

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Моделирование эквивалентной нагрузки для высокочастотного электрохирургического аппарата

УДК 621.317.732:615.478.6-026.661

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Брашеван Надежда		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
 (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.19
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2019	Аналитический обзор литературы по нейрокомпьютерным интерфейсам и описание методов классификации	20
20.03.2019	Проведение эксперимента по снятию ЭЭГ и анализ полученных данных	25
10.04.2019	Составление классифицирующих признаков с помощью методов классификации	30
20.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
05.05.2019	Социальная ответственность	10
20.05.2019	Выполнение раздела на иностранном языке	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

Казаков В.Ю.
 (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
8ГМ71	Брашеван Надежде

Тема работы:

Моделирование эквивалентной нагрузки для высокочастотного электрохирургического аппарата

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1097/с от 12.02.2019г.
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <small>(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.).</small>	Объекты исследования: 1 Резистор ПЭВ-50 Вт; 2 Паразитные параметры;
--	--

<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>1 Аналитический обзор литературы по имеющимся современным средствам измерения; 2 Планирование и проведение эксперимента по снятию частотной зависимости; 3 Обработка полученных данных, обнаружение и расчет паразитных параметров; 4 Анализ полученных результатов и подведение итогов; 5 Социальная ответственность; 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7 Раздел, выполненный на английском языке.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	В. С. Николаенко
Социальная ответственность	Н. А. Атепаева
Раздел, выполненный на английском языке	А.В. Диденко

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

<p>1.1 Научно-производственное объединение «НИКОР» 1.2 Паразитные параметры мощных резисторов 1.3 Планирование и проведение эксперимента 1.4 Joint Stock Company «Scientific Production Association «NIKOR»</p>
--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.19
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Брашеван Надежда		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Брашеван Надежда

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических и человеческих	– стоимость расходных материалов; – оклад исполнителей: научный руководитель, студент
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	– отчисления во внебюджетные фонды; – расчет дополнительной заработной платы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.
3. Определение ресурсной и экономической эффективности исследования	– определение интегрального финансового показателя; – определение интегрального показателя ресурсоэффективности; – определение сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График проведения и бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			29.03.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Брашеван Надежда		29.03.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Брашеван Надежда

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР: Моделирование эквивалентной нагрузки для высокочастотного электрохирургического аппарата

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и экспериментальной установкой (цифровой осциллограф АКТ-2041, генератор Актаком AWG-4105, мультиметр Agilent 3458A, резистор ПЭВ – 50 Вт, плата). Объект исследования – резистор ПЭВ-50 Вт.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	
2. Производственная безопасность:	Выявлены вредные факторы среды: -недостаточная освещенность рабочей зоны. Отсутствие или недостаток естественного света; -отклонение показателей микроклимата; -психофизиологические нагрузки; Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека: - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия на литосферу: образование отходов при поломке или утилизации компьютера.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.2019
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Брашеван Надежда		

Реферат

Магистерская работа 95 с., состоит из пяти разделов, содержит 24 таблицы, 16 рисунков, 22 литературный источник, 5 приложений.

Ключевые слова: сопротивление, магазин нагрузок, эквивалентная нагрузка, паразитные параметры, ЭХВЧ.

Keywords: resistance, resistance, resistance, resistance, ESHF.

Объектом исследования является резистор ПЭВ-50 Вт 100 Ом.

Цель работы - проверить возможность использования мощных резисторов для создания эквивалентной нагрузки электрохирургического высокочастотного аппарата.

В работе было использовано следующее оборудование:

- цифровой осциллограф Актаком АКТ-2041;
- вольтметр В7-38М;
- генератор Actacom AWG-4105;
- мультиметр Agilent 3458A;
- платы;
- персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows 7;
- программный пакет Matlab.

В процессе исследования были выбраны резисторы необходимой марки, измерены параметры их эквивалентной схемы. Оценили влияние нагрузки построенной на выбранных резисторах на входную мощность аппарата ЭХВЧ.

В результате исследований был сделан вывод о необходимости построении нагрузки аппарата ЭХВЧ на другой элементной базе.

Область применения: предприятия по производству ЭХВЧ, лечебные учреждения, ветеринарные клиники и научные лаборатории.

Содержание

Обозначения и сокращения.....	13
1 Научно-производственное объединение «НИКОР».....	17
1.1 История предприятия	17
1.2 Электрохирургические высокочастотные коагуляторы	18
1.3 Обзор производителей в мире и в России	20
2 Паразитные параметры резистора и методы их выявления	23
2.1 Паразитные параметры резисторов.....	26
2.2 Измерения двухполюсника резонансным методом.....	27
2.3 Мостовой метод измерения параметров линейных компонентов	28
2.4 Измерения емкости и индуктивности RLC-метром	29
2.5 Эквивалентные схемы замещения резисторов.....	30
3 Планирование эксперимента.....	32
3.1 Планирование и проведение эксперимента по определению паразитных параметров	32
3.1.1 Технические характеристики оборудования.....	34
3.1.2 Порядок проведения эксперимента	39
3.1.3 Анализ результатов эксперимента по паразитным параметрам	40
3.2 Моделирование паразитных параметров в программе Multisim.	43
3.2.1 Проектирование в Multisim.....	44
3.2.2 Сравнение осциллограмм натурального эксперимента и в программе Multisim	49
3.3 Оценка влияния эквивалентной нагрузки на измерения мощности.....	50
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.2 Анализ конкурентных технических решений	53
4.3 Структура работ в рамках научного исследования	54
4.4 Определение трудоемкости выполнения работ	55
4.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	56

4.6 Бюджет научно-технического исследования	57
4.6.1 Расчет материальных затрат	57
4.6.2 Основная заработная плата исполнителей	58
4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей	60
4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды	60
4.6.5 Расчет накладных расходов	61
4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	61
4.7 Определение ресурсной и экономической эффективности исследования	62
4.7.1 Интегральный финансовый показатель	62
4.7.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	63
4.7.3 Сравнительная эффективность проекта	64
5 Социальная ответственность.....	66
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
5.2 Производственная безопасность	67
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	68
5.2.2 Психофизиологические нагрузки.....	70
5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны Отсутствие или недостаток естественного света	71
5.2.4 Воздействия связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека	72
5.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	73
5.3 Экологическая безопасность.....	74
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	75
Заключение	78
Список публикаций.....	80
Список использованных источников	81
Приложение А Анализ конкурентных технических решений	83
Приложение Б Временные показатели проведения научного исследования	84
Приложение В Календарный план-график.....	85

Приложение Г Экспериментальные данные	86
Приложение Д Расчет коэффициента передачи.....	88

Обозначения и сокращения

В данном разделе приведены следующие обозначения и сокращения:

АО «НПО «НИКОР» – Акционерное общество Научно-производственное объединение «НИКОР»;

ЭХВЧ – электрохирургический высокочастотный;

ПСИ – приемосдаточные испытания;

СИ – средство измерения.

Введение

На сегодняшний день в хирургии применяют различные методы лечения, используют передовые инновационные технологии. Электрохирургия является одним из этих методов, без которого практически невозможно выполнение целого ряда операций в таких областях, как общая хирургия, нейрохирургия, онкология, гастроэнтерология, урология, гинекология, косметология и многих других.

В современной электрохирургии используются аппараты для рассечения и коагуляции тканей организма токами высокой частоты. Электрохирургическое воздействие имеет ряд положительных особенностей по сравнению с обыкновенным скальпелем. К ним относится: сокращение общего времени операции и нахождения пациента под наркозом; значительное уменьшение кровопотерь при операции; уменьшение вероятности переноса злокачественных тканей и клеток; снижение опасности шока; меньшая болезненность в раннем послеоперационном периоде.

Электрохирургическое вмешательство подразумевает воздействие на различные типы тканей с различными значениями электрического сопротивления. Также часто область воздействия неоднородна по составу. А это значит, что электрохирургическое вмешательство может повлечь за собой и ряд негативных последствий, таких как перегрев ткани и ожоги, поэтому испытания таких аппаратов являются важной составляющей при выпуске продукции. На предприятии «НИКОР» проведение испытаний, приемосдаточных испытаний, проводят с помощью электростатического вольтметра и магазина нагрузок.

Достоинство – широкий диапазон устанавливаемых сопротивлений наличие сертификата средства измерения.

Недостаток – низкая надежность, обусловленная низкими энергетическими характеристиками, ручное управление, без возможности автоматизации.

Мир технологий, за последние несколько десятилетий, шагнул далеко вперед, поэтому возникает необходимость улучшать используемое оборудование, повышая безопасность и качество выпускаемой продукции.

Имеющееся современное оборудование на предприятии морально устарело и не отвечает современным тенденциям. Принято решение о самостоятельной разработке измерителя мощности, главным компонентом которого является эквивалентная нагрузка.

Существует ряд подходов таких как магазин сопротивлений на мощных резисторах, полевые транзисторы в режиме управляемого сопротивления.

В работе необходимо было рассмотреть возможность по использованию мощных резисторов для создания эквивалентной нагрузки.

А именно – выбрать тип резистора и исследовать его паразитные параметры, разработать электрическую схему магазина сопротивлений, осуществить моделирование с учетом паразитных параметров. Выявить влияние их на погрешность измерения мощности.

Целью работы является проверка возможностей использования мощных резисторов для создания эквивалентной нагрузки электрохирургического высокочастотного аппарата.

Для достижения вышеуказанной цели решались следующие **задачи**:

1. Изучить основные технические характеристики ЭХВЧ аппаратов производимых в АО «НПО «НИКОР».

2. Выявить основные недостатки использования существующего оборудования при приемосдаточных испытаниях и сформулировать требования к создаваемой эквивалентной нагрузке.

3. Осуществить экспериментальное определение паразитных параметров мощных резисторов и с их учетом разработать электрическую схему эквивалентной нагрузки.

4. Определить влияние эквивалентной нагрузки на погрешность измерения мощности аппарата.

Объектом исследования является резистор ПЭВ-50 Вт 100 Ом.

Предметом исследования являются технические параметры эквивалентного резистора.

Практическая значимость в исследовании возможности создания эквивалентной нагрузки.

Научная значимость работы заключается в использовании методов теории электрических цепей к определению параметров эквивалентной схемы мощных резисторов.

1 Научно-производственное объединение «НИКОР»

1.1 История предприятия

Предприятие «НИКОР» было создано в 1989 году на базе Томского приборного завода и укомплектовано квалифицированными инженерными кадрами. С самого основания предприятие было ориентировано на производство высокотехнологичной продукции, удовлетворяющей потребности отечественных и зарубежных потребителей, конкурентоспособной по цене и качеству. Специализацией предприятия стали аппаратно-программные комплексы для безопасности; приборы для электрохирургии; системы электропитания (источники бесперебойного питания, устройства защиты); системы мониторинга и оперативного контроля. Сейчас основным направлением деятельности компании является производство и техническое обслуживание медицинской техники. На предприятии выпускают: высокочастотные аппараты, электрокриодиструкторы, инструменты и принадлежности, аппараты электрохирургические высокочастотные (комплектация) [1].

Система менеджмента качества предприятия сертифицирована в соответствии с международными стандартами ISO 9001:2008, ISO 13485:2003. Это гарант качества продукции и безопасности его использования. Компания постоянно улучшает и создает новые аппараты для хирургии. «НИКОР» создает функциональные и безопасные инструменты, поэтому важным этапом производства является тестирование новых аппаратов и приемо-сдаточные испытания.

1.2 Электрохирургические высокочастотные коагуляторы

Электрохирургические высокочастотные коагуляторы условно можно разделить на два типа: общая хирургия и ветеринария. В хирургии выделяют два вида аппаратов.

Универсальные аппараты, как правило, используются в общей хирургии, имеют широкий набор рабочих инструментов, много режимов, большую мощность. Это позволяет таким аппаратам осуществлять различные виды воздействий.

Специализированные аппараты содержат специфические для конкретного применения аксессуары, имеют прецизионные регулировки, специальные нагрузочные характеристики и т.п. и используются только в определенных областях хирургии. Специализированные аппараты проще, надежнее и дешевле.

На данный момент существует множество способов реализации электрохирургического воздействия:

1. Монополярная коагуляция.

- Контактные методы.
- Бесконтактные методы.

2. Биполярная коагуляция.

- Контактные методы.
- Бесконтактные методы.

3. Резание.

Высокочастотные электрохирургические аппараты генерируют электромагнитные волны различных частот. В электрохирургии используется переменный ток, а частота тока выбирается в диапазоне от (200-300) кГц до (3-4) МГц. В отечественной электрохирургии используют частоту 440 кГц, а максимальная выдаваемая мощность от 80 Вт до 400 Вт.

В общем виде описать конструкцию ЭХВЧ, можно следующим образом. Аппарат состоит из пяти блоков. Первый блок отвечает за питание слаботочной

цепи, осуществляя преобразование переменного сетевого напряжения 220 В, 50 Гц в стабилизированное постоянное напряжение.

Второй блок является обратноходовым ШИМ источником питания с контролем выходных напряжения и мощности, а также с уровнем отвязки от сети 5 кВ. Данный блок осуществляет формирование выходного сигнала с задаваемым блоком управления уровнями постоянного напряжения и мощности. Напряжение на выходе регулируется в пределах от 150 до 250 В, выходная мощность регулируется в процентной шкале от 1% номинальной мощности, которая составляет 300 Вт, до 99%.

Третий блок является выходным каскадом, построенным по схеме мостового высокочастотного преобразователя. Основным назначением данного устройства является формирование переменного высокочастотного напряжения на вторичной обмотке двух выходных трансформаторов. Первый выходной повышающий трансформатор состоит из двух первичных обмоток 10 витков и 20 витков, коммутируемых при помощи электромагнитного реле в случае необходимости повышения коэффициента трансформации, и вторичной обмотки 150 витков. Таким образом, коэффициент трансформации может быть установлен либо равным 5, либо равным 15. Штатным является коэффициент трансформации равный 5. Повышенный коэффициент применяется при необходимости формирования высокого выходного напряжения 6 кВ при работе в режиме бесконтактной коагуляции. Второй выходной трансформатор состоит из 10 витков первичной обмотки и 11 витков вторичной, используемый для реализации режима биполярной коагуляции. Коммутация между трансформаторами осуществляется электромагнитным реле.

Четвертым блоком является плата контроля и гальванической развязки. В данном устройстве осуществляется формирование гальванически изолированного сигнала включения режимов, поступающего в аппарат от педали, либо непосредственно от ручки инструмента. Также в данном блоке построены схемы контроля уровня низкой частоты тока, наличия контакта с нейтральным электродом в цепи пациента и формирования сигнала аварии,

передаваемого в блок управления и индикации. В высоковольтной цепи данного блока расположены выравнивающие дроссели, предназначенные для формирования синусоидального выходного сигнала.

Пятый блок представляет собой плату управления и индикации, которая является электротехническим изделием, построенным на двух микроконтроллерах. Первый отвечает за динамическую индикацию установленных уровней мощности для трех возможных режимов работы аппарата (резание, моно- и бикоагуляции), контроль сигналов управления уровнем выходной мощности, включения режимов и их выбора, а так же отслеживание сигнала об аварии, формирование выходных управляющих сигналов. Описываемая микросхема задает уровни формируемых блоком питания выходных мощности и напряжения, а так же сигналы установки режима работы для второго контроллера.

Второй микроконтроллер предназначен для формирования выходных сигналов переключения режимов работы выходного каскада, высокочастотных сигналов запуска силовых транзисторов, запуска блока питания.

1.3 Обзор производителей в мире и в России

Анализ современных электрохирургических аппаратов, проведенный по материалам фирм-производителей, позволяет представить, на сегодня, состояние данного вида медицинской техники следующим образом:

Таблица 1 – Ведущие производители

Ведущие зарубежные фирмы	Ведущие отечественные фирмы
ERBE - Германия	ФОТЕК – г.Екатеринбург
Valleylab - США	СиБНИИЦМТ - г.Новосибирск
Elman - США	DIXION - г.Москва
Berthold - Германия	ЭФА - г. Санкт-Петербург
LED - Италия	МТУСИ - г.Москва

Компания ERBE Elektromedizin (Германия) - крупнейший производитель медицинской техники, один из первых производителей электрохирургических коагуляторов в мире. В настоящее время разрабатывает и производит аппараты для электрохирургии, радиохирургии, лигирования сосудов, водоструйной хирургии, криохирургии и физиотерапии.

Из поколения в поколение фирма ERBE сохраняет за собой ведущие позиции в области разработки и выпуска самой современной медицинской техники, разнообразных аппаратов и аппаратных комплексов, инструментария и всех необходимых комплектующих.

Вся деятельность фирмы определяется потребностями практической медицины и современной хирургии. Гарантией неизменного высокого качества и современного уровня предлагаемых фирмой изделий являются непрерывные тесные контакты фирмы со специалистами и хирургами ведущих клиник и медицинских учреждений всего мира. Такой подход призван обеспечить успешное и быстрое излечение заболеваний, входящих в сферу применения продукции фирмы ERBE.

Фирма ERBE предоставляет большой выбор электрокоагуляторов, принадлежностей, системы обнаружения нервов, инструментов для водоструйной медицины и многое другое высокого качества.

Ведущей российской фирмой является «ФОТЕК». Компания была создана в 1995 году группой инженеров, работавших в 70-х – начале 90-х годов XX века над созданием систем энергообеспечения космических кораблей, а позднее разрабатывавших аппараты для уникальных операций МНТК «Микрохирургии глаза».

Подход к надежности и качеству они сохранили при разработке и производстве электрохирургического оборудования, ведь как в космосе, так и при проведении хирургических операций от работы аппаратов зависит жизнь и здоровье людей.

Творческий коллектив инженеров-разработчиков, технологов, высококвалифицированных рабочих, ученых и практикующих врачей создает

оптимальную по цене и качеству линейку аппаратов и медицинских технологий с их применением. Система менеджмента качества предприятия сертифицирована в соответствии с международными стандартами ISO 9001:2008, ISO 13485:2003.

Непрерывно совершенствование продукции делает эту компанию лидирующей на российском рынке.

Однако за последние несколько лет появилось очень много новых производителей, в том числе отечественных, так как электрохирургические аппараты имеют сравнительно простую техническую реализацию. При этом наблюдается тенденция к повышению качества воздействия. Все больше аппаратов имеют автоматические системы коррекции параметров воздействия в соответствии с характеристиками биоткани в данный момент времени. Часто «старые» аппараты с хорошими характеристиками дополняются такими системами для повышения эффективности и безопасности воздействия.

Практически все отечественные ЭХВЧ аппараты работают на частоте 440 кГц, т.к. на ней хорошо обеспечиваются эффекты электрорезания и электрокоагуляции. К зарубежной аппаратуре таких жестких требований к частоте нет, поэтому можно встретить большой диапазон частот воздействующего сигнала, вплоть до 7,5МГц. Зарубежные аппараты работают преимущественно на более высоких частотах, так как это позволяет достичь лучших параметров гомеостаза. В последнее время наблюдается тенденция подстройки частоты в зависимости от желаемого результата.

В первой главе магистерской работы были рассмотрены основные характеристики ЭХВЧ аппарата и его принцип работы. Рассмотрены ведущие производители в мире и России.

2 Паразитные параметры резистора и методы их выявления

Важным этапом производства медицинского оборудования являются приемосдаточные испытания, поскольку главной задачей является безопасность пациента и врача, а так же соответствие продукции международным стандартам качества. Продукция компании соответствует ГОСТ МЭК 60601-1. Проведение испытаний это важная и ответственная задача, поэтому оборудование, используемое на предприятие должно быть поверенным и соответствовать требованиям конструкторской документации, а персонал иметь необходимую подготовку и допуск по электробезопасности.

Порядок проведения приемо-сдаточных испытаний скальпеля-коагулятора электрохирургического автономного ЭХВЧ-80 ск-«НИКОР» (далее – аппарат) на соответствие «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ) и техническим условиям ТУ 9444-003-46634425-2002 (НКГП.941612.003ТУ).

Перед началом проведения испытаний важно изучить руководства по эксплуатации применяемых средств измерений, приборов и другого оборудования.

Испытания проводят с соблюдением всех условий, изложенных в технических условиях для аппарата и в инструкциях по применению средств измерений и оборудования.

Положительное заключение о соответствии в протоколе ПСИ можно делать только при положительном заключении о соответствии аппарата всем пунктам протокола.

Результаты испытаний по каждому пункту ПСИ записываются в протокол ПСИ в форме, разработанной предприятием.

Используемые средства измерений и оборудование перечислены в таблице 2.

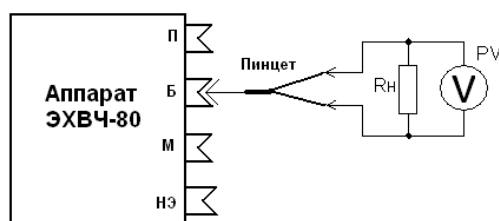
Таблица 2 – Используемое СИ

№	Наименование	Тип
1	Осциллограф	TDS 220
2	Мультиметр тип	M890
3	Установка для проверки электрической безопасности	GPT-715A
4	Секундомер	СОсПр2а-2
5	Часы ГОСТ 10733	
6	Источник питания 12 В, 15 А	
7	Делитель высоковольтный	ТЕС НVP-15HF
8	Электростатический вольтметр	C504
9	Динамометр растяжения	КВ-30К-1

Полная процедура проведения ПСИ приведена в методике испытаний разработанной и утвержденной на предприятии. Одним из важных пунктов протокола ПСИ является выходная мощность электрокоагулятора, на разных уровнях мощности в разных режимах. Поскольку аппарат используется в разных областях хирургии, то на каждом уровне должна быть обеспечена заявленная мощность. Для измерения выходной мощности используется электростатический вольтметр и магазин сопротивлений.

Рассмотрим измерение выходной мощности и отклонений ее от номинального значения в режиме «Биполярная коагуляция».

На рисунке 1 представлена схема сборки для измерения выходной мощности.



R_n – магазин сопротивлений; PV - вольтметр C504

Рисунок 1 – Схема для измерения выходной мощности

Последовательность действий:

1. Соберите схему согласно рисунку 1.
2. Установите значение R_H в соответствии с указанным в протоколе ПСИ. Включите аппарат.
3. Установите уровень выходной мощности режима «БИПОЛЯРНАЯ КООГУЛЯЦИЯ» в соответствии с указанным в протоколе ПСИ.
4. Измерьте вольтметром P_V напряжение на сопротивлении нагрузки R_H и рассчитайте выходную мощность прибора по формуле (2.1):

$$P_{\text{вых}} = U_{RH}^2 / R_H, \quad (1)$$

где U_{RH} - напряжение на нагрузке

R_H – сопротивление нагрузки.

5. Запишите результат измерений в соответствующую клетку таблицы в колонке «Фактическое значение» протокола ПСИ.
6. Повторите действия для остальных уровней выходных мощностей и сопротивлений, указанных в протоколе ПСИ. Заполните таблицу протокола ПСИ.

Поскольку выходная мощность аппарата может достигать 300 Вт, то используемый магазин сопротивлений часто выходит из строя, его характеристики изменяются. Стоит так же обратить внимание, что выходной сигнал с ЭХВЧ имеет сложную форму и частоту 440 кГц, и при измерении на нагрузке может оказывать на нее влияние. За счет этого могут проявиться паразитные параметры резисторов магазина нагрузки. Это может повлечь получение неверных данных в ходе испытания. Значит, испытания могут пройти аппараты, которые не соответствуют всем требованиям ТУ и ГОСТ. Возникла необходимость провести исследование паразитных параметров резистора, на разных частотах и определить возникает ли паразитная емкость и индуктивность.

2.1 Паразитные параметры резисторов.

К паразитным параметрам резистора относится паразитная емкость и индуктивность. Паразитные (собственные) индуктивность и емкость резистора определяются конструкцией и выводами. Наличие паразитных параметров приводит к возникновению зависимости сопротивления резистора от частоты, которая проявляется в шунтировании резистора на высокой частоте, появлении паразитных фазовых сдвигов, изменении коэффициента передачи резисторных делителей и др.

Паразитная ёмкость резисторов как правило мала, но о ней стоит забывать, в частности:

- ёмкость между выводами резистора;
- ёмкость между резистором и окружающими его деталями и частями конструкции.

Паразитная индуктивность один из решающих параметров при выборе резистора, так как большинство мощных обладают значительной индуктивностью, а большинство современных электронных устройств работают в импульсном режиме, как ЭХВЧ и с переменным напряжением.

Кроме самого конструктива, у резисторов есть ещё и выводы, которые тоже имеют индуктивность и в зависимости от длины, того как сформованы могут вносить свой вклад.

Чем больше паразитная индуктивность и чем выше частота в цепи, где будет работать такой резистор, тем больше его фактическое сопротивление для токов этой частоты, а это непредсказуемость. Так же паразитная индуктивность создаёт паразитные магнитные поля.

На нагрузку будут влиять паразитные параметры. Требуется исследовать влияние паразитных параметров на магазин сопротивлений. Существует несколько способов измерения паразитных параметров.

2.2 Измерения двухполюсника резонансным методом

Резонансный метод измерения сводится к определению степени влияния исследуемого двухполюсника на параметры образцового измерительного контура в момент настройки в резонанс.

Резонансный метод основан на измерении параметров колебательного контура, составленного из рабочего (образцового) элемента и исследуемой цепи. В качестве образцового элемента обычно используют конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком, обладающий высокой стабильностью, малыми потерями и низким температурным коэффициентом емкости. Градуировка рабочего конденсатора делается с большой точностью: от этого зависит погрешность метода. Настраивая контур в резонанс и измеряя его добротность, можно по опытным данным рассчитать параметры исследуемой цепи.

Достоинством резонансного метода является то, что он позволяет производить измерения в широком диапазоне частот (от долей до сотен мегагерц). Важная особенность метода - действующие собственную (межвитковую) емкость катушки, собственную индуктивность конденсатора и т. п. – значения параметров, т. е. фактические значения сопротивления, индуктивности или емкости на зажимах исследуемой цепи с учетом паразитных составляющих ее эквивалентной схемы. Кроме того, по результатам измерений на нескольких частотах можно определить паразитные параметры измеряемых элементов

Резонансный метод измерения параметров сосредоточенных элементов реализуется в измерителях добротности (куметрах). Упрощенная структурная схема прибора содержит диапазонный генератор гармонических колебаний, колебательный контур, состоящий из рабочего конденсатора C_0 и измеряемой цепи, а также электронный вольтметр, по показаниям которого фиксируют момент настройки в резонанс колебательного контура и определяют его добротность Q . В комплект прибора входит набор образцовых (рабочих)

катушек индуктивности, используемых, в основном, при измерении емкости методом замещения. На каждой катушке указан диапазон частот, в пределах которого возможен резонанс для рабочего конденсатора данного куметра.

Куметр находит широкое применение для измерения полных сопротивлений и других параметров цепей: индуктивностей, емкостей, резистивных сопротивлений, добротностей, тангенса угла потерь, как цепей с сосредоточенными, так и с рассредоточенными параметрами. Он дает возможность довольно просто измерить практически любые двухполюсники в области высоких и сверхвысоких частот, где измерение их другими способами затруднительно.

2.3 Мостовой метод измерения параметров линейных компонентов

К линейным компонентам цепей относятся резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности. Основными параметрами их являются соответственно сопротивление, емкость и индуктивность. Одним из методов измерения перечисленных параметров является мостовой метод.

Измеряемые активное и реактивное сопротивления сравнивают с сопротивлениями рабочих элементов, включенных в соответствующие плечи переменного тока.

Мост состоит из измеряемого \underline{Z} и \underline{Z}_0 сопротивлений и трансформатора тока T_p . Особенность трансформатора тока – очень малые значения полных сопротивлений первичных обмоток ($\underline{Z}_{об.1}, \underline{Z}; \underline{Z}_{об.0}, \underline{Z}_0$). Поэтому через них токи определяются только сопротивлениями \underline{Z} и \underline{Z}_0 и не зависят от сопротивлений самих обмоток. Напряжение, возбуждаемое во вторичной обмотке, пропорционально магнитному потоку в сердечнике. Составляющие этого потока, создаваемые каждой из первичных обмоток, пропорциональны произведению тока обмотки на число ее витков и имеют знаки, зависящие от направления витков.

Трансформаторный мост можно уравновесить изменением обоих составляющих рабочего сопротивления и чисел витков в обмотках. Отношение чисел витков можно менять в больших пределах, оно стабильно во времени и при изменении температуры. Это определяет высокие метрологические характеристики трансформаторных мостов; отношение наибольшего значения измеряемой величины к наименьшему достигает 10^7 ; погрешность измерения в диапазоне звуковых частот может быть доведена до 0,01%.

Основным недостатком рассмотренной схемы является трудоемкий процесс уравнивания моста. Разработаны автоматические мосты с цифровым отсчетом результата измерений. При этом в десятки раз уменьшается время измерения и повышается точность, появляется возможность построения автоматических измерительных систем. Наибольшее распространение получили автоматические трансформаторные мосты с преобразованием измеряемого и рабочего полных сопротивлений в пропорциональные им напряжения. Эти напряжения затем сравнивают и компенсируют.

Различают два вида автокомпенсационных мостов – экстремальные и квадратурные. В экстремальных мостах процесс уравнивания заключается в минимизации амплитуды напряжения разбаланса моста. В квадратурных мостах напряжение разбаланса с помощью двух фазовых детекторов расщепляют на активную и реактивную составляющие. В процессе уравнивания обе эти составляющие сводят к нулю.

2.4 Измерения емкости и индуктивности RLC-метром

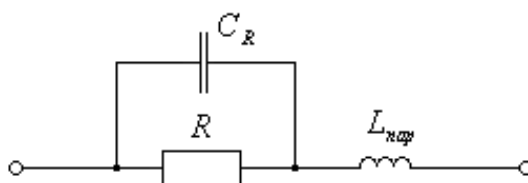
С помощью RLC-метра можно измерить следующие паразитные параметры:

- Эквивалентное последовательное и параллельное активное, реактивное и полное сопротивление.
- Сопротивление постоянному току.

- Эквивалентная последовательная и параллельная емкость и индуктивность.
- Действительная, мнимая и полная комплексная проводимость.
- Индуктивность рассеивания.
- Добротность и тангенс угла наклона.
- Фазовый сдвиг.

2.5 Эквивалентные схемы замещения резисторов.

Эквивалентная схема замещения резистора представлена на рисунке 2.



R - активное сопротивление резистора; $L_{нар}$ - паразитная индуктивность выводов, контактов и катушки; C_R - шунтирующая емкость между выводами резистора.

Рисунок 2 - Эквивалентная схема замещения резистора.

Резистор считают низкоомным и емкость C_R из эквивалентной схемы можно исключить. Кроме того в приборных устройствах чаще всего используются малогабаритные резисторы с весьма малыми значениями емкости, поэтому эквивалентная схема замещения резистора может быть приведена к виду, представленному на рисунке 3.



R - активное сопротивление резистора; $L_{нар}$ - паразитная индуктивность выводов

Рисунок 3 - Упрощенная эквивалентная схема замещения резистора

Модуль полного сопротивления цепи, представленной на рисунке 3, определяется выражением (2.2):

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L_{\text{пар}})^2}, \quad (2)$$

где R – сопротивление;

ω – частота;

$L_{\text{пар}}$ – паразитная индуктивность.

Наличие индуктивности в эквивалентной схеме замещения резистора приводит к частотной зависимости модуля полного сопротивления резистора.

3 Планирование эксперимента

В третьем разделе работы был спланирован эксперимент по определению паразитных параметров резистора ПЭВ-50Вт $100\text{Ом} \pm 5\%$, выбраны факторы эксперимента и описан порядок определения паразитных параметров.

3.1 Планирование и проведение эксперимента по определению паразитных параметров

Для измерения паразитных параметров требуется высокоточный вольтметр для регистрации выходного напряжения с исследуемого резистора и идеального. Подавать синусоидальное напряжение следует с генератора. Для визуального наблюдения и измерения фазы сигнала используется осциллограф. В качестве идеального резистора взят резистор в 100 Ом на плате.

С генератора подаем сигнал с заданной частотой на вход схемы, где параллельно соединены два резистора один в 100 Ом на входе схемы, второй исследуемый резистор. Снимаем значение напряжения на входе и выходе, схемы то есть с исследуемого резистора. Фиксируем значение в журнале эксперимента. Первый канал осциллографа подключен к входу цепи, а второй к выходу. Разницу фаз фиксируем в журнале эксперимента. Меняем в схеме исследуемый резистор на идеальный, повторяем процедуру. Затем заносим данные в журнал эксперимента. Выставляем на генераторе следующую частоту и повторяем процедуру

В соответствии с процедурой была предложена схема, представленная на рисунке 4.

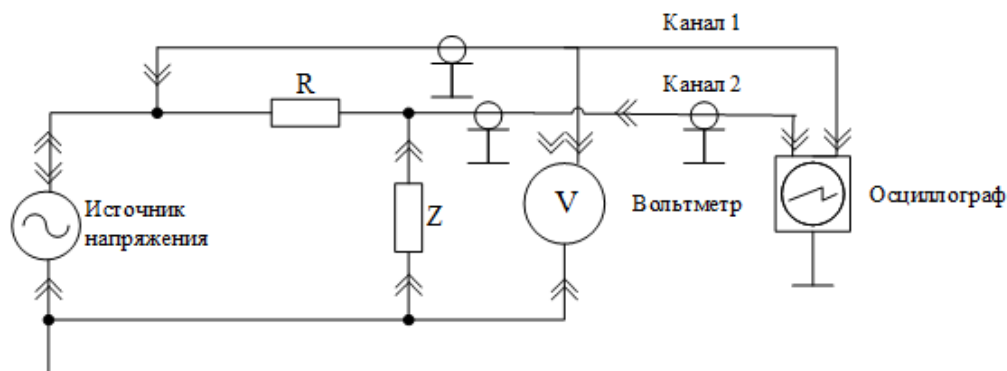


Рисунок 4 – Схема экспериментальной установки

В состав установки входило следующее оборудование:

- цифровой осциллограф Актаком АСК – 2041;
- вольтметр В7-38М;
- макетные платы;
- генератор Актаком АWG-4105;
- резистор ПЭВ-50Вт 100Ом \pm 5%;
- резисторы МЛТ 100 Ом \pm 5%;
- мультиметр Agilent 3458А;
- набор кабелей для соединения приборов.

Также использовалось следующее программно-аппаратное обеспечение:

- персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows 7;
- программный пакет Microsoft Office;
- программный пакет Matcad.

Matcad был использован для численного решения технических задач и визуализации полученных данных. Выбор данного пакета обоснован снижением временных затрат и снижением погрешностей вычислений за счет следующих его преимуществ:

- набор встроенных функций;
- точность расчетов;
- высокая вычислительная производительность;
- большие возможности читать и сохранять данные формата Microsoft Exell.

3.1.1 Технические характеристики оборудования

Осциллограф цифровой Актаком АСК-2041 предназначен для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения на жидкокристаллическом индикаторе и измерения их амплитудных и временных характеристик.

Таблица 3 – Технические характеристики осциллографа АСК-2041.

Характеристика	Значение
Параметры каналов вертикального отклонения	
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения, % с пробником X1 (1:1) с пробником X10 (1:10)	± 4 ; ± 5 ;
Диапазон установки коэффициента отклонения для каждого из каналов	от 2 мВ/дел до 5 В/дел
Полоса пропускания по уровню -3 дБ, МГц, не менее	0-40
Время нарастания переходной характеристики каждого из каналов, нс, не более	8,8
Число разряда АЦП	8
Объем памяти, кБ	4
Входной импеданс каждого из каналов: С пробником X1 С пробником X10	$R_{вх} = 1 \text{ МОм} \pm 2\%$; $C_{вх} = (100 \pm 25) \text{ пФ}$; $R_{вх} = 10 \text{ МОм} \pm 2\%$; $C_{вх} = (16 \pm 3) \text{ пФ}$
Допускаемое суммарное значение переменного и постоянного (пикового) напряжения: С пробником X1 С пробником X10	40 400
Максимальная частота дискретизации, МГц	200 реальная, 20000 эквивалентная
Объем выборки	4000 отсчетов

Вольтметр В7-38М

Вольтметры универсальные В7-38М предназначены для измерения постоянных напряжений и силы тока, среднеквадратичных значений переменных напряжений и силы тока, электрического сопротивления, частоты переменного напряжения, электрической ёмкости, целостности цепи и коэффициента усиления транзисторов по току.

Таблица 4 – Основные метрологические характеристики при измерении напряжения переменного тока

Диапазон	Разрешающая способность	Частота	Предел допускаемой основной погрешности
300 мВ	10 мкВ	20 Гц...50 кГц	$\pm (0,05 \% \cdot U_{уст} + 3 \text{ е.м.р.}) \text{ В}$
3 В	100 мкВ		
30 В	1 мВ		
300 В	10 мВ		
750 В	0,1 В	50 Гц...10 кГц	

Таблица 5 - Основные метрологические характеристики при измерении ёмкости.

Диапазон	Разрешающая способность	Предел допускаемой основной погрешности
20 нФ	10 пФ	$\pm (0,05 \% L_{уст} + 2 \text{ е.м.р.}) \text{ мкФ}$
2 мкФ	1 нФ	
200 мкФ	100 нФ	

Мультиметр Agilent 3458A

Мультиметр предназначен для измерения постоянного и переменного напряжения, сопротивления, переменного и постоянного напряжения, оцифровки сигнала и измерение частоты или периода.

Agilent 3458A от ведущего американского производителя контрольно-измерительного оборудования Agilent Technologies представляет собой универсальное цифровое устройство настольного типа, предназначенное для одновременного измерения основных параметров электрического тока, как

правило, силы (пост./перем.), напряжения (пост./перем.), сопротивления, а также частоты и периода.

Мультиметр Agilent 3458A многофункциональный, некоторые его команды рассмотрим подробнее в таблице 6.

Таблица 6 – Команды мультиметра Agilent 3458A

Команда	Действие
Аналоговое среднеквадратичное преобразование	напрямую интегрирует входной сигнал и метод автоматически выбирается при подаче питания. Этот метод хорошо работает для измерения сигналов в диапазоне частот от 10 Гц до 2 МГц и может обеспечить самую высокую скорость чтения из трех методов
Случайное преобразование выборки	выбирает многочисленные выборки входного сигнала для каждого сгенерированного чтения. Значения располагаются случайным образом по внутреннему времени базового генератора и истинное среднеквадратичное значение сигнала рассчитывается статистически. Ширина полосы измерения для случайной выборки составляет от 20 Гц до 10 МГц
Синхронное преобразование выборки	вычисляет истинное среднеквадратичное значение из выборки, но требует, чтобы входной сигнал был повторяющимся (периодическим). Синхронная выборка обладает превосходной линейностью и является наиболее точной из трех методов. Синхронная выборка полезна для измерения периодических осциллограмм в диапазоне частот от 1 Гц до 10 МГц

Генератор Актаком AWG-4105

Универсальный генератор стандартных (5 форм) и специальной форм сигналов (48 типов), пачек импульсов. 2 канала. Полоса - 1мкГц...5 МГц (синус). Дискретизация 125 Мвыб/сек. количество точек - 16К. Технические характеристики представлены в таблице 7 и 8.

Таблица 7 – Технические характеристики

Характеристика		Значение			
Максимальная выходная частота		5 МГц			
Количество каналов		2			
Форма сигнала		Синусоидальный, прямоугольный, треугольный, импульсный, белый шум 48 типов специальной формы			
Частотные характеристики					
Диапазон	синусоидальный сигнал	1 мкГц ~ 5 МГц			
	прямоугольный сигнал	1 мкГц ~ 5 МГц			
	импульсный сигнал	1 мкГц ~ 5 МГц			
	пилообразный и треугольный сигнал	1 мкГц ~ 300 кГц			
	белый шум (Гаусс)	полоса 5 МГц (-3дБ)			
	специальной формы	1 мкГц ~ 5 МГц			
Разрешение по частоте		1 мкГц			
Точность установки (18°C ~ 28°C)		50 ppm (90 дней), 100 ppm (1 год)			
Синусоидальный сигнал					
Коэффициент гармоник		СН1		СН2	
		< 1 Вп-п	> 1 Вп-п	< 1 Вп-п	> 1 Вп-п
DC-1 МГц		-55 дБн	-45 дБн	-55 дБн	-45 дБн
1 МГц - 5 МГц		-55 дБн	-40 дБн	-55 дБн	-40 дБн
5 МГц - 25 МГц		-50 дБн	-35 дБн	-50 дБн	-35 дБн
Общие гармонические искажения		<0.2% (DC ~ 20 кГц, 1 Вп-п)			
Негармонические искажения		< -70 дБн (DC ~ 1 МГц)			
Фазовый шум		-108 дБн/Гц @ 10 кГц			
Прямоугольный сигнал					
Время нарастания / спада		< 12 нс (1 кГц, 1 Вп-п)			
Выброс		< 5 % (1 кГц, 1 Вп-п)			
Коэф. заполнения	1 мГц ~ 10 МГц	20% ~ 80%			
	10 мГц ~ 20 МГц	40% ~ 60%			
	20 мГц ~ 25 МГц	50%			
Ассиметрия		1% от периода + 20 нс (1 кГц, 1 Вп-п, 50% коэф. заполнения)			

Таблица 8 - Характеристики выхода

Канал (выход)	СН1	СН2
Амплитуда	2 мВп-п - 10 Вп-п (50 Ом, <10 МГц) 2 мВп-п - 5 Вп-п (50 Ом, >10 МГц) 4 мВп-п ~ 20 Вп-п <10 МГц) 4 мВп-п - 10 Вп-п > 10МГц)	2 мВп-п - 3 Вп-п (50 Ом) 4 мВп-п ~ 6 Вп-п (высокий импеданс)
Вертикальное разрешение	$\pm(1\% + 1 \text{ мВп-п})$	$\pm(1\% + 1 \text{ мВп-п})$
Неравномерность АЧХ	0.1 дБ (<100 кГц) 0.15 дБ (100 кГц ~ 5 МГц) 0.3 дБ (>5 МГц)	

Резистор ПЭВ-50Вт 100Ом $\pm 5\%$

На рисунке 5 представлен исследуемый мощный резистор ПЭВ-50 Вт.



Рисунок 5 – Резистор ПЭВ-50 Вт 100 Ом

Поскольку данный резистор имеет большие геометрические параметры предполагается, что у такого резистора имеются паразитные параметры, а соответственно частотная зависимость.

Таблица 9 - Основные параметры исследуемого резистора

Наименование	Описание
Функциональная группа	Резистор постоянный проволочный
Функциональный тип	эмалированный, влагостойкий
Группа резисторов (в зависимости от условий эксплуатации)	I, II, III
Допустимое отклонение	$\pm 5\%$
Фактическая маркировка	ПЭВ-50 $100 \pm 5\%$
Габаритные размеры L*W*H	90x43x29 mm
Длина корпуса	90 mm
Диаметр корпуса	29 mm

3.1.2 Порядок проведения эксперимента

Поскольку в области низких частот резистор практически не обладает паразитными параметрами, то было принято решение выбрать начальной точкой отсчета частоту 1 кГц, шаг выбрали 5 кГц до частоты 100 кГц. С частоты 100 кГц, шаг выбрали 50 кГц и оставляли неизменным до частоты 1 МГц, после шаг выбрали 500 кГц и не меняли до 5 МГц. В совокупности мы получили 47 точек, начиная со 1 кГц и заканчивая 5 МГц. Амплитуда входного сигнала, подаваемого с генератора - 2 В, была неизменна во всем диапазоне частот.

С помощью генератора задавали значения частоты и изменяли в соответствии с планом эксперимента. Для измерения входного и выходного сигнала использовали вольтметр Agilent 3458A.

Порядок эксперимента:

1. Для измерения входного и выходного сигнала с исследуемого резистора выставляем значение частоты на генераторе 100 Гц, измеряем вольтметром Agilent 3458A напряжение на входе, заносим в журнал эксперимента, представленном в приложении Б.

2. Измеряем значение выходного напряжения с исследуемого резистора и заносим в журнал эксперимента.

3. С осциллографа фиксируем фазовый сдвиг и заносим в журнал.
4. Переключаем цепь, меняя исследуемый резистор на идеальный.
5. Снимаем значение напряжения на входе и на выходе схемы, вносим значения в журнал эксперимента.
6. С осциллографа фиксируем фазовый сдвиг и вносим в журнал эксперимента.
7. Меняем идеальный резистор на исследуемый.
8. Выставляем на генераторе значение частоты, согласно плану эксперимента, 150 Гц и повторяем пункты 1-7 . Полученные данные заносим в журнал эксперимента.

3.1.3 Анализ результатов эксперимента по паразитным параметрам

Результаты, полученные в ходе эксперимента, были обработаны с помощью программы Madcad. Для численного расчета были использованы следующие формулы.

Для расчета коэффициента передачи:

$$K = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{вых}}$ – выходное напряжение;

$U_{\text{вх}}$ – входное напряжение.

Полученные данные эксперимента приведены в таблице в приложении Б. Расчет по формуле (3.1), представлен в приложении В.

Для сглаживания построенных графиков была применена команда medsmooth программы Madcad для наглядного представления информации.

На рисунке 6 представлен график зависимости падения напряжения от частоты.

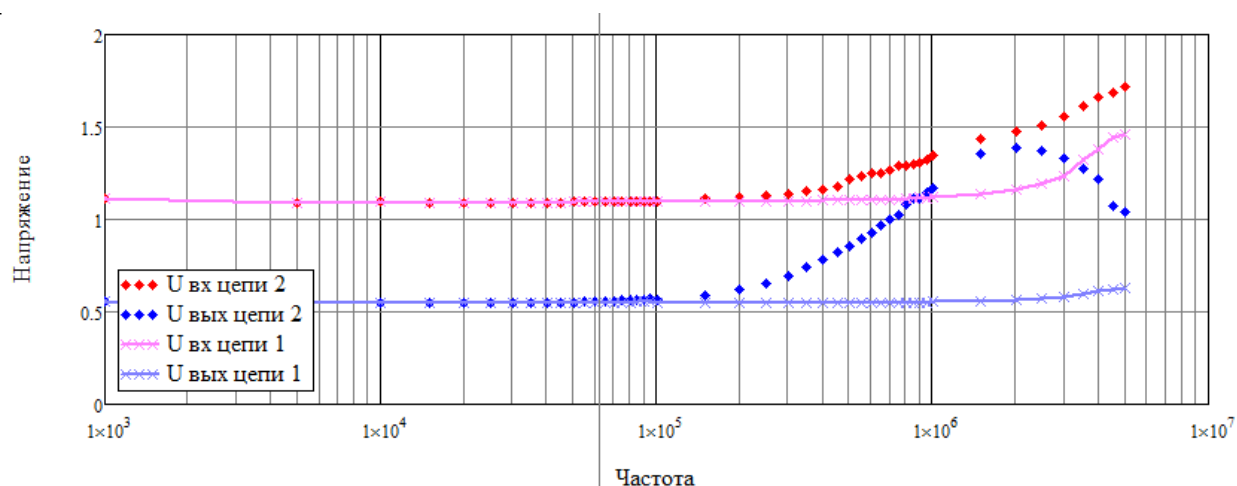


Рисунок 6 – Зависимость напряжения на сопротивлении от частоты

Цепь 2 с исследуемым резистором ПЭВ-50 Вт, а цепь 1 с образцовым резистором МЛТ.

На графике видно, что напряжение на идеальном сопротивлении, как входное так и выходное возрастает на верхних частотах, появляются паразитные параметры в цепи однако активное сопротивление резистора не меняется.

Стоит обратить внимание на поведение исследуемого резистора с ростом частоты, начиная со 100 кГц, значения входного напряжения возрастают, значения выходного напряжения возрастают и почти равны входному напряжению. Можно сделать предположение, что появляется реактивное сопротивление, обусловленное паразитными параметрами, возникающими на верхних частотах. Реактивное сопротивление резистора возрастает, а активное сопротивление падает за счет появления паразитных параметров, резистор ведет себя как колебательный контур, состоящий из активного сопротивления, емкости и катушки.

На рисунке 7 представлен график коэффициенты передачи, рассчитанный по формуле (3.1) для исследуемого и идеального резистора.

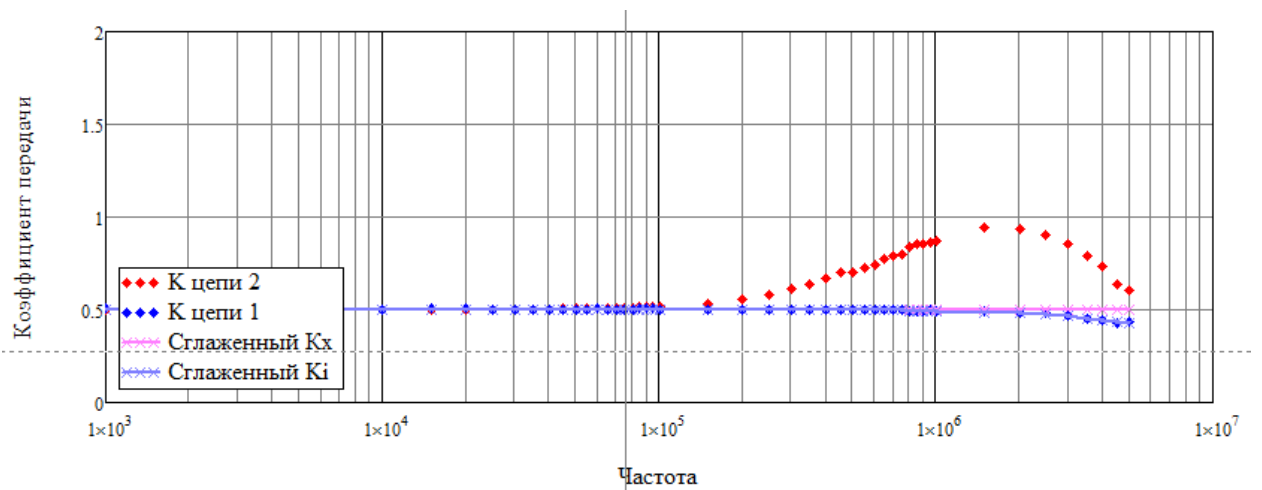


Рисунок 7 – Коэффициент передачи идеального и исследуемого резистора

Как видно из графика цепь с идеальным резистором выполняет свою функцию делителя, как на нижних, так и на верхних частотах. Цепь же с исследуемым резистором ведет себя как колебательный контур на верхних частотах. Это подтверждает наши предположения о появлении паразитных параметров на высоких частотах.

На рисунке 8, представлен график фазового сдвига выходного сигнала в цепи 1 с идеальным и исследуемым резистором в цепи 2.

На графике, видно, что цепь с идеальным резистором имеет незначительный сдвиг на верхних частотах. Это говорит о том, что резистор ведет себя как активное сопротивление. В цепи с исследуемым резистором имеется значительный фазовый сдвиг на верхних частотах и достигает 20° . Это говорит о том, что на верхних частотах в исследуемом резисторе реактивная часть сопротивления сильно возрастает, а резистор ведет себя как колебательный контур с малым активным сопротивлением, с емкостью и индуктивностью.

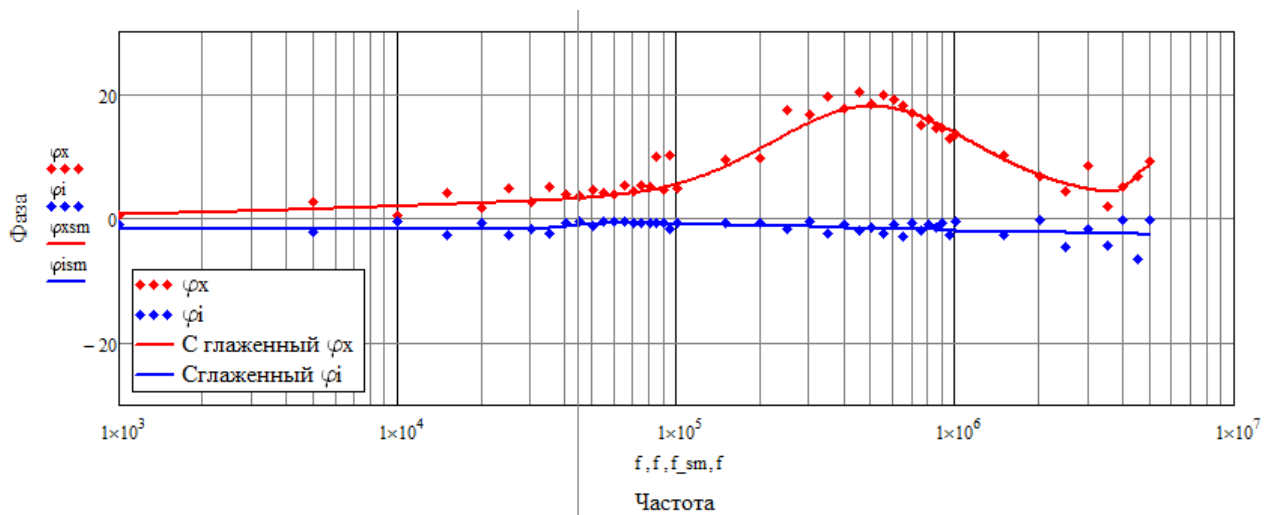


Рисунок 8 – График фазового сдвига

Поскольку возможности измерить паразитные параметры исследуемого резистора довольно не просто, было принято решение смоделировать эксперимент в программе Multisim и подобрать паразитные параметры опираясь на полученные амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики.

3.2 Моделирование паразитных параметров в программе Multisim.

Программа Multisim обладает набором возможностей по проектированию различных электронных устройств. Его достоинством является простота интерфейса, удобство проектирования и широкий состав виртуальных средств измерений. Большой выбор приборов позволяет создать целую виртуальную лабораторию.

Для реализации повторного эксперимента в программе Multisim с последующим определением паразитных параметров исследуемого резистора, были сделаны следующие измерения: ёмкость и сопротивление соединительных кабелей, и сопротивление использованных резисторов. Определены входные и выходные сопротивления вольтметра и генератора соответственно.

Начальные параметры представлены в таблице 10, которые необходимы и достаточны для моделирования эксперимента в программе Multisim и определения паразитных параметров исследуемого резистора.

Таблица 10 – Начальные параметры

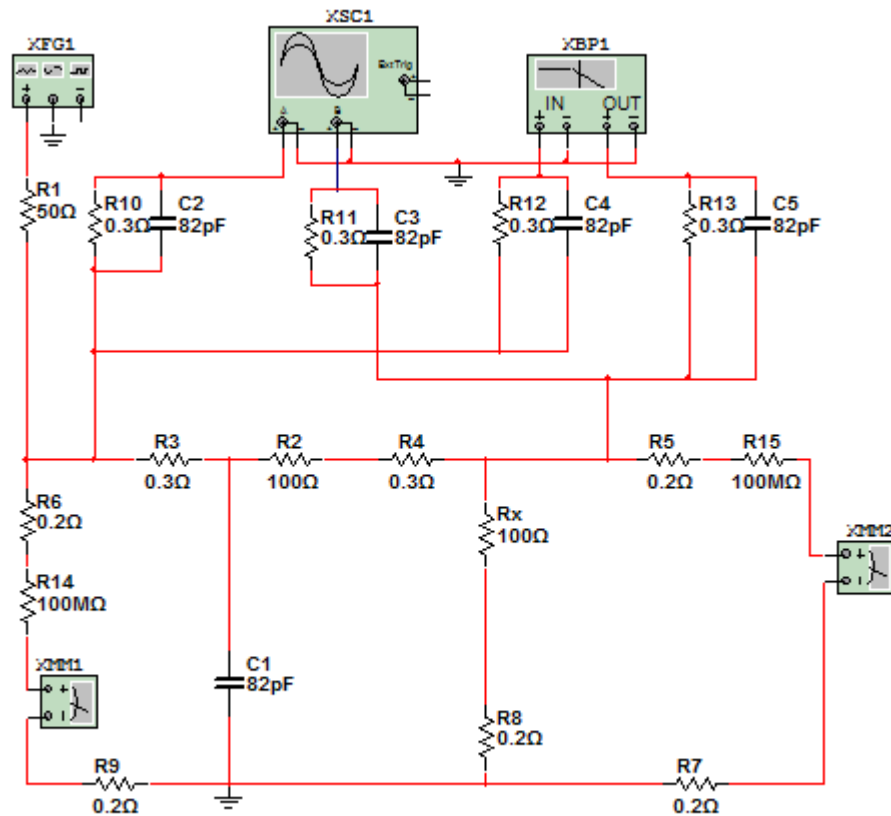
Наименование		Значение
Кабель осциллографа	1 канал (емкость)	82 пФ
	2 канал (емкость)	83 пФ
Емкость кабеля генератора		86 пФ
Сопротивление проводов		0,3 Ом
Сопротивление исследуемого резистора		99,56 Ом
Сопротивление входного резистора на плате		100,79 Ом
Сопротивление идеального резистора		98,83 Ом
Выходное сопротивление генератора		50 Ом
Входное сопротивление вольтметра		100 МОм

С помощью вольтметра В7-38М перед началом натурального эксперимента были измерены сопротивления всех проводов, а также емкости кабелей подключаемые к генератору и осциллографу. Изучив техническую документацию на приборы в схему были добавлены входное сопротивление мультиметра и выходное сопротивление генератора.

3.2.1 Проектирование в Multisim

С учетом начальных параметров была спроектирована схема в программе Multisim как для идеального, так и для исследуемого резистора.

На рисунке 9 представлена схема с учетом сопротивлений кабелей и проводов, спроектированная в программе Multisim для идеального резистора.



R_x – идеальный резистор, XFG1- функциональный генератор, XSC1 – осциллограф, XBP1 – плоттер Боде, XMM1- мультиметр 1, XMM2 – мультиметр 2, R1 – выходное сопротивление генератора, R_{x1} , R3-R13 – сопротивления кабелей, C1-C5 – емкости кабелей, R14, R15 – входное сопротивление вольтметра.

Рисунок 9 – Схема эксперимента в Multisim

С помощью виртуального осциллографа подаем прямоугольный сигнал на вход исследуемой схемы. Амплитуда сигнала 2 В, частота 450 кГц. На рисунке 12, представлена осциллограмма входного и выходного сигнала.

Масштаб по вертикали луча 1 – 1 В/дел;

Масштаб по вертикали луча 2 – 1 В/дел;

Масштаб по горизонтали –1 мкс/дел.

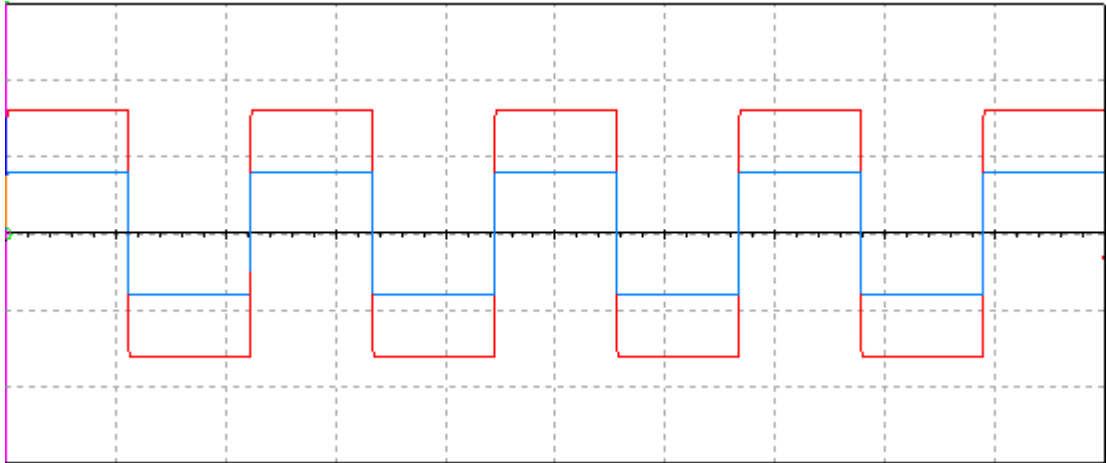


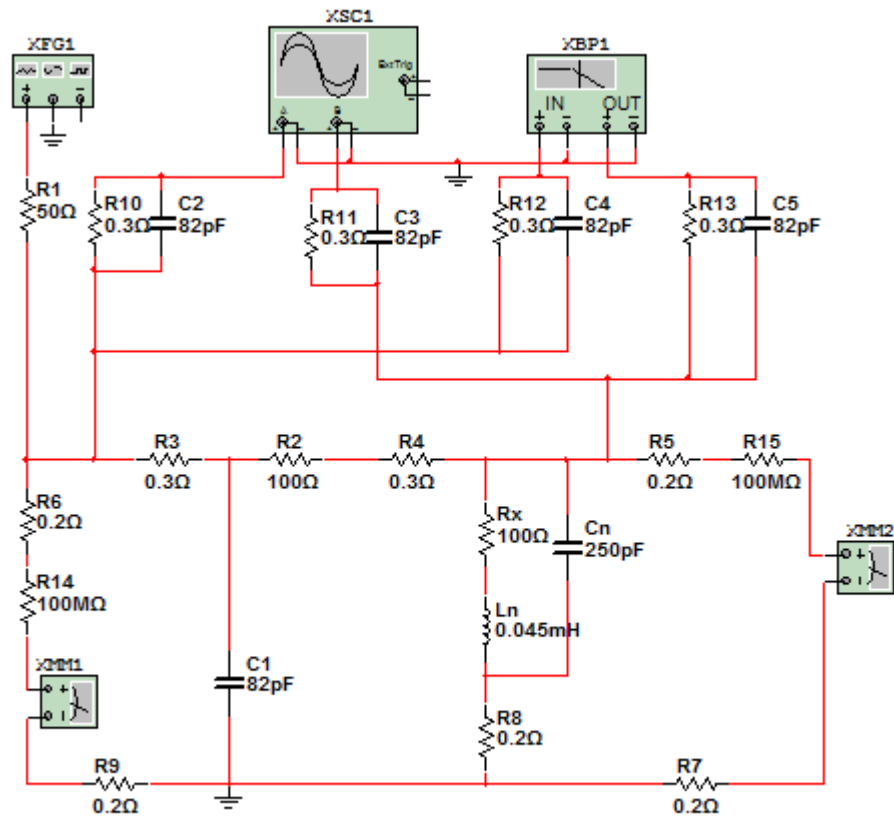
Рисунок 10 – Осциллограмма входного и выходного сигнала.

Из рисунка 10 видно, что на частоте 440 кГц цепь ведет себя как резистивный делитель напряжения. Паразитные параметры отсутствуют так как нет скачков и сдвигов.

С помощью плоттера Боде мы можем измерить коэффициент передачи и фазовый сдвиг для цепи с идеальным резистором. Коэффициент передачи равен 0,5 на всем промежутке частот. Можно сделать вывод, что эксперимент поставлен верно, так как в обоих случаях отсутствуют реактивные сопротивления на резисторах. Фазовый сдвиг в таком случае равен нулю, что так же подтверждает, что резистор на верхних частотах не обладает существенными паразитными параметрами. Резистор МЛТ не имеет частотной зависимости.

На рисунке 11 представлена схема с учетом сопротивлений кабелей и проводов, спроектированная в программе Multisim для исследуемого резистора.

Поскольку измерить напрямую паразитные параметры исследуемого резистора не предполагается возможным, то заменив исследуемый резистор на эквивалентную схему, методом подбора мы выбрали паразитную емкость и индуктивность. Значения паразитных параметров: $C_n=250$ пФ, $L_n=0,045$ мГн.

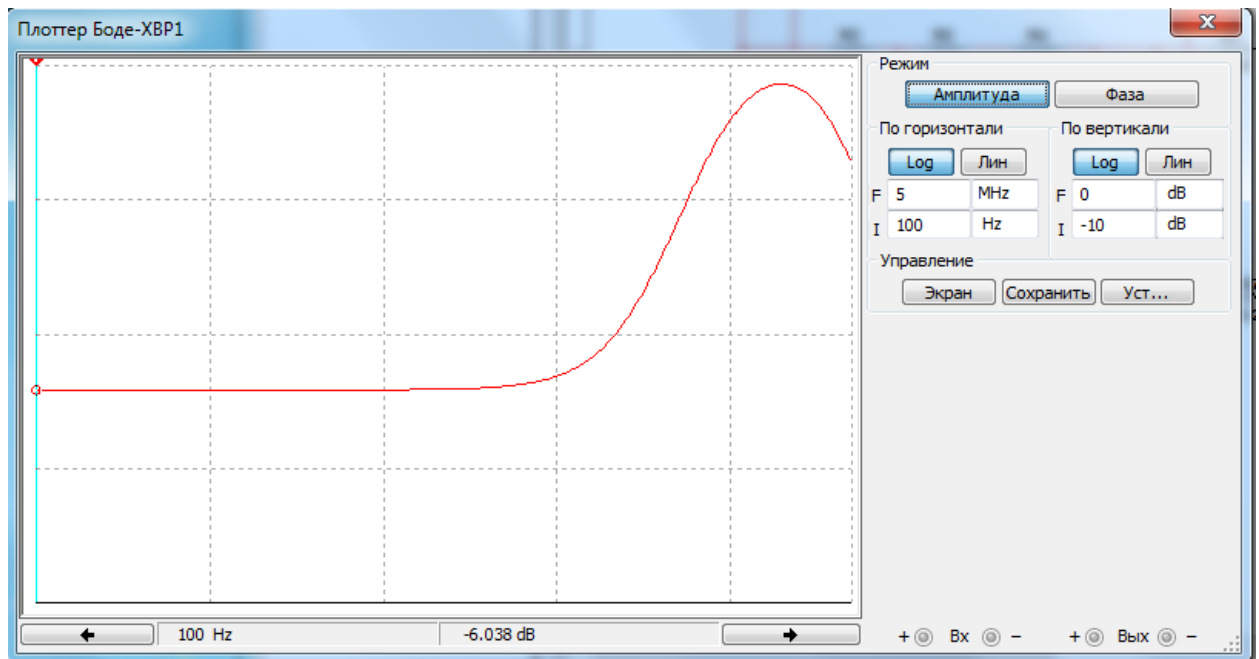


R_x – идеальный резистор, XFG1- функциональный генератор, XSC1 – осциллограф, XBP1 – плоттер Боде, XMM1- мультиметр 1, XMM2 – мультиметр 2, R1 – выходное сопротивление генератора, R_{x1} , R3-R13 – сопротивления кабелей, C1-C5 – емкости кабелей, R14, R15 – входное сопротивление вольтметра, C_p – паразитная емкость, L_p – паразитная индуктивность.

Рисунок 11 – Схема эксперимента в Multisim с исследуемым резистором

С помощью плоттера Боде посмотрим полученный коэффициент передачи и фазовый сдвиг для схемы с учетом паразитных параметров для исследуемого резистора.

На рисунке 12 представлен график коэффициента передачи цепи с исследуемым резистором.



Риунок 12 – Коэффициент передачи цепи

Как видно он полностью совпал с реальным коэффициентом передачи исследуемого резистора. Из чего можно сделать вывод, что параметры подобраны верно.

На рисунке 13, представлен график фазового сдвига с учетом, полученных паразитных параметров.

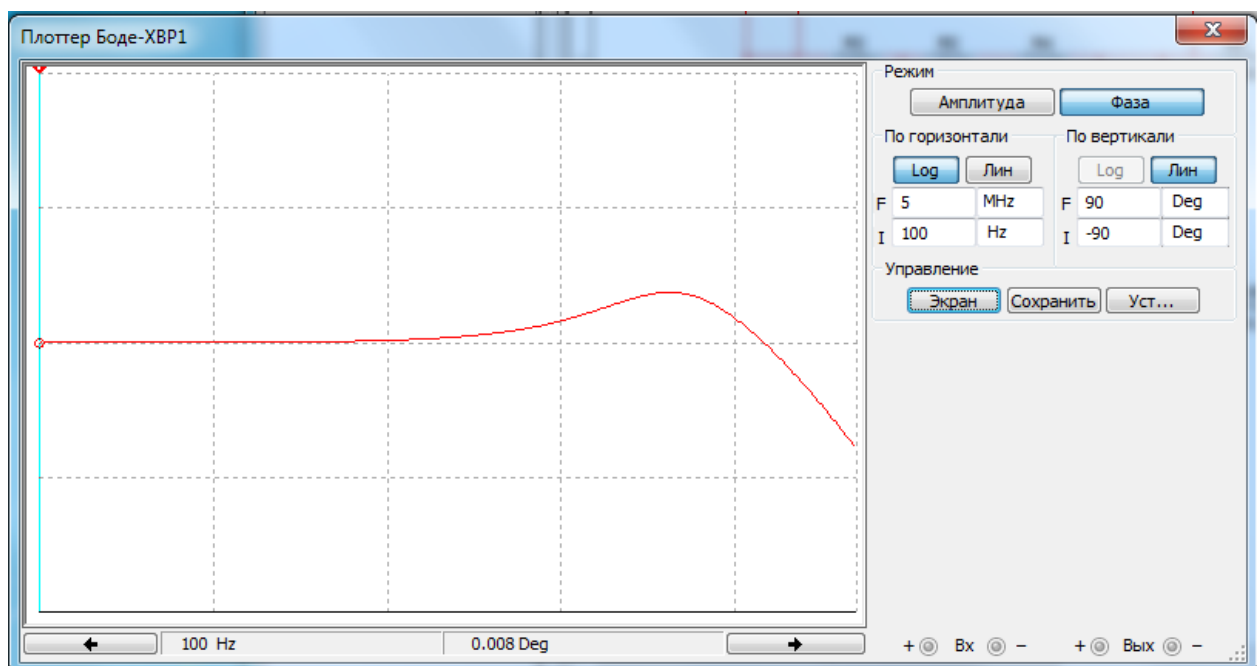


Рисунок 13 – Фазовый сдвиг

Как видно из рисунка на частоте 440 кГц разница фаз достигает $16,79^\circ$. Если сравнить с реальными значениями, разница фаз составляет 20° , то можно сделать вывод, что и по этому параметру паразитные емкость и индуктивность подобраны верно.

3.2.2 Сравнение осциллограмм натурального эксперимента и в программе Multisim

Поскольку недостаточно воспользоваться только плоттером Боде для подтверждения верного выбора паразитных параметров, мы подали прямоугольный импульс с генератора при натурном эксперименте и повторили ту же процедуру в Multisim.

Осциллограмма входного и выходного сигнала представлена на рисунке 14.

Масштаб по вертикали луча 1 – 1 В/дел;

Масштаб по вертикали луча 2 – 1 В/дел;

Масштаб по горизонтали – 1 мкс/дел.

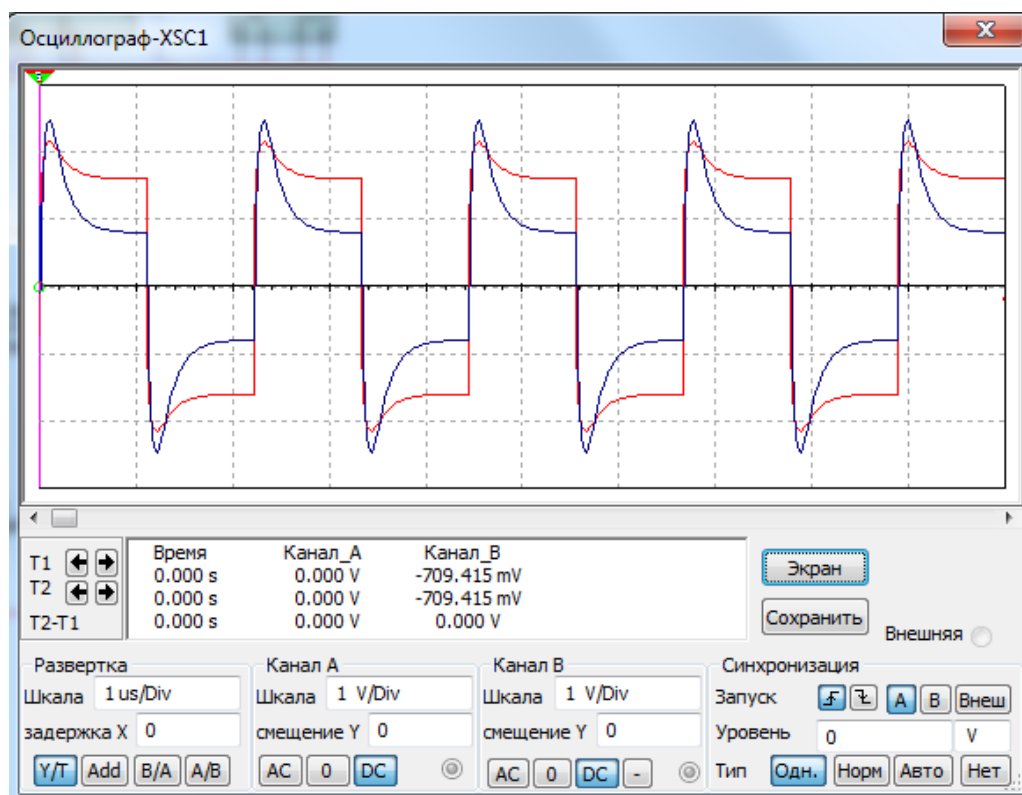


Рисунок 14 – Осциллограмма входного и выходного сигнала в Multisim

Полученная осциллограмма совпадает с реальным изображением с осциллографа на рисунке 15, полученной при проведении натурального эксперимента.

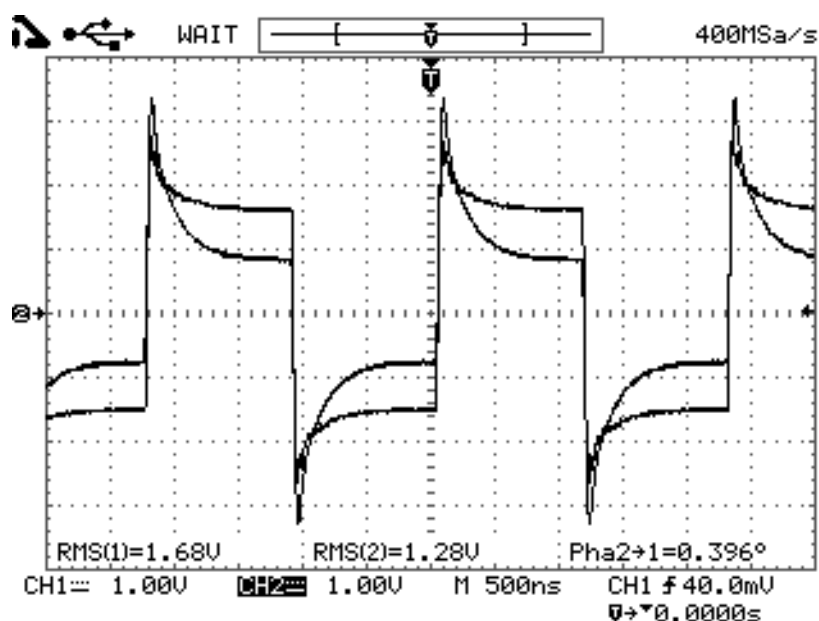


Рисунок 15 – Осциллограмма сигнала при натурном эксперименте

Это говорит о том, что паразитные параметры подобранные нами в программе Multisim верны. К тому же важным является, что эти паразитные параметры оказывают воздействие не только на выходной сигнал, но и на входной. Это говорит о том, что на разных частотах в нашем случае преимущественно на верхних выше 100 кГц, паразитные параметры влияют на активное сопротивление в плечах. В свою очередь это может привести к получению неверных данных при испытаниях ПСИ на такой нагрузке.

3.3 Оценка влияния эквивалентной нагрузки на измерения мощности

Важным фактором в разработке эквивалентной нагрузки является оценка ее влияния на измерения мощности при проведении приемосдаточных испытаний. Для простой оценки в программе Multisim была спроектирована схема, для измерения мощности. Воспользовавшись формулами (4), (5) и (6) рассчитали влияние эквивалентной нагрузки на измерения мощности.

$$P = U \cdot I, \quad (4)$$

где U – напряжение на резисторе,

I – сила тока.

$$\Delta = P_x - P_i, \quad (5)$$

где P_x – мощность на исследуемом резисторе,

P_i – мощность на образцовом резисторе.

$$\gamma = \frac{\Delta}{P_i} \cdot 100\% \quad (6)$$

Схема измерения в Multisim представлена на рисунке 20. С помощью ключа А сперва измерения проводятся для образцового резистора, затем для исследуемого. Далее по формулам (4), (5) и (6) мы произвели расчет влияния исследуемого резистора на измерения мощности, которое составило 27 %. Такое влияние не приемлемо для построения эквивалентной нагрузке, которая будет использоваться при измерении мощности медицинского оборудования. Поэтому стоит пересмотреть элементную базу и подобрать резисторы с меньшими геометрическими параметрами или рассмотреть вариант создания нагрузки на полевом транзисторе. Эти пути решения будут более дорогостоящими, но паразитные параметры снизятся, а значит и частотная зависимость станет меньше, влияние на измерения мощности тоже станут меньше.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Магистерская диссертация включает в себя моделирование эквивалентной нагрузки для электрохирургических аппаратов. Для создания эквивалентной нагрузки требуются мощные резисторы, поэтому возникает необходимость оценить влияние паразитных параметров таких резисторов на измерения выходной мощности прибора.

Целями раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» являются:

- 1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- 2 Планирование и формирование бюджета научных исследований;
- 3 Определение ресурсной и экономической эффективности исследования.

Для достижения данных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- 1 Определение потенциальных потребителей результатов исследования; анализ конкурентных технических решений.
- 2 Описание структуры работ в рамках научного исследования; определение трудоемкости выполнения работ; разработка графика проведения научного исследования; расчет бюджета научно-технического исследования.
- 3 Определение интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и сравнительной эффективности проекта.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Сегментировать рынок по разработке эквивалентной нагрузке можно по следующим критериям: тип потребителя и метод калибровки. Потребителем может выступать научная лаборатория, которой требуется нагрузка с высокой рассеиваемой мощностью; промышленная компания для проведения испытаний

приборов; а также физическое лицо, использующее нагрузку. Магазины сопротивлений на мощных резисторах выпускаются в штучных экземплярах и чаще используются на производстве и для создания новых средств измерений для приборов с большой выходной мощностью.

		Нагрузка	
		На мощных резисторах	На полевом транзисторе
Погребитель	Научная лаборатория	+	+
	Промышленная компания	+	
	Физическое лицо	+	

Рисунок 16 – Карта сегментирования рынка

По итогам сегментирования, рисунок 16, определены основные сегменты данного рынка. Магазин сопротивлений на мощных резисторах может использоваться научными лабораториями, промышленными компаниями и физическими лицами. Магазин сопротивления на полевом транзисторе подходит для научных лабораторий.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для того, чтобы выявить ресурсоэффективность научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице А.1 приложения А, где в качестве конкурентной разработки для сравнения была взята нагрузка на полевом транзисторе (K_1).

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5

– наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (4).

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Главным преимуществом разрабатываемой в рамках магистерской диссертации эквивалентной нагрузки является удобство в эксплуатации, повышение производительности труда, надежность и возможность автоматизации. В то время как конкурентные разработки узконаправленные и более дорогостоящие.

4.3 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и непосредственно студент (С), выполняющий написание магистерской диссертации. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования с указанием исполнителей представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	С
	3	Выбор направления исследований	НР, С
	4	Календарное планирование работ по теме	С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование и проведение эксперимента	НР, С
	6	Проведение расчетов для моделирования	С
	7	Проведение моделирования в программе	С
	8	Подбор элементной базы	С
Обобщение и оценка результатов	9	Обработка результатов	С
	10	Составление пояснительной записки	С

Всего выделено 4 основных этапа, которые подразделяются на 10 видов работ, выполняемых двумя исполнителями – научным руководителем и студентом.

4.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется формула(8).

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (8)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p по формуле 9, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (9)$$

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

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

Все расчеты приведены в приложении Б.

4.5 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика проведения научного исследования использовалась диаграмма Ганта, т.к. она является наиболее наглядным и удобным способом построения ленточного графика.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (10).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле (11).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

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.

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

Все рассчитанные значения сведены в таблицу Б.1 приложения Б.

На основе таблицы Б.1 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. На рисунке В.1 приложения В представлен календарный план-график для первого исполнения.

4.6 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.6.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле (12).

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (12)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий

договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15 – 25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Кол-во, шт.			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	1	1	1	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Резистор ПЭВ	1	1	1	300	300	300	300	300	300
Резистор МЛТ	2	2	2	260	260	260	260	260	260
Лицензия на среду моделирования	1	1	1	120000	120000	60000	195000	195000	60000
Итого							255560	255560	120560

Необходимо учитывать, что данное оборудование в дальнейшем будет использоваться в других проектах.

4.6.2 Основная заработная плата исполнителей

Зарботная плата включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату, и рассчитывается по формуле (13).

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (13)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле (14).

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (14)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица Б.1);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (15).

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}, \quad (15)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя);

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 13).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни и праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	48	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	247

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (16).

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (16)$$

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;

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

Тарифная заработная плата $Z_{ТС}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке, для научного руководителя $k_{T(НР)}$ принимается равным 2,047; для студента $k_{T(С)}$ – 1,407. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.			З _{осн} , руб.		
				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
НР	1228,2	2394,99	125,17	21,3			2666,12		
С	844,2	1646,19	69,31	167,9	216,9		11637,15	15033,34	

4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле (17).

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (17)$$

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

Результаты расчета дополнительной заработной платы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Дополнительная заработная плата

Исполнитель	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	346,6		
Студент	1512,8	1954,3	

4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (18).

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент уплаты во внебюджетные фонды, принятый равным 30,2 % для учреждений, осуществляющих научную деятельность.

Величина отчислений во внебюджетные фонды представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.			$Z_{\text{доп}}$, руб.			$Z_{\text{внеб}}$, руб.		
		Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
НР	0,302	2666,12			346,6			909,84		
С	0,302	11637,15	15033,34		1512,8	1954,3		3971,3	5130,27	

4.6.5 Расчет накладных расходов

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

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (19)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, взятый в размере 16%.

Результаты расчетов накладных расходов представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Накладные расходы

Исполнители	$Z_{\text{накл}}$, руб.		
	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	612,68		
Студент	2674,17	3454,61	

4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Полученная в результате величина затрат на научно-исследовательскую работу является базой для формирования бюджета затрат на проект. Определение бюджета затрат на НИИ представлено в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.				Номер пункта
	Научный руководитель	Студент			
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
Материальные затраты НТИ	–	255560	255560	120560	5.8.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	2666,12	11637,15	15033,34		5.3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	346,6	1512,8	1954,3		5.3.4.4
Отчисления во внебюджетные фонды	909,84	3971,3	5130,27		5.3.4.5
Накладные расходы	612,68	2674,17	3454,61		5.3.4.6
Бюджет затрат НТИ	4535,24	275355,42	281132,52	146132,52	Сумма статей с 5.8.1 по 5.8.5

4.7 Определение ресурсной и экономической 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.

4.7.1 Интегральный финансовый показатель

Данный показатель можно определить по формуле (20).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральные показатели для различных исполнений приведены ниже:

$$-I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = 0,979;$$

$$- I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = 1;$$

$$- I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = 0,519.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

4.7.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

где a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – экспериментально установленная балльная оценка варианта разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
1. Удобство при разработке	0,25	4	3	3
2. Удобство в эксплуатации	0,23	5	4	4
3. Производительность	0,15	5	3	3
4. Уменьшение времени разработки	0,15	5	3	2
5. Необходимость в дальнейшей поддержке	0,12	4	3	3
6. Использование в других проектах	0,1	5	4	3
Итого	1	4,63	3,33	3,08

4.7.3 Сравнительная эффективность проекта

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (21).

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}} \quad (21)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта, которая рассчитывается по формуле (22).

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (22)$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,979	1	0,519
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,63	3,33	3,08
3	Интегральный показатель эффективности	4,73	3,33	5,93
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,42	0,8

Несмотря на то, что первый вариант исполнения оказался не самым эффективным, необходимо учитывать то, что оборудование, применяемое для данной разработки, используется не только в данном проекте.

Выводы к разделу

В данном разделе были рассмотрены такие вопросы как оценка коммерческого потенциала НИ, планирование и формирование бюджета научных исследований, а также определение ресурсной и экономической эффективности исследования.

Были определены потенциальные потребители результатов исследования: научная лаборатория, промышленная компания и физическое лицо. Проанализированы конкурентные технические решения. Научное исследование состоит из 10 работ, которые выполняются двумя исполнителями – научным руководителем и студентом. Определена трудоемкость выполнения работ, которая составила 271 день. Разработан график проведения научного исследования, а также рассчитан бюджет научно-технического исследования.

Определены интегральный финансовый показатель, интегральный показатель ресурсоэффективности и сравнительная эффективность проекта. Несмотря на то, что данное научное исследование оказалось не самым эффективным, необходимо учитывать то, что оборудование, применяемое для данной разработки, используется не только в данном проекте.

5 Социальная ответственность

В работе проведено исследование возможности использования мощных резисторов для создания эквивалентной нагрузки. Данное исследование проводится для ведущей компании по производству электрохирургических высокочастотных аппаратов «НИКОР». Разрабатываемая эквивалентная нагрузка является первым шагом для дальнейшего проектирования измерителя мощности. Однако эквивалентная нагрузка может использоваться совместно с вольтметром для проведения приемосдаточных испытаний на предприятии квалифицированным персоналом.

Исследования проводились в Томском политехническом университете, в специально оборудованной лаборатории.

Обработка полученной информации с прибора и её визуализация производилась на компьютере, состоящем из системного блока и монитора, поэтому выполняемые работы сводятся к взаимодействию с персональным компьютером.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Оптимальный режим труда и отдыха это одно из важных условий качественной работоспособности сотрудников. При несоблюдении режима труда и отдыха снижается работоспособность сотрудников, появляются головные боли, усталость, болезненные ощущения в глазах, раздражительность, психоэмоциональное напряжение.

Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и экспериментальной установкой. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Согласно [16] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

Главными элементами рабочего места являются рабочий стол и стул, при этом работа проводится в положении сидя. Следовательно, для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью сотрудника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз.

При организации рабочего места в лаборатории реализуются следующие правила:

- высота стола составляет 720 мм, в соответствии с нормами [16] - 725 мм;
- рабочий стул не имеет регулировку высоты и поворотов, угол наклона спинки стандартный и так же не имеет возможности регулировки, не имеет подлокотников;
- клавиатура располагается на расстоянии от 150-200 мм от края стола, что соответствует нормам [16].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

5.2 Производственная безопасность

В настоящее время в процессе эксплуатации предприятий производственной сферы возникает проблема обеспечения безопасности

производственного персонала и населения. Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1.Отклонение показателей микроклимата		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».
2.Психофизиологические нагрузки		+	+	
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Воздействия связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека	+	+		
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+		

Рассмотрим подробно действия перечисленных вредных факторов на организм человека.

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственного помещения оказывает большое влияние на организм человека, на его здоровье и самочувствие, работоспособность и производительность труда.

Метеорологические условия в производственных помещениях, или их микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий вентиляции и отопления.

Под микроклиматом производственных помещений понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей.

Неблагоприятный уровень микроклимата может способствовать возникновению у человека определенных последствий, например:

- нарушение терморегуляции, в результате которого возможно повышение температуры, обильное потоотделение, слабость.
- нарушение водно-солевого баланса, может привести к слабости, головной боли, судорожной болезни.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата лабораторных помещений согласно [18] и [19] приведены в таблицах 22 и 23.

Таблица 22 - Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещений

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
Теплый	23-25	40-60	0,1
Холодный	22-24	40-60	0,1

Таблица 23 - Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещений

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
Теплый	22-28	55 (при 28 °С)	0,1-0,2
Холодный	21-25	75	Не более 0,1

В профилактических целях от воздействия неблагоприятного микроклимата должны быть произведены защитные мероприятия, например, системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы.

Микроклимат лаборатории, в которой проводилась работа, соответствует допустимым нормам, например, средняя температура воздуха в зимнее время года составляет 20-22 °С, в летнее 22-24 °С.

5.2.2 Психофизиологические нагрузки

Для того чтобы минимизировать психофизиологические нагрузки на сотрудника, следует уделить внимание требованиям организации рабочего места. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования (в данном случае компьютера и экспериментальной установки), с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Для уменьшения психофизиологических нагрузок на сотрудника так же целесообразно соблюдать требования к режиму труда и отдыха.

В частности соблюдение данных требований позволит минимизировать нервно-психические, нервно-эмоциональные перегрузки, а так же утомление глаз, повышенную нагрузку на зрение.

Согласно [20] рекомендуется организовывать перерывы на 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы. При этом продолжительность непрерывной работы с компьютером не должна превышать 2 часов.

Во время перерывов следует выполнять комплекс упражнений для снятия утомления зрительного анализатора, напряжения в позвоночнике, а также общего эмоционального напряжения.

5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны Отсутствие или недостаток естественного света

Освещение рабочих мест является одним из важных факторов, который оказывает влияние на создание благоприятных и безопасных условий труда, которые в свою очередь влияют на настроение, самочувствие и результативность деятельности трудящегося. Более 90% информации при работе человек получает по средствам зрения, и недостаточная освещённость будет затруднять деятельность рабочего и нагружать его свыше допустимой нормы, будет вызывать уменьшение остроты зрения, утомление организма и негативно сказываться на его психологическом состоянии.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Согласно требованиям [16] и [17] необходимо при проведении испытаний соблюдать определенные правила:

- применять комбинированную освещенность;
- естественный свет преимущественно должен падать слева;
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк;
- освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;
- в качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ);
- для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования персональных электронно-вычислительных машин следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

В лаборатории, где производилась работа, освещенность комбинированная, естественный свет падает слева, соблюдены все нормы освещенности, чистка окон производится 2 раза в год.

5.2.4 Воздействия связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека

Воздействие электромагнитного и электростатического полей могут привести к появлению головных болей и дисфункции ряда органов. Электромагнитные излучения ухудшают работу сосудов головного мозга, что вызывает ослабление памяти, остроты зрения, так же наблюдаются болезни сердечнососудистой системы, желудочно-кишечного тракта, кожные заболевания.

Временные допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемые компьютером на рабочем месте представлены в таблице 24 согласно [20].

Таблица 24 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых компьютером на рабочих местах

Наименование параметров		Временный допустимый уровень
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Наименование параметров		Временный допустимый уровень
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для защиты от электромагнитных излучений необходимо обеспечить:

- рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов, исключаящее или ослабляющее воздействие излучения на персонал;

- ограничение места и времени нахождения сотрудников в электромагнитном поле;
- защита расстоянием;
- использование поглощающих или отражающих экранов;
- использование специальных защитных очков;
- лечебно-профилактические мероприятия.

В соответствии с [17] по виду трудовой деятельности данный вид работ в лаборатории относится к группе Д, это означает, что стоит сократить время работы за компьютером, делать перерывы при 8-ми часовой смене. Также применять мониторы с пониженным уровнем излучения и защитные экраны.

5.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного воздействия электромагнитного поля, электрического тока и статистического электричества.

На рабочем месте лаборанта металлическими являются корпуса системного блока компьютера, цифрового осциллографа, мультиметра и генератора. Однако в конструкции приборов предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания. Без заземления величина электромагнитного поля в несколько раз превышает допустимый безопасный уровень для здоровья человека, который установлен в [20]. Таким образом, оборудование выполнено по классу 1, в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

На основании ГОСТ 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [18] степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от рода и величины

напряжения и тока, силы тока, частоты электрического тока и пути прохождения через тело человека, а так же продолжительности воздействия и условий внешней среды.

Помещение лаборатории по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу, т.е. это помещение без повышенной опасности (сухое, беспыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов).

В целях обеспечения электробезопасности выделяют следующие требования согласно [22]:

- использование безопасного напряжения 12 и 36 В (для получения используют понижающие трансформаторы, которые включают в стандартную сеть с напряжением 220 или 380 В);
- контроль изоляции электрических проводов;
- устройство защитного заземления и зануления;
- соблюдение организационных мер обеспечения электробезопасности.

Так же обязательным условием является прохождение всеми сотрудниками первичного, внеочередного и повторного инструктажа по электробезопасности.

5.3 Экологическая безопасность

Компьютер, используемый в работе, не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Компьютер в своем составе содержит токсичные вещества электронных отходов такие, как бромсодержащие замедлители горения, поливинилхлориды, ртуть, которые в процессе эксплуатации не вызывают негативных последствий,

однако со временем приходится производить утилизацию персонального компьютера как твердого отхода.

При завершении срока службы ПК, его можно классифицировать, как отход электронной промышленности.

При утилизации происходит разбор компьютеров на следующие компоненты: блоки питания, процессоры, электронные платы, кабеля. Утилизация, как электронно-вычислительных машин, так и другой оргтехники включает в себя работы по: погрузке, транспортировке, разгрузке, демонтажу и извлечению различных материалов из списанных технических средств, а также сдачу на материалы специализированным организациям для дальнейшей переработки. Основными материалами, которые извлекаются из технических средств, являются: черный металл (алюминий, медь), пластик, платы, содержащие драгоценные металлы, стекло. Переработка таких отходов осуществляется согласно [21].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одна из возможных чрезвычайных ситуаций – пожар, поэтому пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Причинами возникновения пожара может быть короткое замыкание, искрение и электрические дуги, перегрузки по току, статическое электричество, а также халатное неосторожное обращение с огнем, например, оставленные без присмотра нагревательные приборы.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

1. назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
2. проведение обязательного первичного инструктажа по пожарной безопасности;
3. издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
4. использование только исправного оборудования;
5. курение в строго отведенном месте;
6. содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для исключения возникновения пожара необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр.

Использование в помещении открытых электронагревательных приборов может привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага - легковоспламеняющийся предмет.

В целях профилактики пожара предлагается не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

Еще одним фактором возникновения пожара может стать курение в помещении. Поэтому курение в помещении лаборатории категорически запрещено.

В случае возникновения пожара необходимо вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Здание корпуса 10 Томского политехнического университета, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации,

имеются в наличии порошковые огнетушители и план эвакуации, а так же установлен план эвакуации с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу.

Выводы по разделу

В настоящей главе были рассмотрены санитарнотехнические нормы, техника безопасности, работа в чрезвычайных ситуациях, а так же организационные вопросы обеспечения безопасности рабочей зоны. Были выявлены возможные источники возникновения вредных и опасных факторов, а так же предложен комплекс мероприятий, с помощью которых происходит минимизация негативного воздействия факторов, возникающие при работе с компьютером, экспериментальной установкой. Благодаря проведению данных мероприятий можно повысить производительность труда и улучшить условия работы в лаборатории.

Заключение

В магистерской работе были достигнуты следующие результаты:

1. Выявлены недостатки имеющегося оборудования – магазина сопротивления, используемого для измерения выходной мощности с ЭХВЧ аппарата, заключающиеся в отсутствии автоматизации измерений и низкой надежности.
2. Проанализирована имеющаяся элементная база и был выбран мощный резистор ПЭВ-50 Вт для данного исследования как наиболее соответствующий по рассеиваемой мощности.
3. Изучены литературные источники по паразитным параметрам резистора, а так же выбрана эквивалентная схема замещения резистора.
4. Спланирован эксперимент по определению паразитных параметров резистора в лабораторных условиях.
5. Спроектирован и проведен эксперимент в программе Multisim по определению паразитной емкости ($C_n=250$ пФ) и паразитной индуктивности ($L_n=0,045$ мГн) мощного резистора.
6. Оценено влияние эквивалентной нагрузки на измерения выходной мощности аппарата ЭХВЧ. Полученны значения сигналов отличаются от номинальных на $\gamma = 27\%$.

Получив результат, $\gamma = 27\%$, следует сказать, что разработка эквивалентной нагрузки на резисторах ПЭВ-50 Вт не приемлема, поскольку не обеспечивает необходимую точность измерения при проведении приемосдаточных испытаний медицинской техники.

В дальнейших исследованиях необходимо рассмотреть другие пути создания эквивалентной нагрузки аппарата ЭХВЧ. Одно из возможных решений подбор новой элементной базы с меньшими геометрическими размерами, что позволит уменьшить частотную зависимость сопротивления и позволит создать эквивалентную нагрузку, обеспечивающую требуемое

значение точности. Вторым возможным решением является сопротивление на полевом транзисторе. Такой способ более удобен по габаритам для последующей разработки измерителя мощности, однако приведет к значительному удорожанию изделия.

Список публикаций

- 1 Брашеван Н. -. Минимизация систематической амплитудной погрешности при осциллографическом наблюдении сигнала // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых , Томск, 4-7 Декабря 2017. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 29-30

Список использованных источников

1. Электрохирургические аппараты: сайт производителя / Томск, производственная компания – АО «НПО «НИКОР», 2019. – режим доступа: <http://npo-nikor.ru/kompaniya/istoriya-kompanii/>
2. Драбкин Р. Л., Левинсон А. Р. Электрохирургия и вопросы безопасности. М. – 1977. – 51 с.
3. Долецкий С. Я., Драбкин Р. Л., Лёнишкин А. И. Высокочастотная электрохирургия // М. – 1980. – 199 с.
4. Аксенов А. И., Нефедов А. В. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1995. — 272 с. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1203).
5. Справочник по элементам радиоэлектронных устройств / под ред. В. Н. Дулина, М. С. Жука — М.: Энергия, 1978
6. Москатов Е. А. Теория расчётов импульсных трансформаторов двухтактных ИИП и её подтверждение практикой/ Москатов Е. А. – г. Таганрог Ростовской обл., 2010 г. – 21 с.
7. Волович Резонансные преобразователи напряжения / Волович // Схемотехника. – 2003. - № 9.
8. Ю. Ф. Скрипников. «Радиаторы для полупроводниковых приборов»/ Ю. Ф. Скрипников: изд-во «Энергия», М. – 1973. – 48 с.
9. Волович Расчёт трансформатора двухтактного мостового источника питания / Волович // Схемотехника. – 2005. - № 1.
10. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники / Хоровиц П., Хилл У.: Пер. с англ. – Изд. 2-е – М.: Издательство БИНОМ. – 2014. – 704 с.
11. Федоров И. В. Электрохирургия в лапароскопии / И. В. Федоров, В. Я. Попов. М.: Триада-Х, 2003. - 70 с.
12. Вдовин С. С. Проектирование импульсных трансформаторов./Вдовин С.С. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991 г. – 208 с.: ил.

13. Семёнов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов/ Семёнов Б. Ю. – изд. «СОЛОН-Р», Москва, 2001 г. – 321 с.
14. ГОСТ 4.485-87. Система показателей качества продукции. Аппараты электрохирургические высокочастотные. Номенклатура показателей – Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1989. – 11 с.
15. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
16. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
18. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
19. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96 Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий. планировка и застройка населенных мест.
21. ГОСТ Р 55102-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутисодержащих устройств и приборов.
22. ОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Приложение А

(обязательное)

Анализ конкурентных технических решений

Таблица А.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство в эксплуатации	0,17	5	3	0,85	0,51
2. Повышение производительности труда	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Надежность	0,1	5	4	0,5	0,4
4. Простота реализации	0,08	4	4	0,32	0,32
5. Возможность автоматизации	0,14	5	4	0,7	0,56
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	4	4	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	4	0,7	0,56
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	0,5	0,5
Итого	1	38	31	4,78	3,78

Приложение Б

(обязательное)

Временные показатели проведения научного исследования

Таблица Б1 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Трудоемкость									Длительность в рабочих днях, T_p			Длительность в календарных днях, T_k		
	t_{min}			t_{max}			$t_{ож}$								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	10	10	10	14	14	14	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	18	18	18
2	7	20	20	12	25	25	9	22	22	9	22	22	14	33	33
3	8	8	8	12	12	12	9,6	9,6	9,6	4,8	4,8	4,8	8	8	8
4	6	6	6	10	10	10	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	12	12	12
5	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	4,9	4,9	4,9	8	8	8
6	50	70	70	60	90	90	54	78	78	54	78	78	80	116	116
7	20	30	30	45	60	60	30	42	42	30	42	42	45	63	63
8	14	14	14	21	21	21	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	25	25	25
9	14	14	14	21	21	21	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	25	25	25
10	20	20	20	30	30	30	24	24	24	24	24	24	36	36	36
Итого										179,5	228,5	228,5	271	344	344

Приложение В
(Обязательное)
Календарный план-график

№ рабо т	Вид работ	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																																
			сен.18			окт.18			ноя.18			дек.18			январь.19			фев.19			мар.19			апр.19			май.19			июн.19					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
1	утверждение технического задания	18	■	■																															
2	Подбор и изучение материалов по теме	14			■	■																													
3	Выбор направления исследований	8				■	■																												
4	Календарное планирование работ по теме	12					■	■																											
5	Планирование и проведение эксперимента	8								■	■																								
6	Проведение расчетов для моделирования	70																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Проведение моделирования в базе	55																																	
8	Подбор элементной базы	25																																	
9	Обработка результатов	25																																	
10	Составление пояснительной записки	36																																	

Рисунок В.1 – Календарный план-график для первого исполнения

Приложение Г
(Обязательное)
Экспериментальные данные

Таблица Г1 – Результаты эксперимента

f, кГц	$R_x = 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$			$R_{ид} = 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$		
	Авх, В	Авых, В	$\phi, ^\circ$	Авх, В	Авых, мВ	$\phi, ^\circ$
1	1,04	0,56	0,459	1,1	0,56	-0,9
5	1,04	0,56	2,7	1,04	0,56	-2,247
10	1,04	0,54	0,45	1,04	0,56	-0,45
15	1,04	0,56	4,017	1,04	0,56	-2,707
20	1,04	0,56	1,802	1,04	0,56	-0,72
25	1,04	0,52	4,95	1,04	0,56	-2,667
30	1,04	0,58	2,703	1,04	0,58	-1,62
35	1,04	0,52	5,044	1,04	0,52	-2,522
40	1,04	0,56	3,956	1,04	0,58	-0,719
45	1,04	0,52	3,64	1,04	0,52	-0,404
50	1,04	0,58	4,5	1,04	0,56	-1,3
55	1,04	0,56	4,0462	1,04	0,56	-0,495
60	1,04	0,6	3,787	1,04	0,58	-0,541
65	1,04	0,56	5,26	1,04	0,56	-0,584
70	1,04	0,58	4,406	1,04	0,58	-0,629
75	1,04	0,56	5,4	1,04	0,56	-0,677
80	1,12	0,64	5,04	1,12	0,6	-0,72
85	1,04	0,56	9,936	1,04	0,56	-0,768
90	1,04	0,64	4,62	1,04	0,62	-0,811
95	1,04	0,56	10,24	1,04	0,56	-1,714
100	1,12	0,64	4,94	1,04	0,6	-0,61
150	1,04	0,6	9,5	1,04	0,56	-0,674
200	1,04	0,66	9,72	1,04	0,6	-0,712
250	1,12	0,68	17,5	1,04	0,56	-1,8
300	1,12	0,7	16,71	1,12	0,6	-0,54
350	1,12	0,72	19,58	1,04	0,56	-2,522
400	1,12	0,76	17,66	1,04	0,62	-1,08
450	1,12	0,8	20,25	1,04	0,52	-2,025
500	1,12	0,86	18,43	1,04	0,54	-1,35
550	1,2	0,92	19,81	1,12	0,56	-2,475
600	1,2	0,94	19,17	1,04	0,56	-1,071
650	1,2	0,96	18,12	1,04	0,56	-2,913
700	1,2	1	16,85	1,04	0,56	-0,62
750	1,2	1,04	15,05	1,04	0,56	-2,015
800	1,2	1,08	15,85	1,12	0,56	-1,06

f, кГц	$R_x = 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$			$R_{ид} = 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$		
	Авх, В	Авых, В	$\phi, ^\circ$	Авх, В	Авых, мВ	$\phi, ^\circ$
850	1,2	1,12	14,49	1,04	0,56	-1,535
900	1,2	1,08	14,58	1,04	0,56	-0,816
950	1,2	1,12	12,8	1,04	0,56	-2,656
1000	1,28	1,16	13,5	1,04	0,54	-0,45
1500	1,28	1,28	10,11	1,04	0,56	-2,693
2000	1,28	1,32	6,84	1,04	0,56	-0,36
2500	1,36	1,4	4,25	1,04	0,56	-4,5
3000	1,36	1,4	8,54	1,04	0,56	-1,617
3500	1,44	1,44	1,888	1,04	0,56	-4,425
4000	1,36	1,4	5,04	1,12	0,58	-0,36
4500	1,44	1,44	6,88	1,12	0,6	-6,461
5000	1,36	1,4	9,25	1,12	0,62	-0,2521

Приложение Д
(Обязательное)
Расчет коэффициента передачи

Таблица Д1 – Коэффициент передачи

f, кГц	K_x_abs	K_id_abs
1	0,53846	0,50909
5	0,53846	0,53846
10	0,51923	0,53846
15	0,53846	0,53846
20	0,53846	0,53846
25	0,50000	0,53846
30	0,55769	0,55769
35	0,50000	0,50000
40	0,53846	0,55769
45	0,50000	0,50000
50	0,55769	0,53846
55	0,53846	0,53846
60	0,57692	0,55769
65	0,53846	0,53846
70	0,55769	0,55769
75	0,53846	0,53846
80	0,57143	0,53571
85	0,53846	0,53846
90	0,61538	0,59615
95	0,53846	0,53846
100	0,57143	0,57692
150	0,57692	0,53846
200	0,63462	0,57692
250	0,60714	0,53846

f, кГц	K_x_abs	K_id_abs
300	0,62500	0,53571
350	0,64286	0,53846
400	0,67857	0,59615
450	0,71429	0,50000
500	0,76786	0,51923
550	0,76667	0,50000
600	0,78333	0,53846
650	0,80000	0,53846
700	0,83333	0,53846
750	0,86667	0,53846
800	0,90000	0,50000
850	0,93333	0,53846
900	0,90000	0,53846
950	0,93333	0,53846
1000	0,90625	0,51923
1500	1,00000	0,53846
2000	1,03125	0,53846
2500	1,02941	0,53846
3000	1,02941	0,53846
3500	1,00000	0,53846
4000	1,02941	0,51786
4500	1,00000	0,53571
5000	1,02941	0,55357

Приложение Е
(Обязательное)

Раздел 1

Joint Stock Company «Scientific Production Association «NIKOR»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Брашеван Надежда		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

1. The Company History

The Company “NIKOR” was established in 1989 on the basis of the Tomsk Instrument Plant and is staffed with qualified engineering personnel. Since its establishment, the Company has been focused on the production of high-tech products that meet the needs of domestic and foreign consumers. The Company’s specialization is hardware-software systems for security, electro surgery devices, power supply systems (uninterruptible power supplies, circuit protection device), monitoring and operational control systems. Now the main business line of the Company is the production and maintenance of medical equipment. The company produces high-frequency devices, electrocrystal distractors, tools and accessories, high-frequency electrosurgical devices (equipment).

The quality management system of the Company is certified in accordance with the international standards ISO 9001:2008, ISO 13485:2003. This is guarantee of product quality and safety of its use. The company is constantly improving and creating new devices for surgery. “NIKOR” creates functional and safe tools; therefore, an important stage of production is testing new devices and acceptance tests.

2. Electrosurgical high-frequency coagulators

Electrosurgical high-frequency coagulators can be divided into two types: general surgery and veterinary medicine. In surgery, there are two types of devices.

Universal devices, as a rule, are used in general surgery, have a wide range of working tools, characterized by many modes and much more power. This allows such devices to produce out various types of effects.

Specialized devices contain accessories specific to a particular application, have precision adjustments, special load characteristics, etc. and are used only in certain areas of surgery. Specialized devices are easier and more reliable to use, and cheaper.

At the moment there are many ways to implement electrosurgical produce:

1. Monopolar coagulation

- Contact methods
- Contactless methods

2. Bipolar coagulation

- Contact methods
- Contactless methods.

3. Cutting

High-frequency electrosurgical devices generate electromagnetic waves of various frequencies. In electro surgery, alternating current is used, and the frequency of the current is chosen in the range from (200-300) kHz to (3-4) MHz. In domestic electro surgery, the frequency is 440 kHz, and the maximum output power is from 80 W to 400 W.

In general terms, the description of the design of high-frequency surgical equipment can be as follows. The device consists of five units. The first unit is responsible for the power supply of the low-current circuit, converting an alternating mains voltage of 220 V, 50 Hz into a stabilized DC voltage.

The second unit is a flyback PWM power source with control of output voltages and power, as well as with a level of isolation from the 5 kV network. This unit generates the output signal with the specified control unit levels of DC voltage and power. The output voltage is adjustable from 150 to 250 V; the output power is regulated on a percentage scale from 1% of the nominal power, which is 300 W to 99%.

The third block is an output stage built according to the bridge high-frequency converter circuit. The main purpose of this device is to form an alternating high-frequency voltage on the secondary winding of two output transformers. The first output step-up transformer consists of two primary windings of 10 turns and 20 turns switched by means of an electromagnetic relay in case of need to increase the transformation ratio, and the secondary winding of 150 turns. Thus, the transformation ratio can be set to either 5 or 15. The standard transformation ratio is

5. The increased ratio is applied when it is necessary to generate a high output voltage of 6 kV when operating in the non-contact coagulation mode. The second output transformer consists of 10 turns of the primary winding and 11 turns of the secondary winding, used to realize the bipolar coagulation mode. Switching between transformers is carried out by an electromagnetic relay.

The fourth unit is the control and galvanic isolation circuit board. In this device, the formation of a galvanically isolated switching signal of the modes, this enters the device from the pedal or directly from the instrument handle, is performed. Also, there are in this block, the schemes of monitoring the level of the LF current, the presence of contact with the neutral electrode in the patient circuit and the generation of an alarm signal transmitted to the control and display unit. In the high-voltage circuit of this unit, leveling chokes are located to form a sinusoidal output signal.

The fifth unit is a control and display board, which is an electrical product built on two microcontrollers. The first is responsible for the dynamic indication of the installed power levels for the three possible modes of operation of the device (cutting, mono and bicoagulation), for monitoring the output power control signals, for switching on the modes and their selection, as well as tracking the alarm signal, generating output control signals. The described chip sets the levels of the output power and voltage generated by the power supply unit, as well as the signals for setting the operating mode for the second controller. The second microcontroller is designed to generate output signals switching modes of the output stage, high-frequency trigger signals of power transistors, start the power supply.

3. Overview of manufacturers around the world and Russia.

The analysis of modern electrosurgical apparatus, conducted on the materials of manufacturers, allows us to present, for today, the state of this type of medical equipment as follows:

Table 1 - Leading manufacturers

Leading foreign companies	Leading domestic companies
ERBE - Germany	FOTEK - Bratislava
Valleylab - USA	SiBNIITsMT - Novosibirsk
Elman - USA	DIXION - Moscow
Berthold - Germany	EFA - St. Petersburg
LED - Italy	MTUCI - Moscow

ERBE Elektromedizin (Germany) is the largest manufacturer of medical equipment, one of the first manufacturers of electrosurgical coagulators in the world. Currently, it designs and produces devices for electrosurgery, radiosurgery, vessel ligation, waterjet surgery, cryosurgery and physiotherapy. From generation to generation, ERBE retains its leading position in the development and production of the most modern medical technology, a variety of devices and hardware systems, tools and all the necessary components.

All activities of the company are determined by the needs of practical medicine and modern surgery. The guarantee of constant high quality and modern level of products, offered by the company, are continuous close contacts of the company with specialists and surgeons of leading clinics and medical institutions all over the world. This approach is designed to ensure a successful and rapid cure of diseases that fall within the scope of application of ERBE products. ERBE provides a large selection of electrocoagulators, accessories, nerve detection systems, water-jet medicine tools and much more high quality.

The leading Russian company is FOTEK. The company was established in 1995 by a group of engineers who worked in the 70s - early 90s of the 20th century to create systems for the energy supply of spacecraft, and later developed devices for the unique operations of the Interbranch Scientific and Technical Complex "Eye Microsurgery". They retained the approach to reliability and quality in the design and

manufacture of electrosurgical equipment, because, both in space and during surgical operations, the life and health of people depend on the work of the apparatus.

The creative team of development engineers, technologists, highly skilled workers, scientists and medical practitioners creates an optimally priced and high-quality line of devices and medical technologies. The quality management system of the enterprise is certified in accordance with the international standards ISO 9001:2008, ISO 13485:2003. Continuous product development makes this company a leader in the Russian market.

However, over the past few years, a lot of new manufacturers, including domestic ones, have appeared, since electrosurgical devices have a relatively simple technical implementation. In this case, there is a tendency to improve the quality of exposure. More and more devices have automatic systems of correction of exposure parameters in accordance with the characteristics of biological tissue at a given time. Often, “old” devices with good characteristics are complemented by such systems to increase the efficiency and safety of exposure.

Virtually all domestic EHF devices operate at 440 kHz, since it is well provided with the effects of electrocutting and electrocoagulation. There are no such strict requirements for frequency to foreign equipment, therefore one can meet a large range of frequencies of the acting signal, up to 7.5 MHz. Foreign devices operate mainly at higher frequencies, since this allows achieving the best parameters of homeostasis. Recently there has been a tendency to adjust the frequency depending on the desired result.