

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки: Электроника и наноэлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование и разработка источника питания для светодиодных светильников уличного освещения

УДК 628.941:621.383.52.001:625.712

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM51	Чиеу Дык Куан		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Огородников Д.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2017 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 11.04.04 Электроника и
нанoeлектроника (магистратура)*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин ООП магистратуры; понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; демонстрировать навыки работы в научном коллективе, порождать новые идеи
P2	Анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; определять цели, осуществлять постановку задач проектирования приборов наноэлектроники, схем и устройств различного функционального назначения с использованием современной элементной базы наноэлектроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ
P3	Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.
P4	Осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение.
P5	Делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научно-технические отчеты, обзоры, рефераты, публикации по результатам выполненных исследований, доклады на научные конференции и семинары, научные публикации в центральных изданиях и заявки на изобретения
P6	Работать в качестве преподавателя в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров, разрабатывать учебно-методические материалы для студентов по отдельным видам учебных занятий

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P7	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. использовать иностранный язык в профессиональной сфере, способностью адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности.
P8	Использовать иностранный язык в профессиональной сфере. Участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта
P9	Способность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы
P10	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
P11	Обладать способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки: Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ Ф.А. Губарев
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
1AM51	Чиеу Дык куан

Тема работы:

Исследование и разработка источника питания для светодиодных светильников
уличного освещения

Утверждена приказом директора ИНК	15.04.2016г. № 2943/с
-----------------------------------	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none">- напряжение питания $U_1 = 230 \pm 10\% \text{ В}$ с частотой $f = 50 \pm 0,2 \text{ Гц}$;- выходной ток $I_n = 1,4 \text{ А}$;- выходная мощность $P_n = 150 \text{ Вт}$;- коэффициент пульсации $K_{\Pi} \leq 1\%$;- обеспечить коррекцию коэффициента мощности.
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<ul style="list-style-type: none"> - обзор литературы; - обоснование структурной и принципиальной схем; - расчет принципиальной схемы; - исследование источника питания; - социальная ответственность; - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - заключение.
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная, перечень элементов</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Николаенко В.С., ассистент кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Иностранный язык	Мыльникова Т.С., Старший преподаватель кафедры иностранных языков физико-технического института

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: 5. Расчет и выбор элементов схемы источника питания светодиодных светильников уличного освещения

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Огородников Д. Н.	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM51	Чиеу Дык Куан		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 99 с., 25 рис., 25 табл., 22 источников, 4 прил.

Ключевые слова: Источник питания, корректор коэффициента мощности, светодиодные светильники, обратноходовой преобразователь, высокий коэффициент мощности, LTSpice.

Объектом исследования является источник питания светодиодных светильников уличного освещения.

Цель работы – Исследование и разработка источника питания для светодиодных источников уличного освещения.

В процессе исследования проводилось изучение характеристики светодиодов, выбора топологии и расчет схемы источника питания, исследования его в программе LTSpice, а также расчет себестоимости и оценка эффективности разработки.

В результате исследования была выбрана топология рабочей схемы и изучен ее принцип работы, произведен расчёт принципиальной схемы, смоделирован источник питания, и сделан вывод об эффективности разработанного источника питания, как с технической, так и экономической точки зрения.

Степень внедрения: низкая.

Область применения: вторичные источники питания.

В будущем планируется: Создание макета источника питания, настройка макета, улучшение компоновки схемы.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 с использованием встроенного формульного редактора MathType 6.0, чертежи выполнены в средах Microsoft Visio 2010, Splan и Microsoft Excel 2010, схемы и диаграммы построены на среде LTSpice.

Перечень сокращений

ККМ – Корректор коэффициента мощности;

ВАХ – Вольт-амперная характеристика;

PF – Power factor;

AC/DC – Alternating current/direct current;

PFC – Power factor correction;

DC/DC – Direct current/direct current;

MOSFET – Metal-Oxide-Semiconductor-Field-Effect-Transistor;

CrM – Critical Conduction Mode;

CCM – Continuous-Conduction Mode;

DCM – Discontinuous-Conduction Mode;

КПД – Коэффициент полезного действия;

ЭМП – Электромагнитный помех;

PWM – Pulse Width Modulation;

ГОСТ – Государственный стандарт;

СанПиН – Санитарные нормы и правила;

Оглавление

Введение.....	9
1. Исследование белых светодиодов.....	11
2. Коррекция коэффициента мощности.....	13
2.1 Пассивные корректоры коэффициента мощности	14
2.2 Активные корректоры коэффициента мощности.....	16
3. Выбор структурной схемы источника питания	18
3.1 Классификация источников питания	18
3.2 Выбор структурной схемы источника питания	21
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	23
7. Предпроектный анализ	24
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования	24
7.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	24
7.3 SWOT-анализ.....	26
7.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	27
8. Инициация проекта	28
8.1 Цели и результат проекта.....	28
8.2 Организационная структура проекта.....	29
9. Планирование управление научно-техническим проектом.....	29
9.1 План проекта	29
9.2 Бюджет научного исследования.....	30
Список публикаций студента.....	36

Введение

Уличное светодиодное освещение особо актуально в ночное время суток. Так как солнечного света нет, ему на смену приходит большое количество светильников, ламп и прожекторов абсолютно разного размера и форм. Их можно встретить как на зданиях, так и на столбах, стойках и разного рода опор. [1]

В первую очередь светодиодное освещение предназначено для безопасности во дворах и переулках, а также для того, что бы на дорогах, трассах и автомагистралях были видны и автомобили и пешеходы.

Проблемой современного человечества является большое количество дорожно-транспортное происшествие, которое напрямую связано с качеством освещения дорог. И дело вовсе не в яркости освещения, а в том насколько правильно и равномерно размещены осветительные элементы. Также важен момент исключения слепящего эффекта. Автомагистрали и трассы чаще всего освещаются с помощью рефлекторных фонарей с лампами мощностью не более 400 Вт, которые направляют световые лучи исключительно туда, куда необходимо. Светодиоды способны генерировать габаритную яркость, именно она так важна на дорогах. [1]

Уличные светодиодные светильники разработаны на базе светодиодов, которые в свою очередь, являются полупроводниками, которые генерируют оптическое излучение света, с помощью электрического тока. На сегодняшний день светодиоды все чаще изготавливаются из полимерных полупроводниковых материалов.

Популярность и актуальность использования уличных светодиодных светильников не удивительна, поскольку они обладают множеством преимуществ, по сравнению с аналогами. Так, светодиоды потребляют в разы меньше электроэнергии, то есть являются экономичными, обладают высокой механической прочностью, способностью эффективно работать в широком диапазоне температур, также они экологичны, то есть не содержат вредных веществ и исключают ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Помимо

всего прочего светодиоды долговечны, то есть способны генерировать качественный свет на протяжении 20 лет. [2]

Для многих устройств на основе светодиодов должны быть использованы источники питания, преобразующие переменный входной ток в постоянный выходной. Для более эффективного использования энергоресурсов, необходимо применять коррекцию коэффициента мощности (ККМ).

Цель работы:

Исследование и разработка источника питания для светодиодных источников уличного освещения.

Задачи:

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- Исследование характеристик светодиодов;
- Выбор топологии и расчет схемы источника питания для светодиодных светильников;
- Исследование поведения источника питания для светодиодных светильников с помощью моделирования LTSpice.

1. Исследование белых светодиодов

Светодиоды исследованы следующей схемой: [3]

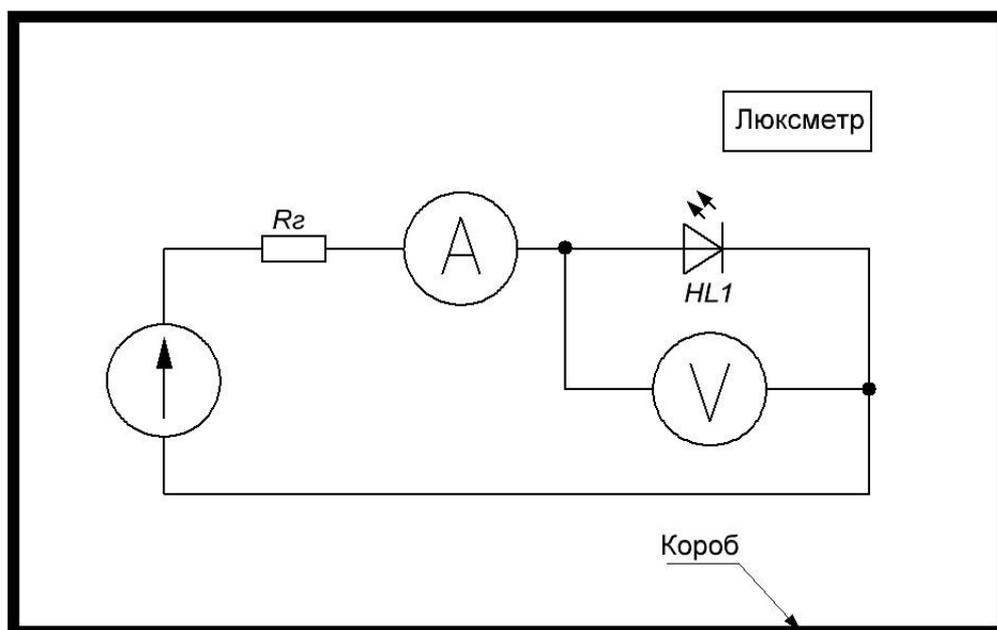


Рисунок 1 – Схема эксперимента исследования светодиодов

В эксперименте исследования светодиодов были использованы специализированный источник питания «АКТАКОМ АТН-3031», люксметр «Аргус-12», амперметр «Agilent 34410А» и вольтметр «Agilent 34410А», короб и нагрузка (светодиоды XR-E Q5 и XR-E P2), при условии:

- Максимальная рабочая температура светодиода $72\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Площадь излучающей поверхности светодиода 1 см^2 .

Результаты измерений приведены на таблицах 1 и 2.

С полученными результатами построили диаграммы:

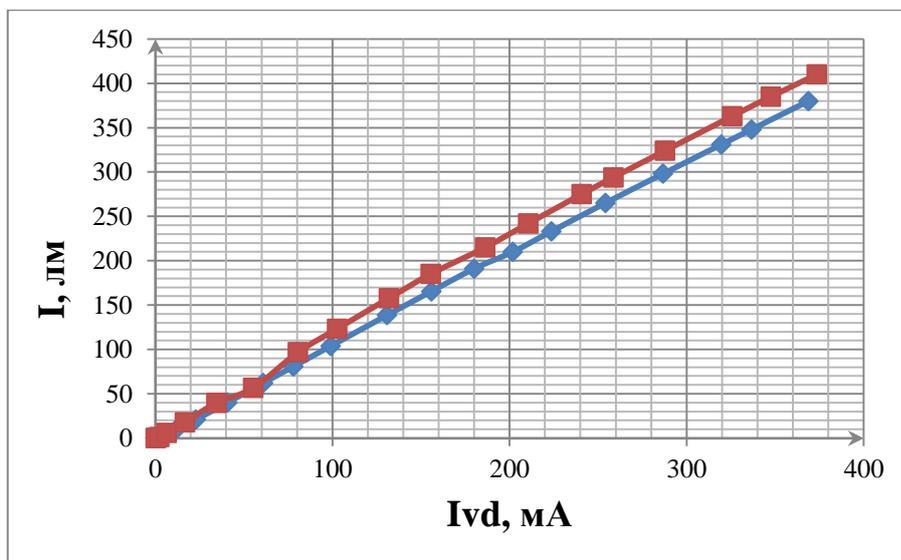


Рисунок 2 – Зависимость светового потока от тока светодиода

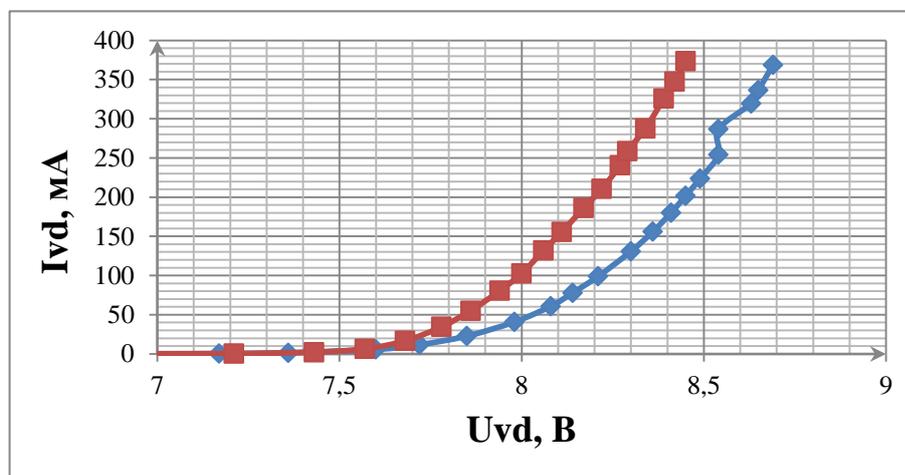


Рисунок 3 – Вольт-амперная характеристика светодиода

Из рисунков 2 и 3, можно сделать вывод, что световой поток светодиодов практически линейно пропорциональный величине тока, проходящего через них. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) светодиодов напоминает стандартную ВАХ диодов, однако рабочий участок начинается при напряжении более 7В. Это связано с конструкцией светоизлучающей пластины, где на одной подложке соединено некое количество кристаллов последовательно-параллельно.

2. Коррекция коэффициента мощности

По определению, коэффициент мощности (Power Factor – PF) источника переменного тока – это отношение активной мощности в ваттах, подаваемой в нагрузку, к подводимой к нему кажущейся (полной) мощности, вычисляемой как произведение тока на напряжение. Коэффициент мощности можно представить в виде:

$$PF = \frac{\text{Активная мощность (Вт)}}{\text{Кажущаяся мощность (ВА)}} \quad (1)$$

Из выражения (1) видно, что коэффициент мощности может принимать значения между 0 и 1. Следовательно, когда ток и напряжение синусоидальны и находятся в фазе, коэффициент мощности равен 1. Однако, если ток и напряжение синусоидальны, но их фазы сдвинуты друг относительно друга, кажущаяся мощность будет больше активной мощности, и в этом случае коэффициент мощности равен косинусу угла сдвига фаз между током и напряжением. Коэффициент мощности, равный 1, – это идеальный случай, когда нагрузка чисто резистивная и линейная. В реальности, использующиеся в электронных системах AC/DC источники питания являются импульсными и представляют собой нелинейную нагрузку.

В настоящее время чаще всего используются именно импульсные источники питания, искажающие синусоидальную форму входного тока и напряжения и приводящие к сдвигу фаз между ними. Когда фазы тока и напряжения не совпадают, коэффициент мощности оказывается меньше 1. Кроме потерь коэффициент мощности меньшей единицы вызывает появление гармоник, которые смещают напряжение нейтрали и отрицательно влияют на работу других устройств, подключенных к сети. Чем меньше коэффициент мощности, тем выше содержание гармоник в сети переменного тока, и наоборот.

Именно по этой причине существуют строгие правила, ограничивающие уровень нелинейных искажений, допускаемых в сетях переменного тока. Например, в Европе был разработан стандарт EN61000-3-2 [4], определяющий

допуск по отражению гармоник от электронных устройств обратно в электросеть. Он применим ко всем электронным системам класса D (компьютеры, ноутбуки, мониторы, радиоприемники и телевизоры), потребляющим более 75 Вт. Класс D – это одна из категорий (A, B, C, D) электронных устройств, установленных стандартом EN61000-3-2, который регламентирует различные допуски по нелинейным искажениям тока для каждого класса. Этот стандарт в настоящее время принят на международном уровне.

Чтобы удовлетворять требованиям стандартов в отношении уровня нелинейных искажений и поддерживать высокое значение коэффициента мощности, в модулях AC/DC преобразователей, питающих электронные устройства с потреблением более 75 Вт, необходимо использовать коррекцию коэффициента мощности (PFC – power factor correction). Внедрение корректора позволяет обеспечить высокое значение коэффициента мощности и гарантирует снижение гармоник в сети переменного тока. Существует много схем пассивных и активных корректоров коэффициента мощности (ККМ), доступных для различных топологий входных частей источников питания.

2.1 Пассивные корректоры коэффициента мощности

Пассивный метод коррекции применяется чаще всего в малопотребляющих устройствах, где не строгих требований к интенсивности младших гармоник тока. Это удобно в случае, когда источник питания уже разработан, остается только создать подходящий фильтр и включить его в схему на входе.

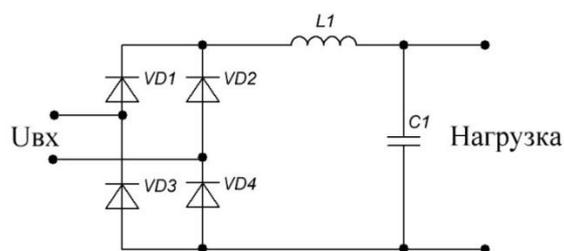


Рисунок 4 – Схема пассивной коррекции коэффициента мощности

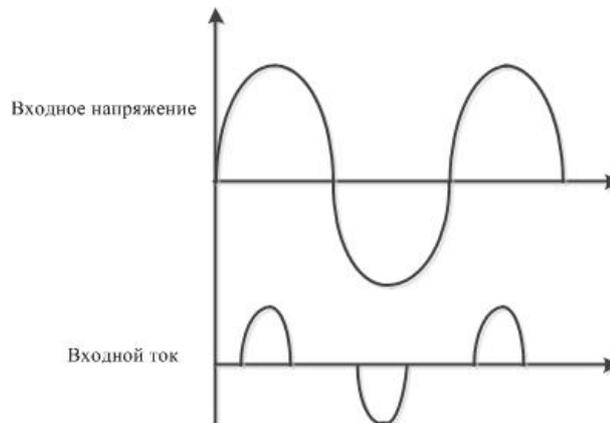


Рисунок 5 – Формы входного напряжения и тока типичной схемы пассивной ККМ

Самым простым способом контроля гармоник тока является использование пассивного фильтра, пропускающего ток только на частоте сети (50 Гц или 60 Гц) [5]. Этот фильтр ослабляет гармонические составляющие тока, и подключенное в сеть нелинейное устройство теперь выглядит более похожим на линейное. С помощью фильтра, построенного на конденсаторах и индуктивностях, коэффициент мощности может быть доведен до значений, близких к единице. Однако недостаток такого решения – необходимость использования сильноточных катушек и высоковольтных конденсаторов, занимающих много места, из-за чего, то фильтр должен работать в области низких частот и весьма дорогих. На рисунке 5 показана упрощенная схема пассивной коррекции коэффициента мощности и типовые формы входных напряжения и тока.

Несмотря на простоту схемотехнических решений и использования, схемы пассивных ККМ имеют ряд недостатков. Во-первых, габариты катушки индуктивности накладывают ограничения на их применение во многих приложениях. Во-вторых, чтобы обеспечить возможность использования устройства в любых странах, потребуется переключатель диапазонов напряжения питания. Это повышает риск выхода прибора из строя вследствие ошибки пользователя при установке переключателя. Наконец, напряжение

питания не регулируется, что сказывается на стоимости и эффективности работы DC/DC преобразователя, установленного после схемы ККМ.

2.2 Активные корректоры коэффициента мощности

Помимо хороших характеристик, рост цен на медь и материалы магнитных сердечников, в сочетании с постоянным снижением стоимости полупроводниковых элементов, склоняют чашу весов в пользу активных ККМ, даже для самых чувствительных к стоимости потребительских устройств. В следующей схеме (рисунок 6), активный ККМ включен между входным выпрямителем и накопительным конденсатором, за которым находится DC/DC преобразователь. Микросхема ККМ с соответствующими элементами формирует входной ток, повторяющий форму входного напряжения, что позволяет достичь значения коэффициента мощности 0.9 и выше.

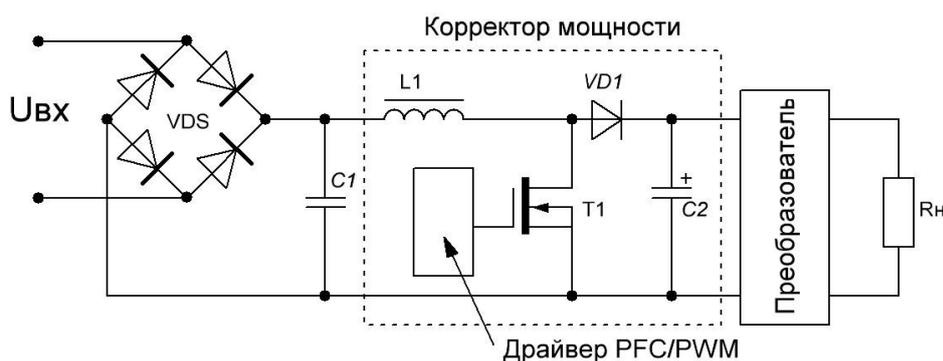


Рисунок 6 – Основная схема активного ККМ

Стандартный корректор коэффициента мощности представляет собой AC/DC – преобразователь с широтно-импульсной модуляцией (PWM). Модулятор управляет мощным (обычно MOSFET) ключом, который преобразует постоянное или выпрямленное сетевое напряжение в последовательность импульсов, после выпрямления, которых на выходе получают постоянное напряжение.

При включении MOSFET-ключа ток в дросселе линейно нарастает. При этом диод заперт, а конденсатор C2 разряжается на нагрузку. Затем, когда транзистор запирается, напряжение на дросселе «открывает» диод и

накопленная в дросселе энергия заряжает конденсатор С2 (и одновременно питает нагрузку). В приведенной схеме (в отличие от источника без коррекции) конденсатор С1 имеет малую емкость и служит для фильтрации высокочастотных помех. Частота преобразования составляет 50...100 кГц.

Существуют три основных класса микросхем активных контроллеров ККМ, отличающихся режимом работы:

- режим критической проводимости (Critical Conduction Mode – CrM): транзистор MOSFET открывается в тот момент, когда ток дросселя достигает нулевого значения.

- режим непрерывной проводимости (Continuous-Conduction Mode – CCM): в течение каждого периода ток дросселя не успевает достигнуть нуля, снова начинает возрастать.

- режим прерывистой проводимости (Discontinuous-Conduction Mode – DCM): в течение каждого периода ток дросселя успевает упасть до нуля и через некоторое время снова начинает возрастать.

Кроме вышесказанных методов коррекции коэффициента мощности существует ещё один вариант – использование источника питания в обратноходовой топологии, работающего в критическом режиме, с коэффициентом преобразованием трансформатора, позволяющим согласовать соотношение напряжений $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$.

3. Выбор структурной схемы источника питания

3.1 Классификация источников питания

Данная классификация источников питания приведена в источнике [6].

Все источники питания делятся на: первичные и вторичные источники питания.

К первичным источникам обычно относят такие устройства, которые преобразуют неэлектрическую энергию в электрическую, такие как, электрохимические генераторы (гальванические элементы, аккумуляторы), электромеханические генераторы (ветрогенераторы), фотоэлектрические (солнечные батареи), термоэлектрические источники и др. Использование таких источников питания затруднено тем, что выходное напряжение во многих случаях не регулируется, а стабильность его не высока.

Источники вторичного питания предназначены для формирования напряжений с определенными характеристиками. Данные характеристики подразделяются на: входные (значения и вид напряжения первичного источника питания, частота питающего напряжения), выходные (величина выходного напряжения, выходной мощности), эксплуатационные (диапазон рабочей температуры, КПД). В свою очередь импульсные источники питания подразделяются на:

- Импульсные;
- Линейные.

В настоящее время импульсные источники получили большее распространение, нежели линейные. Их основными достоинствами является, то что они имеют малые масса габариты, высокий коэффициент полезного действия и высокую удельную мощность. Данные свойства эти источники получили, благодаря ключевому режиму работы силовых элементов. В качестве ключевого элемента обычно используют транзистор. Транзистор находится либо в области насыщения или в области осечки. При этом в области насыщения на нем малое падение напряжения, а в отсечки ток практически

отсутствует, поэтому рассеиваемая мощность в период коммутации меньше, чем в линейном регуляторе.

Линейные источники питания формируют величину выходного напряжения всегда меньшую, чем входную. Но зато они имеют ряд преимуществ перед импульсными источниками: меньшие пульсации выходного напряжения, практически отсутствуют высокочастотные шумы и помехи, меньшее время выхода на рабочий режим и простота схем. В таблице 3 приведены сравнительные характеристики источников питания. Вышеуказанные сравнения импульсных и линейных источников питания взяты из источника [7].

Таблица 3 – Сравнительные характеристики

Характеристика	Линейный	Импульсный
КПД, %	70...90	30...50
Нестабильность по напряжению, %	0.05...0.1	0.01...0.05
Нестабильность по току, %	0.1...0.5	0.02...0.1
Удельная мощность, Вт/дм ³	140...200	30...40
Напряжение пульсаций, мВ	20...50	2...5
Время удержания выходного напряжения, мс	20...30	2...3
Время нарастания переходной характеристики, мкс	100...500	20...50

Импульсные источник питания подразделяются на преобразователи с трансформаторной развязкой и без неё. Данные виды преобразователей представлены в таблицы 4. Трансформаторная развязка дает следующие преимущества:

- Облегчает согласование уровней входного и выходного напряжения при их большом отличии;

- Получения преобразователя с несколькими гальванически развязанными выходами;
- Оптимизация мощностей элементов преобразователя.

Таблица 4 – Виды импульсных преобразователей

С трансформаторной развязкой	Без трансформаторной развязки
Понижающий	Обратноходовой
Повышающий	Прямоходовой
Инвертирующий	Двухтактный
Комбинированные	Полумостовой
	Мостовой

Все источники питания также можно разделить по их выходной мощности:

- Микромощные (до 1Вт)
- Маломощные (от 1Вт до 150Вт)
- Средней мощности (от 150 Вт до 1кВт)
- Мощные (>1кВт)

Из источника [6] была взята таблица 5 с диапазонами мощностей, которых предпочтительней использовать вариант преобразователя для импульсного преобразователя с трансформаторной развязкой.

Таблица 5 – Диапазоны мощностей преобразователей

Схема	Диапазон мощностей	Относительная сложность
Обратноходовая	1 Вт ... 150 Вт	Низкая
Прямоходовая	1 Вт ... 200 Вт	Средняя
Двухтактная	200 Вт ... 500 Вт	Средняя
Полумостовая	200 Вт ... 500 Вт	Высокая
Мостовая	500 Вт ... 2 кВт	Очень высокая

3.2 Выбор структурной схемы источника питания

На основе технического задания и рассмотренной информации для коррекции коэффициента мощности и также обеспечения выходной мощности – 150 Вт необходимо использовать источник питания в обратноходовой топологии. Вместе с этим, в качестве нагрузки нашего источника питания служат светодиодные светильники, необходимо обеспечить стабильность выходного тока, чтобы поддержать однородность и постоянство яркости свечения диодов.

На рисунке 7 приведена функциональная схема источника питания в обратноходовой топологии.

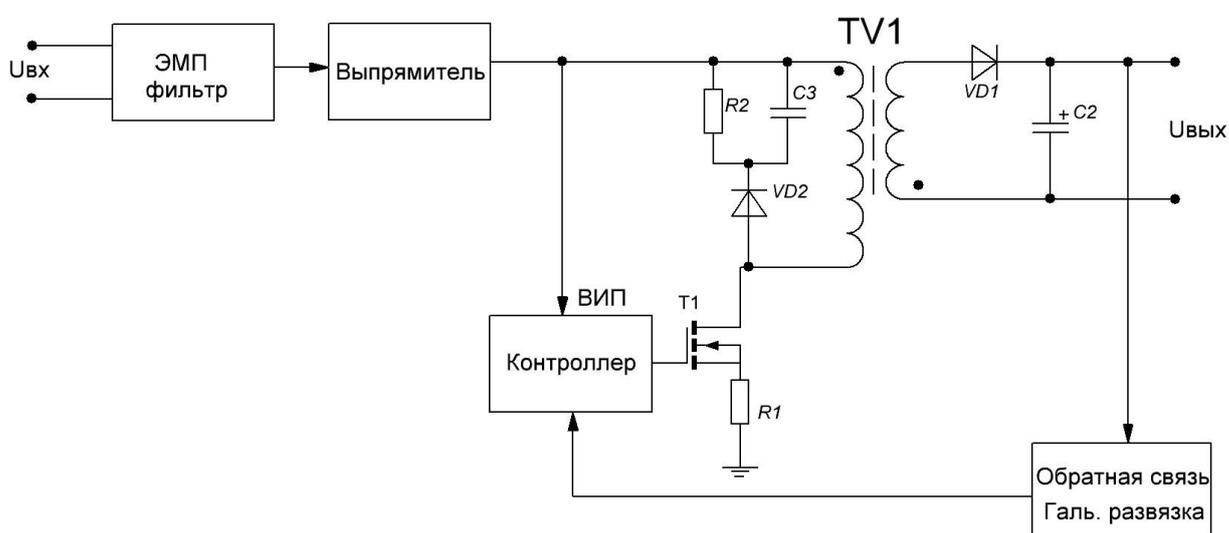


Рисунок 7 – Функциональная схема источника питания
светодиодного светильника

На входе источника питания установлен ЭМП фильтр, который предназначен для подавления электромагнитных помех. Далее сигнал сводится в выпрямитель, преобразующий синусоидальное напряжение промышленной частоты 50 Гц в однополярное. Контроллер используется для управления МОП-транзистором и обеспечения коррекции коэффициента мощности. Трансформатор TV1 дает на выходе требуемое заданное значение. Для работы

котроллера необходимо применить вспомогательный источник питания ВИП.
Для стабилизации тока на выходе используется обратная связь.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 1AM51	ФИО Чиеу Дык Куан
-----------------	----------------------

Институт Уровень образования	ИНК Магистратура	Кафедра Направление/специальность	ПМЭ Электроника и наноэлектроника
---------------------------------	---------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы; оценить полные денежные затраты на исследование; дать экономическую оценку результатов ее внедрения	Определение потенциальных потребителей результатов исследования и анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценка готовности проекта к коммерциализации
Планирование проведения и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения.

Перечень графического материала

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Календарный план проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В. С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM51	Чиеу Дык Куан		

7. Предпроектный анализ

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы определить потребителей результата научно – технических исследований по теме "Источник питания для светодиодных светильников уличного освещения", необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

На мировом рынке в настоящее время источник питания светодиодных светильников производят следующие организации: ООО "Светодиодные технологии", компания NEONCOLOR. Результаты сегментирования приведены на таблице 6.

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка источника питания для светодиодных светильников.

Потребители	Продукция		
	Продукции ООО "Светодиодные технологии"	Продукции НПЦ компания NEONCOLOR	Разрабатываемый
Приборостроители источника питания			
Организации			

7.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности разрабатываемого источника питания светодиодных светильников с наличными продуктами и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 7, подобраны, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки и эксплуатации.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.1	4	5	5	0.4	0.5	0.5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.2	5	5	3	1	1	0.6
3. Надежность	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
4. Простота эксплуатации	0.1	5	4	4	0.5	0.4	0.4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.08	4	5	4	0.32	0.4	0.32
2. Уровень проникновения на рынок	0.07	3	5	4	0.21	0.35	0.28
3. Цена	0.1	5	3	4	0.5	0.3	0.4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.08	3	4	5	0.24	0.32	0.4
5. Послепродажное обслуживание	0.06	3	5	4	0.18	0.3	0.24
6. Срок выхода на рынок	0.05	5	4	5	0.25	0.2	0.25
7. Наличие сертификации разработки	0.06	4	5	5	0.24	0.3	0.3
Итого	1	46	50	47	4.34	4.57	4.09

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [1].

Изучая полученные результаты можно сказать, что разрабатываемая лабораторная установка является конкурентоспособной. Сильными сторонами являются удобство в эксплуатации, надежность и низкая цена. Слабыми сторонами являются предполагаемый срок эксплуатации, уровень проникновения на рынок и послепродажное обслуживание.

Для устранения этих недостатков необходимо производить более глубокие маркетинговые исследования, разрабатывать более детальные условия

обслуживания после продажи.

7.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для SWOT-анализа построена таблица 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота в эксплуатации. С2. Ремонтопригодность С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие интеллектуального интерфейса. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.
Возможности: В1. Использование современной электроники в создание интеллектуального интерфейса. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	В1С1С3С4С5; В2С1С3С4С5; В3С3С5; В4С3С4С5	В1Сл1Сл3; В2Сл3; В4Сл4
Угрозы: У1. Уменьшение спроса на без микропроцессорных технологий производств. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Уг1С1С2С5; Уг2С1С2С4С5; Уг3С3С4; Уг4С3С4	Уг1Сл1Сл2Сл3; Уг2Сл1Сл2; Уг4Сл1Сл4

На основании анализа, выяснены сильные, слабые стороны, возможности и угрозы и их соответствия, которые помогают предприятию узнать степень необходимости проведения стратегических изменений.

7.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки готовности проекта к коммерциализации необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 7. При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 9 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на	4	5

	рынок		
	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	4
	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	5
	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	50	54

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле: $B_{\text{сум}} = \sum B_i$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. $B_{\text{сум}}$ имеет следующие значения 54 и 50, значит перспективность разработки источника питания выше среднего.

8. Инициация проекта

8.1 Цели и результат проекта

Целью проекта является создания источника питания для светодиодных светильников. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Кафедра промышленной и медицинской электроники, ИНК, НИ ТПУ	Применение более экономичного источника питания светодиодных светильников по массе, габаритам, энергопотреблению и цене.

В таблице 11 предоставлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 11 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Создания источника питания для светодиодных светильников
Ожидаемые результаты проекта	1) Макет источника питания в целом; 2) Результаты испытаний;
Критерии приемки результата проекта	Выполнение пунктов графы «Ожидаемые результаты проекта».
Требования к результату	Соответствует техническому заданию

8.2 Организационная структура проекта

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Огородников Д. Н. К. т. н., доцент каф. ПМЭ, ИНК, ТПУ	Руководитель проекта	отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта	240
2	Чиеу Дык Куан Магистрант группы 1АМ51, ПМЭ, ИНК, ТПУ	Исполнитель проекта	специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	960

9. Планирование управление научно-техническим проектом

9.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в таблице 13.

Таблица 13 – календарный план проекта

Основные этапы	№ Раб.	Наименование работ	Исполнитель
Подготовительный	1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	Руководитель Студент
	2	Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель Студент
	3	Анализ предметной области	Руководитель Студент
	4	Выявление участников и основных шагов выполнения	Руководитель Студент
Проектирование	5	Расчет параметров установки по методу размерной цепи	Студент
	6	Разработка проектных конструкций установки в LTSpice	Студент
	7	Разработка конструкции электрооборудований, входящих в установку	Руководитель Студент
	8	Разработки технологического процесс изготовления и методики выполнения работ	Руководитель Студент
Оформление документации и подготовка отчета	9	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

9.2 Бюджет научного исследования

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результат расчета приведен в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на материалы

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электронные компоненты		-	700
Стеклотекстолит	1	240	240
Всего за материалы			940
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			47
Итого по статье C_m			987

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 15 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер	1	30	30
2	Тестер	1	1	1
3	Паяльник	1	0,5	0,5
Всего за специальное оборудование				31,5
Монтажу в размере 15% от его цены				4,725
Итого:				36,225

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле: $Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11.2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10.4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

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

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0.3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0.2 – 0.5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1.3 (для Томска).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	52	52
- выходные дни	27	27
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	0	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	263	239

Таблица 17 – Заработная плата

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264.86	0.3	0.3	1.3	48390.91	2060.75	31	63883.36
Студент	6342.03			1.3	8244.639	239.84	91	21834.54
Итого $Z_{осн}$								85717.9

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Таблица 18 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Исп.
Основная зарплата	85717.9
Дополнительная зарплата	10286.145
Итого по статье $C_{зп}$	96004.048

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Отчисления во внебюджетные фонды руководителя проекта:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.27 \cdot 96004.048 \approx 25921.1 \text{ (руб.)}$$

где $k_{\text{внеб}} = 0.27$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Накладные расходы

Эта статья содержит затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [1]. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле: $C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$

где $k_{\text{накл}} = 90\%$ – коэффициент накладных расходов.

Общая сумма накладных расходов составляет 86403.64 рублей.

Планируемые затраты разгруппированы по статьям и представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Статьи затрат

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб.
1	Затраты на материалы	987
2	Затрат на специальное оборудование	36225
3	Основная заработная плата	85717.9
4	Дополнительная заработная плата	10286.145
5	Отчисления на социальные нужды	25921.1
6	Накладные расходы	86403.64

Оценка эффективности исследования

В результате выполнения поставленных в данном разделе задач, можно сделать следующие выводы:

– Технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности и экономичности технического производства.

– Составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта, а также дать рекомендации по оптимизации этих затрат.

– Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат, что говорит об эффективности реализации технического проекта.

– Оценки возможности снижения массы и стоимости производства источника с помощью результатов моделирования.

С учетом вышеотмеченного, можно заключить, что реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства, как социальную, путем улучшения безопасности, так и ресурсосберегающую, путем внедрения более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации

Список публикаций студента

1. Чиеу Дык Куан. Исследование источника питания светодиодного светильника [электронный ресурс]/ Чиеу Дык Куан; науч. рук. Д. Н. Огородников // Неразрушающий контроль: электронное приборстроение, технологии, безопасность: сборник трудов IV Всероссийский молодежный Форум с международным участием «Инженерия для освоения космоса». (В печати)