

**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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С РОБАСТНЫМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ</b>

УДК 621.314.1–55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Чан Динь Хуэ		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Вадутов О.С.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. Менеджмента	Чистякова Н. О.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева И. Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды

<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**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

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1A22	Чан Динь Хуэ

Тема работы:

<b>Импульсный преобразователь постоянного напряжения с робастным пропорционально-интегральным регулятором</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Объектом исследования является понижающий преобразователь постоянного напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).</p> <p>Исходные данные преобразователя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• входное напряжение: <math>U_{вх} = 7 \div 12В</math>;</li> <li>• выходное напряжение: <math>U_{вых} = 5В</math>;</li> <li>• ток нагрузки: <math>I_{вых} = 0,5 \div 1А</math>;</li> <li>• коэффициент пульсации: <math>K_{пл} = 0,005</math>;</li> <li>• частота: <math>f = 30КГц</math>;</li> <li>• режим непрерывного тока.</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><small>(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,</small></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор</li> <li>2. Расчёт принципиальной схемы ИППН;</li> <li>3. Синтез параметров схемы управления ИППН;</li> <li>4. Исследование ИППН в системе MATLAB/Simulink и на макете;</li> <li>5. Заключение и рекомендации.</li> </ol>

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Все разделы бакалаврской работы должны быть написаны на русском языке.	
Реферат должен быть написан на русском и на иностранном языке.	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Вадутов О.С.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А22	Чан Динь Хуэ		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1A22	Чан Динь Хуэ

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	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	Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, Технология QuaD, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
3. 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 (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> </ol> <p>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</p>	
--	--

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

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	кандидат экономических наук		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Чан Динь Хуэ		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1А22	Чан Динь Хуэ

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и нанoeлектроника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Объектом исследования является импульсный преобразователь постоянного напряжения с робастным пропорционально-интегральным регулятором.</li> <li>– Источники вторичного электропитания являются одним из основных электронных компонентов любой функциональной аппаратуры. Они применяются во всех сферах современной индустрии: в различных областях промышленности, связи, электроприводе, автотранспорте, бытовых приборах, телекоммуникационной, военно-космической, компьютерной технике.</li> </ul>
---	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</li> <li>– повышенная или пониженная влажность воздуха;</li> <li>– повышенная или пониженная подвижность воздуха;</li> <li>– отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте.</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p>	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сильные морозы (в качестве мер по защите рекомендуется использовать резервное энергообеспечение и отопление);</li> <li>– пожары или взрывы.</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b></p>	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– компоновка рабочей зоны;</li> </ul>

	– режимы труда и отдыха.
--	--------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Мезенцева И. Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А22	Чан Динь Хуэ		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию импульсного преобразователя постоянного напряжения (ИППН) с робастным пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором.

Работа содержит 84 с., 33 рис., 27 табл., 17 источников.

Ключевые слова: робастное управление, ПИ-регулятор, неопределённость параметров, импульсный преобразователь постоянного напряжения, широтно-импульсный модулятор.

Объектом исследования является понижающий преобразователь постоянного напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Целью исследования является синтез параметров пропорционально-интегрального регулятора с учетом неопределенностей математической модели силовой части импульсного преобразователя постоянного напряжения.

Использованы следующие методы исследования: анализ литературы, методы численного анализа в системе MathCAD и моделирования в системе MATLAB/Simulink.

В процессе исследования проводились расчёт принципиальной схемы импульсного преобразователя постоянного напряжения (ИППН); синтез параметров схемы управления ИППН; исследование ИППН в системе MATLAB/Simulink и на макете.

В результате исследования были получены следующие результаты:

1. Разработана математическая модель силовой части ИППН в усредненных переменных с учетом неопределённостей параметров.
2. С помощью критерия робастной устойчивости Харитонов и метода синтеза по максимуму степени устойчивости определены параметры робастного ПИ-регулятора.
3. Моделирование ИППН с робастным ПИ-регулятором в среде MATLAB-Simulink показало, что наиболее существенное влияние на качество

процессов в ИППН оказывает изменение напряжения питания. Изменение нагрузки в заданных пределах влияет на процессы незначительно.

4. При помощи ПИ-регулятора можно получить хороший результат при условии, когда напряжение питания изменяется в небольшом диапазоне. При широком интервале изменения напряжения необходимо использовать регуляторы более сложной структуры или ПИ-регулятор, параметры которого изменяются в зависимости от напряжения питания.

5. Результаты работы предполагается использовать при постановке новых лабораторных работ в лаборатории преобразовательной техники.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	13
1. Расчёт принципиальной схемы ИППН.....	15
1.1. Расчет параметров сглаживающего фильтра.....	15
1.2. Выбор транзистора и диода.....	19
1.3. Выбор элемента управления ключом.....	22
1.4. Принципиальная схема ИППН с ПИ-регулятором.....	25
2. Синтез параметров схемы управления ИППН .....	29
2.1. Уравнения силовой части ИППН в усредненных переменных.....	29
2.2. Определение интервальных параметров силовой части ИППН.....	31
2.3. Критерий робастной устойчивости Харитонова.....	33
2.4. Робастная настройка параметров ПИ-регулятора.....	36
3. Исследование иппн в системе MATLAB/Simulink и на макете.....	40
3.1. Исследование влияния напряжения питания и нагрузки на качество процессов управления.....	40
3.2. Исследование влияния параметров дросселя и конденсатора на качество переходных процессов.....	46
3.3. Результаты макетирования .....	52
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
4.1. Предпроектный анализ .....	56
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	60
4.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	66
5. Безопасность жизнедеятельности .....	73
5.1. Производственная безопасность.....	73

5.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	77
5.3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	79
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	80
Заключение и рекомендации.....	81
Список использованной литературы.....	83

## ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции в преобразовательной технике заключаются в том, что используются новые элементы базы (в том числе интегральные схемы, микроконтроллеры и т.п.) для силовой части и системы управления; исследуются динамические процессы; учитывается изменение сопротивления диода, конденсатора и других элементов, на которых было немного исследований.

При исследовании используется математическая модель с учетом неопределённости параметров [1] [2]. Используются современные методы моделирования, которые позволяют исследовать сложные процессы.

Кроме условия, заданного в техническом задании (изменения напряжения питания и сопротивления нагрузки), в реальном случае значения параметров индуктивности дросселя  $L$  и ёмкость конденсатора  $C$  ИППН также отличаются от номинальных значений из-за многих причин. Эти значения изменяются в своих пределах. Иначе говоря, в один момент мы можем определить не точные значения параметров элементов ИППН [3], а их интервал изменений способом оценки причины, которые влияют на эти параметры.

Уровень развития современных электронно-вычислительных машин достаточен, для того чтобы спроектировать готовое виртуальное устройство, проанализировать режимы работы при различных условиях, затем на основе исследований подогнать устройство под определенные параметры, усовершенствовать его [4]. Это намного сократит временные и материальные затраты на тестирование устройства.

В данной работе исследуется понижающий преобразователь постоянного напряжения с робастным пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором.

В процессе работы выполняется расчет и проектирование принципиальной схемы данного преобразователя с заданными параметрами.

Исходные данные преобразователя:

- входное напряжение:  $U_{\text{ВХ}} = 7 \div 12\text{В}$ ;
- выходное напряжение:  $U_{\text{ВЫХ}} = 5\text{В}$ ;
- ток нагрузки:  $I_{\text{ВЫХ}} = 0,5 \div 1\text{А}$ ;
- коэффициент пульсации:  $K_{\text{ПЛ}} = 0,005$ ;
- частота:  $f = 30\text{КГц}$ ;
- режим непрерывного тока.

Также проводится исследование переходных и установившихся процессов в виртуальной системе MATLAB Simulink, и проведение эксперимента на лабораторном макете в лаборатории преобразовательной техники.

Задачи, которые были поставлены в данной работе:

1. Выбор и обоснование структурной и принципиальной схем понижающего ППН с системой управления.
2. Получение линейной модели преобразователя в усредненных переменных с учетом неопределенности.
3. Построение области робастной устойчивости в плоскости параметров ПИ-регулятора, в которой гарантируется устойчивость при изменении напряжения питания и нагрузки.
4. Расчет параметров ПИ-регулятора по максимуму степени устойчивости для наихудшего сочетания изменяемых параметров – напряжения питания и нагрузки.
5. Моделирование ИППН с ПИ-регулятором на основе с учетом неопределённости параметров в программе MATLAB/Simulink.
6. Исследование понижающего ППН на макете в лаборатории преобразовательной техники.

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

## 4.1. Предпроектный анализ

### 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: импульсный преобразователя постоянного напряжения с робастным пропорционально-интегральным регулятором.

Целевой рынок: академии, технические университеты, институты, школы.

		Вид импульсного преобразователя постоянного напряжения		
		с ПИД- регулятором	с ПИ- регулятором	с П- регулятором
<i>Потребители</i>	ТГУ			
	ТПУ			
	ТПТ			

Рис. 32. Карта сегментирования рынка услуг по разработке преобразователя постоянного напряжения.

ТГУ – Томский государственный университет; ТПУ – Томский политехнический университет; ТПТ – Томский политехнический техникум

В карте сегментирования показано, что ниша на рынке разработки импульсного преобразователя постоянного напряжения с ПИ- и П-регулятором имеет низкие уровни конкуренции. Поэтому предприятие намерено ориентирует на разработку импульсного преобразователя постоянного напряжения с ПИ -регулятором.

С развитием электроники и нанoeлектроники, спрос современных импульсных преобразователей постоянного напряжения скоро увеличивается, поэтому в дальнейшем предприятие будет привлекаться этим направлением.



#### 4.1.2. Анализ конкурентных решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. В качестве конкурентов можно выбирать Диамех 2000 (К1) и Томский приборный завод (К2). Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
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
<b>Итого</b>	<b>1</b>	46	50	47	4,34	4,57	4,09

Изучая полученные результаты можно сказать, что разрабатываемый импульсный преобразователь постоянного напряжения 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.

### 4.1.3. SWOT – анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для SWOT-анализа построена таблица 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  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.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие интеллектуального интерфейса.  Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.  Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.</p>
<p><b>Возможности:</b>  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.</p>	<p>В1С1С3С4С5; В2С1С3С4С5;  В3С3С5; В4С3С4С5</p>	<p>В1Сл1Сл3; В2Сл3; В4Сл4</p>
<p><b>Угрозы:</b>  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</p>	<p>Уг1С1С2С5; Уг2С1С2С4С5;  Уг3С3С4; Уг4С3С4</p>	<p>Уг1Сл1Сл2Сл3; Уг2Сл1Сл2;  Уг4Сл1Сл4</p>

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

## 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе будет составлен перечень работ по проведению научного исследования и распределению исполнителей. Исполнителями являются студент, научный руководитель и работник. В таблице 15 представлены все нужные данные.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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	Выбор исполнительных, измерительных, коммутационных устройств	Руководитель Студент
	6	Изучение конструкторской документации, паспорта приборов, устройств	Студент
	7	Расчет параметров импульсного преобразователя постоянного напряжения	Студент
	8	Выбор элементов ИППН	Студент
	9	Разработка проектных конструкций ИППН в MATLAB/Simulink	Студент
	10	Разработка конструкции электрооборудований, входящих в ИППН	Руководитель Студент
	11	Расчет параметров электронных компонентов.	Студент
	12	Разработки технологического процесс изготовления и методики выполнения работ	Руководитель Работник Студент
Оформление документации и подготовка отчета	13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

#### 4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

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

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

#### 4.2.3. Разработка график проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования используется диаграмма Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для подсчета календарных дней необходимо вычислить коэффициент календарности и умножить его на продолжительность выполнения в рабочих днях. Для 2016 года коэффициент календарности равен 1,48 (количество дней в 2016 году: календарных – 365 дней; рабочих – 274 дней; выходных – 104 дня; праздничных – 14 дней).

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работ	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ожі}$ , чел-дни											
	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	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	1	1	1	2	2	2	1,4			НР, С	НР, С	НР, С	0,7	0,7	0,7	1,0 36	1,0 36	1 0 3 6
2	3	2	4	4	3	4	3,4	1,4	1,4	НР, С	НР, С	НР, С	1,7	1,2	2	2,5 16	1,7 76	2 ,

																		9 6
3	2	1	1	2	2	3	2			HP, C	HP , C	HP , C	1	0,7	0,9	1,4 8	1,0 36	1 , 3 3 2
								1,4	1,8									
4	1	1	1	2	1	2	1,4			HP, C	HP , C	HP , C	0,7	0,5	0,7	1,0 36	0,7 4	1 , 0 3 6
								1	1,4									
5	5	5	6	6	7	8	5,4			C	C	C	5,4	5,8	6,8	7,9 92	8,5 84	1 0 , 0 6 4
								5,8	6,8									
6	3	3	5	4	5	5	3,4			C	C	C	3,4	3,8	5	5,0 32	5,6 24	7 , 4
								3,8	5									
7	2	2	3	2	2	3	2			C	C	C	2	2	3	2,9 6	2,9 6	4 , 4 4
								2	3									
8	4	3	4	5	4	6	4,4			C	C	C	4,4	3,4	4,8	6,5 12	5,0 32	7 , 1 0 4
								3,4	4,8									
9	1 4	1 4	15	1 7	1 5	2 0	15, 2			C	C	C	7,6	7,2	8,5	11, 248	10, 65 6	1 2 , 5 8
								14, 4	17									
1 0	1 0	9	12	1 0	1 1	1 5	10			HP, C	HP , C	HP , C	10	9,8	13, 2	14, 8	14, 50 4	1 9 , 5 3 6
								9,8	13, 2									
1 1	3	4	3	5	4	5	3,8			C	C	C	3,8	4	3,8	5,6 24	5,9 2	5 , 6 2 4
								4	3,8									
1 2	9	8	10	1 1	1 0	1 2	9,8			HP, C, P	HP , C, P	HP , C, P	3,3	2,9	3,6	4,8	4,3	5 , 3 2 8
								8,8	10, 8									

13	10	11	14	12	14	15	10,8			HP, C	HP, C	HP, C	5,4	6,1	7,2	7,9 92	9,0 28	10,6 56
<b>Итого</b>	67	64	79	82	80	100	73	70,4	87,4				49,4	48,1	60,2	73,1	73,23	89,1



Таблица 17 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб от	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	НР С	1,03 6														
2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР С	1,77 6														
3	Анализ предметной области	НР С	1,03 6														
4	Выявление участников и основных шагов выполнения	НР С	0,74														
5	Выбор исполнительных, измерительных, коммутационных устройств	НР С	8,58 4														
6	Изучение конструкторской документации, паспорта приборов, устройств	С	5,62 4														
7	Измерение габаритов деталей, приборов	С	2,96														
8	Расчет параметров установки по методу размерной цепи	С	5,03 2														
9	Разработка проектных конструкций установки в MATLAB	С	10,6 56														
10	Разработка конструкции электрооборудований, входящих в ИППН	НР С	14,5 04														
11	Расчет параметров электронных компонентов.	С	5,92														
12	Разработки технологического процесс изготовления и методики выполнения работ	НР С Р	4,3														
13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	НР С	9,02 8														

### 4.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

В данной части рассчитывается стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 6 представлены все затраты.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы	
			Пост. 1	Пост.2	Пост. 1	Пост.2
Печатная плата	шт.	1	50	65	250	325
Транзисторы	шт.	3	120	125	240	250
Диоды	шт.	4	4,25	3,50	17	14
Конденсаторы	шт.	2	2,5	4	2,5	4
Резисторы	шт.	5	2	3,5	10	17,5
Итого					519,5	610,5

Из данной таблицы видно что, самым дешевым оказался вариант второго исполнения, самым дорогим – второго.

#### 4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	тарифная цен $C_э$ (кВт/ч);	Затраты $\mathcal{E}_{об}$ (руб.)
Осциллограф	135	0,05	4.3	29,025
Вольтметр	135	0,01		5,805
Источник питания	135	0,03		17,415
Персональный компьютер	120	0,3		154,8
Итого:	525	0,39		207,045

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$$\mathcal{E}_{общ.} = 207,045 * 1,15 = 238,1 \text{ руб.}$$

### 4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата 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 20 – Заработная плата

Исполнитель	Разряд	$k_t$	$Z_{тс}$ руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ руб.	$Z_{дн}$ руб.	$T_p$	$Z_{осн}$ руб.
Научный руководител ь	Доцент, к. т. н.	3,5 1	23264,86	0	0,2	1,3	36293,1 8	1387,68	138, 3	191916,1 4
Инженер	1	1,0 4	6595,7	0, 3	0,2	1,3	12861,6 1	491,76	138, 3	67961,23
Итого										259877,3 7

#### 4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

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

Выбираем  $k_{доп}=0,15$  тогда для инженера дополнительная заработная плата составила:  $Z_{доп}=0,15*67961,23=10194,18$  руб.

#### 4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

$$K_{\text{внеб}} = K_{\text{пен.ф}} + K_{\text{оц.стр}} + K_{\text{мед.стр}},$$

где

$K_{\text{пен.ф}}$  – коэффициент отчислений в пенсионные фонды (0,22);

$K_{\text{оц.стр}}$  – коэффициент социального страхования (2,9);

$K_{\text{мед.стр}}$  – коэффициент медицинского страхования (5,1).

Отсюда получаем:

$$k_{\text{внеб}} = 0,3$$

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 * 78155,41 = 23446,62 \text{руб.}$$

Суммируя все статьи расходов получаем общую себестоимость дипломного проекта, полученные результаты заносятся в общую таблицу 21:

Таблица 21

Статья расходов	Стоимость (Ист. 1) руб.	Стоимость (Ист. 2) руб.
Материальные затраты	2507	3193
Затраты на электроэнергию	279,51	179,51
Затраты на основную заработную плату	259877,37	259877,37
Затраты на дополнительную заработную плату	10194,18	10194,18
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	23446,62	23446,62
Итого	296304,68	296890,68

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$C_{\text{общ.1}} = 296304,68 \text{руб}$$

$C_{\text{общ},2}=296890,68$  руб

Вывод: Видно, что величина общих затрат отличаются незначительно, ввиду того, что доля материальных затрат незначительна. Основную долю затрат составила зарплата.

#### 4.3.6. Оценка эффективности проекта

Немаловажным критерием расчета является оценка эффективности дипломного проекта, определяются две важные составляющие:

- показатель финансовой эффективности;
- показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 22

Параметр	$\Phi_{pi}$ , руб.	$\Phi_{\text{max}}$ , руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнитель 1	296304,68	296890,68	1
Исполнитель 2	296890,68		0,99

Из таблицы видно, что интегральный показатель не сильно отличается. Он имеет величину меньшую единицы, соответственно разработка эффективна.

Теперь производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

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

где

$I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$b_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в таблицу 23:

Таблица 23

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка	
		Исп.1	Исп.2
Удобство эксплуатации	0,1	7	2
Точность позиционирования	0,25	7	9
Помехоустойчивость	0,1	8	9
Энергосбережение	0,15	2	5
Надежность	0,25	6	8
Материалоемкость	0,05	2	5
Цена	0,1	2	4
Итого	1	34	42

Анализируя таблицу рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_{p1} = 5,35$  – показатель ресурсоэффективности для первого исполнен;

$I_{p2} = 6,75$  – показатель ресурсоэффективности для второго исполнения.

Получив значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{pi}}{I_{исп.iфинр}}$$

$I_{исп.1} = 11,14$  – интегральный показатель эффективности вариантов;

$I_{исп.2} = 13,97$  – интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

$$\mathcal{E}_{ср.} = 0,79$$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу 24:

Таблица 24

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	1	0,99
Интегральный показатель ресурсоэффективности	5,35	6,75
Интегральный показатель эффективности вариантов	11,14	13,97
Сравнительная эффективность	0,79	

Сравнение эффективностей показывает, что наиболее эффективным является второй вариант исполнения.