

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование быстродействующего автоматического ввода резерва

УДК 621.316.378

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Стряпунин Александр Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарёв Сергей Владимирович	Кандидат технических 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 Анатолий Григорьевич	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О	Кандидат технических наук		

Планируемые результаты обучения по ООП

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

Код результата	Результат обучения
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<i>Специальные профессиональные компетенции</i> <i>Профиль «Релейная защита и 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.

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

Институт ЭНИН
 Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) А.О. Сулайманов
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Стряпунин Александр Алексеевич

Тема работы:

Исследование быстродействующего автоматического ввода резерва	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2017 № 497/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема РУ-142 и его электроснабжения однолинейная. 2. Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС) для определения влияния различных видов автоматических включений резерва (АВР) на синхронную работу синхронных электродвигателей (СД) РУ-142. 3. Справочные данные.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. На ВМК РВ ЭЭС произвести исследование влияния времени работы АВР и включения выключателя на устойчивость работы синхронных двигателей (СД) РУ-142. 2. Снять и проанализировать осциллограммы аварийных режимов работы СД РУ-142. 3. По полученным данным сделать вывод о возможности и целесообразности установки комплекта защиты БАВР. 4. Рассмотреть вопрос проектирования БАВР со стороны экономической эффективности.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема РУ-142 и его электроснабжения однолинейная. Результаты исследований
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарёв Сергей Владимирович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Стряпунин Александр Алексеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Стряпунину Александру Алексеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	РЗиА

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов по Томску. Оклады: – Руководителя – 23 100 руб. – Инженера – 17 000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Коэффициент дополнительной заработной платы 15%; Коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала НИИ</i>	Оценка научного уровня исследования, SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана разработки научного исследования: определение структуры работ, определение трудоемкости работ, разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: материальные затраты, заработная плата (основная и дополнительная), отчисления на социальные цели, накладные расходы, амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности научного исследования.

Перечень графического материала:

1. <i>Календарный план-график выполнения НИИ</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2017.
---	-------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Стряпунин Александр Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А3А	Стряпунину Александру Алексеевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Р3иА

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)</i>	Помещение лаборатории для работы с Всережимным моделирующим комплексом реального времени (ВМК РВ)
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Производственная безопасность</i> 1.1. <i>Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</i> 1.2. <i>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</i>	Вредные факторы производственной среды: – акустический шум; – электромагнитное поле; – микроклимат; – освещение. Опасные факторы производственной среды: – поражение электрическим током; – пожар.
2. <i>Экологическая безопасность</i>	Утилизация отходов производства
3. <i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>	Наиболее вероятной ЧС во время работы представляется пожар.
4. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	Организация рабочего места при работе с ВМК РВ Социальное страхование работников

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2017.
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А3А	Стряпунин Александр Алексеевич		

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

Период выполнения _____ (весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2017 г.	Обзор литературы	
4.04.2017 г.	Объект и методы исследования	
9.04.2017 г.	Изучение программного обеспечения ВМК РВ ЭЭС	
17.04.2017 г.	Подготовка статической и динамической схемы электроснабжения РУ-142	
28.04.2017 г.	Исследование различных видов АВР и их влияния на синхронную работу СД	
20.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
26.05.2017 г.	Социальная ответственность	
30.05.2017 г.	Оформление работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Свечкарёв Сергей Владимирович	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О	Кандидат технических наук		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц, 29 рисунков, 15 таблиц, 18 использованных источников, 1 приложение.

Ключевые слова: быстродействующий автоматический ввод резерва, синхронный двигатель, самозапуск.

Объектом исследования является анализ переходных процессов синхронных двигателей при аварии и действии АВР.

Целью работы является исследование режимов работы синхронных двигателей связанных с действиями АВР и направленное на повышение надежности и бесперебойности электроснабжения оборотного водоснабжения ЭП-300.

В процессе исследования проводились опыты по моделированию работы АВР и влиянию его быстродействия на успешность самозапуска синхронных двигателей.

В результате исследования были получены осциллограммы переходных процессов, протекающих в синхронных двигателях, а также проведён их последующий анализ.

Область применения: моделирование ЭЭС.

Экономическая эффективность исследования определяется проведением испытаний АВР при отсутствии реального ущерба для ЭЭС. Полученные в работе практические результаты позволяют их использовать в ВМК РВ ЭЭС для научных и исследовательских целей.

В будущем планируется проводить более глубокие анализы нормальных и аномальных режимов работы синхронных двигателей.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

АВР – автоматическое включение резерва;

АПВ – автоматическое повторное включение;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

БАВР – быстродействующий автоматический ввод резерва;

ВЛ – воздушная линия;

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

ЗРУ – закрытое распределительное устройство;

КЗ – короткое замыкание;

ПС – подстанция;

РЗА – релейная защита и автоматика;

РУ – распределительное устройство;

СГ – синхронный генератор;

СГП – специализированный гибридный процессор;

СД – синхронный двигатель;

СДН – синхронный двигатель насоса;

СП – структурное подразделение;

СПО – специализированное программное обеспечение;

ТВУ – тиристорное возбуждающее устройство;

ТНХК – томский нефтехимический комбинат;

ЭЭС – электроэнергетическая система.

Оглавление

РЕФЕРАТ	9
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	10
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	20
3 РЕЖИМЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ.....	22
3.1 Переключение на первом совпадении фаз	23
3.2 Переключение по остаточному напряжению.....	25
3.3 Долговременное переключение.....	26
3.4 Быстрое переключение	26
4 БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА	30
4.1 Характеристики пускового устройства БАВР	30
4.2 Алгоритм работы устройства БАВР.....	33
4.3 Способы подключения БАВР	37
4.3.1 РУ с двумя силовыми выключателями.....	37
4.3.2 РУ с двумя вводами питания и одной соединительной муфтой на сборной шине.....	38
4.3.3 РУ с тремя вводами питания и функцией выбора	39
4.3.4 РУ с двумя вводами питания и одной соединительной муфтой на сборной шине.....	40
4.3.5 РУ с тремя вводами питания и функцией выбора	40
5 ВСЕРЕЖИМНЫЙ МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	42
5.1 Техническое описание	42
5.2 Работа в среде ВМК РВ ЭЭС	45
5.2.1 Формы	46
5.2.2 Осциллографы	49

5.2.3	Сценарии режима	50
5.2.4	Сценарий динамики	51
6	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ АВР НА СИНХРОННУЮ РАБОТУ СД.....	52
6.1	Расчёт параметров схемы	52
6.2	Создание формы схемы	60
6.3	Моделирование действия АВР	61
7	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСНАБЖЕНИЕ	67
7.1	Анализ конкурентных технических решений	67
7.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	70
7.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	72
7.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	78
7.4.1	Материальные затраты	78
7.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы	79
7.4.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	81
7.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды	81
7.4.6	Амортизационные отчисления	82
7.4.7	Накладные расходы	84
7.4.8	Формирование бюджета затрат научно-технического исследования ...	84
7.5	Определение ресурсоэффективности исследования	85
8	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	88
8.1	Производственная безопасность.....	89
8.1.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	89
8.1.2	Акустический шум.....	90
8.1.3	Электромагнитное поле.....	91
8.1.4	Микроклимат	93
8.1.5	Освещение	95
8.1.6	Электрический ток.....	96

8.2 Экологическая безопасность.....	99
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	107
8.4.1 Организация рабочего места при работе с ВМК РВ	107
8.4.2 Социальное страхование работников	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ А	117

Введение

Целью анализа возможных аномальных режимов работы синхронных двигателей РУ-142 и возникающих при этом процессов, с учетом действия схемы электропитания РУ-142 и средств РЗиА, является определение и обоснование возможностей и условий повышения надежности оборотного водоснабжения производства ЭП-300, в части обеспечиваемой работой этих СД и соответствующих средств РЗиА. Технологическая непрерывность производства ЭП-300 зависит от надёжности оборотного водоснабжения и важное значение имеет повышение вероятности сохранения надёжной работы данных СД при авариях различного рода в системе электроснабжения, которые приводят к снижению или исчезновению напряжения на РУ-142.

Решение обозначенной задачи связано с наличием необходимой для этого информации, которую, ввиду неприемлемости полномасштабных натуральных экспериментов, можно получить только путем моделирования. Значительная сложность и громоздкость, а также временная и ресурсная затратность физического моделирования практически исключает его применимость для решения рассматриваемой задачи. В результате, единственным способом получения нужной для анализа информации оказывается главным образом математическое моделирование.

Всем основным требованиям, предъявляемым к моделированию электроэнергетических систем, удовлетворяет созданный в НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимный моделирующий комплекс ЭЭС, представляющий собой специализированную многопроцессорную программно-техническую систему реального времени гибридного типа, на котором осуществлялось моделирование необходимых для анализа режимов и процессов.

В ходе работы требуется произвести анализ аварийных режимов работы синхронных двигателей РУ-142, рассмотреть самозапуск СД после пропажи или снижения напряжения на рабочей секции РУ, а также

обосновать способы повышения надежности оборотного водоснабжения ЭП-300 в части работы СД после АВР.

Целью работы является исследование режимов работы СД связанных с действиями АВР.

Объектом исследования является анализ влияния быстродействия АВР на устойчивость синхронной работы СД и ЭЭС в целом.

Предмет исследования является анализ переходных характеристик СД связанных с их включением действием АВР.

Практическая значимость результатов ВКР заключается в необходимости обоснования замены действующего комплекта защиты АВР на более быстродействующий. Созданная динамическая модель РУ-142 в ВМК РВ ЭЭС позволит воспроизводить множество различных экспериментов и режимов работы распределительного устройства.

В процессе выполнения работы создана динамическая модель РУ-142 для ВМК РВ ЭЭС и произведены исследования действия АВР на режимы работы СД и их влияния на процессы в сети.

1 Обзор литературы

Падения напряжения или полное прекращение подачи электропитания являются в настоящее время самой значительной и критической проблемой качественного электроснабжения. Сбои в подаче электропитания могут привести к полному выходу из строя и длительному простоему оборудования, особенно систем электронного управления и прочих чувствительных установок.

В настоящее время основной причиной из-за которой нарушается динамическая устойчивость предприятий нефтяной, химической, машиностроительной и других отраслей производства является кратковременные перебои в электроснабжении данных предприятий, связанные, как правило, с возникновением различного рода аварий в сетях снабжения, происходящих как от срабатывания релейной защиты, так и от различных других факторов вносящих дисбаланс в электрические сети питания.

Последствиями таких нарушений являются остановы крупных двигателей, печей и прочего сложного высоковольтного оборудования что неизбежно ведет к приостановке технологического процесса. Проблема, описанная выше, связанная с кратковременными нарушениями электроснабжения, в настоящее время приобретает наиболее важное значение в связи с увеличением количества предприятий с непрерывными технологическими процессами, а так же повсеместное внедрение более современной, по сравнению с электромеханической, микропроцессорной техники [1].

Кратковременные нарушения электроснабжения можно разделить на следующие группы (Рисунок 1):

– внешние короткие замыкания любых видов. Данного рода КЗ ликвидируются релейной защитой практически мгновенно и электроснабжение объекта возобновляется. Но при КЗ возникают

значительные снижения напряжений, которые чаще всего являются причиной аварийной остановки технологических процессов;

– короткие замыкания в системе внутреннего электроснабжения. При таких КЗ для сохранения непрерывности технологических процессов требуется работа автоматического ввода резерва после срабатывания которого происходит самозапуск электродвигательной нагрузки, подключенной к потерявшему питание вводу;

– несанкционированные отключения в цепи питания объекта. Причиной таких отключений могут быть: человеческий фактор (ошибка дежурного персонала); отключения выключателей от технологических защит (например, от понижения уровня масла) и ряд других;

– коммутации во внутривоздушной электрической сети предприятия (пуск мощных электродвигателей, переключение и т.д.) [2].

Потребители электрической энергии для осуществления технологических процессов по способам обеспечения требуемой надежности электроснабжения можно разделить на несколько групп:

1. Высоковольтные электрические двигатели напряжением

$U_{ном} = 6, 10$ кВ. Для них главной задачей является обеспечение успешного самозапуска после нарушения электроснабжения;

2. Электрические двигатели напряжением до 1 кВ. Чаще всего, такими являются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, и для них не возникает проблем с самозапуском. Однако, такие двигатели, в большинстве случаев, подключаются к сети через различного рода контакторы, которые в свою очередь питаются от напряжения сети, а значит в результате кратковременных перерывов питания, контакторы могут разомкнуться, что неизбежно приводит к массовым отключениям двигателей.

3. Устройства управления технологическим процессом. В наше время, устройства управления выполняются на микроконтроллерах и поэтому особо чувствительны к провалам напряжения. Допустимые провалы напряжения для таких устройств составляют: по напряжению $0,8 U_{ном}$ и

длительности до 0,02 с, после чего возникают сбои в программах управления. Реальная длительность провалов напряжения – доли секунды. Такие сбои неизбежно ведут к аварийным остановам технологических процессов [1].

Кратковременные нарушения нормального электроснабжения

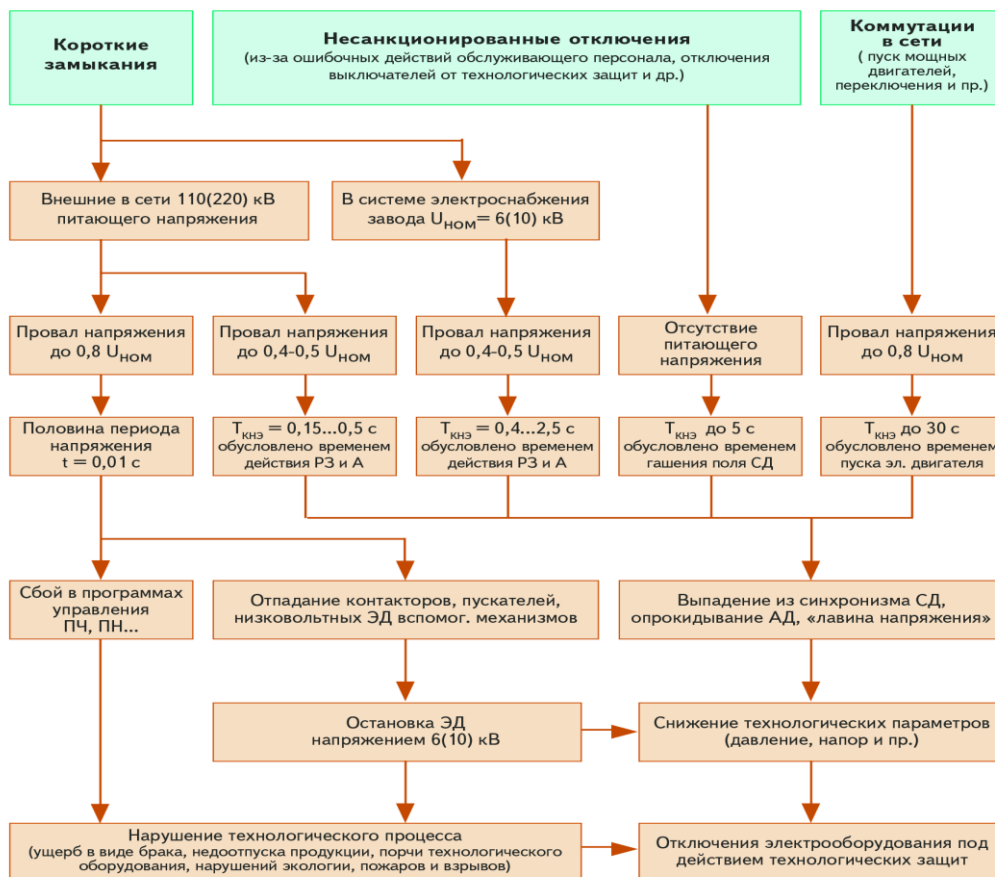


Рисунок 1 - Классификация кратковременных нарушений электроснабжения

В нормальных режимах электроприемники первой категории надежности должны быть обеспечены электроэнергией минимум от двух независимых источников питания, которые взаимно резервируются, а перерывы в их питании не превышают время автоматического восстановления питания.

Для отдельных групп электроприемников первой группы, предусматривается так же и дополнительное питание от независимого, взаимно резервирующего третьего источника питания.

Независимый источник питания – это такой приемник, все параметры которого в послеаварийном режиме принимают регламентированные значения, в то время, как другой источник не обеспечивает питания потребителя.[3]

К устройствам АВР предъявляются следующие требования:

1. Всегда находиться в готовности к действию и срабатывать при прекращении питания потребителей по любой причине и наличии нормального напряжения на резервном источнике питания;

2. Не допустить включения резервного источника на КЗ, линия рабочего источника должна быть отключена со стороны шин потребителей. Отключенное состояние выключателя контролируется при включении АВР;

3. Обладать однократностью действия для предотвращения многократного включения резервного источника на устойчивое КЗ;

4. Обеспечивать ускорение защиты после отработки АВР для быстрого отключения основного источника питания при включении на устойчивое КЗ (или запретить АВР в таком случае);

5. Иметь минимально возможное время срабатывания АВР для сокращения продолжительности перерыва питания потребителей и обеспечения успешного самозапуска электродвигателей;

6. Не допускать включения АВР при опасном снижении напряжения на резервном источнике;

7. Исключит опасные несинхронные включения синхронных электродвигателей и перегрузки оборудования;

8. Разрешать полное автоматическое восстановление доаварийного режима после восстановления питания на основном источнике [4].

2 Объекты и методы исследования

Объектом исследования является анализ влияния быстродействия АВР на устойчивость синхронной работы СД и ЭЭС в целом.

Для воспроизведения рассматриваемых в данном отчете нормальных и аварийных режимов и процессов СД насосов и РУ-142 в целом использовалась трехфазная схема моделирования, составленная на основе приведенной на приложении А однолинейной схемы РУ-142 и его электроснабжения.

Решение обозначенной задачи связано с наличием необходимой для этого информации, которую, ввиду неприемлемости полномасштабных натуральных экспериментов, можно получить только путем моделирования. Значительная сложность и громоздкость, а также временная и ресурсная затратность физического моделирования практически исключает его применимость для решения рассматриваемой задачи. В результате, единственным способом получения нужной для анализа информации оказывается главным образом математическое моделирование.

Для моделирования СД с учетом возбудителя с АРВ и нагрузки – насоса применялись уточненные динамические математические модели, для которых обычных справочных данных недостаточно, в связи с этим был сделан соответствующий запрос на завод – изготовитель. Часть характеристик является непосредственно параметрами рассмотренной математической модели, а другая служит исходной информацией для расчета остальных параметров модели, определяемых формулами.

Для моделирования аварийных процессов и оценки влияния быстродействия АВР на успешность самозапуска СД использовался всережимный моделирующий комплекс реального времени, предназначенный для получения, в том числе в реальном времени, достаточно полной и достоверной информации о непрерывном спектре нормальных и аномальных процессов в оборудовании и ЭЭС при всевозможных нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы.

Работа пользователей на ВМК РВ ЭЭС осуществлялась с помощью специализированного программного обеспечения сервера, установленного на серверном компьютере ВМК.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке конкурентоспособности и ресурсоэффективности научной разработки устройства быстродействующего автоматического ввода резерва различных типов, предназначенных для установки на шинах напряжением 10 кВ предприятия ООО «Томскнефтехим». Чтобы достичь поставленной цели необходимо решить следующие задачи: оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований, произвести планирование научно-исследовательских работ, определить бюджет научного проекта.

7.1 Анализ конкурентных технических решений

Целью анализа конкурентных технических решений является выявление сильных и слабых сторон проектируемого устройства, сравнение характеристик, описывающих качество разработки, ее перспективность, что позволит принять решение о целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Реконструкция данной составляющей автоматики приведет к улучшению стабильности работы предприятия и уменьшению экономических и материальных потерь в случаях перебоев подачи электрической энергии на предприятие.

Требования ведущих электроэнергетических компаний к качеству, функциональности и экономичности устройств автоматики повышаются ежедневно. Данный анализ позволяет вносить некоторые изменения в научное исследование с целью оказаться на шаг впереди оппонента, поэтому так важно трезво оценивать свои силы и силы конкурента.

Для сравнения различных типов устройств будем руководствоваться следующими критериями:

- Технические характеристики разработки
- Надежность разработки
- Удобство в эксплуатации
- Срок эксплуатации

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в Таблице 3. Сравним устройства БАВР двух разных производителей. В данном случае сравниваются устройства фирм «Таврида» (Б1, К1), «ЭКРА» (Б2, К2) и «АВВ» (Б3, К3).

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения устройств БАВР фирм «Таврида», «ЭКРА» и «АВВ»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
Технические критерии оценки							
Удобство в эксплуатации	0,2	4	3	3	0,8	0,6	0,6
Помехоустойчивость	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Энергоэкономичность	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Надежность	0,15	5	5	5	0,75	0,6	0,45
Уровень шума	0,02	3	2	3	0,06	0,02	0,02
Безопасность	0,05	5	5	5	0,25	0,2	0,2
Функциональная мощность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Простота эксплуатации	0,1	3	2	3	0,3	0,2	0,3
Качество интерфейса	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15

Продолжение таблицы 3

Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,01	2	2	1	0,04	0,03	0,01
Срок эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Послепродажное обслуживание	0,09	1	1	1	0,09	0,09	0,09
Итого	1	51	45	47	4,09	3,39	3,37

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

При анализе устройств, учитывая их технические и экономических показатели, были проведены необходимые расчеты с целью выявления наиболее подходящего оборудования. На основе сделанных вычислений, можно сделать вывод о наибольшей пригодности оборудования фирмы «Таврида», в том числе и как наиболее простого и удобного в эксплуатации.

Говоря о преимуществах микропроцессорных защит можно, в первую очередь, выделить следующие: кардинально меньшие габариты по сравнению с конкурентом, наличие постоянных самопроверок и самодиагностирования, низкие затраты на эксплуатацию, объединение множества функций различных защит в одном устройстве, управление, измерение, регистрация событий, возможность интеграции в АСУ ТП, быстрое изменение программы защит, для исправления проектных ошибок. Принимая во внимание совокупность всех преимуществ, можно быть уверенным в том, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами, а чаще даже ниже.

7.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов, такие как технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений и SWOT-анализ ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта.

Из-за того, что данный проект находится на начальной стадии рассмотрения путей решения существующей проблемы, появляется необходимость проведения анализа основанного на систематическом исследовании всевозможных вариаций комплектации данного оборудования. На предпроектной и начальной стадиях проведения научных исследований рекомендуется использовать морфологический подход.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.

Проблема заключается в обосновании правильности выбора оборудования для проведения реконструкции автоматического ввода резерва на более быстродействующий на шинах напряжением 10 кВ предприятия ООО «Томскнефтехим».

2. Раскрытие важных морфологических характеристик объекта исследования.

Для устройств БАВР данными характеристиками являются количество фаз, количество входов, алгоритм работы, критерий срабатывания, способ приведения в рабочее состояние и схемотехническое исполнение

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составлена морфологическая матрица 4.

Таблица 4 - Морфологическая матрица для блока БАВР

	1	2	3
А. Количество фаз	Однофазные	Трехфазные	Специальные
Б. Количество вводов	2 ввода	3 ввода	Нестандартное количество
В. Алгоритм работы АВР по отношению ко вводам	АВР с приоритетом первого ввода	АВР с равноценными вводами	АВР без возврата
Г. Критерий срабатывания АВР	Защита от снижения напряжения	Защита от превышения напряжения	Защита от нарушения чередования фаз и др.
Д. Приведение в рабочее состояние	Ручное включение	Автоматическое включение	Постоянно в рабочем состоянии
Е. Схемотехническое исполнение	АВР на тиристорах	АВР на контакторах	АВР на автоматических выключателях с электроприводами

Анализируя такой важный параметр, как схемотехническое исполнение можно говорить о следующих особенностях различных типов:

АВР на тиристорах. Из недостатков можно выделить тот факт, что при больших токах нагрузки тепловыделение тиристорных АВР может достигать нескольких киловатт (потребуется принудительная вентиляция или кондиционирование помещения электрощитовой). Стоимость тиристорных АВР примерно в два раза выше, чем стоимость электромеханических аппаратов той же мощности.

АВР на контакторах получили наиболее широкое применение благодаря низкой стоимости комплектующих. Имеют следующие особенности: отсутствие возможности ручного переключения при неисправности АВР, низкая ремонтпригодность, длительное время переключения, небольшое количество циклов срабатывания, вероятность залипания контактов контактора.

Электромеханические АВР на управляемых переключателях с электроприводом. Имеют следующие особенности: высокая ремонтпригодность, легкая сборка щита АВР, высокая надежность. Учитывая цели нашего проекта являются наиболее предпочтительными.

На основании морфологической матрицы для блока БАВР описываем возможные варианты решения поставленных задач и проблем с позиции наиболее желательных функциональных решений.

Таким образом, для данной матрицы предпочтительными параметрами являются следующие: А2Б2В1Г1Д2Е3[2].

7.3 Планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения данного научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой входит руководитель проекта (преподаватель) и инженер (студент-бакалавр). По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

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

Определение ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$:

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

Пример расчета:

– Руководитель – составление и утверждение технического задания:

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

$$T_p = \frac{t_{ожс}}{Ч} = \frac{4,2}{1} = 4,2 \text{ дн.}$$

– Инженер – изучение материалов и нормативных документов:

$$t_{ожс} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

$$T_p = \frac{t_{ожс}}{Ч} = \frac{7}{1} = 7 \text{ дн.}$$

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

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

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Суммарное количество выходных и праздничных дней в 2017 году составляет:

При шестидневной рабочей неделе – 66 дней;

При пятидневной рабочей неделе – 118 дней.

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

Допускается, что руководитель работает по шестидневной рабочей неделе, а инженер – по пятидневной.

Пример расчета:

– Руководитель – составление и утверждение технического задания:

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

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 4,2 \cdot 1,22 = 5,124 \approx 5 \text{ дн.}$$

- Инженер – подбор и изучение материалов и нормативных документов:

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

$$T_{\text{к}} = T_{\text{р}} \cdot k_{\text{кал}} = 7 \cdot 1,48 = 10,36 \approx 10 \text{ дн.}$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания	3		6		4,2		4		5	
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов		5		10		7		7		10
3	Выбор направления исследований	3		6		4,2		4	0	5	
4	Календарное планирование работ по теме	2		4		2,8		3		3	
5	Анализ исходных данных		5		10		7		7		10
6	Выбор схемы реконструкции релейной защиты РУ-142 «Томскнефтехим»		6		12		8,4	0	8		12

Продолжение таблицы 5

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длитель ность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительно сть работ в кален дарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни					
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
7	Моделирование работы БАВР на ВМК, расчет уставок.		10		15		12		12		18
8	Выбор оборудования – шкафа релейной защиты БАВР		2		4		2,8		3		4
9	Анализ и проверка выбранного оборудования		2		4		2,8		3		4
10	Доработка		3		6		4,2		4		6
11	Оценка эффективности полученных результатов	4		8		5,6		6			8
12	Социальная ответственность		3		6		4,2		4		6
13	Финансовый менеджмент		3		6		4,2		4		6
14	Составление пояснительной записки		5		10		7		7		10
Итого	Общее количество дней						календарных		107		
							рабочих		76		
	Время работы инженера						календарных		94		
							рабочих		59		
	Время работы руководителя						календарных		17		
рабочих							13				

На основании таблицы 5 построен календарный план-график, представленный на рисунке 26.

Дни № работ	29.02-02.03	03.03-12.03	13.03-15.03	18.03-20.03	21.03-02.04	03.04-15.04	16.04-03.04	04.04-07.04	08.04-11.04	12.04-18.04	19.04-26.04	27.04-02.05	0.3-05-09.05	10.05-20.05
	5	10	5	3	10	12	18	4	4	6	8	6	6	10
1	Р													
2		И												
3			Р											
4				Р										
5					И									
6						И								
7							И							
8								И						
9									И					
10										И				
11											Р			
12												И		
13													Р	
14														И

Рисунок 26 – Календарный план-график выполнения НТИ

(Исполнители: Р – руководитель, И – инженер)

Календарная продолжительность выполнения научно-технического исследования составит 107 дней.

При этом руководитель задействован в течение 17 календарных дней (из них 13 рабочих), инженер в течение 94 календарных дней (из них 59 рабочих).

7.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- Материальные затраты;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы
- Отчисления на социальные нужды;
- Амортизационные затраты;
- Накладные расходы.

7.4.1 Материальные затраты

В данном разделе представлены расходы на элементы, приобретаемые для проведения данного исследования.

Перечень и цена комплектующих, потребовавшихся в данном исследовании представлен в таблице 6.

Общая сумма материальных затрат на выполнение научно-технического исследования составила 1840 руб.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование товара	Цена за 1 шт., руб.	Количество шт.	Сумма, руб.
Диск DVD-RW 4.7Gb	120	10	1200
Бумага А4, 500 листов	215	1	215
Ручка шариковая	30	5	150
Карандаш	15	5	75
Ластик	25	2	50
Блокнот	75	2	150
Итого			1840

7.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В данной статье учитывается основная заработная плата научных работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов определяется исходя из трудоемкости работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Статья включает основную (в т.ч. премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 4.4);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\delta}} = \frac{33150,00 \cdot 10,4}{248} = 1390,16 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{\delta}) \cdot k_p = 17000,00 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150,00 \text{ руб.},$$

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

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

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

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_{δ} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала приведён в таблице 7.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные дни и праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени: отпуск и невыходы по болезни	51	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	219

Таблица 8 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$ руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ руб	$Z_{дн}$ руб.	$T_{р}$ раб.дн.	$Z_{осн}$ руб.
Руководитель	23100,00	0,3	0,2	1,3	33150,00	1390,16	13	24556,79
Инженер	17000,00	0,3	0,2	1,3	29005,18	1483,37	59	100025,21
Итого:								124582,00

7.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Чтобы учесть величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций, рассчитываем затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы.

Расчет дополнительной заработной платы производится по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 24556,79 = 3683,51 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 100025,21 = 15003,78 \text{ руб.},$$

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

7.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (24556,79 + 3683,52) = 7653,12 \text{ руб.};$$

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (100025,21 + 15003,78) = 31172,86 \text{ руб.},$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	24556,79	100025,21
Дополнительная заработная плата, руб.	3683,52	15003,78
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды	7653,12	31172,86
Сумма отчислений:	38825,98	

7.4.6 Амортизационные отчисления

Данные отчисления производятся для возмещения износа оборудования, приобретенного университетом для пользования студентами. В данную статью включаются затраты от 40 тысяч рублей. Стоимость необходимого программного обеспечения и оборудования приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Стоимость необходимого программного обеспечения и оборудования

№ п/п	Наименование	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Компьютер	1	45 000	45 000
2	Всережимный моделирующий комплекс Реального времени	1	350000	350 000
3	Программное обеспечение ВМК	1	150 000	150 000
Итого:				545 000

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

$$A = \frac{C \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{T_{\text{ср.служ.}} \cdot N_{\text{дн.}}} = \frac{500000 \cdot 18}{5 \cdot 365} = 4931,51 \text{ руб.}$$

где С - стоимость оборудования;

$N_{\text{дн. исп}}$ - продолжительность работ в календарных днях, в течение которых использовался программный комплекс.

$T_{\text{ср. служ.}}$ – срок службы оборудования;

$N_{\text{дн.}}$ - количество дней в году;

Рассчитаем также амортизационные отчисления, связанные с использованием компьютера со сроком службы 3 года.

$$A = \frac{C \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{T_{\text{ср.служ.}} \cdot N_{\text{дн.}}} = \frac{45\,000 \cdot 94}{3 \cdot 365} = 3863,01 \text{ руб.}$$

где - $N_{\text{дн. исп}}$ - продолжительность работ в календарных днях, в течение которых работал инженер.

Тогда сумма амортизационных отчислений:

$$A = 4931,51 + 3863,01 = 8794,52 \text{ руб.}$$

7.4.7 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.

Величина данных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 4.5.1} \div 4.5.5) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{амор}}) \cdot 0,16 = \\ = (1840 + 124582 + 18687,29 + 38825,98 + 8794,52) \cdot 0,16 = 30836,80 \text{ руб.},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно принять в размере 16%.

7.4.8 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

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-исследовательскую работу приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Бюджет затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты	1840,00	0,82
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей	124582,00	55,72
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	18687,29	8,35
4. Отчисления во внебюджетные фонды	38825,98	17,36
5. Амортизационные отчисления	8794,52	3,93
6. Накладные расходы	30836,80	13,79
Бюджет затрат НИИ (сумма ст. 1-8)	223566,59	100

7.5 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В данном разделе произведена оценка ресурсоэффективности научной разработки, т.к. определение финансовой эффективности не представляется возможным.

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Выбранные критерии оцениваются по 5-и бальной шкале. По данным оценкам рассчитывается интегральный показатель. По величине интегрального показателя производится анализ эффективности использования технического проекта.

Оценочные критерии для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Оценочные критерии проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
Удобство в эксплуатации	0,25	4
Помехоустойчивость	0,15	5
Надежность	0,2	5
Безопасность	0,1	5
Простота эксплуатации	0,2	3
Качество интерфейса	0,1	4
Итого:	1,00	4,25

Расчет величины интегрального показателя показал, что технический проект является ресурсоэффективным.

В ходе научно-технического исследования был произведён анализ нескольких конкурирующих между собой продуктов, а именно устройств БАРВ фирм «Таврида», «ЭКРА» и «АВВ». Были определены возможные альтернативы проведения научных исследований и произведено раскрытие важных морфологических характеристик объекта исследования

Осуществлено планирование научно-исследовательских работ группы, в состав которой входит руководитель проекта (преподаватель) и инженер (студент-бакалавр), определена трудоемкость выполнения научного исследования, построен календарный план-график. Календарная

продолжительность выполнения данного научно-технического исследования составит 107 дней.

Бюджет научно-технического исследования, включающий материальные затраты, заработную плату исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и прочие затраты на проектирование составил 223 566, 59 руб.

Произведенное научно-техническое исследование можно считать значимым. В ходе данной работы за счёт использования широкого спектра аналитических инструментов и расчетов была подтверждена конкурентоспособность устройства БАВР и доказан его высокий потенциал в сфере автоматизации электроэнергетических систем. Использование БАВР позволит повысить надежность и бесперебойность электроснабжения обратного водоснабжения и обеспечить успешный самозапуск СД РУ-142.