

Школа **неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
 Отделение **электронной инженерии**

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка преобразователя постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии</b>

УДК 621.314.632:620.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM02	Цзоу Юйчжу		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Огородников Д.Н.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Кулагин А.Е.	К.Ф.-М.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	Солдатов А.И.	Д.Т.Н.		

## Планируемые результаты обучения

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
<b>ПК(У)-2</b>	Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию
<b>ПК(У)-3</b>	Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени
<b>ПК(У)-4</b>	Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
<b>ПК(У)-5</b>	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения
<b>ПК(У)-6</b>	Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников
<b>ПК(У)-7</b>	Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ

<b>ПК(У)-8</b>	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований
<b>ПК(У)-9</b>	Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями
<b>ПК(У)-10</b>	Способен разрабатывать программные и аппаратные средства передачи цифровых данных
<b>ПК(У)-11</b>	Способен организовывать работу коллективов исполнителей проводить технико-экономический и функционально-стоимостной анализ рыночной эффективности создаваемого продукта
<b>ПК(У)-12</b>	Способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами бакалавриата
<b>ПК(У)-13</b>	Способен овладевать навыками разработки учебно-методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК (У)-1</b>	Способен проектировать интеллектуальные цифровые электронные системы обработки и анализа сигналов систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний технологических процессов и производств общепромышленного и специального назначения для различных отраслей национального хозяйства.

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ А.И. Солдатов  
 (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
1AM02	Цзоу Юйчжу

Тема работы:

<b>Разработка преобразователя постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№363-33/с от 29.12.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>          (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.).</p>	<p>Разработка преобразователя постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии</p> <p><b>Исходные данные:</b>          напряжение питания <math>U_{п}=5В</math>;          выходное напряжение <math>U_{н}=64В</math>;          выходная мощность <math>P_{н}=8Вт</math>;          коэффициент пульсации <math>K_{п} \leq 1\%</math>.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>          (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обзор литературы;</li> <li>- обоснование структурной и принципиальной схемы;</li> <li>- моделирование принципиальной схемы;</li> <li>- финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>- социальная ответственность;</li> <li>- заключение.</li> </ul>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения; перечень элементов
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Раздел на иностранном языке	Сидоренко Т. В.

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

1. Обзор литературы
2. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения
3. Принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	11.02.2021
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ02	Цзоу Юйчжу		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1AM02	Цзоу Юйчжу

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	ОЭИ
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	11.04.04 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	Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %.

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. 3. SWOT – анализ.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет	1. План проекта. 2. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки сравнительной эффективности проекта.

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Диаграмма FAST
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.02.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	канд. эк. наук		10.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1AM02	Цзоу Юйчжу		10.02.2022

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1AM02		Цзоу Юйчжу	
<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение (НОЦ)</b>	ОЭИ
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Тема ВКР:

<b>Разработка преобразователь постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> Преобразователь постоянного напряжения  <i>Область применения:</i> энергетика, электростанции  <i>Рабочая зона:</i> Помещение с естественной вентиляцией воздуха  <i>Размеры помещения:</i> 5*5 м  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> осциллографы и компьютеры</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»          Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ,          Технический регламент о требованиях пожарной безопасности</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b>          1. Электроопасность;          2. класс электроопасности помещения</p> <p><b>Вредные факторы:</b>          1. Микроклимат на рабочем месте;          2. Общее производственное электромагнитное излучение;          3. Освещение рабочей зон;          4. Шум от компьютера.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> использование защитных костюмов, беруши, наушники.</p> <p><b>Расчет:</b> расчет системы искусственного освещения</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> шум  <b>Воздействие на литосферу:</b> Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция)  <b>Воздействие на гидросферу:</b> сброс охлаждающей воды при использовании в качестве охладителя рек, прудов;  <b>Воздействие на атмосферу:</b> тепловые эффекты работы машины</p>

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</b>	<b>Возможные ЧС:</b> Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (пожар в оргтехнике) <b>Наиболее типичная ЧС:</b> Пожар
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM02	Цзоу Юйчжу		



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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
 Уровень образования **магистратура**  
 Отделение **электронной инженерии**  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 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:	06.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.12.2021	Теоретическая работа	30
02.06.2022	Разработка схемы и моделирование ее работы	40
25.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2022	Социальная ответственность	15

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	А.И. Солдатов	д.т.н.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц, 29 рисунков, 20 таблиц, 22 источника.

Ключевые слова: преобразование источника питания, постоянное напряжение, возобновляемая энергия.

Объектом исследования является метод преобразования постоянного напряжения.

Цель работы – преобразование постоянного напряжения 5 В в постоянное напряжение 64 В.

В рамках представленной работы проведено исследование существующих аналогов преобразователя постоянного напряжения, определены их основные характеристики. Были рассмотрены варианты конструкции преобразователей постоянного напряжения. С учетом полученных результатов, была разработана структурная, а далее, принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения. Экспериментальное исследование подтвердило представленные ранее теоретические выкладки.

В результате исследования была получена схема преобразования напряжения и макет источника питания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Количество каналов: 1 (постоянное напряжение 64В)

Входное напряжение: 5 В

Степень внедрения: низкая.

Область применения: неразрушающий контроль; научные исследования, лабораторные эксперименты для возобновляемых источников энергии.

Экономическая эффективность/значимость работы: Проект имеет перспективность, экономическую эффективность и может быть внедрен.

## **Обозначения и сокращения**

ДПП – Двухфазный повышающий преобразователь;

ППН – Преобразователь постоянного напряжения.

## Оглавление

Введение .....	14
1. Обзор литературы .....	15
1.1 Преобразователи систем автономного электропитания .....	15
1.2 Двухфазный повышающий преобразователь.....	18
1.3 Повышающие преобразователи на переключаемых конденсаторах TPS60310 .....	20
2. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения .....	21
3 Принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения .....	23
4 Моделирование преобразователя постоянного напряжения.....	29
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	37
5.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	44
5.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	54
6. Социальная ответственность .....	57
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	57
6.2 Производственная безопасность .....	58
6.3 Экологическая безопасность .....	66
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	68
Заключение.....	72

Список использованных источников .....	73
Приложение А Раздел на иностранном языке .....	76
Приложение Б Принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения .....	88
Приложение В Перечень элементов .....	89

## Введение

На сегодняшний день из-за чрезмерного использования химических ресурсов загрязнение окружающей среды стало одним из вопросов, над которым мы должны сосредоточиться. Возобновляемые источники энергии являются хорошей заменой ископаемым источникам энергии. Развитие возобновляемых источников энергии является одним из основных факторов, стимулирующих рост рынка силовой электроники, требующих непрерывного повышения эффективности преобразования и надежности [1]. Сегодня исследования в области возобновляемой энергетики, теплоэнергетики и энергетических систем очень популярны, по этой тематике проводится много исследований [2-13].

Эта работа посвящена проектированию преобразователя постоянного напряжения (ППН) для возобновляемых источников энергии. Разработанная схема будет использоваться для промышленной энергетики. В работе будет представлен способ и схемы преобразования постоянного входного напряжения в диапазоне 5В в постоянное напряжение 64В.

**Цель работы** – создание и исследование опытного образца высокоэффективного повышающего преобразователя постоянного напряжения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Исследовать способы построения схем высокоэффективного повышающего преобразователя постоянного напряжения.
2. Спроектировать схему повышающего преобразователя постоянного напряжения с повышенным коэффициентом передачи.
3. Провести моделирование и анализ электрической принципиальной схемы ППН.

# 1. Обзор литературы

## 1.1 Преобразователи систем автономного электропитания

Преобразователи систем питания представляют собой семейство электрических схем, которые преобразуют электрическую энергию одного уровня напряжения, тока или частоты в другие уровни с использованием компонентов переключения мощности. Во всех семействах силовых преобразовательных устройств преобразование энергии является функцией различных состояний переключения. Процесс переключения силовых устройств из одного состояния в другое в силовых преобразовательных топологиях называется модуляцией. Что касается применений, различные семейства преобразователей мощности с оптимальным методом модуляции должны быть использованы для доставки желаемой электрической энергии к нагрузке с максимальной эффективностью и минимальными затратами.

Три основных семейства силовых преобразователей, которые обычно используются в системах питания с возобновляемыми источниками энергии, являются:

- AC-DC преобразователь (преобразователь переменного напряжения в постоянное)
- DC-DC преобразователь (преобразователь постоянного напряжения в постоянное)
- DC-AC преобразователь (преобразователь постоянного напряжения в переменное)

На рис. 1.1 показана структурная схема электрического преобразования в соответствии с различным семейством силовых преобразователей, используемых в системах возобновляемых источников энергии.

Структурная схема системы преобразователей энергии

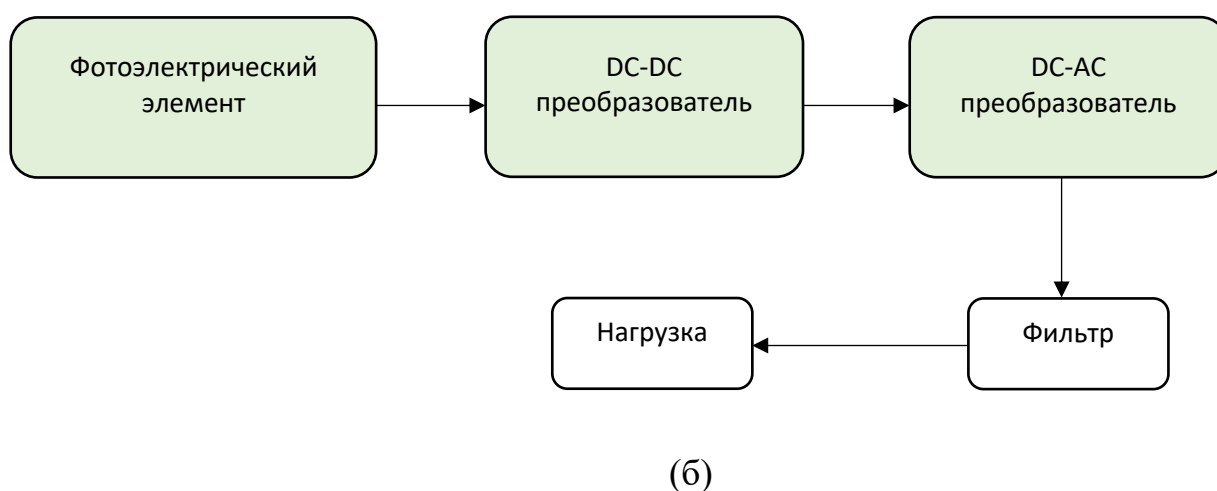
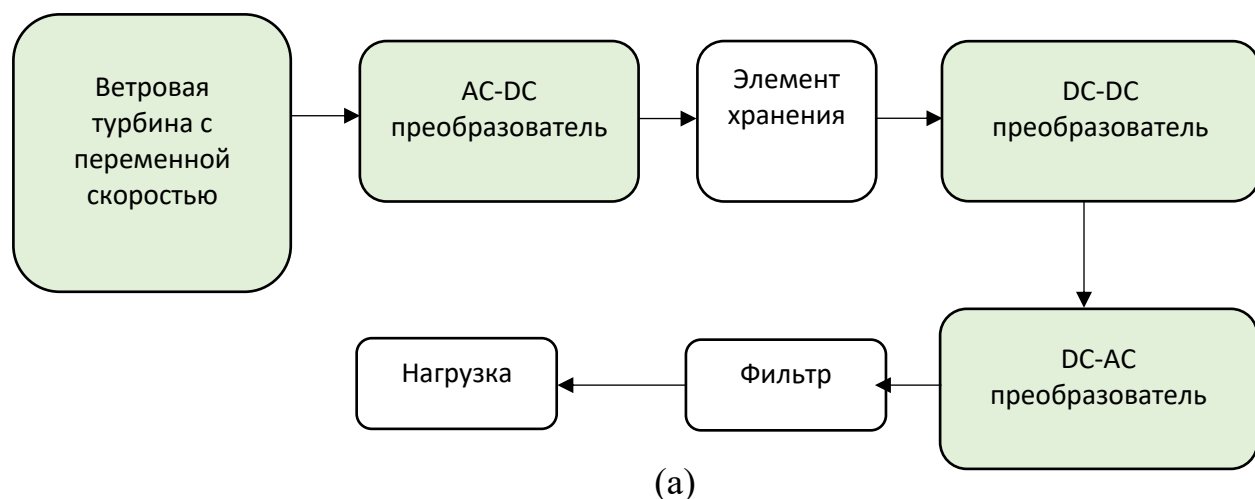


Рисунок 1.1 – Структурная схема системы преобразователей энергии

В системах возобновляемых источников энергии, первичные источники могут быть либо с постоянным (фотоэлектрический элемент) или с переменным выходным током (система турбины ветровой установки). Однако, в связи с требованием нагрузки, питание может быть изменено на постоянный или переменный ток.

Далее мы более подробно остановимся на преобразователе постоянного тока.

Преобразователи постоянного тока являются разновидностью высокочастотных преобразователей, которые преобразуют нестабилизированную энергию постоянного тока в регулируемую мощность постоянного тока.



Так как выходное напряжение системы возобновляемых источников энергии или выпрямителя преобразователя ветрогенератора, в основном, неуправляемое напряжения постоянного тока, как показано на рисунке 1.2, то преобразователи постоянного тока необходимы для регулировки и/или стабилизации напряжения постоянного тока чтобы реализовать различные применения [14].

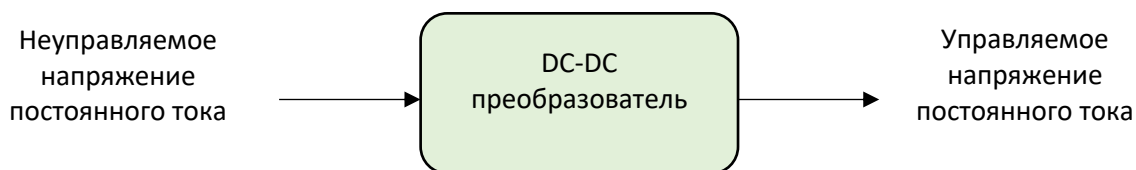


Рисунок 1.2 – Преобразователь постоянного тока

В понижающем преобразователе выходное напряжение меньше, чем входное напряжение. Повышающий преобразователь имеет возможность увеличить входное напряжение, основываясь на рабочем цикле коммутатора. Преобразователь может либо уменьшить или увеличить входное напряжение. Повышающий преобразователь обычно применяется в системах возобновляемых источников энергии, так как выходное напряжение этих систем является низким и неконтролируемым. На рисунке 1.3 представлена классическая схема бестрансформаторного преобразователя постоянного напряжения повышающего типа. [15]

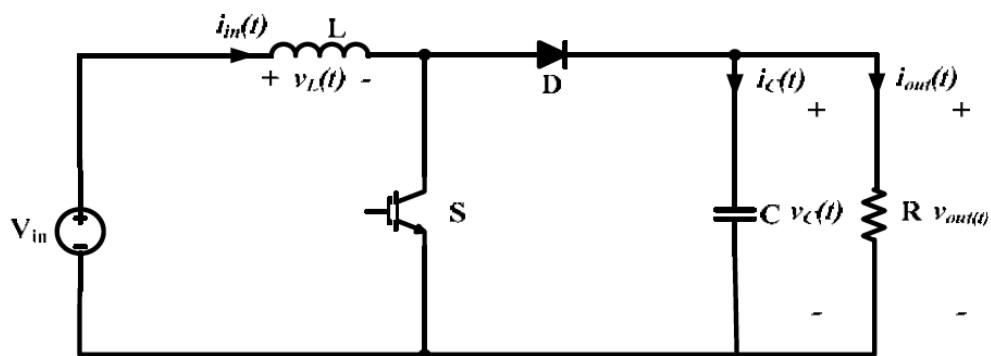


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема повышающего преобразователя постоянного напряжения

## 1.2 Двухфазный повышающий преобразователь

Возможность отказа может быть уменьшена путем использования мягкой коммутации транзисторов в резонансных и квазирезонансных структурах преобразователей [15].

Внутренний запас энергии резонансного контура увеличивается, выделение этой энергии в ненормальном режиме работы сопровождается внезапным отказом, а статические потери в устройстве возрастают из-за потока реактивной энергии. На сегодняшний день в фазосдвигаемых однофазных инверторах напряжения схемотехническое решение реализации мягкой коммутации возможно является самым хорошим методом. [16,17].

При использовании резонансной схемы мы должны учитывать две аспекта: во-первых, он ограничивает диапазон регулирования тока и напряжения; и, во-вторых, он повышает требования к фильтрам радиопомех.

Показан возможный способ реализации мягкого переключения в многофазном повышающем преобразователе с индуктивными компонентами (дросселями).

Были сделаны следующие допущения для построения функциональной схемы ДПП:

- 1) идеальный источник постоянного напряжения  $E_0$  ;
- 2) элементы  $R, L, C$  являются линейными;
- 3) конденсаторы  $C_1, C_2$  с учетом паразитной емкости транзисторов;
- 4) идеальные корректирующие устройства  $\alpha_1, \alpha_2$ ;
- 5) время переключения - ноль;

На рисунке 1.1 представлена функциональная схема ДПП [18].

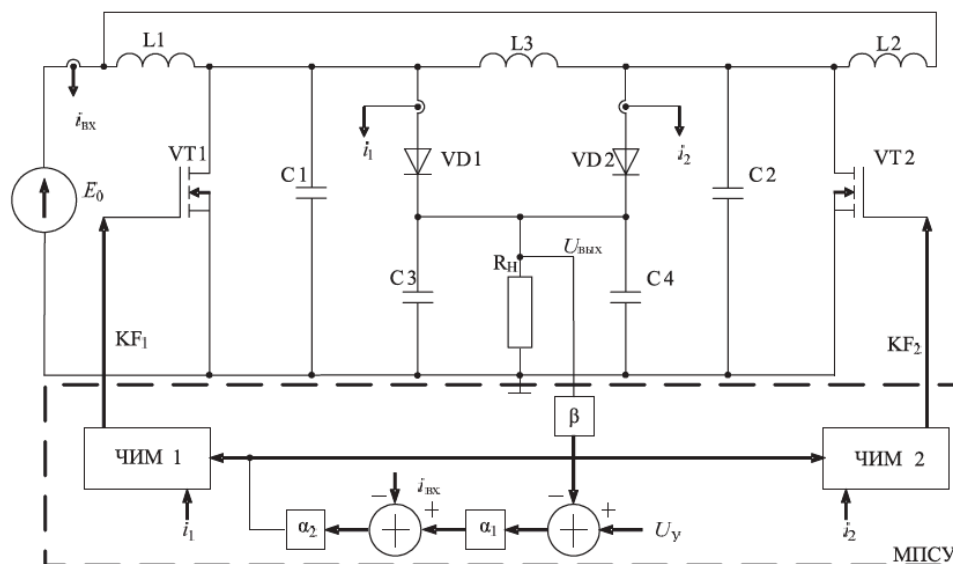


Рисунок 1.4 – принципиальная схема ДПП

Схема управления состоит из двухфазной двухфазной цепи, включающей в себя два корректирующих устройства с коэффициентами усиления, два элемента сравнения, источник опорного сигнала, и два частотно-импульсных модулятора. Датчики тока  $i_{вх}$ ,  $i_1$ ,  $i_2$ , напряжения  $U_{вых}$  и микропроцессорной схемы управления (МПСУ) обеспечивают отрицательную обратную связь.

Достоинств схемы : повышенная надежность и энергоэффективность за счет уменьшения динамических потерь переключения.

### 1.3 Повышающие преобразователи на переключаемых конденсаторах TPS60310

Повышающий преобразователь постоянного напряжения TPS60310 может создавать выходное напряжение  $3\text{ В} \pm 4\%$  или  $3,3\text{ В} \pm 4\%$  от  $0,9\text{ В}$  до  $0,9\text{ В}$  при входном напряжении  $1,8\text{ В}$  (одна щелочная, NiMH или NiMH батарея).

Всего пять небольших керамических конденсаторов емкостью  $1\text{ мкФ}$  необходимы для создания полноценного высокоэффективного преобразователя постоянного тока в постоянный. Для достижения высокой эффективности в широком диапазоне входного напряжения зарядный насос автоматически выбирает режим преобразования  $3x$  или  $4x$ .

Выход 1 может подавать до  $40\text{ мА}$  от входа  $1\text{ В}$ . Выход 2 может подавать до  $20\text{ мА}$  от входа  $1\text{ В}$ . Оба выхода могут быть нагружены одновременно, но суммарный выходной ток первого удвоителя не должен превышать  $40\text{ мА}$ . Например, Выход 1 имеет нагрузку  $20\text{ мА}$ , а выход 2 имеет нагрузку  $10\text{ мА}$ .

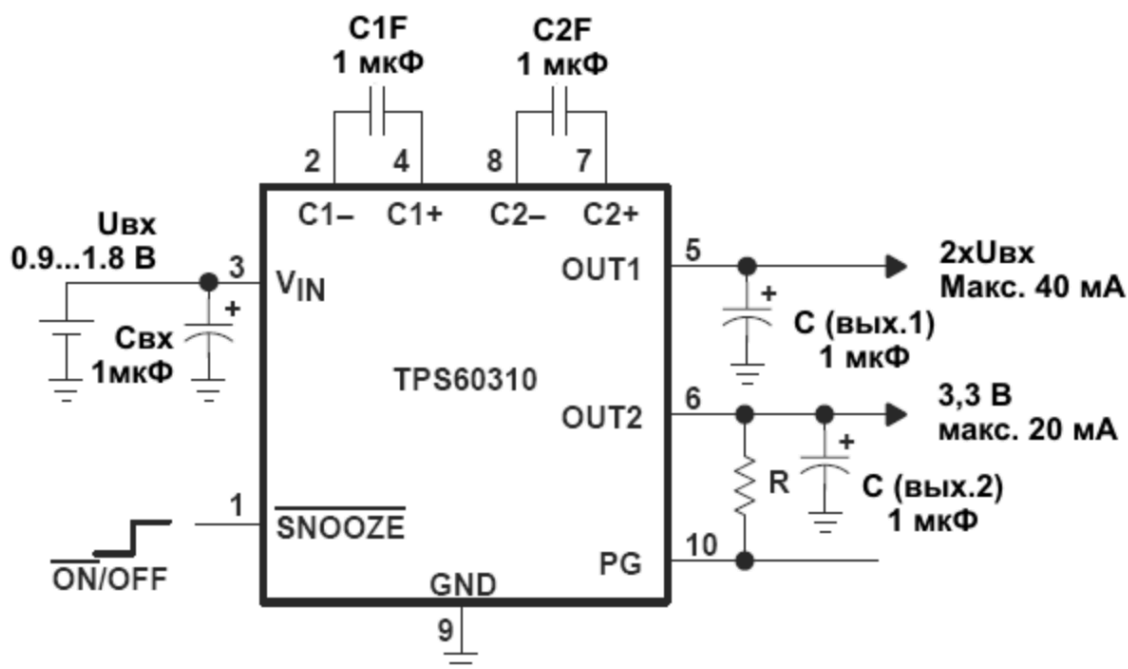


Рисунок 1.5 – Схема TPS60310

Самое большое преимущество этого преобразователя: высокая эффективность преобразования энергии (до  $90\%$ ) в широком диапазоне выходного тока, оптимизированная для напряжения батареи  $1,2\text{ В}$ .

## 2. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения

В конструкции цепи повышения постоянного тока, схема повышения напряжения Boost имеет простую структуру. Она может преобразовывать нерегулируемое входное напряжение постоянного тока в регулируемое выходное напряжение постоянного тока, которое широко используется в регулируемых импульсных источниках питания постоянного тока и приводах двигателей постоянного тока.

Схема Boost имеет только один переключающий транзистор. Традиционный регулируемый источник питания отличается высоким энергопотреблением и большим объемом. Но схема Boost не имеет этих недостатков. Boost имеет преимущества небольшого размера, простой конструкции, высокой эффективности преобразования и отсутствия мостовой схемы.

В промышленном производстве преобразователи постоянного тока часто используются для подачи входного напряжения на инверторы. Для преобразователей постоянного тока, используемых в системах возобновляемой энергии, входное напряжение часто обеспечивается устройствами возобновляемой энергии, такими как ветряные турбины и солнечные батареи.

В этой главе основное внимание будет уделено разработке преобразователя постоянного тока для системы возобновляемых источников энергии. Его входное напряжение будет обеспечиваться солнечной панелью, а выходное напряжение будет использоваться для инвертора.

В качестве входного напряжения используется солнечный элемент (Мобильная солнечная панель AP-SP5V10W, 5В, 10Вт) на 5В. После процесса повышения преобразователя постоянного тока будет получено выходное напряжение 64В. Инверторы 64В широко используются в промышленном производстве, поэтому 64В можно широко использовать в производстве в качестве выходного напряжения преобразователя постоянного тока.

С учетом потребляемой мощности используется управление без обратной связи. Этот метод управления подходит для цепей с небольшими колебаниями входного и выходного напряжения, поэтому его можно использовать в данной конструкции и значительно снизить энергопотребление. В схему добавлена схема защиты для обеспечения безопасности работы схемы. Основная часть схемы состоит из схемы Boost.

Поскольку целью нашей разработки является преобразователь постоянного напряжения, нет необходимости преобразовывать переменное напряжение в постоянное. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения немного отличается от схемы традиционного импульсного источника питания. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения показана на рисунке 2.1.

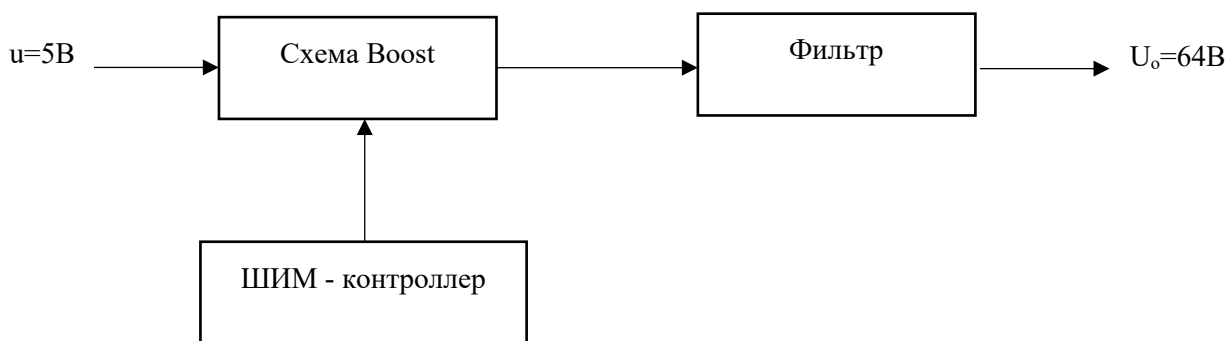


Рисунок 2.1 – Структурная схема преобразователя постоянного напряжения

### 3 Принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения

На рисунке 3.1 представлена принципиальная схема повышающего преобразователя с высоким коэффициентом усиления, которая использовалась в качестве прототипа разрабатываемой схемы [20].

Преобразователь использует один индуктор, обозначается как  $L$ . Первичная и вторичная обмотка индуктора являются  $L1$  и  $L2$ . Первичная обмотка  $L1$  служит в качестве фильтра индуктора и магнитосвязана с его вторичной обмоткой  $L2$ . Силовой ключ преобразователя обозначается  $S$ . Центр управления питания состоит из диодов  $D1$  и конденсатора  $C2$ . Часть повышения напряжения состоит из вторичной обмотки катушки индуктивности  $L2$ , диода  $D1$ , конденсатора  $C2$ , рекуперативного диода  $D2$  и коммутирующего конденсатора  $C1$ .  $D3$  – выходной диод,  $C3$  – фильтрующий конденсатор,  $R1$  – выходная нагрузка.

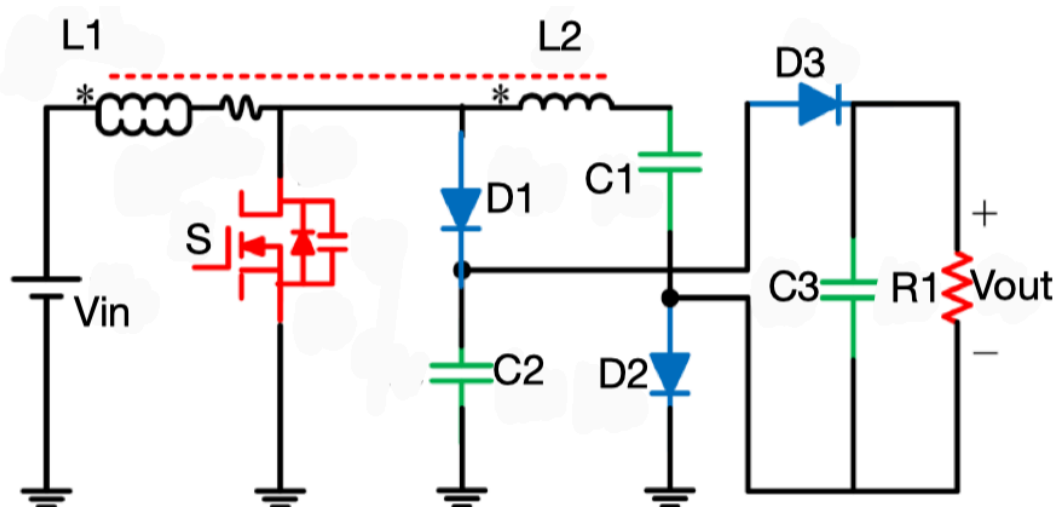


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема высокоэффективного повышающего преобразователя

### 3.1. Статические режимы работы высокоэффективного повышающего преобразователя

На рисунке 3.2 показаны временные диаграммы высокоэффективного повышающего преобразователя в режиме непрерывного магнитного потока дросселя.

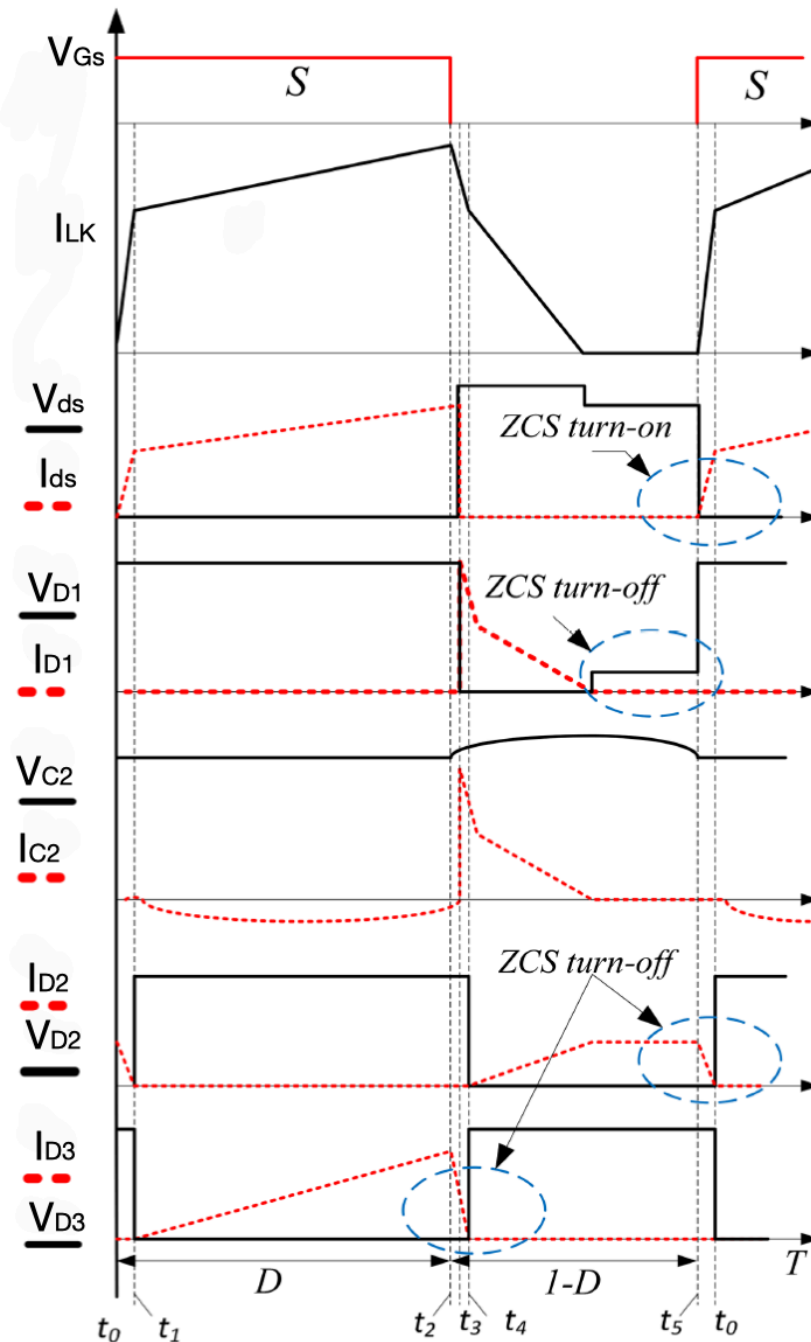


Рисунок 3.2 – Временные диаграммы высокоэффективного повышающего преобразователя



При стационарном режиме работы коэффициент заполнения импульсов управления силовым ключом  $\gamma > 0.5$ . Есть пять интервалов работы в каждом цикле переключения. На рисунке 3.3 показана эквивалентная схема на первом интервале работы от  $t_0$  до  $t_1$ .

**Интервал 1** [ $t_0 - t_1$ ]: До момента времени  $t_1$ , силовой ключ  $S$  включен. Диод  $D_1$  и выходной диод  $D_3$  заперты, а диод  $D_2$  – открыт. Ток через диод  $D_2$  линейно уменьшается, а текущая скорость уменьшения управляется индуктивностью рассеяния  $L_{Lk}$ . Индуктивность намагничивания  $L_m$  накапливает энергию от входного напряжения  $V_{in}$ , в то время как конденсатор заряжается через индуктор вторичной обмотки. Нагрузка питается от выходного конденсатора. Напряжение на  $L_{Lk}$  и индуктивности намагничивания  $L_m$  катушки индуктивности обозначается:

$$L_{LK} \frac{di_{lk}}{dt} = V_{in} - V_{Lm} \quad (3.1)$$

$$V_{Lm} = -\frac{V_{c1}}{N} \quad (3.2)$$

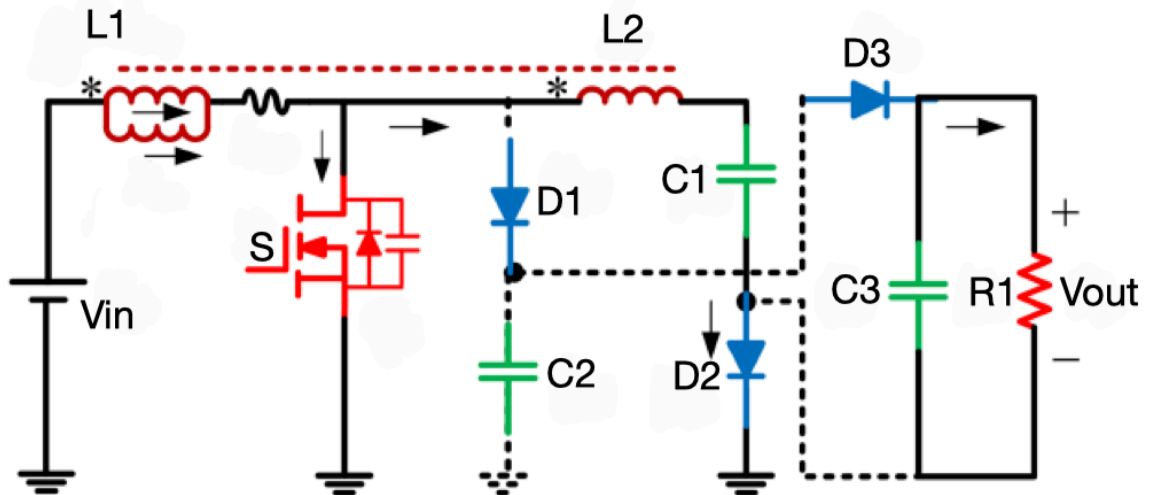


Рисунок 3.3 – Первый интервал работы эквивалентной схемы

На рис. 3.4 показан интервал работы эквивалентной схемы от  $t_1$  до  $t_2$ .

**Интервал 2** [ $t_1 - t_2$ ]: Рекуперативный диод  $D_2$  выключается в момент времени  $t_1$ , что сводит к минимуму обратные потери восстановления рекуперативного диода. Ток  $I_{Lk}$  возрастает линейно в результате того, что

приложено постоянное входное напряжение. Выходной диод D3 становится смещен в прямом направлении, чтобы доставить энергию входного сигнала в нагрузку. В течение этого времени конденсатор C2, конденсатор C1 в сочетании со вторичной обмоткой индуктора соединены последовательно чтобы увеличить коэффициент усиления по напряжению. В то же время, преобразователь работает в режиме обратногоходового преобразователя для питания нагрузки. Напряжение катушки индуктивности утечки обозначается:

$$L_{LK} \frac{di_{Lk}}{dt} = V_{in} - \left( \frac{V_{out} - V_{C2} - V_{C1}}{N} \right) \quad (3.3)$$

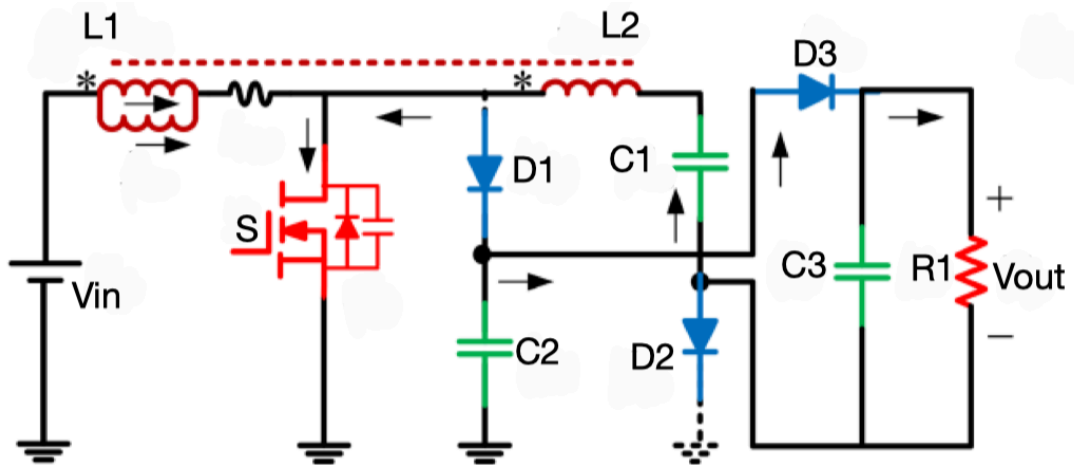


Рисунок 3.4 – Второй интервал работы эквивалентной схемы

На рисунке 3.5 показан интервал работы эквивалентной схемы от  $t_2$  до  $t_3$ .

**Интервал 3** [ $t_2 - t_3$ ]: В момент времени  $t_2$  силовой ключ S выключается. Диод D1, диод D2 заперты в то время как выходной диод D3 – открыт. Ток индуктивности рассеяния катушки заряжает конденсатор C2. Этот режим является очень коротким и заканчивается когда  $V_{C2} \cong V_{DS}$ .

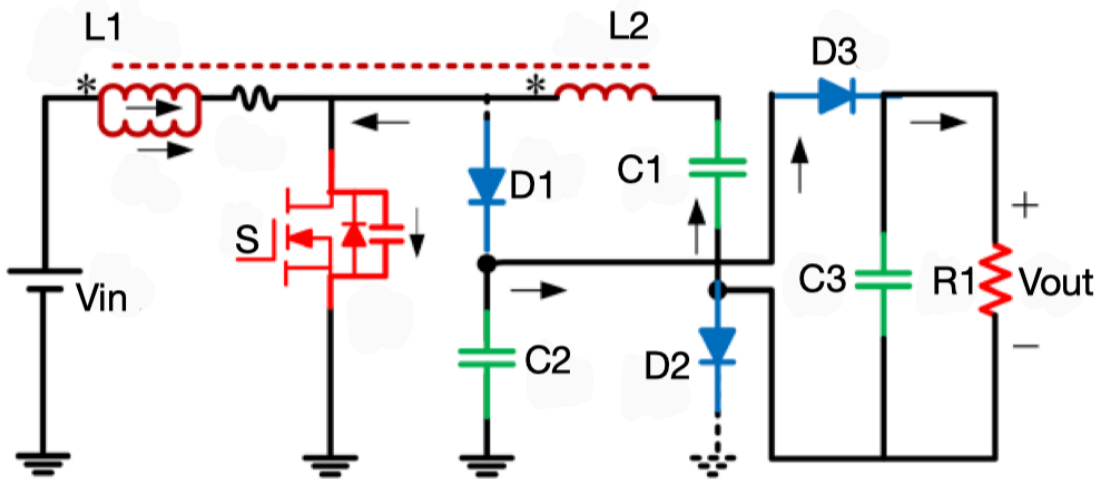


Рисунок 3.5 – Третий интервал работы эквивалентной схемы

На рисунке 3.6 показан интервал работы эквивалентной схемы от  $t_3$  до  $t_4$ .

**Интервал 4** [ $t_3 - t_4$ ]: Диод  $D_1$  включен. Тока индуктивности рассеяния  $I_{LK}$  катушки индуктивности протекает через  $D_1$ . В течение этого времени ток  $I_{LK}$  и ток выходного диода  $D_3$  линейно уменьшаются. Текущая скорость уменьшения тока выходного диода управляется напряжением, приложенным к индуктивности рассеяния  $L_{LK}$  катушки индуктивности. Напряжение на катушке индуктивности утечки  $V_{LK}$  обозначается:

$$L_{LK} \frac{di_{Lk}}{dt} = V_{in} - \left( \frac{V_{out} - V_{C2} - V_{C1}}{N} \right) - V_{C2} \quad (3.4)$$

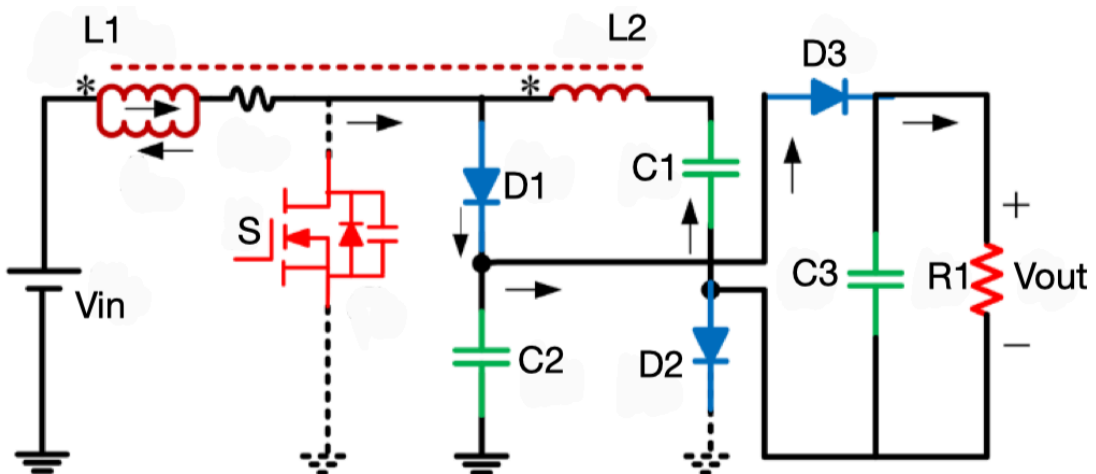


Рисунок 3.6 – Четвёртый интервал работы эквивалентной схемы

На рисунке 3.7 показан интервал работы эквивалентной схемы от  $t_4$  до  $t_5$ .

**Интервал 5** [ $t_4 - t_5$ ]: Выходной диод выключается в конце интервала 4. Диод D2 начинает проводить, ток диода возрастает линейно и ток индуктивности рассеяния линейно уменьшается. Конденсатор C2 теперь нагружает параллельно источник входного напряжения  $V_{in}$ . Нагрузка питается от выходного конденсатора C3 в течение этого времени. В конце этого режима диод D1 выключается в момент  $t_5$ , а силовой ключ S – включается.

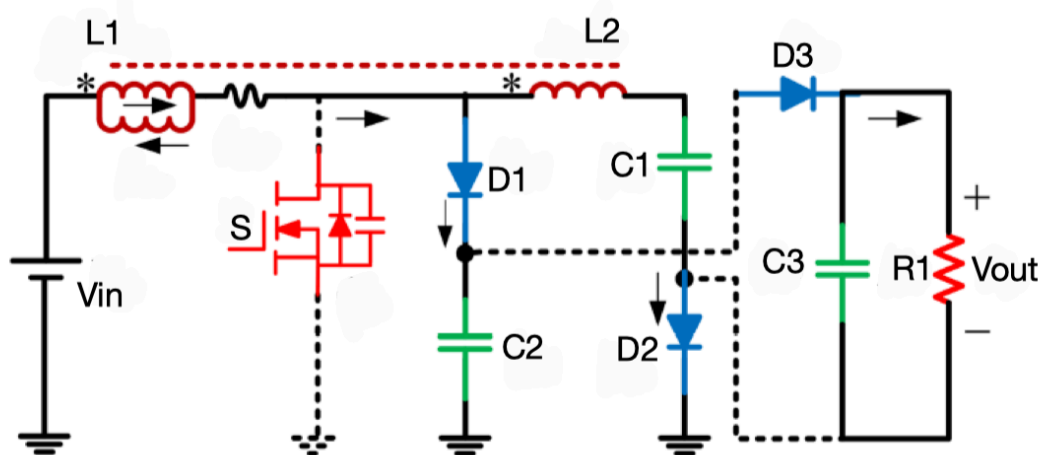


Рисунок 3.7 – Пятый интервал работы эквивалентной схемы

Схема позволяет:

1. Полупроводниковый переключатель напряжения напряжение уменьшается; следовательно, более низкие устройства номинального напряжения потенциально могут приняты для снижения потерь проводимости.
2. Энергия утечки в сочетании индуктора возвращают на выходе.

## 4 Моделирование преобразователя постоянного напряжения

На рисунке 4.1 представлена схема высокоэффективного повышающего преобразователя в среде Multisim.

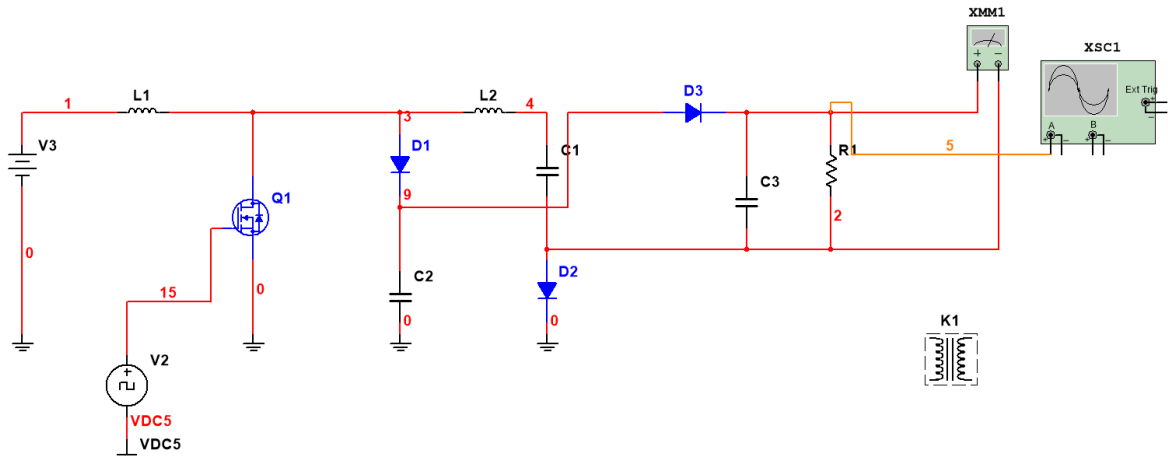


Рисунок 4.1 – Схема высокоэффективного повышающего преобразователя с использованием Multisim

Устанавливается следующее уравнение:

$$V_0 = V_{cm} + V_{Cc} + NV_{in}, \quad (4.1)$$

$$V_{Cc} = \frac{V_{in}}{1-D}, \quad (4.2)$$

$$V_{cm} = N(V_{Cc} - V_{in}) + V_{Cc}. \quad (4.3)$$

Коэффициент усиления можно получить на следующее уравнение:

$$M_{ideal} = \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{N+2}{1-D}. \quad (4.4)$$

Предполагая, что выходное напряжение составляет 64 В, входное напряжение составляет 5 В, то есть:

$$M_{ideal} = \frac{64}{5} = 12,8. \quad (4.5)$$

Для значения D сначала возьмем 0,6 для экспериментов,

$$\frac{L_b}{L_a} = \frac{n_1}{n_2} = 27. \quad (4.6)$$

В схеме установим  $L_a = 1\text{ мН}$ , тогда  $L_b = 27\text{ мН}$ .

Для того, чтобы удовлетворить требования нагрузки, в качестве нагрузки выбирается резистор сопротивлением 500 Ом, и рассчитывается мощность нагрузки:

$$P_O = \frac{V_O^2}{R} = 8.192 \text{ W} . \quad (4.7)$$

После расчета выбранный источник питания (10 W) может удовлетворить потребности нагрузки.

На рисунке 4.2 представлена схема выходного напряжения при  $D=0,5$ . На рисунке 4.3 представлена схема выходного напряжения при  $D=0,95$ .

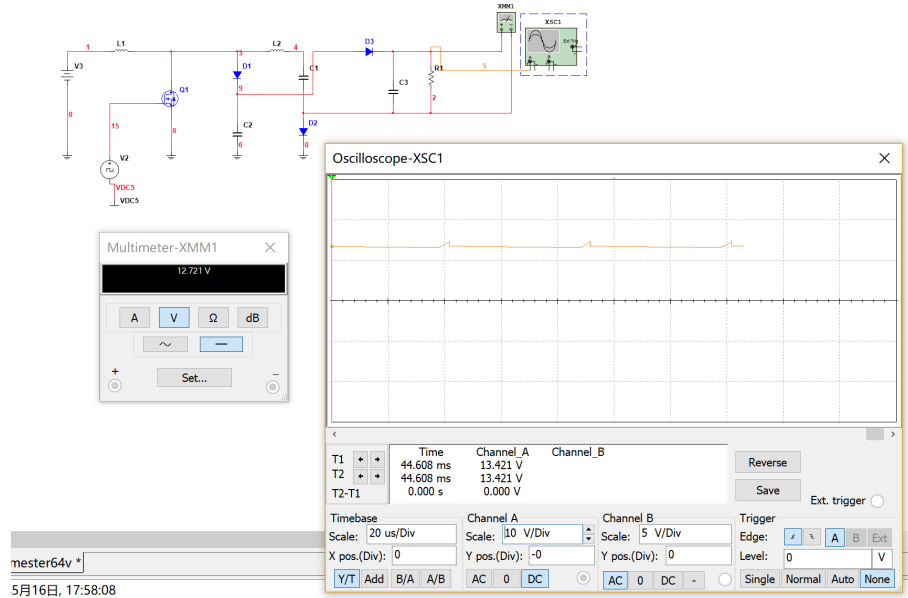


Рисунок 4.2 –Изображение входного напряжения на осциллографе при  $D=0,5$

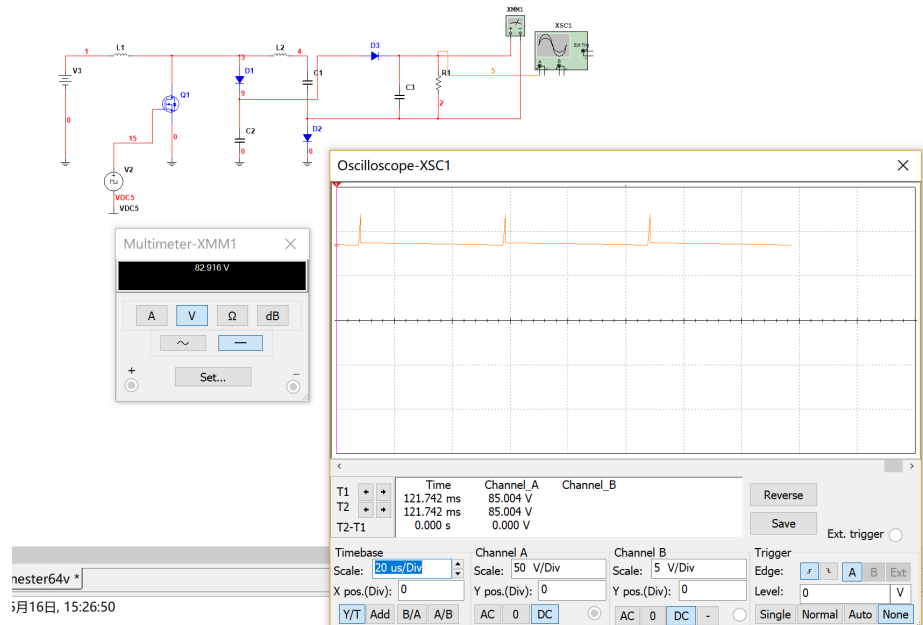


Рисунок 4.3 –Изображение выходного напряжения на осциллографе при  $D=0,95$

Выходное напряжение в основном связано с рабочим циклом. Выходное напряжение схемы при  $D=0,95$  составляет около 82 В. После экспериментов мы постарались получить максимальное усиление. Когда  $D$  составляет 0,785, достигается максимальное усиление.

Как видно из рисунка 4.3, схема повышает напряжение, но кривая пульсаций имеет скачки, выходное напряжение недостаточно стабильно.

После изучения оптимальных характеристик этой схемы, для достижения цели проектирования преобразователя постоянного напряжения, входное напряжение было изменено на 5В - подается от солнечной панели. После отладки схемы сделан вывод, что при  $d=0,785$  выходное напряжение составляет 64В.

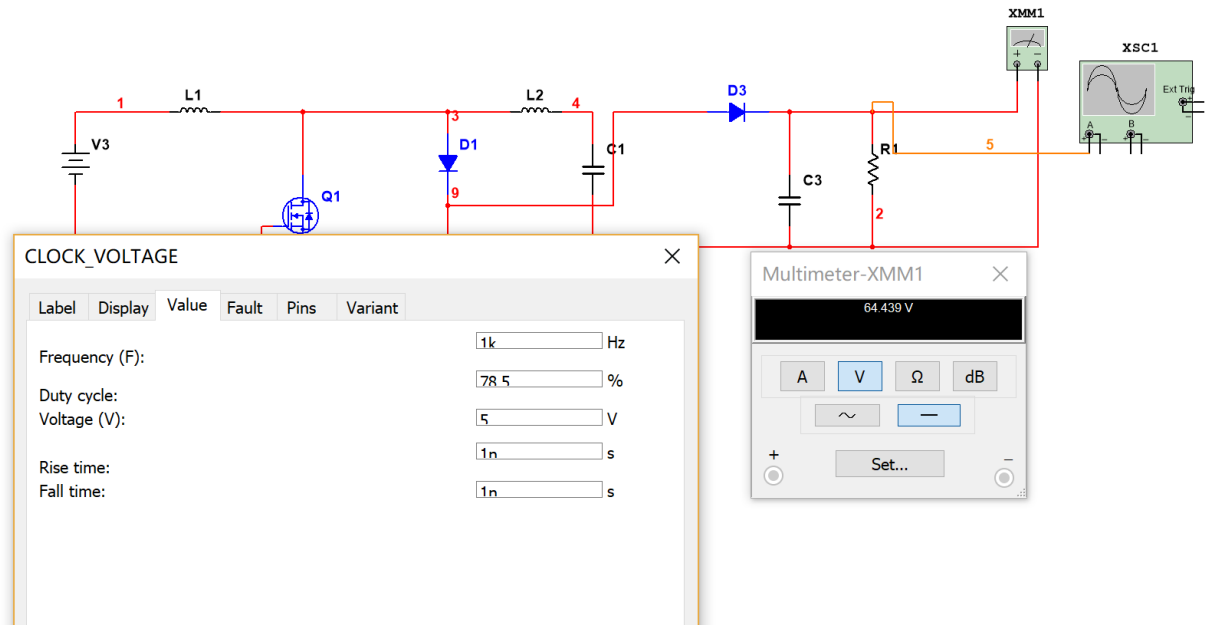


Рисунок 4.4 –Выходное напряжение при  $D=0,785$

Полная принципиальная схема приложена в Приложении Б.

## 4.1 Моделирование преобразователя постоянного напряжения с системой обратной связи

Для повышения стабильности выходного напряжения в схему добавлена функция обратной связи. На рисунке 4.5 показано моделирование функции обратной связи в среде PSIM.

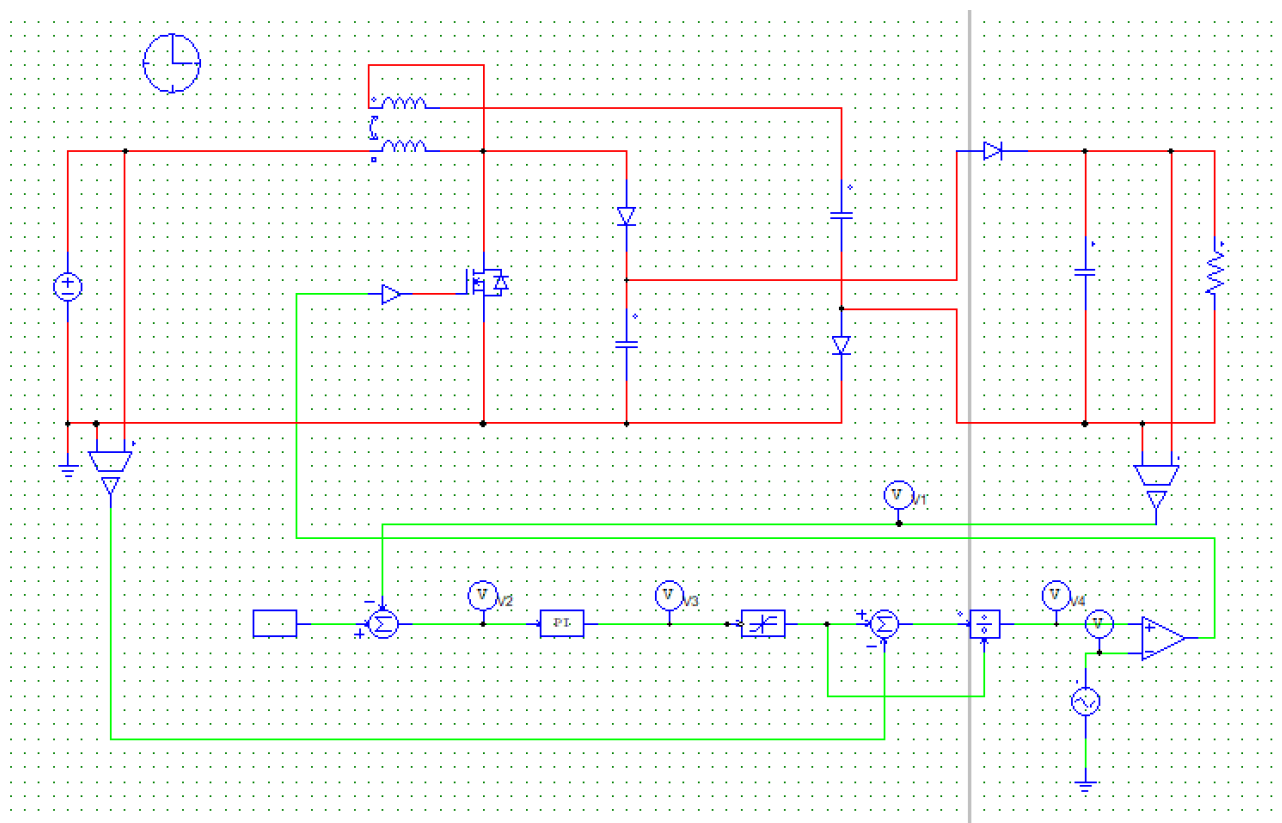


Рисунок 4.5 – Преобразователь постоянного напряжения с обратной связью

На рисунке 4.6 и 4.7 показаны выходные напряжение с обратной связью при  $V_{in}=5V$   $P=1.5$  и при  $V_{in}=12V$   $P=1$ . По результатам испытаний можно сделать вывод, что чем больше входное напряжение, тем быстрее стабилизируется выходное напряжение.



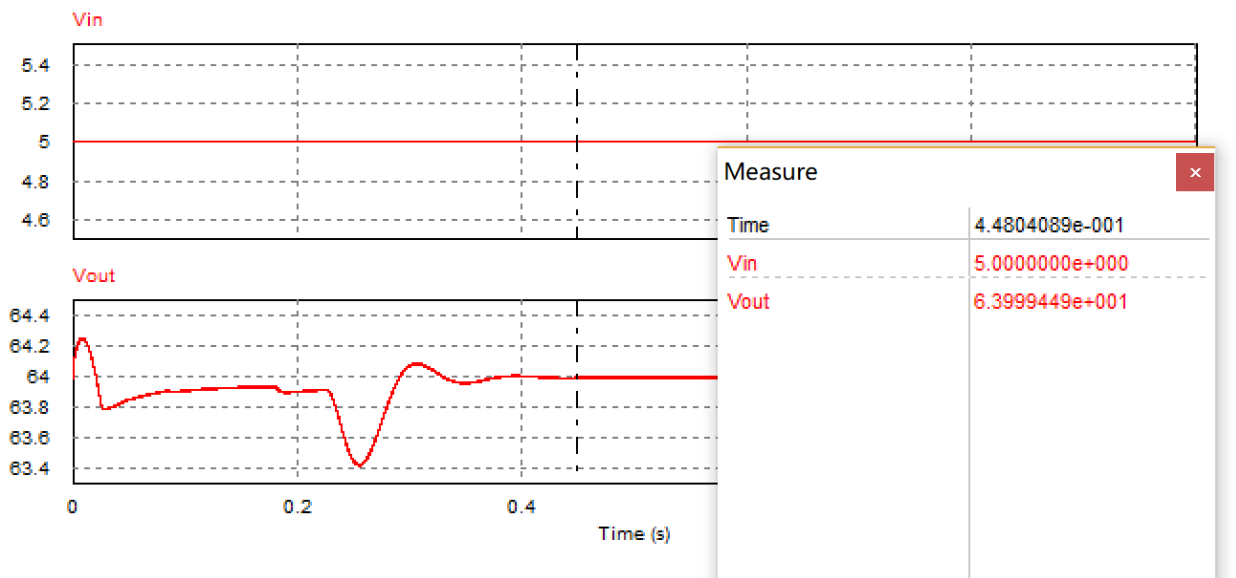


Рисунок 4.6 – Выходное напряжение с обратной связью при  $V_{in}=5V, P=1.5$

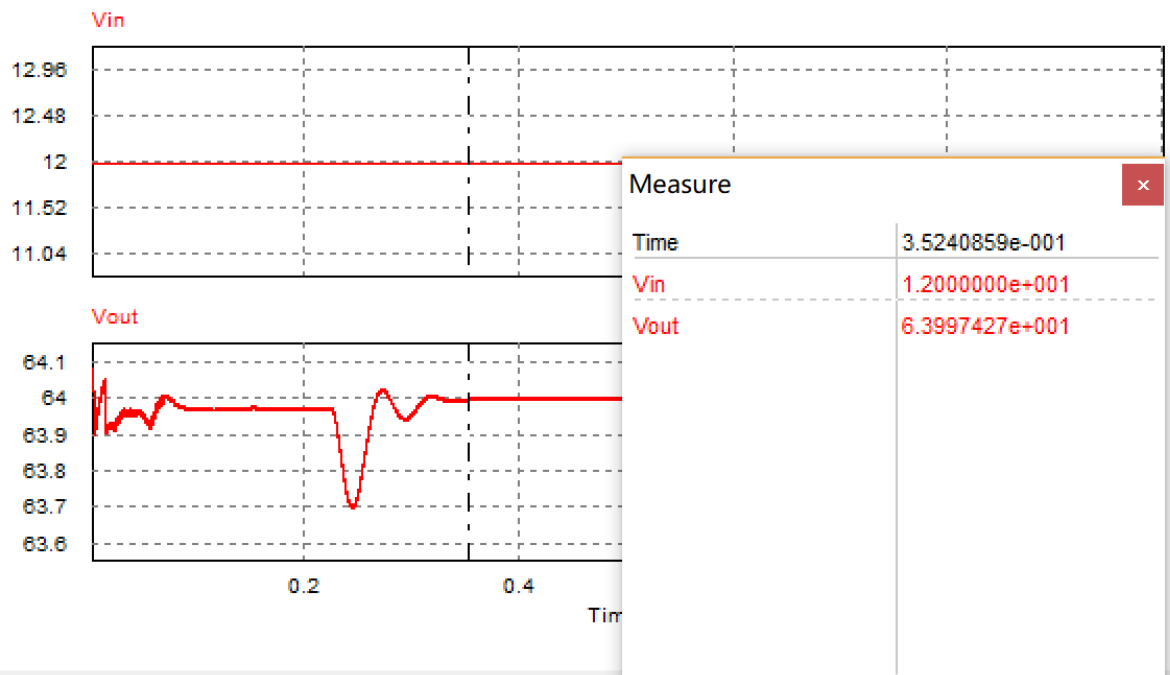


Рисунок 4.7 – Выходное напряжение с обратной связью при  $V_{in}=12V, P=1.5$

Для ускорения стабилизации выходного напряжения была предпринята попытка увеличить коэффициент усиления пи-регулятора. На рисунке 4.8 и 4.9 показаны выходное напряжение с обратной связью при  $V_{in}=5V, P=7$  и при  $V_{in}=5V, P=10$ .

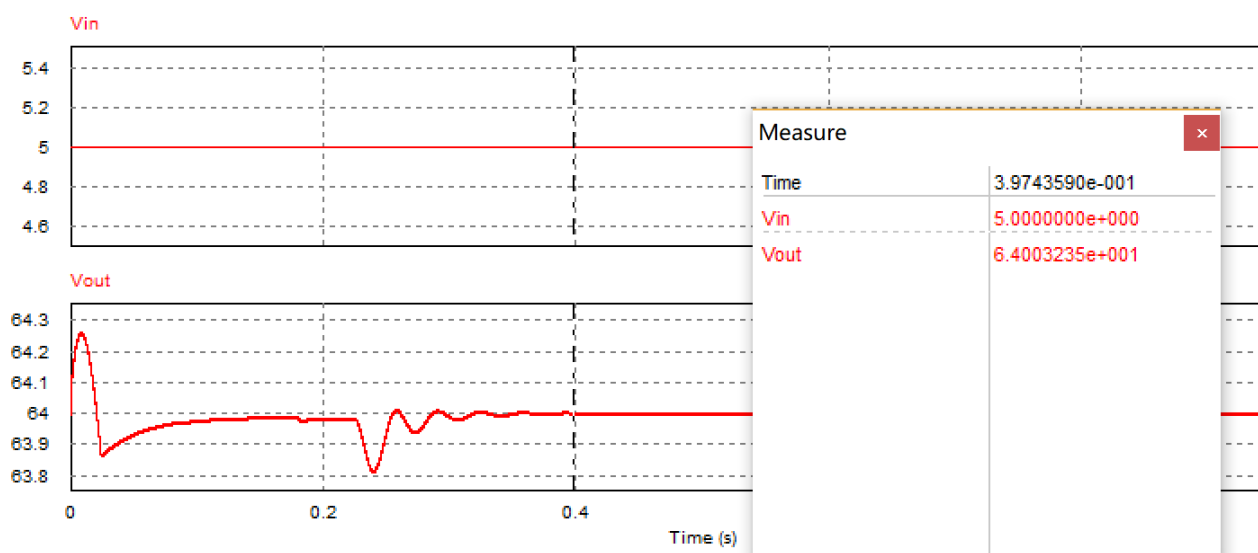


Рисунок 4.8 – Выходное напряжение с обратной связью при  $V_{in}=5V$ ,  $P=7$

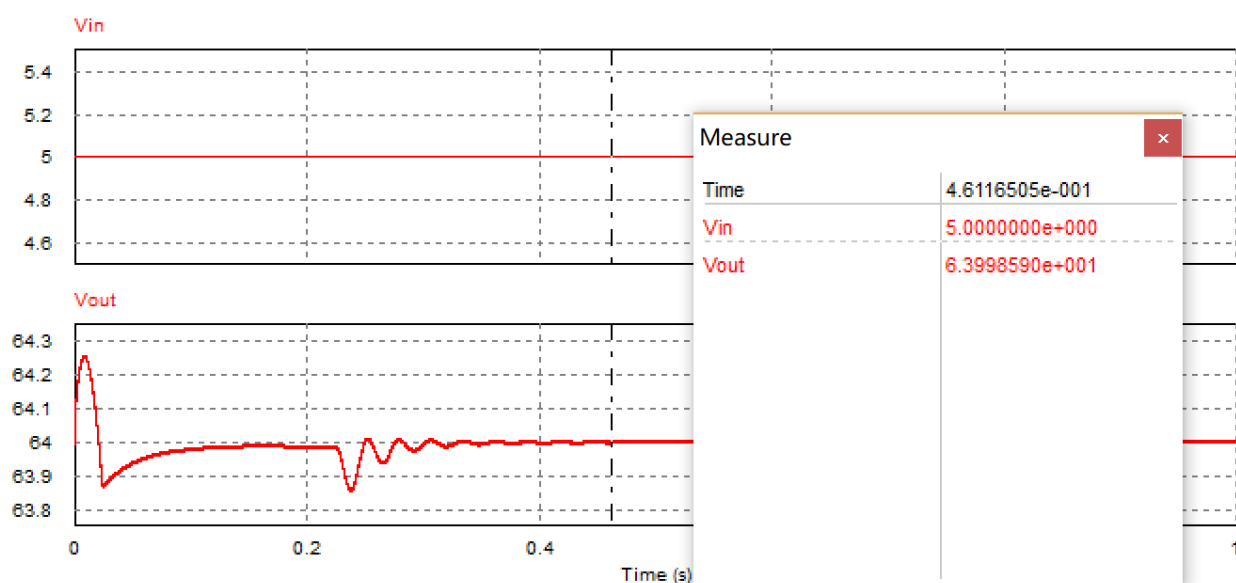


Рисунок 4.9 – Выходное напряжение с обратной связью при  $V_{in}=5V$ ,  
 $P=10$

По результатам моделирования можно сделать вывод, при  $P = 7$  выходное напряжение стабилизируется быстрее всего. Выходное напряжение практически не имеет колебаний от  $T=0,4$  s, функция обратной связи значительно улучшает стабильность выходного напряжения.

## 4.2 Расчет коэффициента пульсации

На рисунке 4.10 и 4.11 максимальное и минимальное выходное напряжение в установившемся режиме.

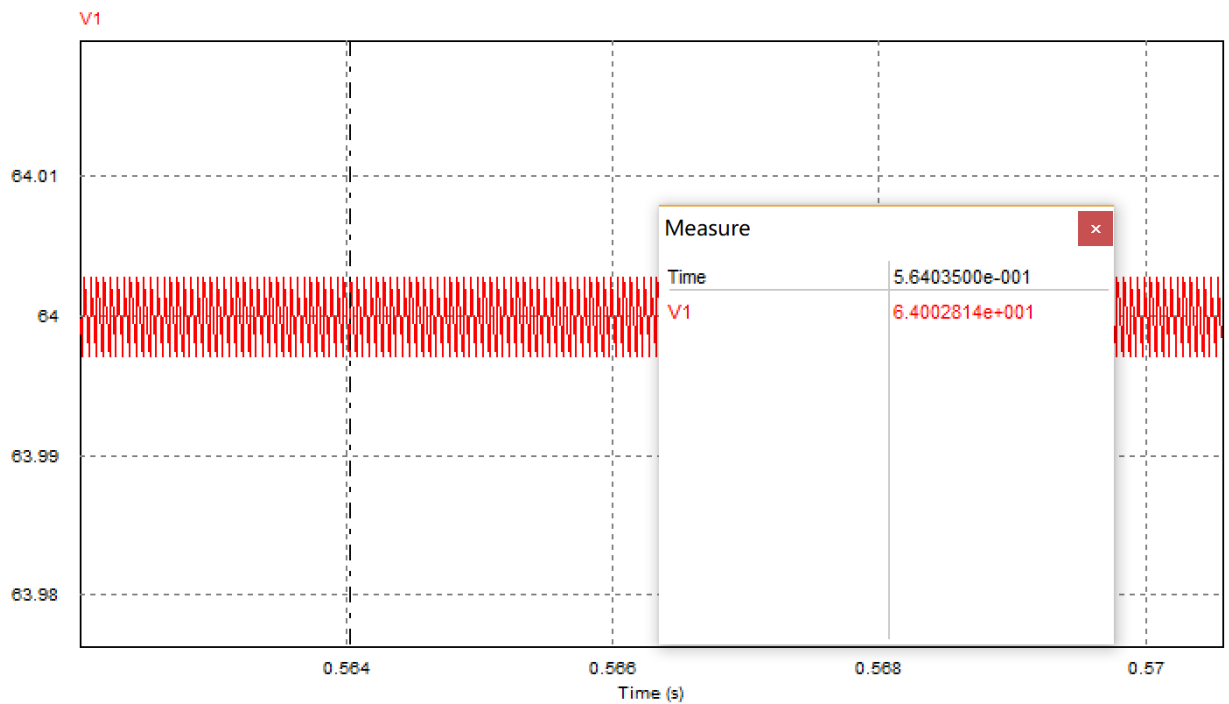


Рисунок 4.10 – Максимальное выходное напряжение  $U_o=64.0028$  В

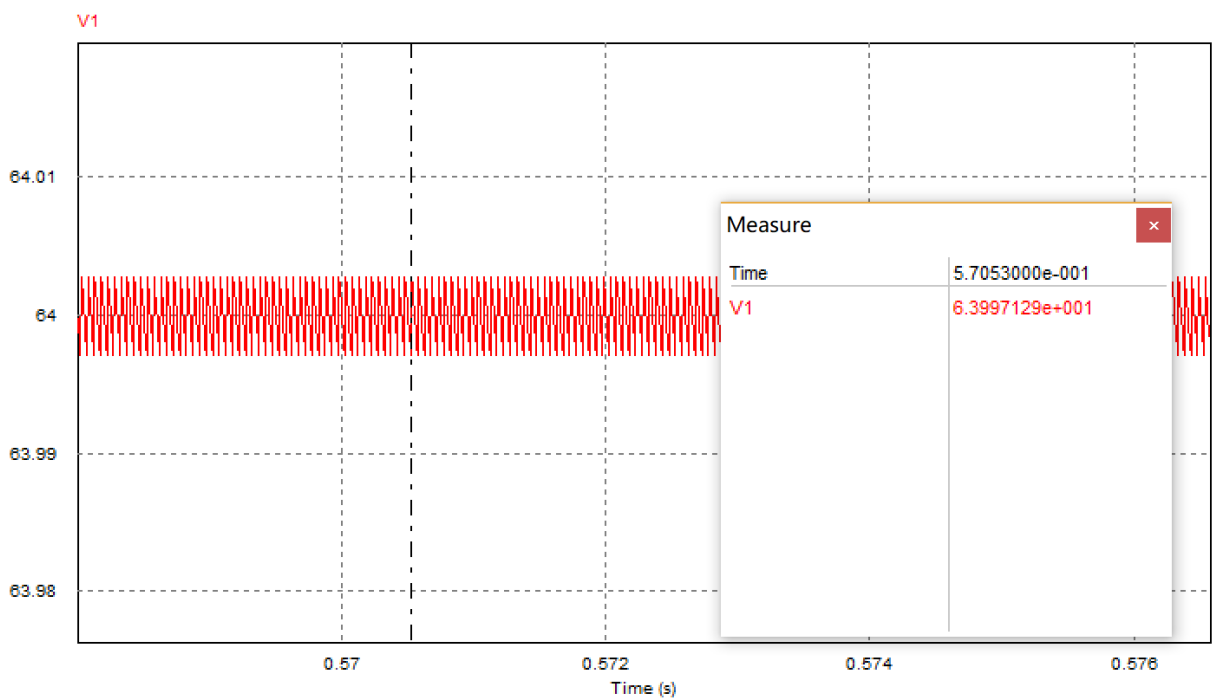


Рисунок 4.11 – Минимальное выходное напряжение  $U_o=63.9971$  В

Колебания напряжения:

$$\Delta U = U_{Omax} - U_{Omin} = 0.0057B. \quad (4.8)$$

Абсолютный коэффициент пульсации напряжения найдем, применяя формулу:

$$K_{abs} = \frac{\Delta U}{U_0} = 8.9 \cdot 10^{-5}. \quad (4.9)$$

После расчета делается вывод, что коэффициент пульсации выходного напряжения мал (удовлетворяет требованиям технического задания), выходное напряжение стабильно.

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Данная работа посвящена разработке преобразователя постоянного напряжения. В качестве входного напряжения используется солнечный элемент на 5В. После процесса повышения преобразователя постоянного тока будет получено выходное напряжение 64В. Инверторы 64В широко используются в промышленном производстве, поэтому 64В можно широко использовать в производстве в качестве выходного напряжения преобразователя постоянного тока.

#### 5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

		Вид электроника-ресурса			
		Электротехнический завод	Электронный медицинский магазин	Магазин бытовой техники	Научно-исследовательский институт
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке электроника-ресурса

Фирма А 
         
 Фирма В 
         
 Фирма С

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке услуг по разработке электроника-ресурсов не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Основная часть рынка состоит из четырех

частей: электротехнический завод, электронный медицинский магазин, магазин бытовой техники, научно-исследовательский институт. Компания намерена сосредоточиться на рынке бытовой техники.

### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для оценки сравнительной эффективности научной разработки и определения направления для ее будущего повышения проведем анализ технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четыре конкурентных товаров и разработок.

Конкурент 1 - ПН4-12-24.

Конкурент 2 - ПН1-50.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
3. Помехоустойчивость	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2

4. Энергоэкономичность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5. Надежность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
6. Уровень шума	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
7. Безопасность	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	5	4	5	0,2	0,16	0,2
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
10. Простота эксплуатации	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	3	5	0,2	0,12	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	2	5	0,35	0,14	0,35
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	5	4	0,3	0,24	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	5	4	0,25	0,2	0,25
3. Цена	0,05	4	4	5	0,2	0,25	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Срок выхода на рынок	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
8. Наличие сертификации разработки	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>91</b>	<b>76</b>	<b>89</b>	<b>4,45</b>	<b>3,76</b>	<b>4,45</b>

После анализа наш объект исследования имеет экономическое преимущество.

### 5.1.3. FAST-анализ

**Стадия 1.** Выбор объекта FAST-анализа.

Объекта FAST-анализа – преобразователь постоянного тока для возобновляемых источников энергии.

**Стадия 2.** Главной функцией объекта исследования является повышение напряжения постоянного тока. Основная функция – преобразование. Вспомогательная функция – защита цепи.

В таблице представлена классификация функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 5.2 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

	Количество	Выполняемая функция	Ранг функции
--	------------	---------------------	--------------

Наименование детали (узла, процесса)	деталей на узел		Главная	Основная	Вспомогательная
Трансформатор и транзистор	1	Увеличивает входное напряжение	X		
Выпрямители и фильтры	2	Преобразует входное напряжение в постоянное напряжение		X	
Цепь обратной связи	1	Автоматически регулирует напряжение в цепи, чтобы защитить безопасность цепи.			X

**Стадия 3.** Определение значимости выполняемых функций объектом. В таблице представлена матрица смежности.

Таблица 5.3 – Матрица смежности

	функции 1	функции 2	функции 3
функции 1	=	<	<
функции 2	>	=	>
функции 3	>	<	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

В таблице представлена матрица количественных соотношений функций.

Таблица 5.4 – Матрица количественных соотношений функций

	функции 1	функции 2	функции 3	ИТОГО
функции 1	1	0,5	0,5	2
функции 2	1,5	1	1,5	4
функции 3	1,5	0,5	1	3
Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»				$\Sigma=9$

Для функции 1 относительная значимость равна  $2/9 = 0,22$ ; для функции 2 –  $4/9 = 0,44$ ; для функции 3 –  $3/9 = 0,33$ .

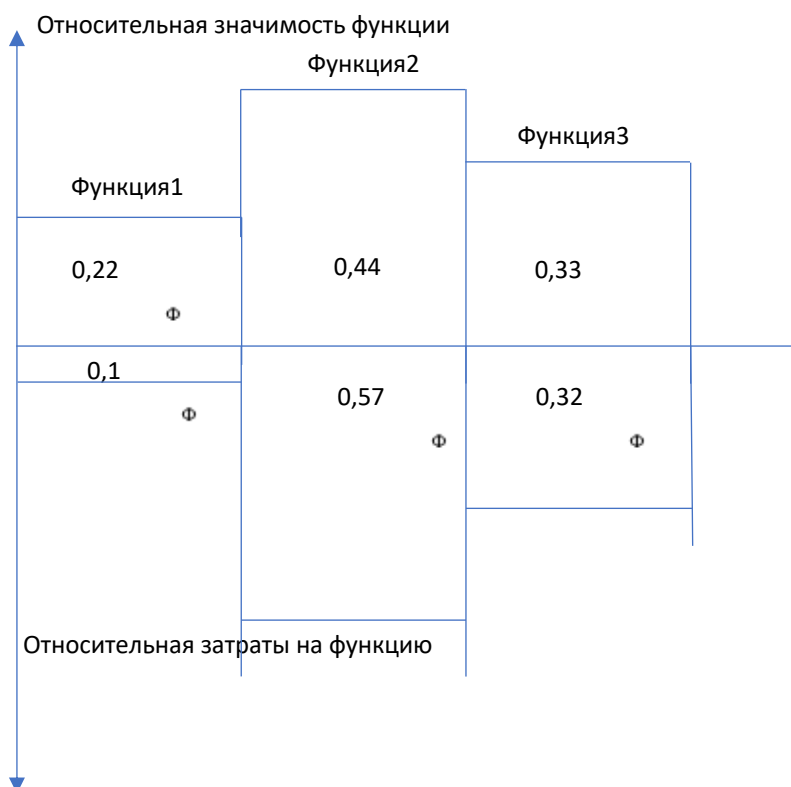


**Стадия 4.** Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Таблица 5.5 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Стоимость элементов, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Трансформатор и транзистор	1 0ю32	Увеличивает входное напряжение	584	80	664
Выпрямители и фильтры	2 0ю1	Преобразует входное напряжение в постоянное напряжение	2020	1500	3520
Цепь обратной связи	1 0ю57	Автоматически регулирует напряжение в цепи, чтобы защитить безопасность цепи	1856	112,8	1968,8

**Стадия 5.** Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.



Из графика делается вывод, что стоимость нашего проектирования пропорциональна функциональной важности, и решение не нуждается в дальнейшей оптимизации.

### 5.1.4. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 5.6– SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экологическая безопасность. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Ресурсоэкономичность. С4. Простота использования.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие сертификации Сл2. Отсутствие продвижения в рынке. Сл3. Финансирование Сл4. Послепродажного обслуживания нет.
<b>Возможности:</b> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Появление новых источников.	Разработка течепоискового комплекса, обладающего более высокими показателями качества, по сравнению с теми, что представлены на рынке (в частности, более высокая надежность и быстродействие) с целью получения готового продукта с конкурентными преимуществами с оптимальной себестоимостью, высоким качеством и инжиниринговой услугой.	1. Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2. Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 4. Сокращение поставок или смена поставщика
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Ложность в получении сертификации (большая стоимость)	1. Продвижение программы с целью создания спроса 2. Создание конкурентных преимуществ готового продукта 3. Сертификация и стандартизация продукта	1. Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 2. Создание инжиниринговой услуги с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 4. Сокращение поставок или смена поставщика 5. Продвижение программы с целью создания спроса 6. Создание конкурентных преимуществ готового продукта 7. Сертификация и стандартизация продукта

### 5.1.5. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки степени готовности научной разработки к коммерциализации заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени

проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 5.7 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	4
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	5	4
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	75	68

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сумс}} = 75, \quad (5.2)$$

$$B_{\text{суму}} = 68, \quad (5.3)$$

где  $B_{\text{сумс}}$  – суммарное количество баллов по степени проработанности научного проекта;

$B_{\text{суму}}$  – суммарное количество баллов по уровню имеющихся знаний у разработчика;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Видно, что создаваемая разработка перспективна.

## 5.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данной работе проектная организация состоит из двух человек: руководитель проекта и инженер. Планирование работ позволяет распределить обязанности между исполнителями проекта, рассчитать заработную плату сотрудников, а также гарантирует реализацию проекта в срок. Последовательность и содержание работ, а также распределение исполнителей приведены в таблице 4.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания на проектирование преобразователя постоянного напряжения	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель проекта
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер

	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель проекта
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель проекта
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	12	Выбор и расчет конструкции	Инженер
	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель проекта
	14	Имитация экспериментов с программным обеспечением	Инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	15	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Инженер
	16	Лабораторные испытания макета	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер
	18	Составление спецификации приборов, устройств, арматуры и других средств	Инженер

Проектирование тепловых сетей реализуется в семь этапов. Основные работы выполняются инженером проектной организации.

### 5.2.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.4)$$

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (5.5)$$

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

$t_{ожi}$  – 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 графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.6)$$

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 следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.7)$$

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.

Пример расчета для 1 этапа работ (составление и утверждение технического задания на проектирование преобразователя постоянного напряжения)

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4 \text{ чел} - \text{дней}, \quad (5.8)$$

$$T_{Pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{ч_i} = \frac{4}{1} = 4 \text{ дня}. \quad (5.9)$$

Для шестидневной рабочей недели (для руководителя) коэффициент календарности равен

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 51 - 15} \approx 1,22, \quad (5.10)$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 4 \cdot 1,22 = 4,88 \approx 5 \text{ дней}. \quad (5.11)$$

Для пятидневной рабочей недели (для инженера) коэффициент календарности равен

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 102 - 15} \approx 1,47, \quad (5.12)$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 7 \cdot 1,47 = 10,30 \approx 10 \text{ дней}. \quad (5.13)$$

Полученные результаты расчета занесены в таблицу 4.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения проекта тепловых сетей

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}i}$ , чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
1 Составление и утверждение технического задания на проектирование преобразователя постоянного напряжения	2		7		4		4		5	
2 Подбор и изучение материалов по теме		3		5		3,8		3,8		5
3 Проведение патентных исследований		3		6		4,2		4,2		6

4Выбор направления исследований	4		7		5,2		5,2		8	
5Календарное планирование работ по теме	4		7		5,2		5,2		8	
6Проведение теоретических расчетов и обоснований		5		10		7		7		10
7Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов		5		10		7		7		10
8Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями		2		5		3,2		3,2		5
9Оценка эффективности полученных результатов	3		5		3,8		3,8		5	
10Определение целесообразности проведения ОКР	3		5		3,8		3,8		5	
11Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		4		7		5,2		5,2		8
12Выбор и расчет конструкции		4		7		5,2		5,2		8
13Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	3		5		3,8		3,8		5	
14Имитация экспериментов с программным обеспечением		3		5		3,8		3,8		5
15Конструирование и изготовление макета (опытного образца)		7		14		9,8		9,8		14
16Лабораторные испытания макета		10		15		12		12		18
17Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		5		8		6,2		6,2		9
18Составление спецификации приборов, устройств, арматуры и других средств		5		8		6,2		6,2		9

На основе таблицы 5.10 строим календарный план-график (для максимального по длительности исполнения работ).



Таблица 5.10 – Календарный план-график проведения работ по проектированию тепловых сетей

№	Исполнители	$T_{ki}$ календ. Дней	Продолжительность выполнения работ																
			Февр.		Март.			Апре.			Май.			Июнь			Июль		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Руководитель	5	■																
2	Инженер	5	■																
3	Инженер	6		■															
4	Руководитель	8			■														
5	Руководитель	8				■													
6	Инженер	10					■												
7	Инженер	10						■											
8	Инженер	5							■										
9	Руководитель	5								■									
10	Руководитель	5									■								
11	Инженер	8										■							
12	Инженер	8											■						
13	Руководитель	5												■					
14	Инженер	5													■				
15	Инженер	14														■			
16	Инженер	18															■		
17	Инженер	9																■	
18	Инженер	9																	■

Руководитель  Инженер

На основе данных графика можно сделать вывод, что продолжительность работ по проектированию преобразователя постоянного напряжения займет 15 декад. Начало разработки проекта придется на вторую декаду февраля и закончится первой декадой июля.

Значение реальной продолжительности работ может быть как меньше (при благоприятных обстоятельствах) посчитанного значения, так и больше (при неблагоприятных обстоятельствах), так как трудоемкость носит вероятностный характер.

- Длительность выполнения проекта в календарных днях равна
- 36 день (длительность выполнения проекта руководителем);
- 107 дня (длительность выполнения проекта инженером).

#### 5.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета проекта необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат.

- материальные затраты проекта;
- основная заработная плата исполнителей проекта;
- дополнительная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- контрагентные расходы.

##### 5.2.4.1 Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности и т.п.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы З <sub>м</sub> , руб.
Краска для принтера	шт.	1	550	550
Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	пачка	2	190	380
Ручка шариковая	шт.	5	25	125
Карандаш чертежный	шт.	4	20	80
Всего за материалы	-	-	3478	3478
Итого, руб.				4613

В сумме материальные затраты составили 4613 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

##### 5.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей проекта

В статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и

действующей системы оплаты труда. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, включая премии, доплаты и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.14)$$

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

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

Основной месячный должностной оклад работника:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.15)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб.дн.;

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

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (5.16)$$

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 исполнителей проекта, раб.дн..

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.17)$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

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

### 5.2.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей проекта

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (5.18)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Оклады взяты в соответствии с занимаемыми должностями ТПУ. Базовые оклады доцента ТПУ и инженера составляют соответственно 37700 и 13900 руб.

Расчет заработной платы руководителя (шестидневная рабочая неделя)

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}} = 37700 \cdot 1,3 = 49010 \text{ руб.}, \quad (5.19)$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{49010 \cdot 10,4}{365 - 66 - 56} = 2097,5 \text{ руб.}, \quad (5.20)$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2097,5 \cdot 36 = 75511,7 \text{ руб.}, \quad (5.21)$$

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{дол}} = 75511,7 \cdot 0,135 = 10194 \text{ руб.}. \quad (5.22)$$

Расчет заработной платы инженера (пятидневная рабочая неделя)

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot k_{\text{р}} = 13900 \cdot 1,3 = 18070 \text{ руб.}, \quad (5.23)$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{18070 \cdot 11,2}{365 - 117 - 28} = 919,9 \text{ руб.}, \quad (5.24)$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 919,9 \cdot 107 = 98429,3 \text{ руб.}, \quad (5.25)$$

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{дол}} = 98429,3 \cdot 0,135 = 13288 \text{ руб.}. \quad (5.26)$$

Результаты расчета по заработной плате всех исполнителей проекта приведены в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель проекта	$Z_{тс'}$ руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м'}$ руб.	$Z_{дн'}$ руб.	$T_{р'}$ раб. дн.	$Z_{осн'}$ руб.	$k_{дол}$	$Z_{доп'}$ руб.	Итого, руб.
Руководитель	23300	0,3	0,2	1,3	45435	2097,5	36	75511,7	0,135	10194	85705,7
Инженер	1700				33150	919,9	107	98429,3		13288	111717,3

В результате данных расчетов посчитана основная заработная плата у исполнителей проекта. Из таблицы 10 видно, что ставка руководителя наибольшая, но итоговая основная заработная плата получилась наибольшей у инженера, так как основная заработная плата зависит от длительности работы проекта.

#### 5.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.27)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.
Руководитель	75511,7	10194
Инженер	98429,3	13287
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
<b>Итого</b>		
Руководитель	25711,7	
Инженер	33515,1	
Суммарно	59226,8	

### 5.2.4.5 Контрагентные расходы

В рамках настоящей работы исполнители темы прибегают к услугам только одного контрагента: Интернет-провайдера. Цена используемого тарифа равна 450 руб./мес. Поскольку услугами провайдера исполнители пользуются в течении 8-ми месяцев (почти всё время выполнения работ), то суммарная величина данного контрагентного расхода составит 3 600 руб.

### 5.2.4.6 Калькуляция плановой себестоимости

Таблица 5.14 – Эксплуатационные ежегодные издержки

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	4613
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	173941
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23482
Отчисления во внебюджетные фонды	59226,8
Затраты на научные и производственные командировки	0
Контрагентские расходы	3 600
Накладные расходы	0
Бюджет затрат НТИ	264862,8

### 5.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.28)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Исп.1 – преобразователь постоянного напряжения, который мы сделали. Преимущество преобразователь постоянного напряжения, которое мы сделали, заключается в том, что им очень удобно пользоваться и высокая надежность. Недостатком является то, что материалоемкость низкая.

Исп.2 – преобразователь постоянного напряжения постоянного тока YAOGONG-1502D+ (15 В, 2 А), который сделали другие компании.

Исп.2 – преобразователь постоянного напряжения постоянного тока YAOGONG-2502D+ (25 В, 2 А), который сделали другие компании.

Таблица 5.15 – Сравнительная оценка характеристик разрабатываемого проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности пользователя	0,1	4	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	2	4
3. Помехоустойчивость	0,2	4	3	3
4. Энергосбережение	0,15	4	5	5
5. Надежность	0,3	5	5	5
6. Материалоемкость	0,1	3	4	4
ИТОГО	1			

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{P-исп1} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 = 4,35$$

$$I_{P-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 3,95$$

$$I_{P-исп2} = 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,15$$

Из таблицы видно, что наибольшей сравнительной эффективностью обладает текущий проект. Это показывает, что разработанный нами преобразователь постоянного напряжения является очень эффективным.

**Общий вывод:** в ходе выполнения финансовой части, можно сказать, что основная часть потраченных средств будет направлена на выплату заработной

платы участникам научного проекта. Следует учесть, что данные цифры не включают в себя практическую реализацию проекта, только теоритическое проектирование. Но стоит заметить, что закупка нужных ультразвуковых элементов для практической реализации этого проекта составит по примерным подсчетам в районе 200000 – 300000 рублей.



## **6. Социальная ответственность**

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Разработка преобразователя постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии осуществлялось в лаборатории кафедры промышленной и медицинской электроники. В целях безопасности для работников, общества и окружающей среды, разработаем комплекс мероприятий технического и организационного характера, которые минимизируют негативные последствия проектируемой деятельности.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ [7] каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

## **6.2 Производственная безопасность**

### **6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов**

#### **Микроклимат**

К параметрам микроклимата [1] производственных помещений относят температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха. влияние.

Данные на значительные параметры оказывают на надежность работы средств профессиональную деятельность человека вычислительной техники. Поэтому выход значений этих параметров за установленные пределы считается недопустимым (табл. 6.1).

К мероприятиям оздоровлению климата основным в производственном помещении относят: отопление помещений и правильную организацию вентиляции, кондиционирование воздуха (естественным или механическим путём).

Требования по подаваемому наружному воздуху установлены следующие:

При объёме помещения до 20м на человека -не менее 30м в час на человека;

При объёме помещения более 40м на человека отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Таблица 6.1 – Оптимальные нормы микроклимата на рабочих местах производственных помещений [2]

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	17 - 19	16 - 20	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Темный	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Для поддержания указанных санитарных норм достаточно иметь: .

1. естественную неорганизованную вентиляцию помещения и местный кондиционер;

2. установки полного кондиционирования воздуха, обеспечивающие постоянство температуры, относительную влажность, скорость движения и чистоту воздуха;

3. систему центрального отопления для обеспечения заданного уровня температуры в зимний период согласно [4]).

4. водяного отопления в аудитории в зимний период для систему поддержания необходимой температуры, которая отличается надежностью в эксплуатации и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

При выполнении работ по установке устройств систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо соблюдать требования пожарной безопасности в помещении исследовательской лаборатории.

### **Электромагнитное излучение.**

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 6.2 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах [3]

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
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

Правильно обоснованный предельно допустимый уровень (ПДУ) позволяет не только сохранить здоровье, но и обеспечить достаточную работоспособность, избежать ненужных психологических травм. Особое значение имеет безопасность жизнедеятельности профессионалов, работающих с СВЧ излучением. В этой связи в России предусмотрены следующие, обоснованные с точки зрения медицины, ПДУ непрерывного СВЧ облучения:

- до 8 часов в сутки  $10 \text{ мкВт/см}^2$ ;
- до 2 часов в сутки  $100 \text{ мкВт/см}^2$ ;
- до 20 минут в сутки  $1000 \text{ мкВт/см}^2$ .
- для населения в сутки  $1 \text{ мкВт/см}^2$ .

Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, что выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

Переносные экраны, также используемые при работах по обслуживанию электроустановок, бывают в виде съёмных козырьков, навесов, перегородок, палаток, щитов.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами применяются индивидуальные экранирующие комплекты. В состав комплекта входят: спецодежда, спецобувь, средства защиты головы, а также рук и лица. Составные элементы комплектов объединяются в единую электрическую цепь и через обувь или с помощью специального проводника со струбциной обеспечивают качественное заземление. В качестве средств индивидуальной защиты от воздействия электромагнитного поля рекомендуется специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, и защитные очки (Au, SnO<sub>2</sub>).

#### **Общее производственное электромагнитное излучение от ламп**

Освещение – это поверхностная плотность светового потока. Рациональное освещение рабочего места является одним из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда. неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того может явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

Для исследуемого лабораторного помещения необходимо провести а счёт системы общего равномерного освещения. Основные параметры данного помещения представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Основные параметры лабораторного помещения

Параметры	Значения
Длина А, м	15

Ширина В, м	10
Высота Н, м	4,5
Высота рабочей поверхности h, м	1
Коэффициент отражения бетонных стен с окнами $\rho_c$ , %	50
Коэффициент отражения свежепобелённого потолка $\rho_n$ , %	70

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 15 \cdot 10 = 150 \text{ м}^2. \quad (6.1)$$

Допустимые значения наименьшей освещенности рабочего места для данного лабораторного помещения приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении [4]

Характеристика зрительно й работы	Наименьший размер объект а, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещённость E, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
Малая точность (5 разряд зрительной работы)	1,0-5,0	a	малый	тёмный	300	200

В качестве источника света выбираем газоразрядную люминесцентную лампу дневной цветности ЛД-84, световой поток  $\Phi_{\sim}$  которой равен 4250 Лм. Т.к. данное лабораторное помещение обладает умеренной влажностью и запылением, а так же хорошим отражением потолка и стен, то в качестве светильника выбираем открытые двухламповые типа ОД-2-80.

Представлены основные характеристики данного светильника.

Таблица 6.5 – Основные характеристики открытых двухламповых светильников типа ОД-2-8Q

Количество и мощность лампы	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	КПД, %	Наименьшая допустимая высота подвеса над полом $h_{п}$ , м
2x80	1531	266	198	75	3,5

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_з = 1,5$ . Коэффициент неравномерности люминесцентных ламп  $Z=1,1$ . Принимаем  $\lambda=1,4$ . Высоту светильников  $h_c$  (свес) принимаем равной 0,5 м.

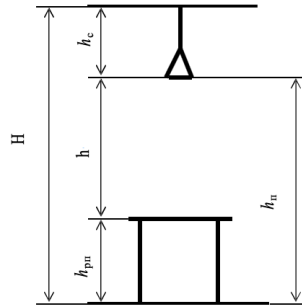


Рисунок 6.1 – Основные расчетные параметры

Расчет количества света по ресуноки 5.2

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_{pn} - h_c = 4,5 - 1 - 0,5 = 3 \text{ м.} \quad (6.2)$$

Расстояние между соседними рядами:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 3 = 4,2 \text{ м.} \quad (6.3)$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{4,2}{3} = 1,4 \text{ м.} \quad (6.4)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{10}{4,2} \approx 3. \quad (6.5)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{15}{4,2} = 3,57 \approx 4. \quad (6.6)$$

Общее число светильников:

$$N = 2 \cdot Nb \cdot Na = 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24. \quad (6.7)$$

Найти боковое расстояние между огнями:

$$15000 = 3 \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 4 \cdot 1531, \quad (6.8)$$

$$L_1 = 2420, \quad (6.9)$$

$$\frac{1}{3} \cdot L_1 = 807. \quad (6.10)$$

Найти продольное расстояние между огнями:

$$10000 = 3 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 266, \quad (6.11)$$

$$L_2 = 3450, \quad (6.12)$$

$$\frac{1}{3} \cdot L_2 = 1150. \quad (6.13)$$

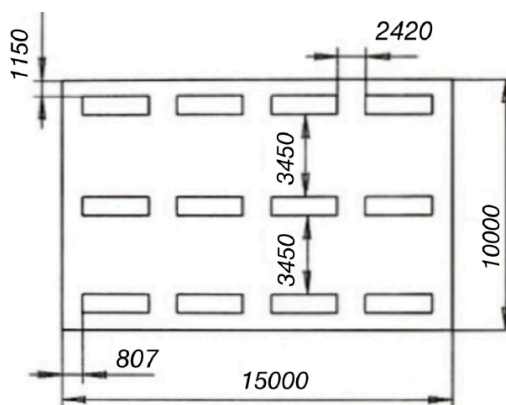


Рисунок 6.2 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{15 \cdot 10}{3 \cdot (15+10)} = \frac{150}{75} = 2. \quad (6.14)$$

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,6. \quad (6.15)$$

Световой поток группы люминесцентных ламп:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 150 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,6} = 3437,5 \text{ лм.} \quad (6.16)$$

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лб}} - \Phi}{\Phi_{\text{лб}}} \cdot 100\% \leq 20\%, \quad (6.17)$$

$$\frac{4250 - 3437,5}{4250} \cdot 100\% = 19,2\% \leq 20\%. \quad (6.18)$$



Вывод: Необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона.

### **Шум на рабочем месте от компьютера**

Сильный продолжительный шум оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы, может привести к понижению слуха, а так же приводит к снижению работоспособности и производительности труда.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) звука – 89 дБА. [5] В лаборатории шумы, превышающие уровень 60 дБА. [6]

Шум на нашем рабочем месте в основном от кулеров компьютеров. Чтобы уменьшить шум, мы можем заменить более мощные кулеры. Здание находится вдали от центральных улиц, автомобильных и железных дорог и аэропортов. Чтобы предотвратить риск шума, мы можем использовать затычки для ушей во время эксперимента.

## **6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой**

### **Электробезопасность**

В нашей лаборатории отсутствуют следующие параметры: Высокая температура  $> 35^{\circ}\text{C}$ , отсутствует электро-проводящая пыль. Нет возможности одновременного прикосновения к электрическому оборудованию и за землю. Оборудование работает от  $U < 1000\text{В}$ . Поэтому лаборатория 245, 16-го корпуса относится к 1-му классу электробезопасности (помещение с повышенной опасностью).

СКЗ: [7]

- защитное заземление электроустановок;
- зануление электроустановок;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение электроустановок;
- изоляция токоведущих частей;

- оградительные устройства;
- предупредительные сигналы и блокировка;
- знаки безопасности.

СИЗ:

- инструменты с электроизолированными ручками;
- диэлектрические перчатки, боты, калоши, коврики;
- сухие лестницы, электронный монтажные пояса.

### **6.3 Экологическая безопасность**

Мы использовали люминесцентные лампы в лаборатории. Все люминесцентные лампы содержат ртуть (в дозах от 1 до 70 мг), ядовитое вещество 1-го класса опасности. Эта доза может причинить вред здоровью, если лампа разбилась, и если постоянно подвергаться пагубному воздействию паров ртути, то они будут накапливаться в организме человека, нанося вред здоровью.

Правила ликвидации аварийных ситуаций при обращении с ртутьсодержащими отходами:

В случае сбоя ртутьсодержащей лампы (ламп) физическим лицом в бытовых условиях, либо в случае сложного ртутного загрязнения в организации, загрязненное помещение должно быть людьми покинуто и, одновременно, должен быть организован вызов соответствующих подразделений (специализированных организаций) через Министерство Российской Федерации по делам гражданской Оборона, чрезвычайная ситуация и последствия последствий стихийных бедствий.

После эвакуации людей должны быть приняты достаточные меры к исключению доступа на загрязненный участок посторонних лиц, а также возможные меры по локализации границ распространения ртути и её паров. В случае единичного разрушения ртутьсодержащих ламп в организации устранение ртутного загрязнения может быть выполнено персоналом самостоятельно с помощью созданного для этих целей демеркуризационного комплекта (состав демеркуризационного комплекта утверждается

Правительством Российской Федерации по представлению Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий совместно с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека).

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации

обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

Стадия утилизации, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1.Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.

2.Можно обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники.

## **6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

### **Анализ возможных ЧС**

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В лаборатории ИОА СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

### **Наиболее вероятная ЧС: Пожарная безопасность**

Источником пожарной опасности может стать паяльная станция, используемая для пайки электронных компонентов вихретокового толщинамера. В лаборатории . 241а, 1 8-го корпуса имеется деревянная мебель и электрооборудование, поэтому данное помещение имеет пожароопасность категории Д. К данной категории относятся производства связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудно

горючих веществ, способных при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых этих вещества находятся, не относятся к категориям или Б.

К первичным средствам пожаротушения относятся: огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

Для тушения пожара в рассматриваемой лаборатории следует использовать следующие виды огнетушителей:

- углекислотные (ОУ-1, ОУ-2, ОУ-3 или оУ-4, ОУ-5, ОУ-6), предназначенные для тушения загораний различных горючих материалов и горючих жидкостей, а также электроустановок находящихся под напряжением до 10000В (только после отключения питания электроустановок);

- хладоновые (ОАХ, ОХ-3, СОТ-5М), предназначенные для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, твердых веществ, электроустановок под напряжением и различных материалов, кроме елочных металлов и кислородсодержащих веществ;

- порошковые (П-2АП, Феникс АВГ7, ПФ, ПСБ-3), предназначенные для тушения электрооборудования под напряжением не выше 1000 В.

Для обеспечения безопасности при пожаре должна включаться предупредительная сигнализация. При автоматической пожарной сигнализации используются датчики, реагирующие на появление открытого огня, дыма и повышение температуры.

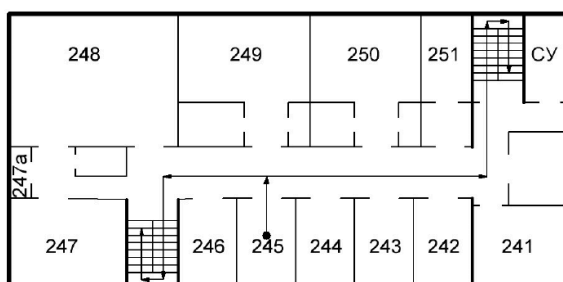


Рисунок 6.3 – План эвакуации при пожаре из лаборатории 245

## **6.5 Вывод по разделу**

В ходе данной работы разработка и исследование преобразователя постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии. Работа выполнялась в лаборатории. Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

## **Заключение**

В ходе выполненной выпускной квалификационной работы был разработан преобразователь постоянного напряжения для возобновляемых источников энергии. В процессе разработки преобразователя постоянного напряжения удалось преобразовать постоянное напряжение 5 В в 64 В. Результаты работы подтверждены моделированием в среде схемотехнического моделирования NI Multisim и PSIM. Проведенные эксперименты подтвердили работоспособность схемотехнических решений.

В ходе работы также рассмотрены вопросы «Социальной ответственности», в которой рассмотрены вопросы безопасной эксплуатации источника питания и других вопросов безопасности жизнедеятельности.

Также, в ходе работы выполнен раздел «Финансовый менеджмент», в котором рассмотрены финансовые аспекты разработки преобразователя постоянного напряжения, оценена экономическая эффективность данного проекта.

В итоге, можно декларировать то, что поставленные цели выполнены, а задачи достигнуты.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Деян Ш. Преобразователи высокой мощности для возобновляемых источников энергии / Ш. Деян, К. Андрей // Энергетика. –2010. –№.5 –90–94с.
2. Water management and electricity output of a Hybrid Renewable Energy System (HRES) in Fournoi Island in Aegean Sea. Renewable Energy / M. Bertsiou, E. Feloni, D. Karpouzos, E. Baltas// Renewable Energy. –2018. –Vol.18. – P.790–798.
3. CVaR risk-based optimization framework for renewable energy management in distribution systems with DGs and EVs./ J. Wu, Z. Wu, F. Wu, H. Tang, X. Mao// Energy. –2018. –Vol.4. –P.323–336.
4. Nag A. K. Modeling of hybrid energy system for futuristic energy demand of an Indian rural area and their optimal and sensitivity analysis. Renewable Energy / A. K. Nag, S. Sarkar// Renewable energy. –2018. –Vol.8. –P.47–48.
5. Water management and electricity output of a Hybrid Renewable Energy System (HRES) in Fournoi Island in Aegean Sea. Renewable Energy / M. Bertsiou, E. Feloni, D. Karpouzos, E. Baltas// Renewable Energy. –2018. –Vol.18. – P.790–798.
6. Dimitrovska T. Indirect Power-System Contingency Screening for Real-Time Applications Based on PCA. / T. Dimitrovska, U. Rudez, R. Mihalic// IEEE Transactions on Power Systems. 2018. –Vol.1 –P.1080–1081.
7. Roos A. Value of demand flexibility on spot and reserve electricity markets in future power system with increased shares of variable renewable energy / A. Roos, T. F. Bolkesjø//Energy. –2018. –Vol.7 –P207–217.
8. A power balancing method of distributed generation and electric vehicle charging for minimizing operation cost of distribution systems with uncertainties. Energy Science & Engineering / J. Wu, Z. Wu, F. Wu, H. Tang, X. Mao// Energy. –2017. –Vol.8 –P167–179.
9. Kumari R. Adaptive PI Control of STATCOM for Stability Improvement of Power System. In Advances in Power Systems and Energ Management / R. Kumari, C. Roy// Advances in Power Systems and Energy Management. –2018. –Vol.2 –P465–476.

10. Nemati H. Coordinated generation and transmission expansion planning for a power system under physical deliberate attacks / H. Nemati, M.A. Latify, G.R. Yousefi // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. –2018. –Vol.12, – P208–221.
11. Kumar R. Investigations on shunt active power filter in a PV-wind-FC based hybrid renewable energy system to improve power quality using hardware-in-the-loop testing platform / R. Kumar, O.B. Hari// Electric Power Systems Research –2019. –Vol.8. –P105–107.
12. A new ZVS bidirectional DC–DC converter for fuel cell and battery application. / F. Peng, H. Li, G.J. Su, J.S. Lawler// IEEE Transactions on Power Electronics – 2004. –Vol.3. –P33–36.
13. Nguyen T.V. The Solutions of DC-DC Converters for Renewable Energy System/ T.V. Nguyen, T.V. Vo. –N-Y, 2018. –P.20–23
14. Hammons T.J. Multilevel Converters in Renewable Energy Systems/ T.J. Hammons//Renewable energy –2009 –Vol.1. –P271–296.
15. PWM-Switch Modeling of DC-DC Converters / V.D. Edwin, J.N. Herman, D.M. Spruijt, J.B. Klaassens// Energy –1995. –Vol13. –P659–665.
16. Kocewiak L. Bifurcations and Chaos in a DC-DC Buck Converter / L. Kocewiak // Elektronika –2008. –Vol.10, –P.105–110.
17. Soukhoterina E.A. Border-collision bifurcations and chaotic oscillations in a piecewise-smooth dynamical system / Zh.T. Zhusubaliyeva, E.A. Soukhoterina, E. Mosekilde// International Journal of Bifurcation and Chaos –2001. – Vol. 11, – P.2977–3001.
18. Двухфазный повышающий преобразователь с мягкой коммутацией транзисторов и особенности его динамических свойств / Р.К. Диксон, Ю.Н. Дементьев, Г.Я. Михальченко, С.Г. Михальченко, С.М. Семенов//Техника и технологии в энергетике –2014 –Том324 № 4. –94–102с.
19. Watson R. Utilization of an active-clamp circuit to achieve soft switching in flyback converters / R. Watson, F.C. Lee, G.C. Hua// IEEE Trans. Power Electron. – 1996. – Vol.11, – P.162–169.

20. Mohammed A. Analysis and implementation of high-gain non-isolated DC–DC boost converter/ A. Mohammed, M. Muhammad , M. Armstrong// Special Section: Selected papers from the 8th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives , 2016. –Vol.11, –P.214–230.
21. Zhao Q. High-efficiency, high step-up dc–dc converters / Q.Zhao, F.C. Lee // IEEE Transactions on Power Electronics –2003. –Vol.18, P.65–73.
22. A cascaded high step-up dc–dc converter with single switch formicrosource applications / S.M. Chen, T.J. Liang, L.S. Yang, J. F. Chen // IEEE Transactions on Power Electronics – 2011. –Vol.26, P.1146–1153.

## Приложение А

### 1. Обзор литературы

### 2. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения

### 3. Принципиальная схема преобразователя постоянного напряжения

### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ02	Цзоу Юйчжу		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Огородников Д.Н.	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сидоренко Т. В.	к.п.н.		

## 1. Literature review

### 1.1 Two-Phase Boost Converter

The possibility of failure can be reduced by using soft switching transistors in resonant and quasi-resonant converter structures [15].

The internal energy storage of the resonant circuit increases, the release of this energy in abnormal operation is accompanied by a sudden failure, and the static losses in the device increase due to the flow of reactive energy. To date, in phase-shifted single-phase voltage inverters, the circuit design solution for implementing soft switching is probably the best method. [16,17].

When using a resonant circuit, we must consider two aspects: first, it limits the range of current and voltage regulation; and, secondly, it increases the requirements for radio interference filters.

A possible way to implement soft switching in a multi-phase boost converter with inductive components (chokes) is shown.

The following assumptions were made to construct the functional diagram of the two-phase boost converter:

- 1) an ideal constant voltage source  $E_0$ ;
- 2) the elements  $R, L, C$  are linear;
- 3) capacitors  $C_1, C_2$ , taking into account the parasitic capacitance of transistors;
- 4) ideal corrective devices  $\alpha_1, \alpha_2$ ;
- 5) switching time - zero;

On fig. 1.1 shows the functional diagram of the two-phase boost converter [18].

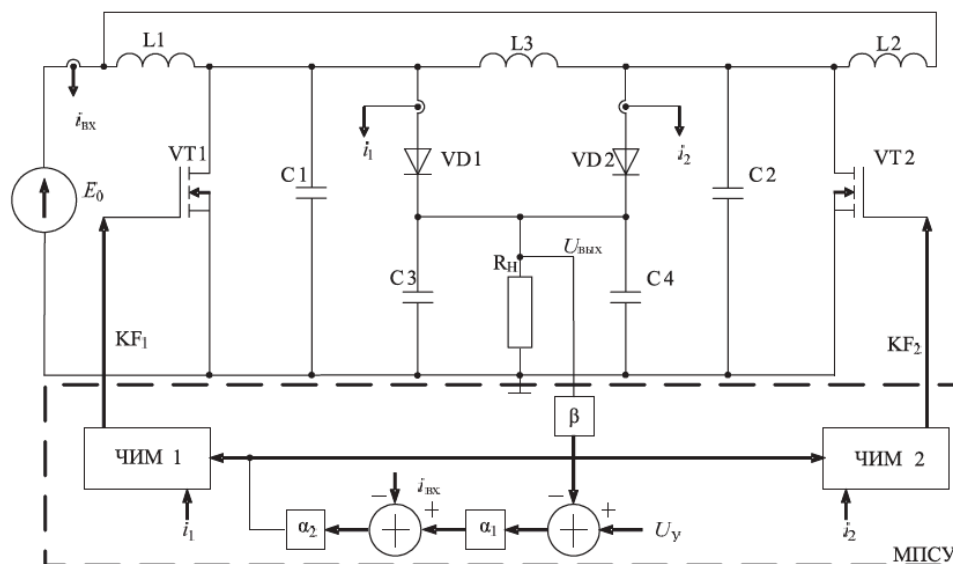


Figure 1.1 – Schematic diagram of the two-phase boost converter

The control circuit consists of a two-phase two-phase circuit, which includes two correction devices with gain factors, two comparison elements, a reference signal source, and two pulse-frequency modulators. Current sensors  $i_{in}$ ,  $i_1$ ,  $i_2$ , voltage  $U_{out}$  and microprocessor control circuit provide negative feedback.

Advantages of the circuit: increased reliability and energy efficiency by reducing dynamic switching losses.

## 1.2 Switched Capacitor Boost Converters TPS60310

The TPS6031X boost regulated charge pump can produce an output voltage of  $3\text{ V} \pm 4\%$  or  $3.3\text{ V} \pm 4\%$  from a  $1.8\text{ V}$  input voltage (one Alkaline, NiMH or NiMH battery) in the  $0.9\text{ V}$  to  $0.9\text{ V}$  range.

Only five small  $1\text{ }\mu\text{F}$  ceramic capacitors are required to build a complete high-efficiency DC/DC charge pump converter. To achieve high efficiency over a wide input voltage range, the charge pump automatically selects between 3x or 4x conversion modes.

Output 1 can source up to  $40\text{ mA}$  from a  $1\text{ V}$  input, and Output 2 is not loaded. Output 2 can source up to  $20\text{ mA}$  from the  $1\text{ V}$  input, Output 1 is not loaded. Both outputs can be loaded simultaneously, but the total output current of the first doubler must not exceed  $40\text{ mA}$ . For example, Output 1 has a load of  $20\text{ mA}$  and Output 2 has a load of  $10\text{ mA}$ .

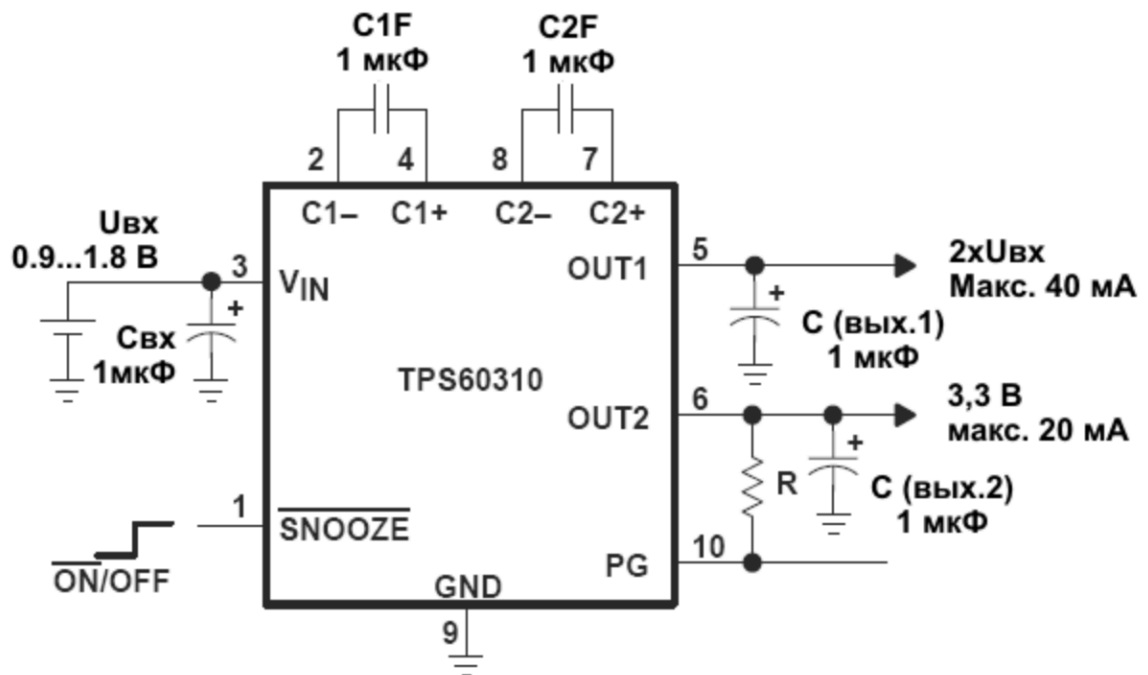


Figure 1.2 – Scheme TPS60310

The biggest advantage of this converter: high power conversion efficiency (up to 90%) over a wide output current range, optimized for a battery voltage of  $1.2\text{ V}$ .

## **2. Structural diagram of the DC voltage converter**

In the design of DC boost circuit, the boost circuit has a simple structure. It can convert the non regulated DC input voltage into regulated DC output voltage, and is widely used in DC regulated switching power supply and DC motor drive.

The boost circuit has only one switching transistor. The traditional regulated power supply has the characteristics of high power consumption and large volume. However, the boost scheme does not have these shortcomings. Boost has the advantages of small volume, simple structure, high conversion efficiency, bridgeless circuit and so on.

In industrial manufacturing, DC / DC converters are usually used to provide input voltage for inverters. For DC / DC converters used in renewable energy systems, the input voltage is usually provided by renewable energy equipment such as wind turbines and solar panels.

This chapter will focus on the development of DC / DC converters for renewable energy systems. Its input voltage will be provided by the solar panel, and the output voltage will be used for the inverter.

The input voltage is 5V solar cell. After the DC converter is boosted, the output voltage is 64V. 64V DC / DC converter can be widely used in industrial production.

Considering the power consumption, open-loop control is adopted. This control method is suitable for circuits with small input and output voltage fluctuation, so it can be used in this design to greatly reduce power consumption. A protection circuit is added to the circuit to ensure the safety of the circuit. The main body of the circuit is composed of a boost circuit.



Since the purpose of our development is DC voltage converter, there is no need to convert AC voltage to DC. The block diagram of DC / DC converter is slightly different from that of traditional switching power supply. The block diagram of DC voltage converter is shown in Figure 2.1.

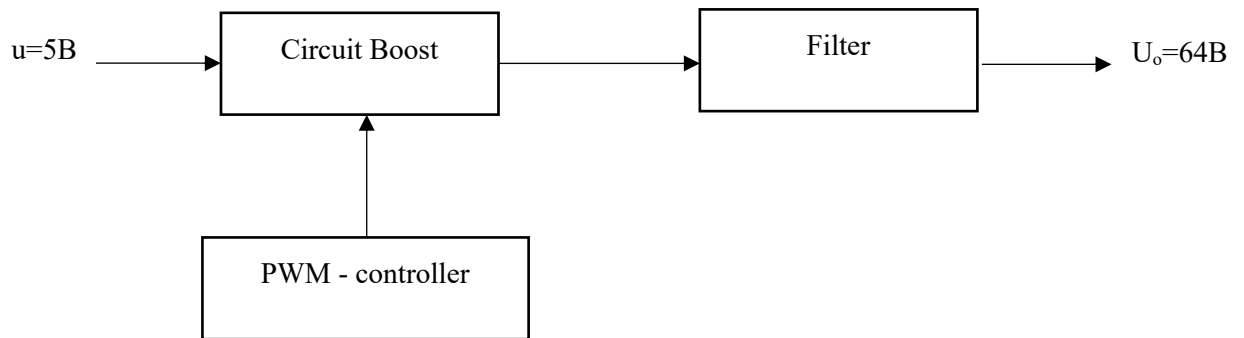


Figure 2.1 – Structural diagram of the DC voltage converter

### 3. Schematic diagram of the DC voltage converter

Figure 3.1 shows a schematic of a high performance boost converter in the Multisim environment.

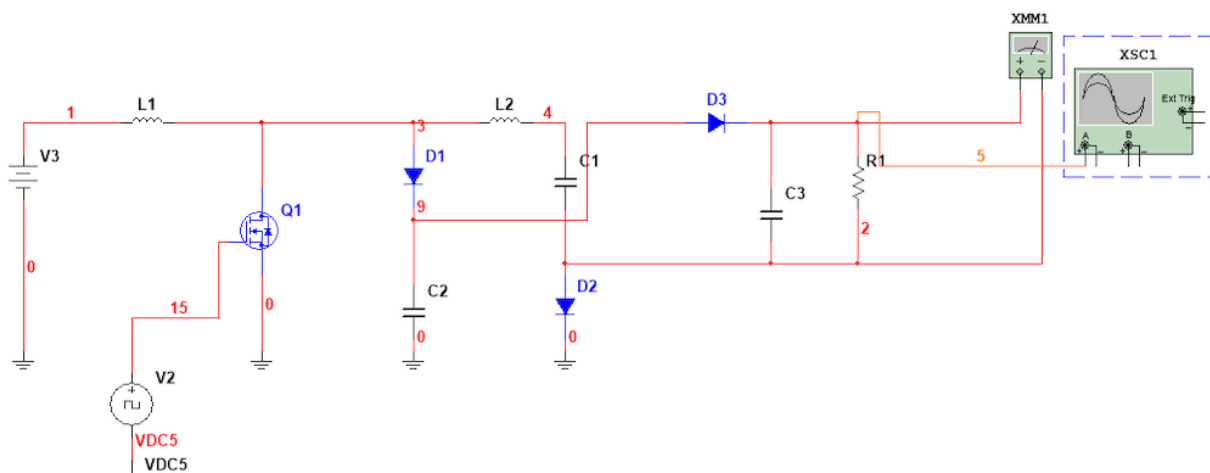


Figure 3.1 – Diagram of a high-performance boost converter using Multisim  
The following equation is established:

$$V_0 = V_{cm} + V_{Cc} + NV_{in} \quad (3.1)$$

$$V_{Cc} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (3.2)$$

$$V_{cm} = N(V_{Cc} - V_{in}) + V_{Cc} \quad (3.3)$$

The gain can be obtained from the following equation:

$$M_{ideal} = \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{N+2}{1-D} \quad (3.4)$$

Assuming the output voltage is 64V, the input voltage is 5V, that is:

$$M_{ideal} = \frac{64}{5} = 12,8 \quad (3.5)$$

For the value of D, first take 0.6 for experiments,

$$\frac{L_b}{L_a} = \frac{n_1}{n_2} = 27 \quad (3.6)$$

Set in the diagram  $L_a = 1\text{mH}$ , тогда  $L_b = 27\text{mH}$ .

Figure 3.2 shows the output voltage diagram at  $D=0.5$ . Figure 3.3 shows the output voltage diagram at  $D=0.95$ .

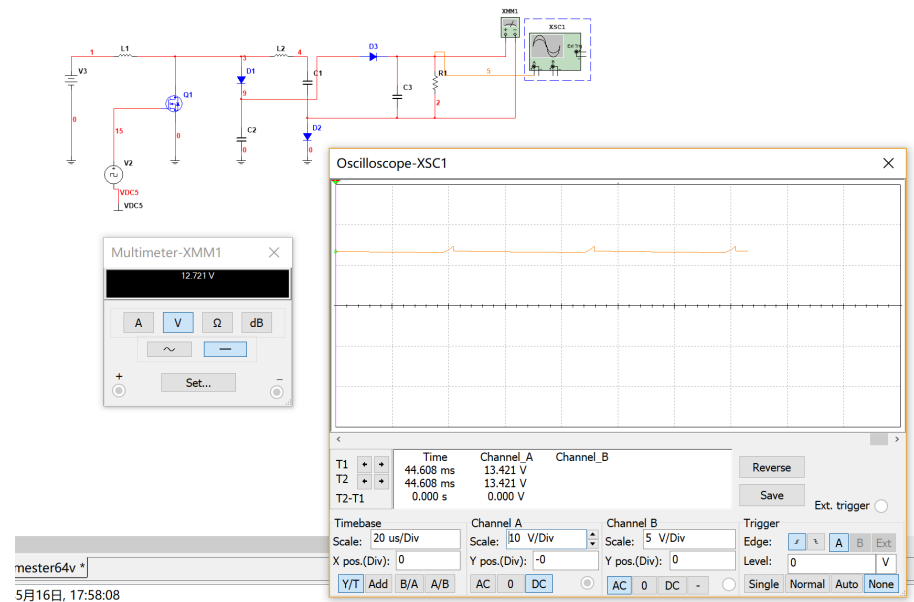


Figure 3.2 – Image of the input voltage on the oscilloscope at  $D=0.5$

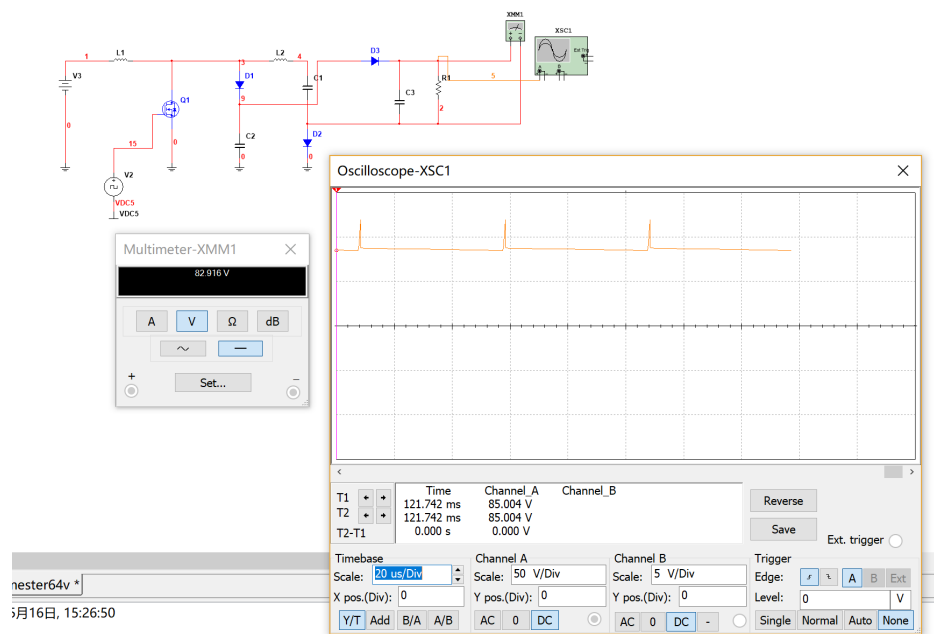


Figure 3.3 – The image of the input voltage on the oscilloscope at  $D = 0.95$

The output voltage is mainly related to the duty cycle. The output voltage of the circuit at  $D = 0.95$  is about 82 V. After the experiments, we tried to get the maximum gain. When  $D$  is 0.95, the maximum gain is reached.

As we can see from figure 3.3, the circuit raises the voltage, but the ripple curve has jumps, the output voltage is not stable enough.

After studying the optimal characteristics of this circuit, in order to achieve the design goal of the DC/DC converter, the input voltage was changed to 5V - supplied

from the solar panel. After debugging the circuit, it was concluded that at  $d = 0.86$  the output voltage is 64V.

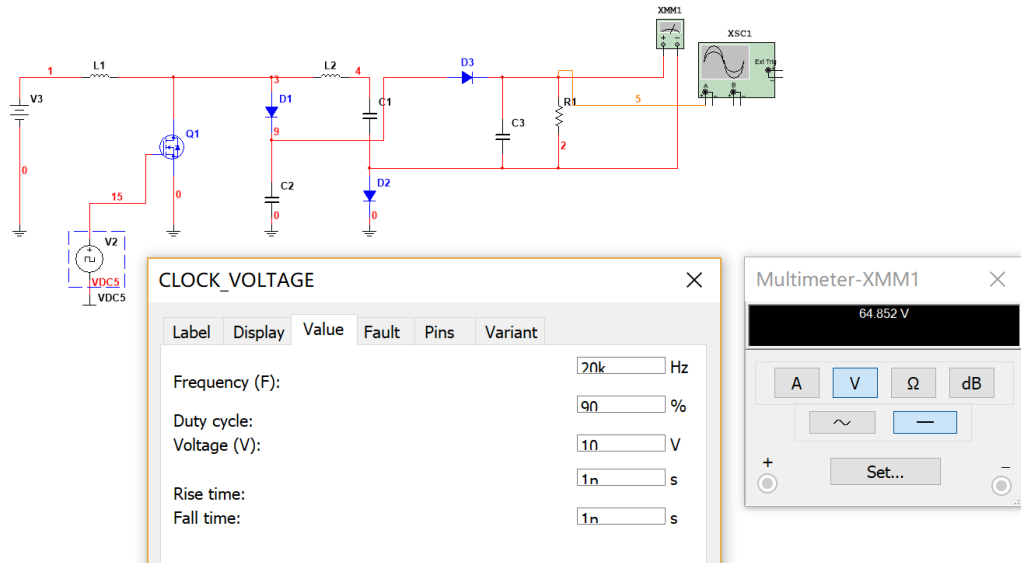


Figure 3.4 – Output voltage at  $D=0.9$

To improve the stability of the output voltage, a feedback function has been added to the circuit. Figure 3.5 and Figure 3.6 show the simulation of the feedback function in the PSIM environment.

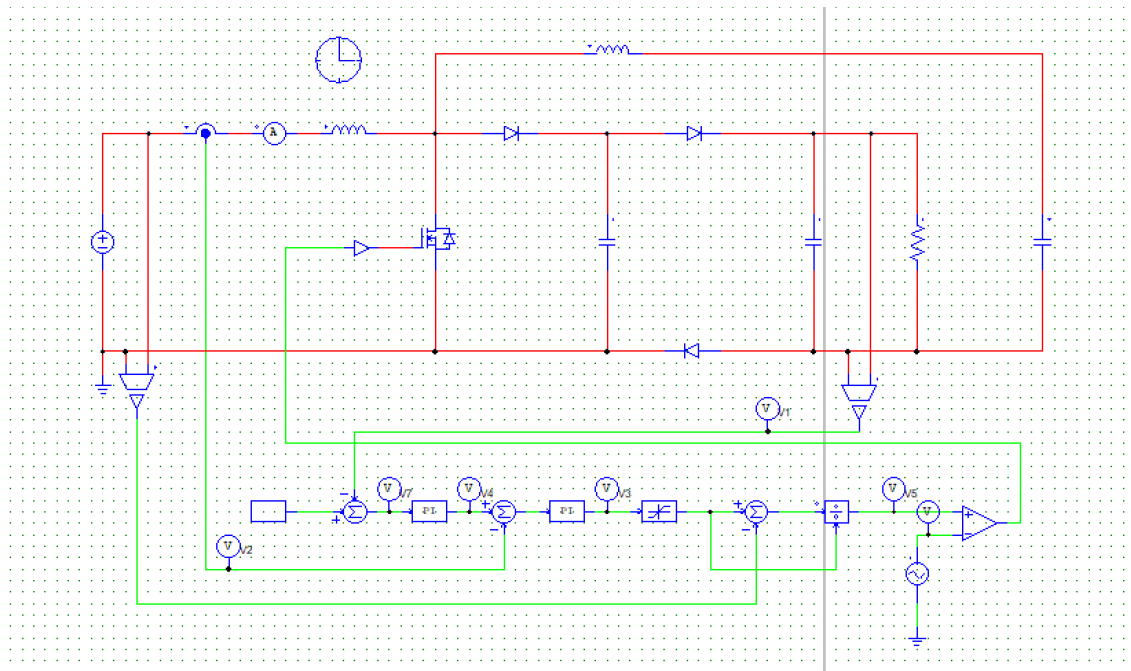


Figure 3.5 – DC voltage converter with feedback

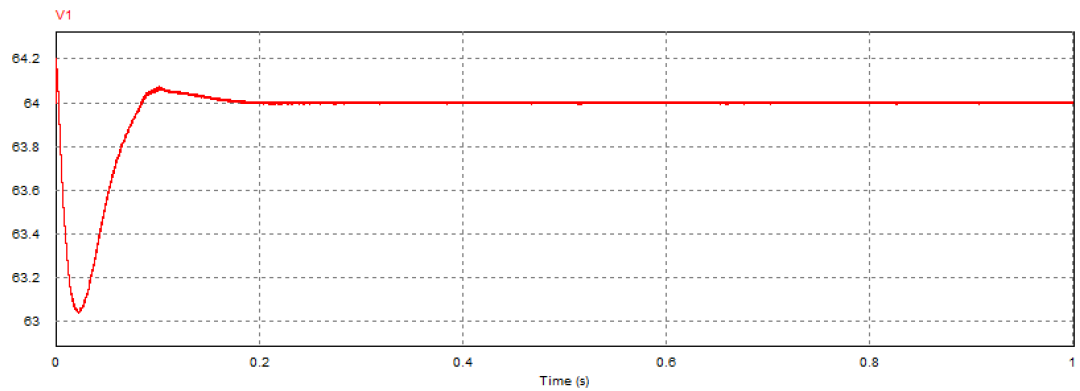


Figure 3.6 – Output voltage with feedback

Based on the simulation results, we can conclude that the output voltage has practically no fluctuations from  $T=0.2$  s, the feedback function significantly improves the stability of the output voltage.

#### 4. Financial management, resource efficiency and resource saving

##### 4.1 Assessment of the commercial potential and the prospects for conducting scientific research from the standpoint of resource efficiency and resource saving

This work is devoted to the design of a DC voltage converter. The input voltage is a 5V solar cell. After the boost process of the DC converter, the output voltage will be 64V. 64V inverters are widely used in industrial production, so 64V can be widely used in production as the output voltage of DC/DC converter.

##### 4.1.1. Potential consumers of the research results

To analyze the consumers of the research results, it is necessary to consider the target market and segment it.

		Type of electronic resource			
		Electrotechnical factory	Electronic medical store	Household appliances store	Research Institute
Company size	Large				
	Medium				



Figure 4.1 – Segmentation map of the market for services for the development of an electronic resource

Firm A  Firm B  Firm C 

This example segmentation map shows which niches in the electronics resource development services market are not occupied by competitors or where the level of competition is low. The main part of the market consists of four parts: electrical factory, electronic medical store, home appliance store, research institute. The company intends to focus on the household appliances market.

#### 4.1.2. Analysis of competitive technical solutions from the standpoint of resource efficiency and resource saving

To assess the comparative effectiveness of scientific development and determine the direction for its future increase, we will analyze technical solutions from the standpoint of resource efficiency and resource saving.

It is advisable to carry out this analysis using a scorecard, an example of which is given in Table. 1. To do this, it is necessary to select at least three or four competitive products and developments.

Competitor 1 - ПИ4-12-24.

Competitor 2 - ПИ1-50.

Analysis of competitive technical solutions is determined by the formula:

$$K = \sum B_i \cdot \mathcal{B}_i, \quad (4.1)$$

where  $K$  – the competitiveness of a scientific development or a competitor;

$B_i$  – the weight of the indicator (in fractions of a unit);

$\mathcal{B}_i$  – score of the  $i$ -th indicator.

Table 4.1 - Scorecard for comparing competitive technical solutions (developments)

Criteria for evaluation	Criteria weight	Points	Competitiveness
-------------------------	-----------------	--------	-----------------

		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Technical criteria for evaluating resource efficiency</b>							
1. Increase user productivity	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
2. Easy to operate (meets the requirements of consumers)	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
3. Noise immunity	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
4. Energy saving	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5. Reliability	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
6. Noise level	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
7. Security	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
8. Need for memory resources	0,04	5	4	5	0,2	0,16	0,2
9. Functional capacity (provided opportunities)	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
10. Easy operation	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
11. Smart interface quality	0,04	5	3	5	0,2	0,12	0,2
12. Ability to connect to a computer network	0,07	5	2	5	0,35	0,14	0,35
<b>Economic criteria for evaluating efficiency</b>							
1. Product competitiveness	0,06	5	5	4	0,3	0,24	0,3
2. Market penetration rate	0,05	5	5	4	0,25	0,2	0,25
3. Price	0,05	4	4	5	0,2	0,25	0,2
4. Estimated service life	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. After-sales service	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. Financing of scientific development	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Time to market	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
8. Availability of development certification	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>91</b>	<b>76</b>	<b>89</b>	<b>4,45</b>	<b>3,76</b>	<b>4,45</b>

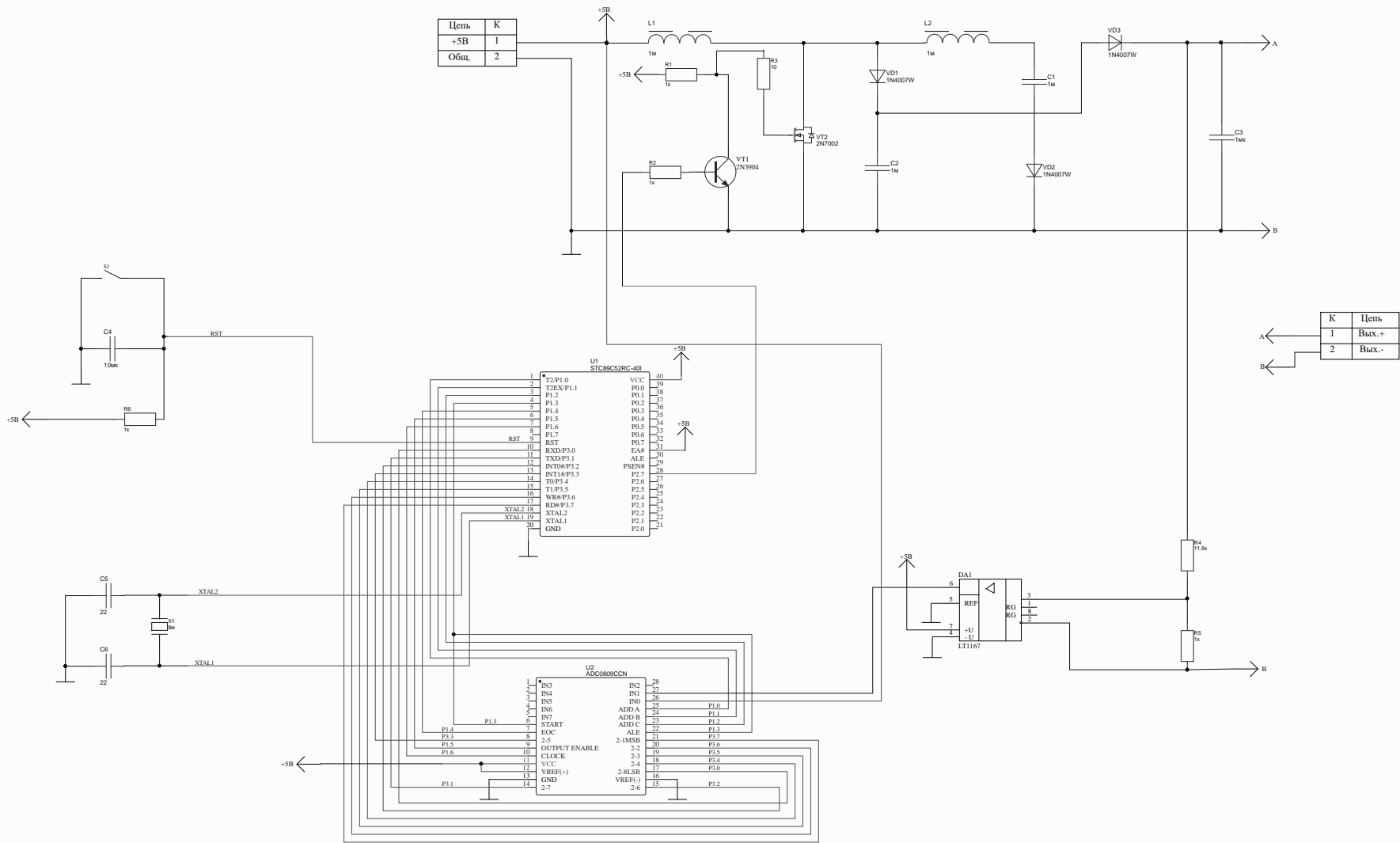
After analysis, our research object has an economic advantage.

## **Приложение Б**

(Обязательное)

**Принципиальная схема преобразователь постоянного напряжения**





Цепь	К
+5В	1
Общ.	2

К	Цепь
1	Вых. +
2	Вых. -

Имя\_дубл.

Имя\_дубл.

Имя\_дубл.

ФЮРА.431100.001.Э3

Изм.	Лист	Докум.	Подп.	Дата	Преобразователь постоянного напряжения	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Пров.	Цзоу Юйчжу Огородников Д.Н.				у	-	1:1
						Лист	Листов	1
						ТПУ ИШНКБ Группа 1АМ02		

## **Приложение В**

(Обязательное)

### **Перечень элементов**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
				Документация				
A2			ФЮРА.4311.001.ЭЗ	Преобразователь постоянного напряжения		A2		
				Микропроцессоры				
			U1	STC89C52RC-40I	1			
			U2	ADC0809CCN	1			
				Микросхема				
			DA1	LT1167	1			
				Конденсаторы				
			C1...4	CE010M0100RED-0605 10мкФ ±20%	4			
			C5, C6	MAL215237229E3 22Ф ±20%	2			
				Диоды				
			VD1, VD2, VD3	1N4007W	3			
				Резисторы				
			R1, R2, R5, R6	CR0402-FX-1001GLF 1кОм ±1%	4			
			R3	3296W-1-100LF 10 Ом ±5%	1			
			R4	RC1206FR-0711K8L 11,8 кОм 1%	1			
				Индуктор				
			L1, L2	HE0630 1R0MSB 1мкГн ± 20%	2			
ФЮРА.431100.001.ЭЗ								
Изм Лист № докум. Подпись Дата								
Инв. № подл.	Разраб.		Цзоу Юйчжу		Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
	Пров.		Огородников Д.Н.				1	1
	Н. контр.					Студент НИ ТПУ		
	Утв.					Группы 1АМ02		