

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 140400 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетических систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка, изготовление и исследование работы включающего аппарата для схемы синтетических испытаний выключателей

УДК 621.316.542.027.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4A	Пятин Андрей Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лавринович В.А.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры Менеджмента	Потехина Н.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Экологии и безопасно- сти жизнедеятельности	Извеков В.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Электроэнергетических систем	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

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



Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Сулайманов А.О.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4A	Пятин Андрей Дмитриевич

Тема работы:

**РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ВКЛЮЧАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ СХЕМЫ СИНТЕТИЧЕСКИХ
ИСПЫТАНИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

Разработать, изготовить и провести исследование включающего аппарата, который предназначен для подключения силовоточного контура ГИТ к испытываемому объекту.

Требования к объекту:

- способность коммутации тока от 10 до 50 кА;
- время срабатывания не должно превышать 10 мсек;
- время заряда конденсаторов до 500 В не должно превышать 1 мин.;
- обеспечить отсутствие отброса контактов.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы по электрическим аппаратам и синтетическим испытаниям 2. Выбор и описание коммутационного аппарата 3. Расчет и моделирование основных параметров установки 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Старший преподаватель каф. Менеджмента Потехина Н.В.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Доцент каф. ЭБЖ Извеков В.Н.</p>
<p></p>	<p></p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Введение, обзор литературы, определение собственного времени включения и отключения коммутатора, заключение.</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Профессор кафедры ЭЭС</p>	<p>Лавринович В.А.</p>	<p>д.т.н., профессор</p>	<p></p>	<p></p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5AM4A</p>	<p>Пятин Андрей Дмитриевич</p>	<p></p>	<p></p>



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

Уровень образования – магистр

Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2016 г.	Основная часть	60
28.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
11.06.2016 г.	Социальная ответственность	10
14.06.2016 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор	Лавринович В.А.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	д.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
ОК-1	Способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
ОК-2	Способность к письменной и устной коммуникации на государственном языке: умению логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; готовностью к использованию одного из иностранных языков
ОК-3	Готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе
ОК-4	Способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных условиях и в условиях различных мнений и готовностью нести за них ответственность
ОК-5	Способность и готовность понимать движущие силы и закономерности исторического процесса и определять место человека в историческом процессе, политической организации общества, анализировать политические события и тенденции, ответственно участвовать в политической жизни
ОК-6	Способность в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, готовностью приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения
ОК-7	Готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции
ОК-8	Способность и готовность осуществлять свою деятельность в различных сферах общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм
ОК-9	Способность и готовность к соблюдению прав и обязанностей гражданина; к свободному и ответственному поведению
ОК-10	Способность научно анализировать социально значимые проблемы и процессы, готовность использовать на практике методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности
ОК-11	Способность и готовность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использовать компьютер как средство работы с информацией
ОК-12	Способность и готовность к практическому анализу логики различного рода рассуждений, к публичным выступлениям, аргументации, ведению дискуссии и полемики
ОК-13	Способность и готовность понимать и анализировать экономические проблемы и общественные процессы, быть активным субъектом экономической деятельности
ОК-14	Способность самостоятельно, методически правильно использовать методы физического воспитания и укрепления здоровья, готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<i>Профессиональные компетенции</i>	

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
ПК-1	Способность и готовность использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной области
ПК-2	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-3	Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ПК-4	Способность и готовность использовать нормативные правовые документы в своей профессиональной деятельности
ПК-5	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от последствий возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-6	Способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ПК-7	Способность формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией (публичной защитой);

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 125 страниц, 29 рисунков, 24 таблиц, 28 источников и 2 приложений.

Ключевые слова: СИНТЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПО ВЕЙЛЮ - ДОБКЕ, СИЛЬНОТОЧНЫЙ КОНТУР, КОММУТАЦИОННЫЙ АППАРАТ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВАКУУМНЫЙ СЕТЕВОЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ТИРИСТОР, ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ.

Целью работы является разработка, изготовление и исследование включающего аппарата для стенда синтетических испытаний выключателей. Основным элементом стенда синтетических испытаний выключателей является включающий аппарат, который предназначен для подключения сильноточного контура ГИТ к испытываемому объекту (например, вакуумный выключатель). Дополнительная функция коммутатора – возможность использования данного коммутатора в роли разъединителя для работы с вакуумным выключателем.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- 1) проектирование коммутационного аппарата (КА);
- 2) сборка КА;
- 3) выполнение конструктивного чертежа;
- 4) проектирование источника питания для заряда конденсаторов;
- 5) испытание включающего аппарата на коммутационную способность;
- 6) определение собственного времени включения и отключения аппарата.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 в соответствии с ГОСТ Р 1.5-2004, графический материал – в пакете S-PLAN и построение конструктивного чертежа в программе Autocad inventor. Работа представлена в распечатанном виде на листах формата А4 и на диске CD R (в конверте на обороте обложки).

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Коммутационный аппарат – аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или нескольких электрических цепях.

Тиристор — полупроводниковый прибор, выполненный на основе монокристалла полупроводника с тремя или более р-п-переходами и имеющий два устойчивых состояния:

«закрытое» состояние — состояние низкой проводимости;

«открытое» состояние — состояние высокой проводимости.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

ГИТ – Генератор импульсных токов;

КЗ – Короткое замыкание;

ПУ – Пульт управления;

КА – Коммутационный аппарат;

БУ – Блок управления;

БР – Блок регистрации;

КЗ – Короткое замыкание;

ВАХ – Вольт-амперная характеристика.

Введение

За последнее десятилетие производство высоковольтных аппаратов быстро развивалось. Достаточно указать, что токи отключения подстанционных выключателей удвоились и уже достигли 63 кА, а номинальные напряжения возросли до 1150 кВ., в результате чего получили дальнейшее стремительное развитие методы и схемы для синтетических испытаний на коммутационную способность, без применения которых не могут быть созданы высоковольтные выключатели на столь высокие параметры.

Наиболее важными видами испытания выключателей являются коммутационные испытания, в том числе такие как отключение токов короткого замыкания (КЗ), испытания на электродинамическую устойчивость при сквозных токах КЗ, испытания на включающую способность, на отключающую способность.

Данные испытания характеризуются большими токами КЗ (50 кА) и высоким уровнем напряжения (от 10 до 30 кВ). Испытательные установки должны обеспечить указанные параметры и имитировать режимы коротких сетевых замыканий.

В настоящее время для реализации коммутационных испытаний применяют синтетические методы испытания. При синтетических методах испытаний важнейшим вопросом является синхронизация включения токов КЗ и включения источников переходного восстанавливающегося напряжения. Их коммутация должна проходить в строгой временной последовательности и регламентируется стандартом (ГОСТ Р 52565 – 2006). В связи с этим, актуальным при проведении испытания на коммутационную способность является необходимость комплектования испытательных стендов высоковольтными, сильноточными коммутаторами. При испытаниях вакуумных выключателей длительность процесса испытаний находится во временном диапазоне 10-20 мсек. При этом точность передачи напряжения

должна быть в пределах 0,1-0,5 мсек. С этой целью используются тиристоры, воздушные разрядники и т.д.

Опыт эксплуатации синтетической схемы показал низкую эксплуатационную надежность тиристорных коммутаторов. Поэтому возникла необходимость создания сильноточного (50 кА) механического коммутатора, который бы мог работать автономно во время проведения испытаний, а также в комбинации с тиристорным коммутатором. Вместе они могут образовать гибридный коммутатор. В этом случае тиристорный коммутатор обеспечивает высокую точность включения, а механический коммутатор обеспечивает электродинамическую стойкость, а также, защиту тиристорного коммутатора от перенапряжений и высокой скорости изменения токов.

Целью работы является разработка, изготовление и исследование включающего аппарата, который предназначен для подключения сильноточного контура ГИТ к испытываемому объекту (например, вакуумный выключатель).

Основные задачи при проектировании включающего аппарата:

- 1) проектирование коммутационного аппарата (КА);
- 2) сборка КА;
- 3) выполнение конструктивного чертежа;
- 4) проектирование источника питания для заряда конденсаторов;
- 5) испытание включающего аппарата на коммутационную способность;
- 6) определение собственного времени включения и отключения аппарата.

Техническое задание

Спроектировать, разработать и провести исследования коммутационного аппарата, предназначенного для коммутации силовоточного контура ГИТ и испытуемого вакуумного выключателя.

Параметры коммутатора должны иметь следующие характеристики:

- 1) способность коммутации тока от 10 до 50 кА;
- 2) время срабатывания не должно превышать 10 мсек;
- 3) время заряда конденсаторов до 500 В не должно превышать 1 мин.;
- 4) отсутствие отброса контактов.

1. Обзор литературы

1.1 Синтетические испытания

В процессе горения мощной электрической дуги напряжение между электродами выключателя составляет лишь несколько процентов его номинального напряжения, в то время как после погасания дуги, когда между контактами выключателя восстанавливается высокое напряжение, остаточный ток в выключателе либо вовсе отсутствует, либо он незначителен (порядка сотых долей процента номинального тока отключения). Это дает возможность применить для испытания два источника относительно небольшой мощности, определенным образом синхронизированных между собой: источник большого тока малого напряжения и источник высокого напряжения малого тока. Основная задача, которая должна быть решена при создании синтетической схемы - это обеспечение эквивалентных испытаний, так как, только в этом случае результаты испытаний могут позволить достоверно судить о коммутационной способности испытуемых аппаратов. В течение длительного времени синтетические методы признаны в международной практике в качестве эквивалентных прямым методам испытаний выключателей высокого напряжения на коммутационную способность. Целью синтетических испытаний является наибольшая экономичность установок для коммутационных испытаний выключателей при соблюдении требований эквивалентности.

Одним из основных элементов синтетических схем является колебательный контур, который используется как источник большого тока малого напряжения (в ряде схем), и как источник высокого напряжения малого тока. Кроме того, колебательный контур используется непосредственно для прямых испытаний выключателей в качестве цепи большой реактивной мощности путем замены контуром испытательной цепи с ударным синхронным генератором.

В настоящее время предложено множество вариантов исполнения синтетических схем. Основными типами схем являются синтетические схемы с последовательным или параллельным наложением тока либо последовательным или параллельным наложением напряжения. В свою очередь эти виды схем имеют большое количество различных конструктивных вариаций, в зависимости от условия испытаний [3].

1.2 Синтетическая схема по Вейлю - Добке

Синтетическая схема предназначена для испытаний выключателей высокого напряжения на коммутационную способность. Синтетическая схема должна быть изготовлена в соответствии со схемой по Вейлю-Добке. Активное сопротивление контура формирования тока должно быть меньше не менее чем в 5 раз реактивного сопротивления данного контура. Параметры импульсов тока при испытании коммутатора с использованием синтетической схемы должны иметь следующие характеристики:

1. Форма импульсов тока должна соответствовать формуле $i=i_0\sin(2\pi vt)$, где $v=50 \pm 5$ % Гц для контура тока, t – время в секундах, i_0 должно регулироваться в пределах от 10 кА до 50 кА;

2. Значение di/dt при переходе тока через ноль должно совпадать для обоих контуров схемы;

Синтетическая схема должна быть укомплектована источниками питания, обеспечивающими зарядку всех емкостных накопителей двух контуров схемы до требуемых напряжений за время не более 10 минут.

Управление синтетической схемой должно быть автоматизировано. Синхронизация синтетической схемы с другими компонентами лабораторного комплекса должно осуществляться последовательностями TTL импульсов, управляемыми программным обеспечением.

Синтетическая схема должна быть изготовлена в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 4.2. по ГОСТ 15150-69.

1.3 Экспериментальный вакуумный сетевой выключатель

Экспериментальный вакуумный сетевой выключатель представляет собой вакуумную систему, состоящую из рабочей вакуумной камеры, оснащённой необходимыми для обеспечения функциональных характеристик компонентами, систему перемещения электрода вакуумного выключателя, систему получения высокого вакуума. Рабочая вакуумная камера должна иметь не менее 6 фланцев и 3 взаимно перпендикулярных оси, на каждой из которых расположены по 2 фланца, и плоскости фланцев параллельны друг другу. Внутренний диаметр камеры должен быть 200 ± 10 мм. Основные фланцы камеры должны иметь Ду-200 по ГОСТ 26526-85. Дополнительные фланцы вакуумной камеры и компонентов, к ней присоединённых, должны соответствовать ГОСТ 26526-85. При использовании фланцев в вакуумных насосах и вакуумной запорной арматуре должен быть обеспечен переход с фланцев в вакуумных насосах на фланцы по ГОСТ 26526-85 с использованием медных прокладок.

Рабочая вакуумная камера должна быть прогреваемой до температуры не менее 300°C . Все вакуумные уплотнения вакуумной камеры должны быть медными. Предельное давление остаточного газа должно быть не более 10-6 Па. Средства получения и поддержания вакуума должны быть устойчивы к механическим нагрузкам, возникающим при работе вакуумного сетевого выключателя среднего класса напряжений. Скорость откачки основного высоковакуумного насоса должна быть не менее 200 л/с. Рабочая вакуумная камера должна быть укомплектована цифровым полнодиапазонным вакуумметром на диапазон давлений не менее: от 0 до 10^{-7} Па. Рабочая вакуумная камера должна быть укомплектована не менее чем двумя кварцевыми окнами на базе фланцев Ду-100 по ГОСТ 26526-85, установленными на основных фланцах Ду-200 рабочей вакуумной камеры с использованием переходных фланцев с Ду-200 на Ду-100. Качество кварцевого стекла окон должно соответствовать ГОСТ 15130-86. Качество исполнения окон должно соответствовать ГОСТ 8.215-76.

Рабочая вакуумная камера должна быть укомплектована двумя высоковольтными электрическими вводами, рассчитанными на статическое напряжение не менее 40 кВ. Один из вводов должен быть сильноточным не менее 50 кА. Рабочая камера должна быть укомплектована электрическим вводом, выполненным на фланце Ду-35 по ГОСТ 26526-85, с числом контактов не менее 6 и с механизмом плоскопараллельного перемещения фланца с контактами в пределах расстояния не менее 50 мм. Рабочая камера должна быть укомплектована механизмом перемещения электрода вакуумного дугового промежутка. Диапазон перемещения электрода должен быть регулируемым в пределах от 0 до 15 мм. Перемещение должно происходить с постоянной скоростью, регулируемой в пределах от 0,7 до 1,5 м/с. Ресурс механизма перемещения электрода должен быть не менее 105 перемещений. Механизм перемещения должен иметь в своём составе линейный датчик перемещения, обеспечивающий индикацию положения электрода в реальном масштабе времени. Управление системой перемещения электродом должно быть автоматизировано. Синхронизация механизма перемещения с синтетической схемой должно осуществляться последовательностями TTL импульсов, управляемыми программным обеспечением. Экспериментальный вакуумный сетевой выключатель должен быть изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории размещения 4.2. по ГОСТ Р 15150-69.

1.6 Тиристоры

Тиристор — полупроводниковый прибор, выполненный на основе монокристалла полупроводника с 3-мя или более p-n-переходами и имеющий два устойчивых состояния:

- «закрытое» состояние – состояние низкой проводимости;
- «открытое» состояние – состояние высокой проводимости.

Тиристор можно рассматривать как электронный выключатель (ключ). Основное применение тиристоров — управление мощной нагрузкой с помощью слабых сигналов. Также тиристоры применяются в переключающих устройствах.

Существуют различные виды тиристоров, которые подразделяются, главным образом:

- по способу управления;
- по проводимости:
- тиристоры, проводящие ток в одном направлении (например, тринистор);
- тиристоры, проводящие ток в двух направлениях (например, симисторы, симметричные динисторы).

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) тиристора нелинейна и показывает, что сопротивление тиристора отрицательное дифференциальное. По сравнению, например, с транзисторными ключами, управление тиристором имеет некоторые особенности. Переход тиристора из одного состояния в другое в электрической цепи происходит скачком (лавинообразно) и осуществляется внешним воздействием на прибор: либо напряжением (током), либо светом (для фототиристора). После перехода тиристора в открытое состояние он остаётся в этом состоянии даже после прекращения управляющего сигнала. Тиристор остаётся в открытом состоянии до тех пор, пока протекающий через него ток превышает некоторую величину, называемую током удержания [4].

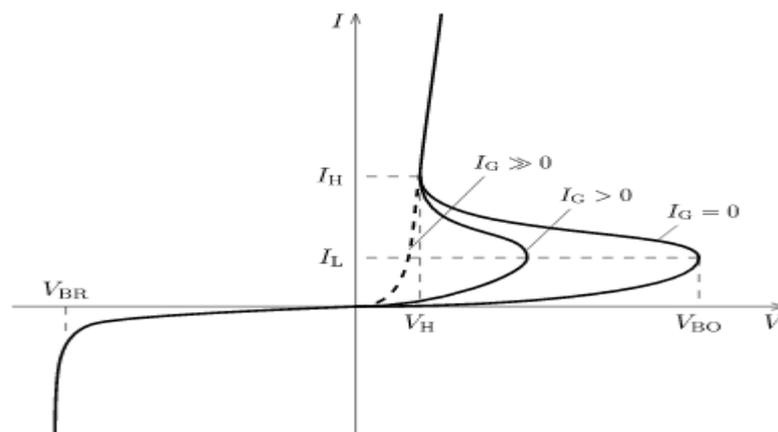


Рисунок 1.1 – Вольт-амперная характеристика (ВАХ) тиристора

На экспериментальном стенде использовался тиристор марки Т193-3200-36-71.



Рисунок 1.2 – Внешний вид тиристора

Основные допустимые значения параметров тиристора приведены в Таблице 1.1

Таблица 1.1 – Допустимые значения параметров тиристора

Буквенное обозначение и наименование параметра	Единицы измерения	Значение
Средний ток в открытом состоянии (I_{TAV})	А	3600
		540
Действующий ток в открытом состоянии (I_{TRMS})	А	5652
$(di_T / dt)_{crit}$		
Ударный ток в открытом состоянии (I_{TSM})	кА	72,0
		83,0

Продолжение таблицы 1.1

Защитный фактор (I^2t)	$A^2 \cdot c \cdot 10^3$	25920 34445
Максимальный прямой ток управления (I_{FGM})	А	12
Максимальное обратное напряжение управления (U_{RGM})	В	5
Максимальная рассеиваемая мощность управления (P_G)	Вт	5
Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии ($f = 1$ Гц), (di_T / dt) _{crit}	А/мкс	1000

Существует два фактора, способствующих выходу из строя тиристора:

1. Когда критическая скорость нарастания тока превышает максимально допустимую:

$$\frac{di}{dt} > \text{паспортное значение}$$

2. Когда обратное напряжение превышает допустимое:

$$\frac{du}{dt} > \text{паспортное значение}$$

В ходе эксплуатации было выведено из строя два тиристора марки Т193-3200-36-71 (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Вид сгоревшего тиристора в результате пробоя

Опыт эксплуатации синтетической схемы показал низкую надежность тиристоров. Тиристор выходил из строя в результате пробоя чрезмерно высоким для данного прибора обратным напряжением. Поэтому было принято разработать сильноточный включающий аппарат, который способен работать как отдельно, так и совместно с тиристорным коммутатором.

2. Выбор и описание установки и принцип работы

2.1 Принцип работы установки

На замену тиристорному был спроектирован и разработан коммутационный аппарат. Схему устройства мы видим на рисунке 2.2.

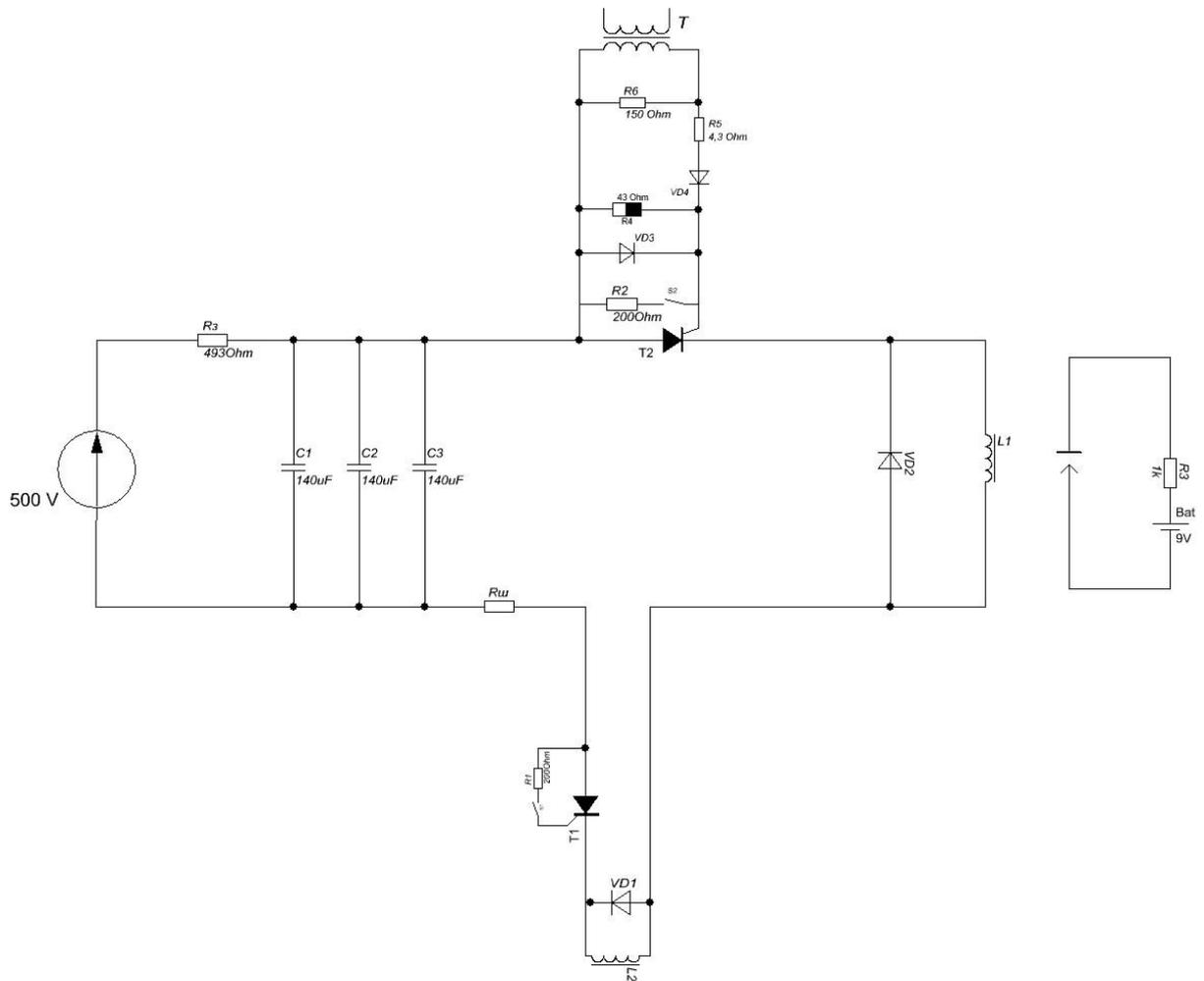


Рисунок 2.2 – Схема включающего аппарата

Источник питания заряжает конденсаторы до напряжения 500 В, в течении времени не более 1 минуты. Затем при нажатии кнопки <ПУСК> происходит передача накопленной энергии на катушку электромагнита L1 и сердечник втягивается в розеточный контакт. В результате происходит коммутация ГИТ и испытуемого выключателя.

При нажатии кнопки <СТОП>, через тиристор Т1 проходит сигнал на отключение и происходит передача энергии на катушку L2, которая вытягивает сердечник из контакта.

2.2 Технические параметры установки

- Напряжение питания - 220 В / 380 В;
- Максимальная потребляемая мощность - 6 кВт;
- Емкость конденсаторной батареи сильноточного генератора - 75 мФ;
- Максимальное зарядное напряжение конденсаторной батареи сильноточного генератора - 3 кВ;
- Максимальный импульсный ток сильноточного генератора - 50 кА;
- Длительность импульса сильноточного генератора - 10 мс;
- Минимальное число обслуживающего персонала - 2 чел.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители исследования

Основной причиной выхода из строя тиристоров на испытательном стенде является возвратное напряжение, в результате которого происходит пробой. Для предотвращения неплановых остановок было принято заменить тиристоры на включающий аппарат.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности разработанного метода с экономической точки зрения.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Провести анализ существующих методов обнаружения ЧР и планируемого рынка сбыта.
- Оценить конкурентоспособность инженерного решения;
- Разработать план и график по внедрению метода в эксплуатацию, составить бюджет затрат;
- Определить ресурсную эффективность разработанного метода.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что недостаточная оценка рынков сбыта производимой продукции является одной из главных причин несостоятельности многих проектов. Необходим глубокий анализ спроса на продукцию, которую предполагается выпускать, определить, в каких объемах и по какой цене его купят. Определив спрос, устанавливается максимальный объем производства, который предприниматель сможет осуществить с учетом своих потенциальных возможностей.

Анализ рынка

1. Тип рынка:

а) Основной рынок: заводы-изготовители электрических машин Томской области.

б) Потенциальный рынок: предприятия Западно-Сибирского и других регионов РФ.

2. Размеры рынка сбыта:

а) Географическая зона: город Томск, Томская область, Западно-Сибирский регион, выход на рынки РФ, возможный выход на зарубежный рынок (прогноз).

б) Прогнозируемые темпы роста рынка: растущий рынок (развитие отрасли, повышение спроса).

3. Целевые сегменты рынка:

а) Тип покупателей: промышленные предприятия, научно-исследовательские предприятия, предприятия оптовой и розничной торговли.

б) Характеристика покупателя – предприятия:

- по отрасли (электротехника);
- по текущему состоянию отрасли (устойчивая отрасль);
- по размеру (крупное предприятие свыше 300 человек);
- по типу производства (серийное);
- по потребности в оборудовании (замена изношенных приборов и устройств, модернизация техники).

4. Прогнозный объем продаж и его изменения, связанные с:

а) Временными колебаниями: цикличные колебания (обновление товара каждые 2-3 года, расширение номенклатуры); объем формируется в процессе заказов, зависит от потребности.

б) Формирующимися тенденциями потребления: стимулирование сбыта (индивидуальный подход к потребителям, гарантийное обслуживание,

скидки постоянным клиентам); проведение активной рекламы, участие в научных выставках и конференциях.

Анализ конкурентов

На территории Российской Федерации, а также за рубежом конкуренты отсутствуют.

Ценообразование

1. Тип рыночной ситуации и соответствующая ценовая политика:

Внедрение нового товара – установление максимально высокой цены, так называемой цены «снятия сливок».

Методы стимулирования продаж

1. Стимулирование потребителей:

а) Поставки товара для опытной эксплуатации в расчете на покупку крупной партии.

б) Участие в выставках-продажах, ярмарках.

с) Организация экскурсий на предприятие производителя.

2. Стимулирование сферы торговли.

Предоставление рекламных материалов.

Реклама

1. Реклама для успешного продвижения товара на рынок:

а) Информативная реклама – предназначена для ознакомления потенциального покупателя с товаром-новинкой, а также для снижения барьера недоверия к данному товару.

б) Избирательная реклама – ориентирована на определенный сегмент рынка (производителей электрических машин, трансформаторов).

с) Подкрепляющая реклама – цель, которой состоит не в том, чтобы убедить покупателя сделать покупку, а в том, что он поступил правильно, купив именно этот товар (данная продукция повышает надежность вашего оборудования).

2. Средство массовой информации, с помощью которого рекламируется продукция:

a) Рассылка рекламных писем-предложений отдельным покупателям, в основном производственным предприятиям.

b) Рекламные объявления в газетах и журналах, специализированных бюллетенях и отраслевых журналах, сайтах.

c) Издание рекламных буклетов, проспектов и брошюр.

d) Рекламные мероприятия (презентация товара, демонстрационные выставки).

3. Оптимальный размер расходов на рекламу в зависимости от типа выпускаемой продукции и отрасли:

Расходы на рекламу товаров производственно-технического назначения, как правило, не превышают 2-3% от объема продаж, так как имеет место прямой контакт с покупателем (выставки, журналы, визиты торговых представителей или менеджеров по сбыту).

4.1.2 SWOT – анализ

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на четыре категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы). Метод включает определение цели проекта и выявление внутренних и внешних факторов, способствующих её достижению или осложняющих его.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT-анализа

	Strengths (свойства проекта, дающие преимущества перед другими в отрасли)	Weaknesses (свойства, ослабляющие проект)
	<ol style="list-style-type: none">1. Уникальность продукции.2. Востребованность.3. Отсутствие конкурентов (нет аналогов в РФ и за рубежом).4. Низкая рыночная стоимость товара.5. Возможность проводить испытания доказывающие преимущества продукции.6. Возможность совершенствования технологий, улучшения качества продукции.7. Возможность участвовать в конференциях выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы.8. Тесное сотрудничество с производителем продукции.9. Разработки осуществляются при непосредственном участии ТПУ	<ol style="list-style-type: none">1. Не налажено массовое производство.2. Низкая информированность потенциальных потребителей.3. Пассивность целевой группы.4. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами.

Продолжение таблицы 4.1

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расширение круга клиентов, географической зоны. 2. Распространение рекламы. 3. Четко налаженные поставки. 	<p>Выход на новые рынки – репутация, гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, уникальность. Расширение производства – активная роль маркетинга, высокий профессионализм.</p>	<p>Низкая информированность – активная реклама. Низкая прибыльность, дополнительные издержки – выход на новые рынки.</p>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий уровень входа на рынок. 2. Появление конкурентов. 3. Ухудшение экономической ситуации и уменьшение целевой аудитории. 4. Ужесточение условий сертификации. 	<p>Появление новых конкурентов – гибкая ценовая политика, активная роль маркетинга, репутация, акции. Низкий уровень входа на рынок – возможность участвовать в конференциях, выставках, использовать интернет-ресурсы в целях рекламы. Ужесточение условий сертификации – содействие ТПУ.</p>	<p>Низкая информированность потенциальных потребителей – Низкий уровень входа на рынок. Появление конкурентов - повышенная рыночная стоимость товара. Ухудшение условий поставок – сокращение потенциальных потребителей.</p>

Таким образом, чтобы увеличить спрос на новый вид продукции, необходимо всесторонне информировать потенциальных клиентов путем проведения рекламных компаний. Нарботанная связь с поставщиками материала обеспечивает своевременное и гарантированное обслуживание.

4.2 Планирование научно-технического проекта

Для реализации проекта необходимо реализовать спектр задач, связанных с научными, техническими и экономическими проблемами.

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

4.2.1 План проекта

Наиболее удобным, простым и наглядным способом для составления списка проводимых работ является использование ленточного графика (график Гантта). Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ. Результаты приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Календарный план

Очередность работ	Наименование этапов	Продолжительность, День	Исполнители
1	Постановка целей и задач, получение ИД	15	Н.Р., Инж.
2	Составление и утверждение ТЗ	20	Н.Р.
3	Подбор и изучение материалов по тематике	30	Инж
4	Разработка календарного плана	7	Инж, Лаб.
5	Обсуждение литературы	7	Лаб.
6	Выбор структурной схемы устройства	15	Н.Р. Инж
7	Покупка оборудования	15	Н.Р. Инж

Продолжение таблицы 4.2

8	Эскизное проектирование	7	Инж
9	Изготовление экспериментального образца	39	Н.Р, Инж, Лаб

10	Техническое проектирование	30	Инж, Лаб.
11	Рабочее проектирование	30	Инж, Лаб
12	Изготовление опытного образца	30	Н.Р. Инж
13	Лабораторные испытания	7	Инж, Лаб.
14	Доработка и доводка опытного образца по результатам лабораторных испытаний	10	Н.Р. Инж
15	Выводы и предложения по теме	15	Н.Р. Инж
16	Завершающий этап	15	Лаб.
	Всего	292	

В работе задействованы: научный руководитель – Н.Р., инженер – Инж., лаборант (студент) – Лаб.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1.1)$$

где t_{min} -наименьшая продолжительность работы (при благоприятных условиях); $t_{min}= 180$ дней

где t_{max} -наибольшая продолжительность работы (при неблагоприятных условиях); $t_{max}= 360$ дней

По данным, приведенным в таблице 4.2, строим ленточный график продолжительности работ (рисунок 4.2.).

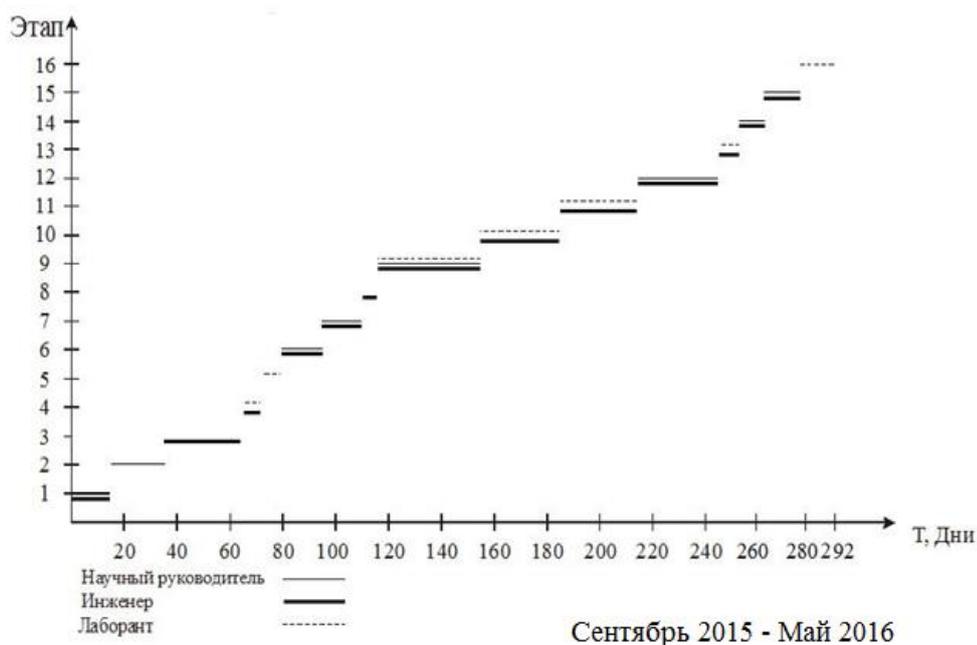


Рисунок 4.1. – График Гантта

Данный график отображает нам порядок работы и этапы, где работа выполняется совместными усилиями, а где отдельно.

4.2.2 Расчет затрат на проведение НИР

Материальные затраты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1 Микросхема	1	2 735	2 735
2 Ферриты	6	335	2 010
3 Измерительные приборы	2	150	300
4 Провод щеточный	100м	21	2 100
5 Комплекты крепежа (болты, гайки, шайбы)	15	200	3 000
6 Защитная сетка для турбомолекулярного насоса	1	4 800	4 800
7 Листы под установкой	1	5 500	5 500
8 Провод установочный с медными жилами	100м	25	2 500
9 Источник бесперебойного питания	1	6 400	6 400
10 Механический выключатель (разъединитель)	2	10 000	20 000
11 Диоды	2	6 550	13 100
12 Печатная плата	1	1 100	1 100
13 Клеммы	600	15	9 000
14 Медные шины	50м	80	4 000
15 Включающий аппарат	1	12 000	12 000
16 Источник напряжения Spellman 1200	1	37 300	37 300

Продолжение таблицы 4.3

17 Источник напряжения Spellman 600	1	28 400	28 400
Всего за материалы			154 245
Транспортно-заготовительные расходы (3%)			4 627
Итого по статье С _м			158 872

Таблица 4.4 – Стоимость оборудования и амортизационные отчисления

Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, руб.	Срок полезного использования	Амортизационные отчисления
2 Компьютер ПК	1	40 000	3	13 333
4 Осциллографы	5	351 373	8	43 922
5 Вакуумный насос	1	80 000	6	13 333
6 Вакуумная откачная станция	1	188 750	6	31 458
7 Спиральный форвакуумный насос	1	195 600	10	19 560
8 Магниторазрядный насос	1	155 800	10	15 580
9 Вакуумная камера (комплектация)	1	850 000	10	85 000
11 Защитный выключатель (вакуумный выключатель)	1	300 000	10	30 000
12 Высокоскоростная камера	1	8 000 000	10	800 000
Итого:		10 910 173		1 052 187

Определение заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.6.

Данная статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.1)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.2)$$

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

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 19);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (4.3)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней.

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	104	104
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	24	24
- невыходы по болезни	10	12	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	241	211	209

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.4)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,4;

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

В дополнительную заработную плату включена сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (12% от суммы основной заработной платы).

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.6

Таблица 4.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, 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.	$Z_{\text{доп}}$, руб.
Научный руководитель	27 484,86	0,3	0,4	1,3	60 742	1 520,44	241	366 426	43 971
Инженер	14 584,32	0,3	0,4	1,3	32 231	777,83	211	164 122	19 695
Лаборант	23 718,51	0,3	0,4	1,3	52 418	1 277,15	209	266 924	32 031
Итого:								797 472	

Тарифные ставки приняты на основании данных опубликованных в [<http://portal.tpu.ru/departments/otdel/peo/documents>].

Отчисления на социальные нужды

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:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.6)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (27,1%) т.е. пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.

Таблица 4.7 – Отчисления на социальные нужды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	366 426	43 971
Инженер	164 122	19 695
Лаборант	266 924	32 031
Коэффициент отчислений		27,1 %
Итого		242 049

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. Также сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.7)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов принимаем равным 80%.

$$НР = 0,80 \cdot (797\,472 + 95\,697) = 714\,535 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$Z_{\text{ээ}} = P \cdot T_p \cdot \tau, \quad (4.8)$$

где P - потребляемая мощность приборами, кВт;

T_p – время работы, часов;

τ - тариф на электроэнергию, $\tau=4,25$ руб/кВтч, с учётом НДС.

Таблица 4.8 - Потребляемая мощность агрегатов

Оборудование	Потребляемая мощность, кВт
ИП Spellman	2
Вакуумный насос	3
Моторы	4
Осциллографы	0,4
Освещение	0,25
Компьютер	1
Пульт управления и измерения ВН	1

Суммарная потребляемая мощность агрегатов составляет:

$$P_{\Sigma}=2+3+4+0,4+0,25+1+1=11,65 \text{ кВт}$$

Время работы агрегатов

$$T_p=31 \cdot 9=279 \text{ ч}$$

Получаем затраты на электроэнергию:

$$Z_{\Sigma}=11,65 \cdot 279 \cdot 4,25 = 13 \, 339,7 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат на научное исследование

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Бюджет затрат на НИ

Наименование статьи	Бюджет затрат	
	Рублей	%
1. Материальные затраты	158 872	5,33
2. Заработная плата	797 472	26,77
3. Отчисления на социальные цели	242 049	8,13
4. Амортизация оборудования	1 052 187	35,33
5. Затраты на электроэнергию	13 340	0,45
6. Накладные расходы	714 535	23,99
7. Бюджет затрат НИ	2 978 455	100

4.2 Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки. Сравнение разработанного метода было произведено с двумя ближайшими аналогами.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.9)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы.

Таблица 4.10 - Оценка ресурсной эффективности НИ

Критерии \ Объект исс-ия	Весовой коэффициент параметра	Испытание с тиристором	Испытание с коммутатором
Надежность работы	0,139	2	4
Габаритные размеры	0,184	5	5
Технические хар-ки	0,158	5	4
Ремонтопригодность	0,186	2	5
Простота изготовления	0,222	4	5
Простота обслуживания	0,111	3	5
ИТОГО	1	3,5	4,67

В ходе проделанной работы был выполнен анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Определена структура работ, а также произведено распределение исполнителей. Сумма бюджета затрат НИИ составила 2 978 455 рублей. В бюджет входят: материальные затраты, заработная плата, отчисления на социальные цели, накладные расходы. Самые большие отчисления (35,33%) приходятся на амортизацию оборудования. С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в магистерской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,67).