

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Генератор высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником

УДК 621.316.933

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т61	Небыльцов Никита Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мартемьянов С.М	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Плазменно-пучковые и электроразрядные технологии	Жгун Дмитрий Владимирович	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения профессиональные и общекультурные компетенции по основной образовательной программе подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные</i>	
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем.</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области

Код результата	Результат обучения
	<i>электроэнергетики и электротехники.</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники.</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Д.В. Жгун

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Т61	Небыльцов Никита Владимирович

Тема работы:

Генератор высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 59-65/с от «28» февраля 2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

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>	<p>Параметры высоковольтного импульсного генератора</p>
---	---

<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>	<p>Моделирование и компоновка высоковольтного импульсного генератора с управляемым трехэлектродным разрядником</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент</i></p>	<p>Кашук Ирина Вадимовна, доцент</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна, ассистент</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Мартемьянов Сергей Михайлович</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4Т61</p>	<p>Небыльцов Никита Владимирович</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту

Группа	ФИО
4Т61	Небыльцову Никите Владимировичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Генератор высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является генератор высоковольтных импульсов. Рабочее место инженера-проектировщика.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Вредные факторы - Превышение уровня шума - Недостаточная освещенность рабочей зоны Опасные факторы - Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования - Электрический ток - Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов
3. Экологическая безопасность:	- воздействие на литосферу - воздействие на гидросферу - воздействие на атмосферу
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные виды ЧС: Возгорание и пожар

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП ТПУ	Черемескина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т61	Небыльцов Никита Владимирович		

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

Студенту

Группа	ФИО
4Т61	Небыльцов Никита Владимирович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: -определение трудоемкости работ; -определение структуры работ; -разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы; - амортизационные отчисления.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Гантта
4. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т61	Небыльцов Никита Владимирович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы: отделение материаловедения

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01/04/20	Литературный обзор	20
01/05/20	Расчетно-конструкторская часть	30
15/05/20	Экспериментальная часть	30
29/04/20	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
15/04/20	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Мартемьянов С.М.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Жгун Д.В.	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Генератор высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником» содержит 72 страниц, 25 рисунков, 18 таблиц, 27 источников.

Ключевые слова: Генератор, разрядник, импульсный, моделирование, компоновка, схема.

Объектом исследования является генератор высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником. Проведена примерная оценка себестоимости проекта, определен вес заработной платы руководителя и инженера в работе в целом. Область применения: генератор предназначен для обработки золошлаковой пульпы, которая остается после сжигания угля. Здесь используется электрогидравлический эффект, и ударная волна изменяет свойства золошлаковых частиц, которые после высушивания будут использованы как сорбент.

Оглавление

Введение.....	13
1 Высоковольтные импульсные генераторы и их компонентная база.....	14
1.1 Применение высоковольтных импульсных генераторов	14
1.2 Основные схемы высоковольтных импульсных генераторов	14
1.2.1 Генераторы импульсных напряжений, выполненные по схеме Аркадьева-Маркса.....	14
1.2.2 Генераторы с последовательным соединением формирующих линий.....	20
1.2.3 Магнитные генераторы мощных импульсов	22
1.3 Виды газовых разрядников	25
2. Моделирование схемы генератора	32
2.1 Разработка модели генератора	32
2.2 Диаграмма работы генератора	34
3. Выбор компонентов схемы генератора.....	36
4. Социальная ответственность.....	38
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	39
4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	39
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	40
4.2. Производственная безопасность	41
4.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов, который может создать объект исследования.	42
4.3 Экологическая безопасность	44
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	45
Выводы по разделу.....	48
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений	49
5.1.2 SWOT-анализ.....	51
5.2 Планирования научно-технического исследования	53
5.3. Формирование бюджета затрат на проектирование	57
5.3.2 Затраты на специальное оборудование для НИР	58
5.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	60
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
5.3.5 Накладные расходы.....	63
5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	65
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66

Выводы по разделу:	68
Заключение	69
Список литературы	70

Введение

Моя работа посвящена проектированию генератора высоковольтных импульсов, который использует емкостный накопитель в качестве источника энергии импульса, и управляемый газовый разрядник в качестве выходного коммутатора. Для достижения этой цели пришлось разработать модель схемы в программе LTSpice, получить диаграммы работы схемы и убедиться в ее работоспособности, а также подобрать реальные компоненты для схемы генератора.

1 Высоковольтные импульсные генераторы и их компонентная база

1.1 Применение высоковольтных импульсных генераторов

Высоковольтные генераторы малой мощности используются для обнаружения неисправностей, в фотоэлектронных аппаратах и датчиках ионизирующего излучения. Кроме того, их также применяют для электроимпульсного разрушения твердых тел, получения ультрадисперсных порошков, синтеза новых материалов, для запуска газоразрядных источников света, при электроразрядной диагностике материалов и изделий, получении газоразрядных фотографий по методу С. Д. Кирлиан, тестировании качества высоковольтной изоляции. В быту подобные устройства находят применение в качестве источников питания для электронных ловителей ультрадисперсной и радиоактивной пыли. Условно мы имеем в виду высоковольтные генераторы для приборов с напряжением выше 1 кВ.

1.2 Основные схемы высоковольтных импульсных генераторов

1.2.1 Генераторы импульсных напряжений, выполненные по схеме

Аркадьева-Маркса

Генератор Маркса — это импульсный генератор высокого напряжения, принцип действия которого достигается параллельной подачей электрического тока (через резисторы) на конденсаторы, которые затем заряжаются попеременно с опорой на различные коммутационные аппараты (например, разрядники перенапряжений или тригatronы). Таким образом, выходная мощность увеличивается пропорционально количеству подключенных конденсаторов. После зарядки конденсаторов генератор обычно запускается после срабатывания первого молниеотвода (обозначенного на рисунке как триггер). После этого триггер запускает разрядники перенапряжения, заставляя все зарядные устройства срабатывать почти одновременно, чем и производится последовательное соединение заряженных конденсаторов. Генераторы Маркса позволяют получать импульсные напряжения от 10 киловольт до 10 мегавольт. Частота импульсов, генерируемых генератором Маркса, может изменяться в зависимости от того, какая мощность у генератора и может быть несколько единиц импульсов в час, так и до десятков герц. Энергия в импульсе генераторов Маркса так же сильно изменяется (от дециджоулей до 10 мегаджоулей).

Серия конденсаторов (в общем случае n) комбинированной емкости произвольно параллельна и заряжена напряжением U_0 резистора нагрузки R_0 и резистора R_1 общего источника напряжения неизменного тока. В итоге

конденсаторы комбинируются попеременно, а на выходе выходит напряжение nU_0 . [1]

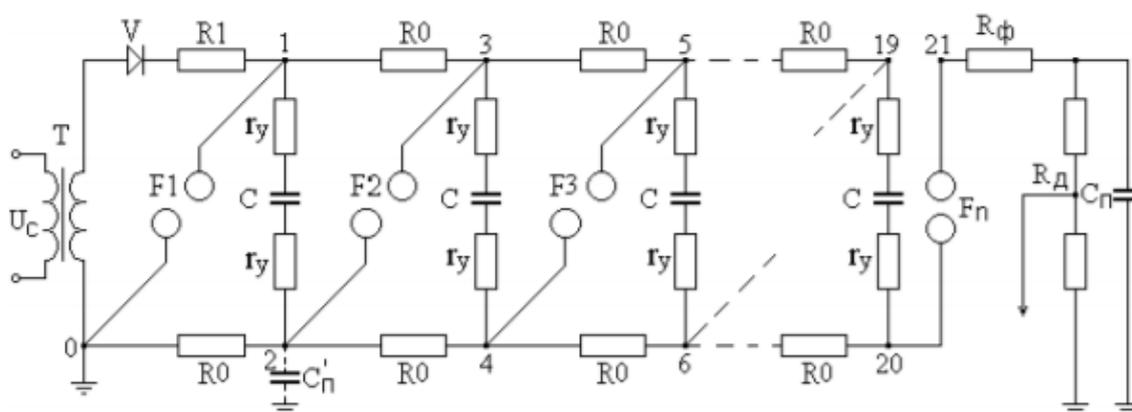


Рис 1. Общая схема ГИН

Схема цепи разряда генератора показана на рис. 2, где $C_0 = C / N$ - емкость в "ударе", $U = U_0 n$ - выходное напряжение; n - число ступеней ГИН; R_I - сопротивление выключателя искры; R_D - демпфирующие резисторы; R_N и S_N - активное сопротивление, а K - источник.

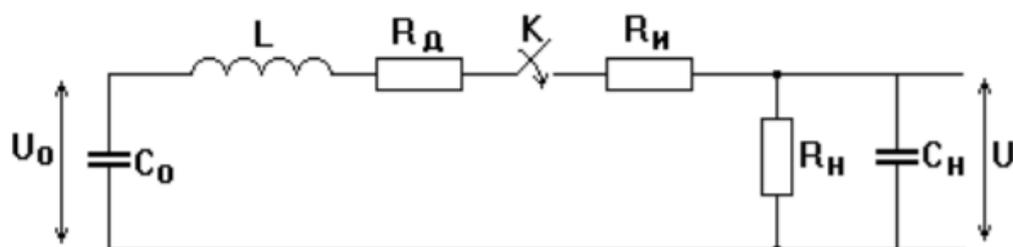


Рис.2. Разрядная схема ГИН емкость нагрузки

В основном для обратного токопровода генератора Аркадьева - Маркса применяются стенки бака, в котором он находится [2].

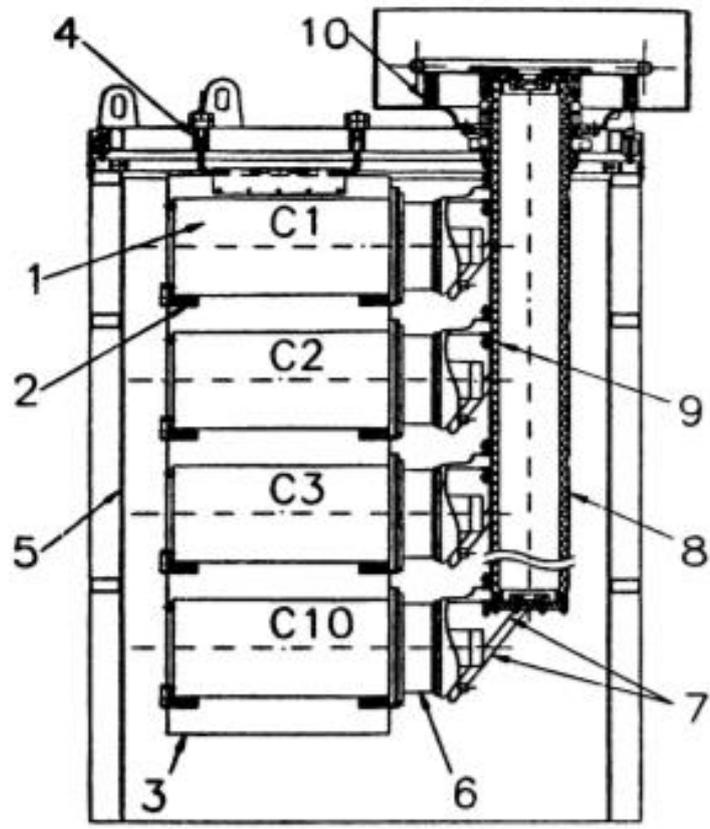


Рис. 3. Генератор Аркадьева-Маркса с токопроводом в виде коаксиальной линии

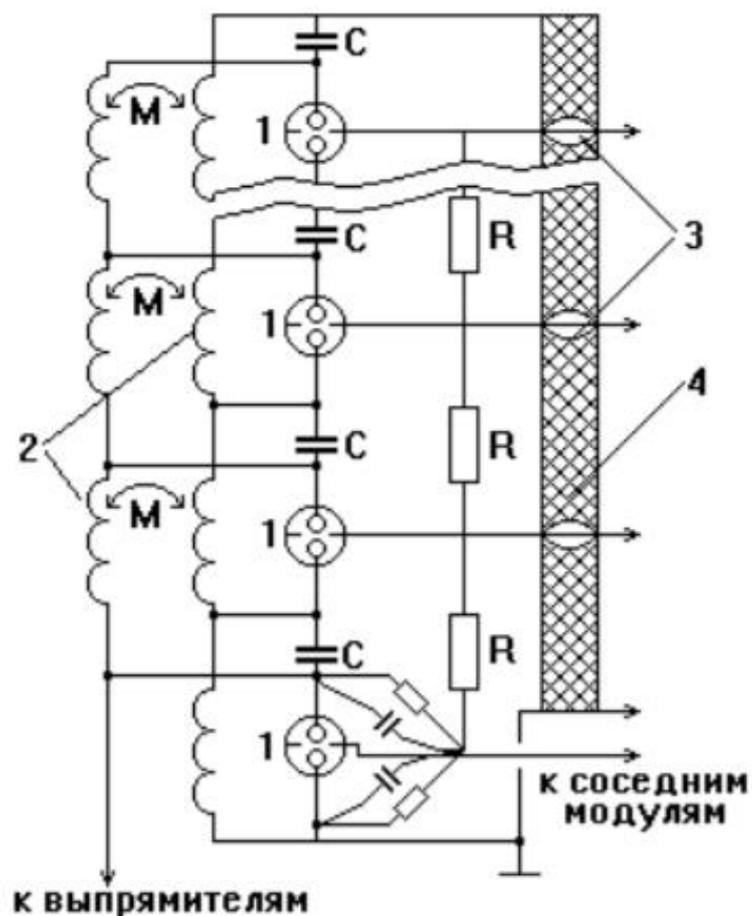


Рис.4. Схема одного из параллельных модулей ГИН: 1 – разрядники; 2 – зарядные катушки; 3 – градиентные кольца; 4 – изолятор; R – резисторы связи
C – конденсаторы

Описанный в [5] 14-ступенчатый генератор Аркадьева-Маркса на воздушных разрядниках, в котором высокое перенапряжение на разрядниках обеспечивается последовательным включением «земляных» зарядных сопротивлений через 3 каскада.

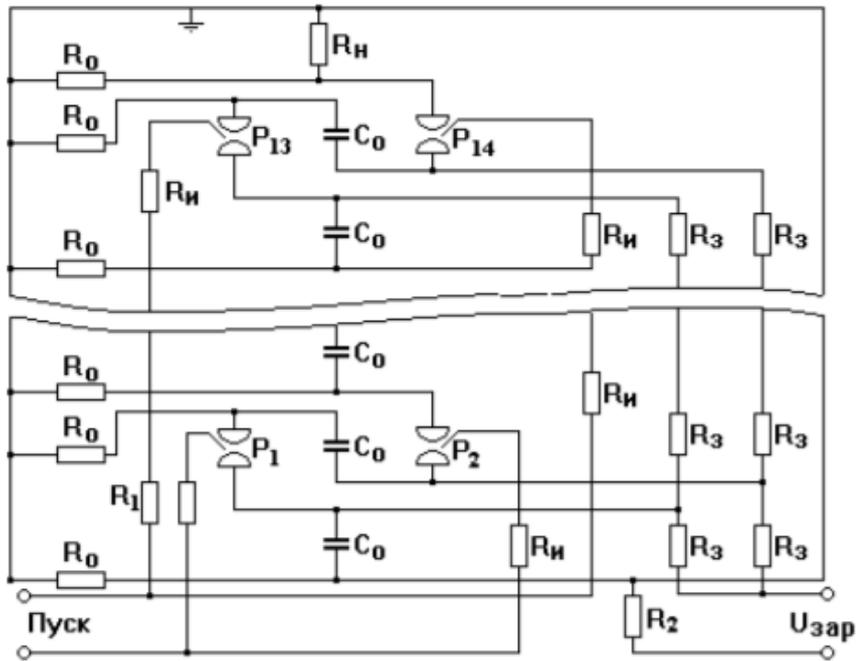


Рис.5. Принципиальная электрическая схема генератора импульсных напряжений

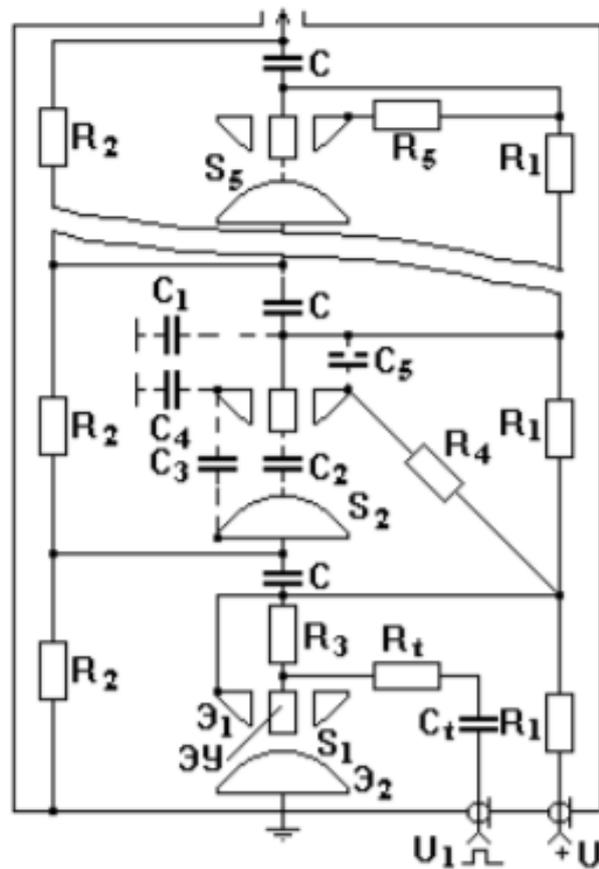


Рис.6. Принципиальная схема генератора импульсных напряжений

В мощных электрофизических установках применяются системы идентичных высоковольтных генераторов импульсов (ГЭС), параллельных

или синхронизированных, умножающих напряжение по методу Аркадьева-Маркса [2].

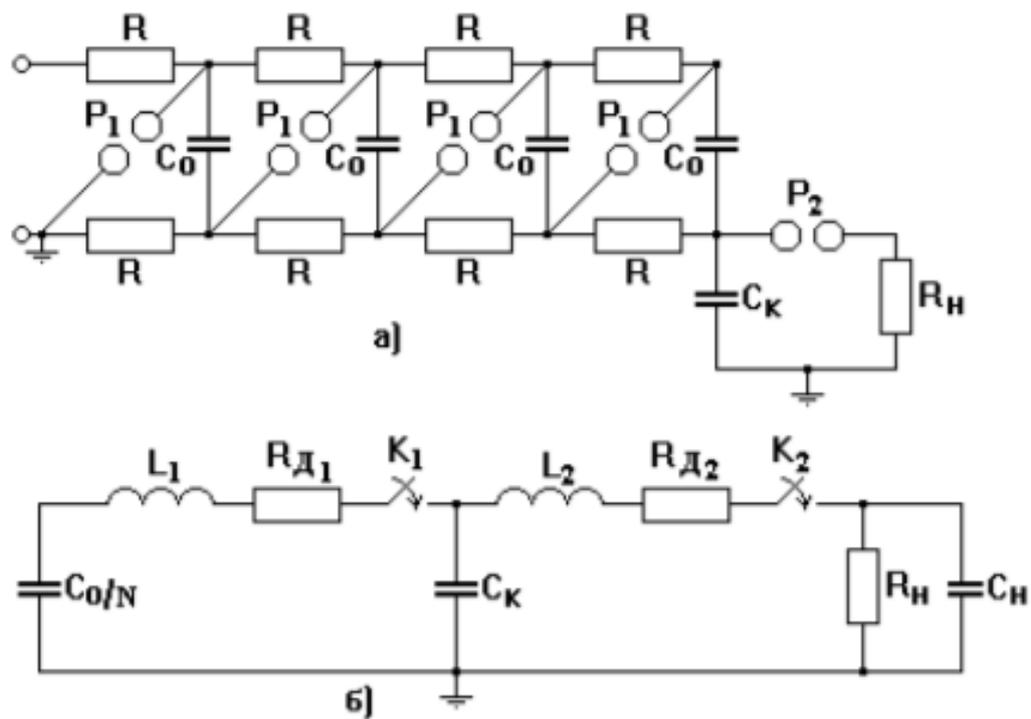


Рис. 7. Принципиальная схема ГИН (а) и разрядная схема (б)

1.2.2 Генераторы с последовательным соединением формирующих линий

Схема Введенского [6] может быть использована для генерации высоковольтных наносекундных импульсов. В нем концы экранов кабельной линии, образующей волновое сопротивление, соединены между собой. Концы лестницы соединены с одной стороны с нагрузкой R_H , с другой стороны с соответствующим сопротивлением R_C .

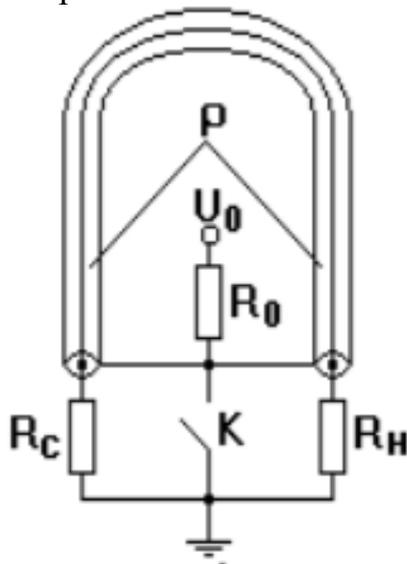


Рис 8.Схема Введенского

На основе этой схемы авторами [6] разработан генератор биполярных импульсов длительностью $\tau = 3,5$ нс, амплитудой $U = \pm 100$ кВ и частотой следования 100 Гц. Схема генератора приведена на рис. 11. Импульс напряжения зарядки формирователя 7 длительностью 10нс вырабатывается источником, состоящим из накопительного конденсатора C емкостью 0,25мкф, тиратрона L (ТГИ1-270/12), трансформатора Тесла с встроенной формирующей линией и обостряющего разрядника $P1$.

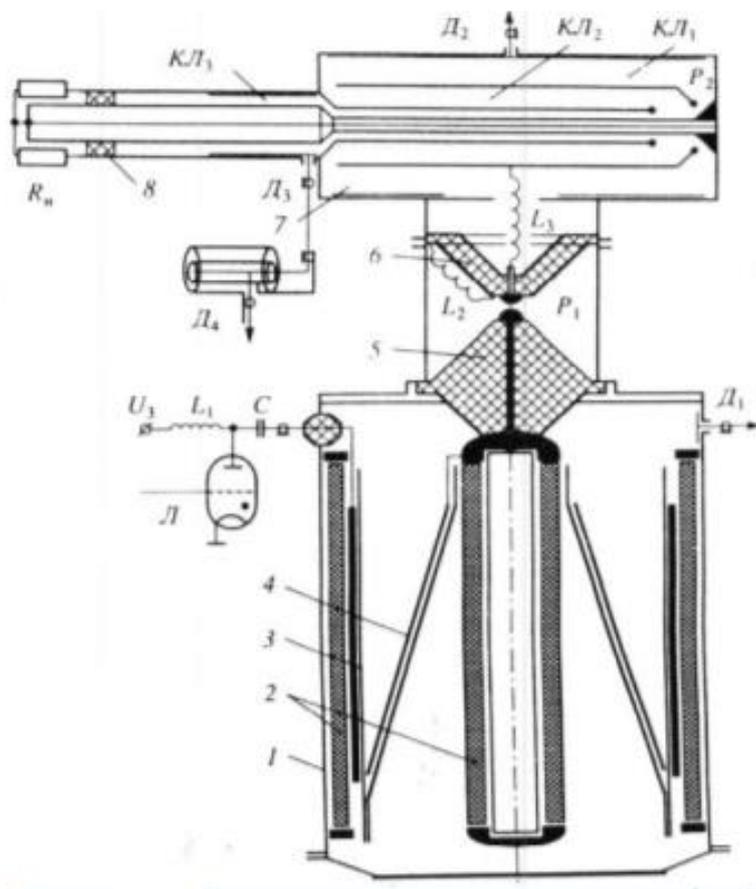


Рис. 9. Генератор высоковольтных биполярных импульсов

Трансформатор Тесла помещен в цилиндрический корпус 1 в газовой среде под давлением 1 МПа и имеет открытый сердечник 2, первичную обмотку 3 и вторичную обмотку 4. Центральная и наружная части магнитопровода являются одновременно проводниками образующей линии. Разрядник P1 изготавливается в среде N2 под давлением 2 МПа. Форма 7 выдает биполярный импульс, выходной изолятор 8. Две внешние коаксиальные линии КЛ1 и КЛ2 аналогичны линии визуализации. 3, а линия КЛ3 - это линия передачи импульса, сформированного на нагрузке. Линии КЛ1 и КЛ2 и правая часть линии КЛ3 расположены друг в друге, так что внутренний проводник одной линии является внешним проводником другой. Соотношение диаметров D и d проводников выбирается из условия $D / d = 2,3$ для равенства трех волновых резисторов, $\rho = 50$ Ом и их согласования с нагрузкой. Общий потенциальный проводник соединен с корпусом с помощью встроенного разрядника P2. Внутренний объем формирователя заполняется N2 под давлением 3,5 МПа. Общий проводник линий КЛ1 и КЛ2 заряжается через индуктивность L3 импульсом отрицательной полярности до напряжения самопробоя $-U_0$ разрядника P2. После срабатывания разрядника в линии КЛ1 напряжение падающей волны составляет $+U_0$, а в линиях КЛ2 и КЛ3 соответственно $+U_0 / 2$ и $-U_0 / 2$. длительность фронта определяется параметрами коммутатора и конфигурацией прилегающего участка линии. При одинаковых электрических длинах линий, образующих КЛ1 и КЛ2, длительность отрицательного импульса равна суммарному времени задержки

сигнала в этих линиях. После этого на вход КЛЗ поступает волна напряжения $+ U_0$, складываясь с предыдущей волной $-U_0 / 2$, вызывает появление положительного импульса КЛЗ $+U_0 / 2$. В этом случае из-за равенства линий сопротивления КЛЗ Волна и КЛ2 Волна, отраженная от линии КЛ2, не приходит. Волна напряжения амплитудой $+ U_0 / 2$, которая сначала распространяется на КЛ2, а затем КЛ1, поступает в клетку КЛ1 и меняет знак на $-U_0 / 2$. Если пройти через линии КЛ1 и КЛ2 и дойти до входа КЛ3, то образуется уменьшение положительного импульса. После этого линии КЛ1 и КЛ2 разряжаются, и переходный процесс заканчивается [15].

1.2.3 Магнитные генераторы мощных импульсов

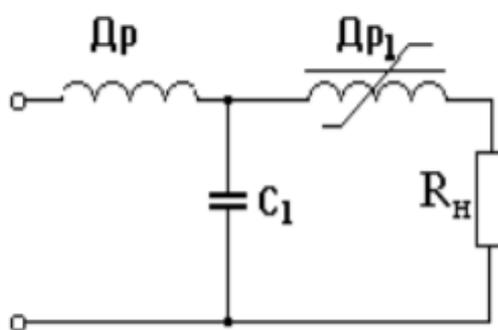


Рис 10. Схема однозвенного генератора

Магнитный поток вместе с зарядом C_1 будет увеличиваться до тех пор, пока не достигнет значения F_S , при котором сердечник переходит в диапазон насыщения. В области насыщения напряженность поля уже не ограничивается величиной H_S , а тип процесса определяется крутизной свойства намагничивания, то есть величиной индуктивности в насыщенном состоянии. Если эта индуктивность значительно меньше индуктивности зарядного дросселя, то конденсатор будет быстро разряжаться на нагрузку. Дроссель с насыщающимся сердечником играет ключевую роль в магнитном генераторе. В ненасыщенном состоянии ток через дроссельную обмотку должен быть минимальным, в насыщенном состоянии желательно иметь как можно меньшее напряжение на обмотке. Чем глубже насыщение сердечника, тем ближе свойство дросселя к идеальному ключу. Если магнитный генератор питается от источника переменного напряжения и не содержит других нелинейных элементов, кроме коммутационного дросселя, то после разрядки конденсатора его заряд начинается с тока в противоположном направлении, намагничивающего сердечник в противоположном направлении [7]. В результате заряда поступают импульсы альтернативной полярности.

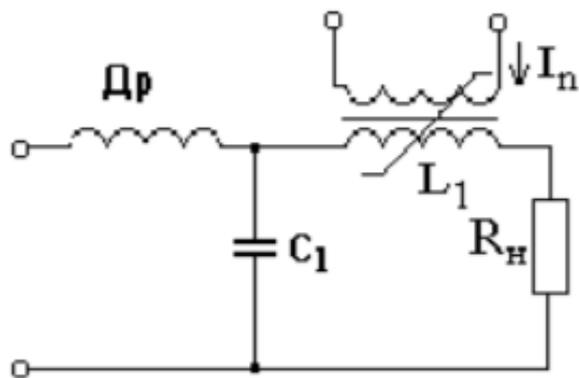


Рис 11. Схема генератора с подмагниченным дросселем

Схема магнитного генератора, питаемого источником постоянного напряжения, обязательно должна содержать по крайней мере один управляемый ключ, например тиристор, чтобы можно было преобразовывать постоянный ток в периодический переменный ток. Обычно тиристоры используются в качестве управляемых ключей в магнитных генераторах.

Тиристоры могут располагаться не только в зарядной цепи, но и в разрядной цепи конденсатора. В этом случае они образуют соединение с конденсатором, с управляемым ключом. Основным элементом, общим для всех схем магнитных генераторов, является соединение, содержащее конденсатор и индуктор (трансформатор) с ферромагнитным сердечником (рис. 14).

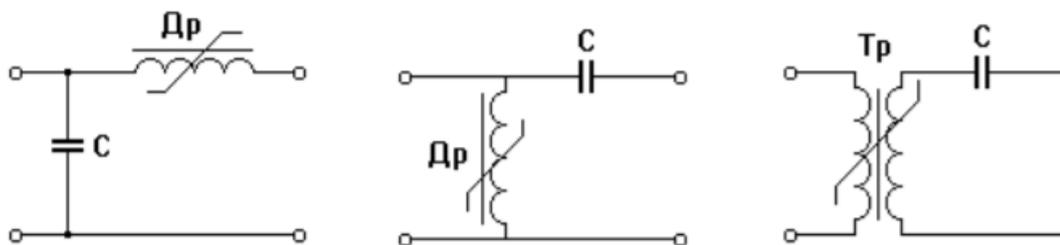


Рис 12. Схемы магнитного генератора

На практике наиболее часто применяются комбинированные схемы генераторов, содержащие звенья того и другого типа (рис.15).

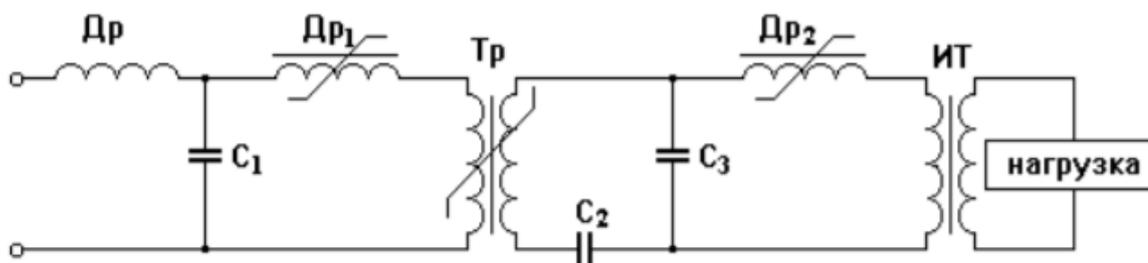


Рис 13. Комбинированная схема генератора

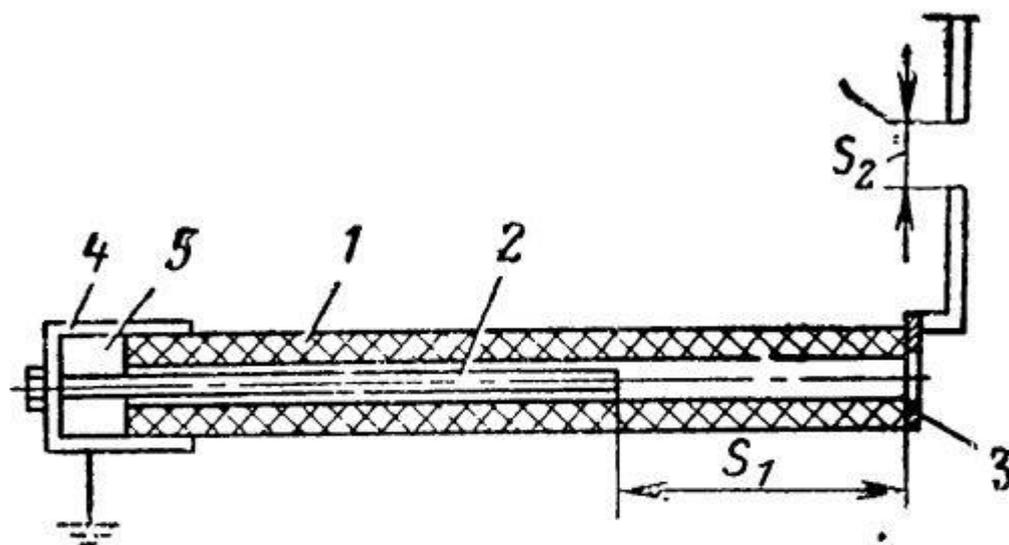
В магнитных связях импульсы сжимаются с течением времени, в результате чего мощность импульса увеличивается и в то же время сохраняется энергия.

Магнитные компрессионные связи получают энергию для образования импульсов, поступающих либо из сети переменного тока, либо из источника импульсов, который может быть выполнен на тиристорах или тиратронных элементах. Основное преимущество устройств с магнитными соединениями по сравнению с генераторами, использующими искроуловители, заключается в том, что они могут работать постоянно и надежно на одной частоте. Однако магнитные генераторы одинаковой мощности в 1,5–2,2 раза больше, чем генераторы на искроуловителях [8].

1.3 Виды газовых разрядников

Устройство будет использоваться при генерации управляющего импульса для запуска трехэлектродного разрядника. В электрических сетях часто возникают всплески импульсного напряжения, вызванные различными причинами: коммутационными устройствами, атмосферными разрядами и другими причинами. Независимо от того, что эти скачки считаются краткосрочными, у вас есть все шансы вызвать пробой изоляции со следующим коротким замыканием. Одним из методов предотвращения негативных результатов может быть введение более надежной изоляции, но этот метод значительно увеличивает стоимость установки. Поэтому оптимальным вариантом являются разрядники, назначение которых зависит от сферы их применения. Основная функция этих устройств заключается в ограничении перенапряжений в электрических сетях и установках. В простейшем варианте конструкции герметичная керамическая трубка заполнена инертным газом с обоих концов металлического электрода. Высокочастотные устройства защищены не только громоотводом, но и разрядниками. Каждый из них состоит из двух основных частей – электродов и устройства для гашения дуги. Один из электродов устанавливается в защищаемую цепь, а другой заземляется. Между ними образуется пространство, известное как искровой промежуток. Когда напряжение достигает определенного значения, происходит пробой искрового промежутка между двумя электродами. Это устраняет перенапряжение участка цепи, подлежащего защите. Основным техническим требованием к разряднику является определенная степень гарантированной электрической прочности в условиях промышленной частоты. То есть при нормальной работе сети разрядник не должен пробиваться. После пробоя в действие вступает дугогасительное устройство. Под действием импульса увеличивается ионизация искрового диапазона, при этом нарушается фазное напряжение, действующее в нормальном режиме. Это вызывает короткое замыкание и срабатывание защитных устройств в этой области. Основной задачей дугогасительного устройства является только быстрое снятие цепи до срабатывания защитного оборудования. Широко применяется конструкция газовых разрядников. Они состоят из коаксиального элемента с небольшим расстоянием разряда и патрона с выходом на землю. Между ними установлен разрядный элемент в виде таблетки, заключенной в стеклянную или керамическую чашу и снабженной электродами с каждой стороны. Внутреннее пространство оболочки заполнено газом-аргоном или неоном. При перенапряжении срабатывает защита: под действием высокой температуры в разряднике происходит резкое снижение сопротивления. После этого образуется дуговой разряд с напряжением около 10 вольт.

Каждый из этих разрядников будет оборудован собственным заземлением, иначе они будут бесполезны. Во всех разрядниках перенапряжения центральный сердечник коаксиального кабеля и первый электрод соединены друг с другом. Второй электрод соединен с заземленным защитным кожухом. Когда высокий импульс и высокое напряжение проходят через устройство, разрядник пробивается, и центральный провод кабеля на короткое время шунтируется на землю. Происходит значительное уменьшение величины тока до состояния гашения дуги, после чего происходит размыкание, то есть устройство находится в непроводящем режиме. Как правило, газоразрядная трубка рассматривается как одноразовая деталь, которая должна быть заменена после каждого приведения в действие. Каждый разрядник имеет специфические электрические и технические характеристики. Технические требования к разряднику определяют его способность выдерживать определенное значение импульсного тока. Отклонение от стандарта имеет допустимые пределы, которые определяются исходя из требований. Номинальный ток всегда указывается в технических характеристиках каждого устройства. Изоляционная способность и сопротивление. Каждый из этих параметров достигает более 10 ГОм и менее 1 пФ, что делает эти устройства буквально незаменимыми при использовании в сети. Статическое напряжение срабатывания определяет тип разрядника, установленного в устройстве защиты. Его величина равна напряжению, достаточному для срабатывания разрядника при медленном повышении напряжения. Динамическое напряжение срабатывания является своего рода пределом, когда происходит быстрое повышение напряжения, при котором срабатывает разрядник.



Трубчатый разрядник.

Рис 14. Трубчатый разрядник

Вентильный разрядник, его конструкция состоит из двух основных частей: многократный искровой промежуток, состоящий из нескольких однократных элементов и резистора, который представляет собой последовательно набранные вилитовые диски. Эти элементы соединены последовательно.



Рис 15. Вентильный разрядник

Рабочий резистор обеспечивается герметичной защитой от воздействия внешней среды, благодаря свойствам вилита изменять свои характеристики в условиях повышенной влажности. Когда происходит скачок напряжения, происходит пробой искрового промежутка. Рабочий резистор выполняет

задачу уменьшения тока до такой величины, чтобы он мог свободно гасить искровые промежутки. Сопротивление вилита нелинейно, оно уменьшается с увеличением силы тока. Эта свойство позволяет пропускать больше тока, при уменьшении падения напряжения. Главным преимуществом разрядников такого типа является бесшумное срабатывание при отсутствии газовых или пламенных выбросов.

Магнетовентильный разрядник состоит из нескольких блоков, соединенных последовательно магнитными искровыми промежутками и вилитными дисками. В каждом блоке имеются отдельные искровые промежутки, которые соединены последовательно. Все элементы блока помещены в фарфоровый цилиндр. Во время пробоя на каждом промежутке возникает дуга. На него воздействует поле, создаваемое кольцевыми магнитами, которое заставляет его вращаться с высокой скоростью. В результате затухание дуги происходит гораздо быстрее, чем у других типов разрядников.

Ограничитель перенапряжения нелинейный. В этом разряднике нет искровых промежутков. В конструкцию активной части ограничителя входит последовательный набор варисторов. Именно на их свойствах основан принцип работы всего устройства, так как проводимость варисторов зависит от подключенного напряжения.

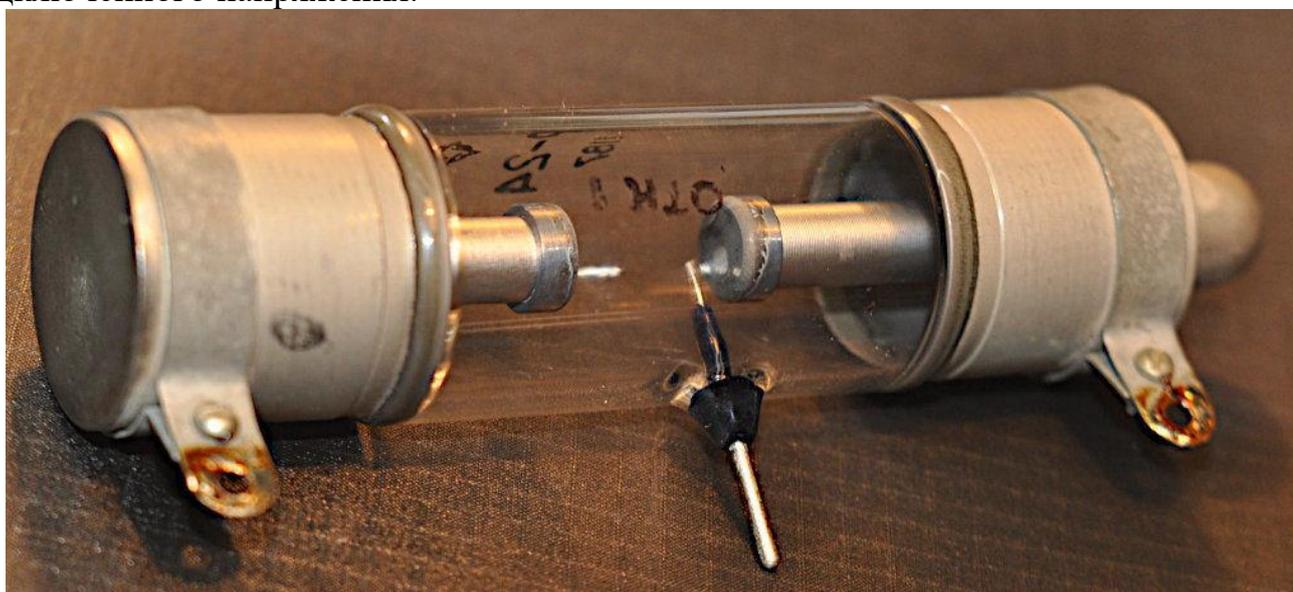


Рис 16. Пример внешнего вида газового разрядника

Действует как электронный ключ, который срабатывает, когда разность потенциалов между его электродами превышает определенное заданное значение. В этом случае его электроды закорочены, и избыточный ток циркулирует по шине заземления. В нормальных условиях разрядник практически незаметен в цепи защищаемого устройства. При увеличении разности потенциалов между электродами увеличивается кинетическая энергия свободных электронов, образуются новые электроны и ионы,

увеличивается ток между электродами. На этой стадии процесс переходит в фазу "тлеющего разряда". При дальнейшем увеличении напряжения процесс может сразу перейти в фазу лавинного размножения электронов, что приводит к самостоятельному газовому разряду. При стандартном срабатывании газового разрядника время существования тлеющего разряда составляет несколько микросекунд от начала интенсивной ионизации до пробоя газа. Длительность пробоя зависит от конструкции и обычно занимает десятки наносекунд. В этом случае ток увеличивается скачками, а разность потенциалов между электродами уменьшается.

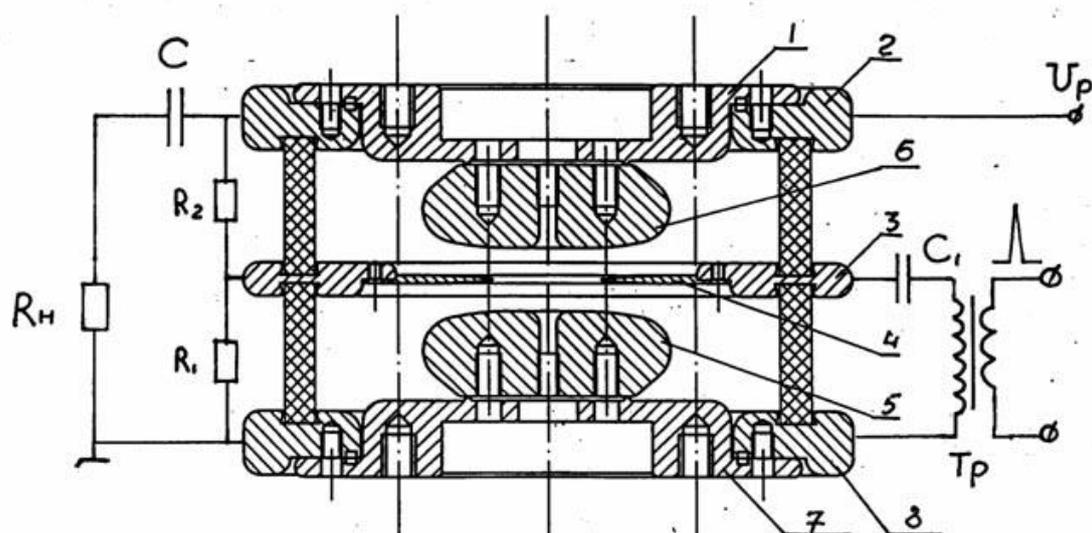


Рис 17. Пример конструкции газового разрядника

1,7 – фланцы электродов; 2,8 – крепежные фланцы; 3 – электрод управления; 4 – диск с отверстием; 5,6 – основные электроды; R_n – сопротивление нагрузки; R_1 , R_2 – сопротивления делителя напряжения; C_1 – разделительная емкость; T_r – высоковольтный трансформатор, U_p – рабочее напряжение зарядного устройства.

Разрядник состоит из трех электродов 5, 6 и 3, один из которых является управляющим или пусковым электродом 3, который расположен на эквипотенциальной поверхности между теми же основными электродами 5 и 6. Пусковой электрод представляет собой фланец с круглой пластиной, в середине которой имеется отверстие с острым краем. Пусковой электрод установлен на одинаковом расстоянии от основного электрода и имеет потенциал, равный половине рабочего напряжения, удерживаемого высоковольтным резистивным делителем. Когда высоковольтный управляющий импульс подается на пусковой электрод, расстояние газа между пусковым электродом и основным электродом прокалывается. После

этого все рабочее напряжение подается на другой интервал, что также приводит к выходу из строя и замыканию проводника.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела диссертации является оценка расчета и проектирования генератора высоковольтных импульсов с управляемым трехэлектродным разрядником с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования

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

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Поскольку рынки пребывают в постоянном движении, необходимо систематически проводить детальный анализ существующих конкурирующих разработок.

Благодаря такому анализу можно вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проводится с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Безопасность	0,1	3	3	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	2	1	0,4
3. Надежность	0,1	5	3	0,5	0,3
4. Материалоемкость	0,1	5	1	0,5	0,1
5. Энергоэкономичность	0,2	4	1	0,8	0,2
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	2	0,5	0,2
2. Цена	0,1	2	4	0,2	0,4
3. Уровень проникновения на рынок	0,1	3	5	0,3	0,5
Итого	1	32	21	4,1	2,4

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Данная разработка сравнивается с традиционными технологиями.

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.

Анализ показал, что технические как и экономические критерии данного проекта на нынешний момент развития может заинтересовать покупателей. Так же получилось определить критерии с которыми надо провести работы для более выигрышного положения на рынке.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [1].

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проекта, и выявить возможности и угрозы для его реализации проведем SWOT–анализ. Результаты SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4 – Матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Новая установка для проведения лабораторных работ. С2. Малые габаритные параметры С3. Создание установки из уже имеющихся комплектующих С4. Не требует сложных работ при монтаже и эксплуатации.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Не новый метод получения импульсов Сл2. Не запатентованность устройства Сл3. Не разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки.</p>
<p>Возможности: В1. Сокращение энергозатрат В2. Применение для собственных нужд высоковольтного зала В3. Частичное использование установки для проведения других исследований В4. Публикации в научных журналах.</p>	<p>При совмещении сильных сторон и возможностей НИР улучшается энергоэффективность и производительность</p>	<p>Для проведения исследований и проведению экспериментов необходим персонал с определенным уровнем подготовки и знаний.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие кадров для продолжения научно-исследовательской работы. У2. Недостаток теоретических знаний. У3. Недостаточное финансирование.</p>	<p>Монтаж и эксплуатация не требуют значительных затрат.</p>	<p>В случае отсутствия кадров для продолжения научно-исследовательской работы невозможно будет проводить измерения.</p>

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможностей: BC3C4, B2C1, B3C4, B4C1.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможностей: B3Сл1, B4Сл2.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	-	-
	У2	+	-	+	-
	У3	+	-	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У2С1С3, У3С1С3.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	+
	У2	-	+	0
	У3	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл3, У2Сл2, У3Сл1Сл3.

Таким образом, в ходе SWOT-анализа удалось выявить наиболее важные проблемы, которые необходимо разрешить в процессе выполнения проекта: Анализ показал, что использование данной технологии значительно увеличивает энергоэффективность. Так как установка работает с высоким напряжением проведение экспериментов возможно только в лабораторных условиях. Результаты проведенного SWOT-анализа будут учтены при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

5.2 Планирования научно-технического исследования

Планирование управления научно-техническим проектом заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной цели, определение сроков их выполнения.

Планирование этапов работ по выполнению НИР включает в себя составление перечня этапов и работ, а также распределение исполнителей по

всем видам работ. В таблице 6 приведены основные этапы и содержание работ с распределением ответственных исполнителей.

Целесообразно применять линейное планирование с построением диаграммы Ганта, представленной на рисунке 1. График строится с разбивкой по месяцам (30 дней) за период времени выполнения научного проекта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

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.

Таблица 9 – Календарный план проекта

№	Название работы	Исполнитель	Период работы научного руководителя		Период работы инженера	
			Начало, дата	Длительность, дни	Начало, дата	Длительность, дни
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	09.01.2020	3	-	-
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	12.01.2020	3	12.01.2020	3
3	Подбор и изучение материалов	НР, И	16.01.2020	1	16.01.2020	7
4	Разработка календарного плана	НР, И	17.01.2020	2	17.01.2020	2
5	Выбор структурной схемы устройства	НР, И	23.01.2020	1	24.01.2020	2
6	Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	25.01.2020	5	26.01.2020	5
7	Расчет принципиальной	И	-	-	31.01.2020	12

	схемы устройства					
8	Разработка макета устройства	НР, И	03.03.2020	2	11.02.2020	24
9	Проведение экспериментальных исследований	НР, И	06.03.2020	15	06.03.2020	15
10	Разработка второго макета и проведение опытов	НР, И	22.03.2020	15	22.03.2020	15
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	-	-	06.04.2020	20
12	Подведение итогов	НР, И	29.04.2020	3	29.04.2020	3

Название работы	Исполнитель	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ																		
			январь			февраль			март			апрель			май			июнь			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3,66	▣																		
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3,66	▣																		
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	8,54	▣	▣																	
Разработка календарного плана	НР, И	2,44	▣																		
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2,44		▣	▣																
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	6,1			▣	▣															
Расчет принципиальной схемы устройства	И	14,64				▣															
Разработка макета устройства	НР, И	29,28					▣	▣	▣	▣	▣	▣									
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	18,3								▣	▣	▣	▣	▣	▣						
Разработка второго макета и проведение опытов	НР, И	18,3									▣	▣	▣	▣	▣						
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	24,4											▣	▣	▣	▣	▣	▣			
Подведение итогов	НР, И	3,66																	▣		

▣ - инженер

▣▣▣▣▣▣▣▣ - научный руководитель

Рисунок 25 - Календарный план-график проведения НИР.

5.3. Формирование бюджета затрат на проектирование

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверно отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Стоимость всех видов и материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ формируется исходя из приобретения и платы за транспортировку. Транспортно-заготовительные расходы принимаются в пределах от 3 до 5 % от цены материалов (в данной работе 3%). Стоимость сырья, материалов, специального оборудования, комплектующих изделий приведена в таблице 8.

Таблица 10 – Материалы, комплектующие изделия

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Сумма, руб
Электронные компоненты	шт.	1	2 000	2 000
Расходные материалы	шт.	1	1 000	1 000
Печатная бумага	упаков.	1	250	250
Канцелярские товары	шт.	1	100	100
Источник питания	шт.	1	1 000	1 000
Мультиметр	шт.	2	1 750	1 750
Паяльная станция	шт.	1	5 000	5 000
Набор инструментов	шт.	1	500	500
Итого по статье С _м				11 600

5.3.2 Затраты на специальное оборудование для НИР Амортизация

В данном разделе произведен расчет амортизации оборудования, которое используется в проекте.

Расчет нормы амортизации производится по формуле:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%$$

где n – срок полезного использования, год.

Расчет амортизации производится по формуле

$$A = \frac{K \cdot И}{365} \cdot t,$$

Где $И$ – итоговая сумма, тысячи рублей,

t – срок использования, дни (принимается 110 дней).

Таблица 11 – Расчет амортизации

Наименование	Кол-во	Общая стоимость, руб.	Срок полезного использования	Норма амортизации, К	Амортизация, А
Осциллограф	1	40 000	10	10,0	120,55
Источник питания	1	1 000	10	10,0	3,01
Мультиметр	2	3 500	7	14,29	15,07
Персональный компьютер	1	15 000	3	33,33	150,68
Паяльная лампа	1	5 000	7	14,29	21,53
Итого					310,84

5.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел входит основная заработная плата научных и инженерно-технических работников.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая 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 (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{д} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}$$

Где $Z_{м}$ - месячный должностной оклад работника(руб.);

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;

$F_{д}$ - действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дней.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	110	110
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	20 3	32 3
Потери рабочего времени - отпуск -невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	87	87

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

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

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

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

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

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный Руководитель	31 000	0,3	0,2	1,3	60 450	2 782	30	83460
Инженер	17 000	0,3	0,2	1,3	33 150	1743,1	75	130732,5
Итого $Z_{осн}$								214192,5

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

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

В таблице 14 приведен расчет основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 14 – Заработная плата исполнителей НИР

Заработная плата	Научный руководитель	Инженер
Основная зарплата	83460	130732,5
Дополнительная зарплата	12519	19609,87
Итого:	32128,87	

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2020 году равен 30,2%.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Руководитель	Инженер
Основная и дополнительная заработная плата, руб.	83460	130732,5
Дополнительная заработная плата, руб.	12519	19609,87
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Сумма, руб	74389,05	

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды составили 181 100 руб.

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

Одним из затрат при реализации исследовательского проекта является затраты на электроэнергию.

Используемое оборудование:

- осциллограф
- источник питания
- персональный компьютер
- паяльная станция
- настольная лампа

Для расчета используется следующая формула:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot C_э \cdot t_{об}$$

Где $\mathcal{E}_{об}$ - затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;

$P_{об}$ - потребляемая мощность оборудования, Вт;

$C_э$ - тарифная цена, кВт/ч;

$t_{об}$ - время работы оборудования, ч.

Время работы оборудования вычисляется исходя из календарного плана и учитывая время отведенное выполнению исследовательской работе. Затраты по электроэнергии заносится в таблицу 9.

Таблица 16 – Затраты электроэнергии

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт)	Тарифная цена $C_э$ (кВт/ч)	Затраты $\mathcal{E}_{об}$ (руб.)
Осциллограф	60	0,05	3,42	10,26
Источник питания	70	0,005		1,197
Персональный компьютер	400	0,4		547,2
Настольная лампа	400	0,01		13,68
Итого:	930	0,465		572,337

Итоговые затраты на электроэнергию составляют 572,337 рублей

Величина прочих накладных расходов определяется по формуле:

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

$$Z_{накл} = (11\,600 + 310,84 + 214192,5 + 32128,87 + 74389) \cdot 0,16 = 53219,4 \text{ руб.}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Накладные расходы составили $53219,4 + 572,337 = 53791,74$ руб.

5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ

Таблица 17 – Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	11 600
Затраты на специальное оборудование	310,84
Основная заработная плата	214192,5
Дополнительная заработная плата	32128,87
Отчисления на социальные нужды	74389,05
Накладные расходы	53791,74
Бюджет затрат НИР	386413,01

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

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

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда	0,25	4	4
2. Энергосбережение	0,1	4	3
3. Удобство в эксплуатации	0,2	5	3
4. Надежность	0,2	5	3
5. Материалоемкость	0,15	5	2
6. Помехоустойчивость	0,1	5	4
Итого:	1	28	19

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{ppp} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{pan} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 = 3,2$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает хороший результат (4,65 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта. Ресурсоэффективность конкурирующего аналога имеет более низкую оценку (3,2 из 5).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела «Ресурсоэффективность и

финансовый менеджмент». Его высокое значение говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы

Выводы по разделу:

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 105 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 75 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 30 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет **386413,01** руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,2, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.