, что частота задающего генератора должна быть втрое выше выходной частоты системы управления и что каждая полуволна выходного напряжения задающего генератора соответствует одному импульсу синхронизации или является им.[10]

В данной ВКР будут рассмотрены следующие виды синхронизации генераторов:

- Самосинхронизация
- Точная синхронизация по времени

В ходе выполнения работы будут получены экспериментальные данные и построены графики зависимости.

Объект и методы исследования

Объект исследования. Виды синхронизации генераторов на всережимном моделирующем комплексе реального времени.

Предмет исследования. Метод точной синхронизации по времени и самосинхронизация генераторов.

Научная новизна. Актуальность решения задач по улучшению и повышению надежности синхронизации в связи с тем что, за основу для шаблонов, предназначенных для работы на ВМК, взяты действующие энергосистемы, анализ проблем которых может в дальнейшем помочь им.

Практическая значимость результатов ВКР. Полученные в работе практические результаты можно включить в новые учебные, научные материалы, а так же их можно применять и для исследовательских целей.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

Целью данного раздела является определение экономической целесообразности проведения синхронизации генератора.

В данном разделе будут рассмотрены следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала внедрения данной методики;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной эффективности исследования.

В данной выпускной квалификационной работе за основные методы синхронизации были взяты такие методы синхронизации генератора как: метод самосинхронизации генератора (СГ) и метод точной синхронизации генератора по времени (ТСГВ). Оба вида синхронизации осуществляются с помощью программного-моделирующего комплекса ВМК. Исполнение комплекса было произведено специалистами Томского политехнического университета. В связи с наличием обоих вариантов необходимо выбрать, где и какой метод выгоднее и эффективней будет использовать. Проведем экспертный анализ для окончательного выбора метода синхронизации.

Детальный анализ разработок конкурирующих между собой методов носит периодический характер, в связи с тем, что в зависимости от условий работы подстанции, необходимы оба метода, из-за наличия своих определенных достоинств и недостатков которые в дальнейшем и будут описаны.

Данный анализ позволит наглядно охарактеризовать методы. Для проведения данного анализа используем оценочную карту (таблица 2).

Максимальное количество баллов 5.1, соответственно, худший показатель - 1, 5 - лучший. Суммарный вес всех показателей должен составлять 1.

Таблица 2 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		СГ	ТСГВ	СГ	ТСГВ
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Пусковые токи	0,2	2	3	0,4	0,6
2. Время синхронизации	0,2	4	2	0,8	0,4
3. Надежность	0,15	5	4	0,75	0,6
4. Подгоняемые параметры	0,1	5	3	0,5	0,3
5. Безопасность	0,1	4	4	0,4	0,4
6. Участие персонала	0,09	4	3	0,36	0,27
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена	0,1	5	4	0,5	0,4
2. Распространенность	0,06	5	5	0,3	0,3
Итого	1	34	28	4,01	3,27

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i = 0,2 * 2 = 0,4$$

где К - конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i - вес показателя (в долях единицы);

B_i - балл i-го показателя.

Итог анализа показал что, метод самосинхронизации генератора является более надежным и предпочтительным, нежели метод точной синхронизации по времени. Но, большие пусковые токи приводят к частому выводу оборудования в ремонт.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ позволяет определить причины эффективной или неэффективной работы компании на рынке, это сжатый анализ маркетинговой информации, на основании которого делается вывод о том, в каком направлении организация должна развивать свой бизнес и в конечном итоге определяется распределение ресурсов по сегментам. В данном проекте SWOT-анализ будет проведен с целью выявления его сильных и слабых сторон.

S - Strengths - сильные стороны;

W - Weaknesses - слабые стороны;

O - Opportunities - возможности;

T - Threats - угрозы.

Результаты SWOT анализа сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны 1) Высокая скорость синхронизации; 2) Для обслуживания комплекса необходимо минимальное количество людей (оператор и настройщик); 3) Безопасность; 4) Отсутствие необходимости точной подгонки параметров генераторов	Слабые стороны 1) Высокие пусковые токи; 2) Требования высокой квалификации к обслуживающему персоналу; 3) Огромные экономические потери при неуспешной синхронизации; 4) Возможность вывода из работы всей ПС при неправильной синхронизации
--	--	--

Продолжение таблицы 3

Возможности 1) Рост спроса на автоматику, позволяющую реализовать синхронизацию генераторов; 2) Улучшение и модернизация подстанций на фоне мировой конкуренции	1) Высокая скорость оперативных переключений позволит минимизировать затраты времени и соответственно экономические потери в аварийных ситуациях; 2) Повышение уровня безопасности подстанции из-за наличия автоматики, а так же уменьшение риска человеческого фактора	1) Из-за высокой стоимости автоматики возможен отказ инвесторов от финансирования для покупки, но при покупке привлечет; 2) Для устранения аварийных ситуаций и сохранения оборудования потребуется обучение и повышение квалификации персонала; 3) Для более удобной работы возможно увеличение финансирования для улучшения и обновления программного обеспечения
Угрозы 1) Отказ финансирования государством; 2) Наличие большого числа конкурентов в сфере автоматики	1) Благодаря обеспечению государственных объектов данными технологиями можно заполучить доверие других потребителей 2) Делать более выгодные предложения инвесторам	1) Увеличение скорости износа оборудования увеличивает сроки окупаемости; 2) Использовать старое замененное оборудование как учебное для практикантов, или разобрать его на полезные запчасти

Из проделанного анализа следует, что необходимо использовать автоматику на подстанциях старого поколения. Достоинства данных видов синхронизации превосходят недостатки, которые заключаются по большому

счета только в экономических проблемах, но, как было выше изложено в анализе, затраты так же могут быть устранены этой же автоматикой.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

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 данного научного исследования мы сформировали группу, в состав которой входят руководитель темы и проектировщик. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, произведем распределение исполнителей по видам работ. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Проектировщик
	3	Выбор направления исследований	Руководитель темы
			Проектировщик
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ исходных данных	Проектировщик
	6	Изучение комплекса ВМК	
	7	Моделирование сценариев в ВМК	
	8	Анализ данных полученных в результате опытов	
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Проектировщик
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Проектировщик
Контроль и координирование проекта	11	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель темы
Оформление отчета по ВКР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Проектировщик

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для оценки трудоемкости выполнения данной работы проанализируем ее экспертным путем в человеко-днях, просчитать все является невозможным, так как многие события носят вероятностный характер, зависящий от множества непредсказуемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула[11]:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}$$

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

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

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

Далее необходимо определить продолжительность работы в рабочих днях T_p , учитывая два фактора:

- ожидаемую трудоемкость работ;
- выполнение работы параллельно несколькими исполнителями.

Данный расчет необходим для обоснования расчета заработной платы.

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

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

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

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

Приведем пример расчета:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8;$$

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{5,8}{1} = 5,8.$$

Сведем все данные по продолжительности работы в таблицу 5. При сведении необходимо учитывать округлении длительности работ, если работа переносится на часть следующего дня.

Таблица 5 – Данные по показателям продолжительности работ

№ п/п	Перечень работ	Трудоемкость, чел.-дней.	Количество исполнителей	Длительность, чел.-дней.
1	Анализ литературы по теме исследовательской работы	5,8	1	6
2	Выбор и рассмотрение способов синхронизации задействованных в исследовательской работе	2,4	2	2
3	Изучение программно-моделирующего комплекса ВМК	2,8	1	3
4	Моделирование синхронизации методом точной синхронизации генераторов по времени	8	1	8
5	Моделирование синхронизации методом самосинхронизации	8	1	8
6	Моделирование синхронизации методом точной синхронизации генераторов по углу	8	1	8
7	Анализ полученных данных, сравнение различных методов.	10	1	10
8	Подготовка отчетов и записок по проекту	5	1	5
9	Общая проверка расчетов и других данных, согласование с различными факторами	2,4	2	2
10	Сдача проекта	1,4	2	1

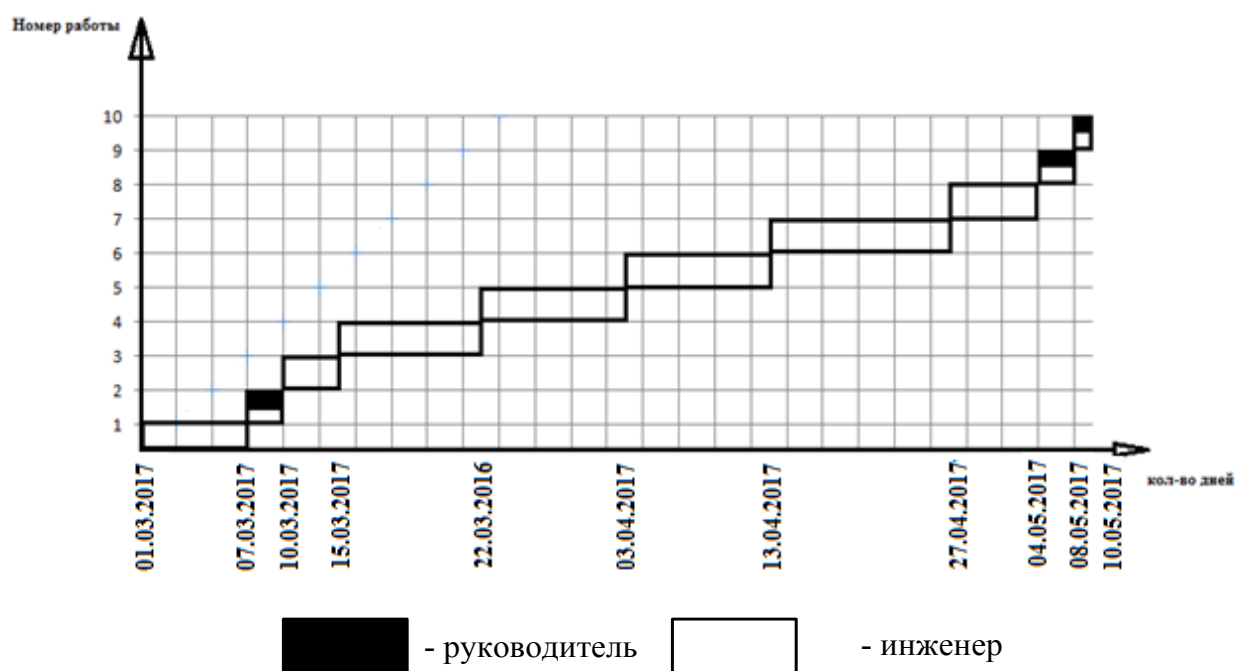


Рисунок 4.2.2 – Календарный график выполнения проекта

Таблица 6 – Итоговая таблица

	Кол-во дней
Общее количество рабочих дней для выполнения работы	53
Общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер	53
Общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель	5

4.2.3 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 выполнения будет использована следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- расчет стоимости программного обеспечения и оборудования;
- амортизация;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

4.2.3.1 Расчет материальных затрат

Таблица 7 – Канцелярские расходы

№	Наименование изделия	Количество (ед. штук, упаковок)	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	Бумага печатная	1	250	250
2	Ручки и карандаши	1	25	25
3	Бумага обычная	1	50	50
4	Скобы для степлера	1	20	20
Итого:	345 руб.			

4.2.3.2 Расчет амортизации

В данной работе амортизация рассчитывается на оборудование и программное обеспечение. Это связано с их стоимостью и с тем, что оно будет использовано не только в данном исследовании, но и в последующих. В общую стоимость проекта войдут отчисления на амортизацию за время использования этого оборудования конкретно в данном исследовании.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где H_A – норма амортизации;

Таблица 8 – Амортизация

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Величина амортизации.руб.	Общая стоимость амортизации
1	Компьютер	1	3757	3757
2	ВМК	1	10000	10000

Итого	13757 руб.
-------	------------

n – срок полезного использования в количестве лет.

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m$$

где I – итоговая сумма в тыс.руб.; m – время использования в месяцах.

Пример расчета амортизации для компьютера, с учетом, что срок полезного использования 3 лет.

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,334$$

$$A_K = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,334 \cdot 45}{12} \cdot 3 = 3,757 \text{ тыс.руб}$$

Общая сумма амортизационных отчислений:

$$A = A_K + A_{ВМК} = 3,757 + 10 = 13,757 \text{ тыс.руб}$$

4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей работ

Рассчитываются заработные платы руководителя-проектировщика и проектировщика, участвующих в выполнении данного проекта. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Приведем формулу для расчета основной заработной платы ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 5);

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

Пример расчета:

Для 5- дневной недели (проектировщик):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.},$$

Для 6- дневной недели (руководитель):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{45045 \cdot 10,4}{247} = 1896,6 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.:

Для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23100 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45045 \text{ руб.}$$

Для проектировщика:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб.дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб.дней – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{мс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23100	0,3	0,2	1,3	45045	1896,6	5	9483
Проектировщик	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	53	92384,3
Итого:								101867,3

Где, $T_{\text{рi}}$ длительность работ в рабочих днях.

4.2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Определим дополнительную заработную плату:

Руководитель: $Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 9483 = 1422,45 (\text{руб.})$,

Инженер: $Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 92384,3 = 13857,6 (\text{руб.})$,

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

4.2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

Расчет величины внебюджетных отчислений для проектировщика и руководителя:

Руководитель:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (9483 + 1422,45) = 2955,38 (\text{руб})$$

Проектировщик:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (92384,3 + 13857,6) = 28791,5 (\text{руб})$$

На сегодняшний день ставка для учреждения, осуществляющего образовательную и научную деятельность 27,1%.

4.2.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации такие как печать, ксерокопии, оплата электроэнергии, оплата транспортных расходов и

так далее. Принимается 16% коэффициент накладных расходов. Рассчитаем расходы:

$$Z_{\text{накл}} = ((\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}) = \\ (9483 + 1422,45 + 2955,38 + 92384,3 + 13857,6 + 28791,5 + 14102) \cdot 0,16 = 26079,39 \text{ (руб);}$$

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

Были учтены накладных расходы руководителя и инженера, а так же прочие расходы.

4.2.3.7 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

В данном пункте будут рассмотрены все затраты и определены их процентные доли. Данный пункт приводится как основной при формировании договора с заказчиком.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Всего, руб.	Доля, %
1. Материальные затраты	345	0,18
2. Амортизация	13757	7,28
3. Основная заработная плата	101867,3	53,88
4. Дополнительная заработная плата	15280,05	8,08
5. Страховые отчисления	31746,88	16,79
6. Накладные расходы	26079,39	13,79
7. Бюджет затрат НТИ	189075,62	100

Проанализировав таблицу 10 можно увидеть что общий бюджет проекта составил 186819,3 руб. Наибольшая доля затрат приходится на заработную плату -101867,3 руб., что составляет 54,88%. Наименьшая доля затрат приходится на материальные затраты - 345 руб., что составляет - 0,18%.

4.3. Ресурсоэффективность

Для определения ресурсоэффективности научного исследования необходимо использовать интегральный критерий ресурсоэффективности, находящийся по формуле:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности и сведем полученные данные в таблицу 11.

Таблица 11 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Точность установки	0,25	4
2. Надежность работы установки	0,25	5
3. Точность характеристик полученных в результате исследования	0,2	5
4. Надежность методов характеризующих синхронизм	0,15	4
5. Простота эксплуатации установки	0,15	4
Итого:	1	4,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,45$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,45 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

Полученный результат в виде интегрального показателя ресурсоэффективности проекта является значимым при выполнении данного исследования. Высокое значение коэффициента свидетельствует о том что, эффективно проводить данное научное исследование. Высокие оценочные баллы у обоих методов свидетельствуют о полезности данных методов и их необходимости для подстанций. В случае успешного проведения проекта, можно наглядно показать достоинства систем автоматической синхронизации и целесообразность их установки.

В результате выполнения поставленных задач, можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ конкурентных технических решений, по которому стало понятно, что использование того или иного метода синхронизации определяется технологическим процессом подстанции и сложившейся ситуацией. В случае необходимости критически быстрой синхронизации - используем самосинхронизацию, в случае, если оборудование не выдержит больших пусковых токов - точную синхронизацию по времени;

2. SWOT-анализ позволил оценить сильные и слабые стороны проекта, позволил показать выгоду использования синхронизации;

3. В ходе проведения планирования был составлен план-график совместной и индивидуальной работ руководителя и проектировщика. Данный анализ позволил распределить рабочее время исполнителей. Итоговое количество дней необходимых для выполнения работы составило - 53 дня, количество дней в которые работал проектировщик - 53 дня, количество дней, в которые работал руководитель - 5 дней;

4. Анализ затрат на реализацию проекта позволил составить бюджет научного исследования, сумма затрат составила - 189075,62 тыс. руб;

5. Проведенная оценка ресурсоэффективности дала результат 4,45 из 5, что свидетельствует об эффективности реализации данного научного исследования.