

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

Институт неразрушающего контроля
Кафедра промышленной и медицинской электроники
Направление подготовки: – 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Преобразователь постоянного напряжения, Луо - конвертер

УДК _621.314.1 – 047.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Нгуен Тхи Зунг		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Огородников Дмитрий Николаевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой МЕН	Чистякова Наталья Олеговна	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Губарев Федор Александрович	К.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
Р2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
Р3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
Р5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное

	высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1A22	Нгуен Тхи Зунг

Тема работы:

Преобразователь постоянного напряжения, Луо - конвертер	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.04.2016 г. № 2784

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	– напряжение питания $U_{\text{вх}} = 12 \text{ В}$; – выходное напряжение преобразователя $U_{\text{вых}} = 100 \text{ В}$; – коэффициент пульсации $K_{\text{П}} = 1\%$; – выходной ток $I_{\text{вых}} = 700 \text{ мА}$; – частота работы $f = 50 \text{ кГц}$.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– обзор литературы; – обоснование принципиальной и структурной схем; – расчет принципиальной схемы; – написание алгоритма программы; – социальная ответственность; – финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема электрическая принципиальная, перечень элементов.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	доцент кафедры менеджмента Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: все разделы написаны на русском языке.	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ	Огородников Дмитрий Николаевич	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Нгуен Тхи Зунг		

Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
1A22	Нгуен Тхи Зунг

Институт	ИНК	Кафедра	Точное приборостроение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и нанoeлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, Технология QuaD, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план-график выполнения работ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой МЕН	Чистякова Наталья Олеговна	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Нгуен Тхи Зунг		

Задание для раздела «социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
1A22	Нгуен Тхи Зунг

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования являются преобразователи постоянного напряжения (ППН) и Луо – конвертер Луо – конвертер с положительным выходом служит источником питания постоянного напряжения. На входе подключается напряжение 12В и на выходе дается напряжение 100В . Данный Луо – конвертер применяется в бытовой технике, или в электронных устройствах, в которых требуются большая мощность и высокий коэффициент полезного действия.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды: – повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; – повышенная или пониженная влажность воздуха; – повышенная или пониженная подвижность воздуха; – отсутствие или недостаток естественного света; – повышенный уровень шума на рабочем месте. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности – электробезопасность – пожаровзрывобезопасность
2. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ, за исключением бытовых отходов, которые систематически убираются.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: наводнение
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – компоновка рабочей зоны. – режимы труда и отдыха

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Нгуен Тхи Зунг		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 85 страниц, 33 рисунок, 21 табл., 11 источников, 1 прил.

Ключевые слова: Луо – конвертер; Луо – конвертер с положительным выходом; с отрицательным выходом; понижающий; повышающий; инвертирующий; каскадный преобразователи постоянного напряжения.

Объектом исследования является преобразователь постоянного напряжения, Луо – конвертер.

Цель работы – Изучение принципа работы Луо – конвертера с положительным выходом напряжением, создание моделей в программе OrCAD.

В процессе исследования проводились изучение принципа работы источник питания, расчет и создание на среде OrCAD модели Луо – конвертера с положительным выходным напряжением.

В результате исследования выяснены конструкция, принцип работы, выбор элементов источника питания, навыка к использование программы OrCAD и оценка зависимости выходных значений от изменений значений элементов в схеме.

Степень внедрения: низкая

Область применения: источник питания.

В будущем планируется: макетирование и исследование источника питания при различных режимах условия и работы.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 с использованием встроенного формульного редактора MathType 6.0, программа Mathcad 14, схемы и диаграммы построены на среде OrCAD.

Оглавление

Введение.....	12
1. Классификация преобразователей энергии	13
1.1. DC – DC преобразователи	15
1.2. DC – AC преобразователи	15
1.3. AC – DC преобразователи	16
1.4. AC – AC преобразователи	17
2. Принцип работы	18
2.1. Понижающий преобразователь (регулятор I типа)	18
2.2. Повышающий преобразователь (регулятор II типа)	22
2.3. Инвертирующий преобразователь (регулятор III типа).....	24
2.4. Схема Кука.....	26
3. Луо – преобразователь.....	29
3.1. Луо – конвертер с положительным выходным напряжением.....	29
3.2. Луо – конвертер с отрицательным выходным напряжением	30
3.3. Применение Луо – конвертера	31
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	33
7.1. Предпроектный анализ	34
7.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	34
7.1.2. Анализ конкурентных решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	34
7.1.3. SWOT – анализ.....	36
7.2. Планирование научно-исследовательских работ	37
7.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	37
7.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	38
7.2.3. Разработка график проведения научного исследования	39
7.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	42
7.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	42

7.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	42
7.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	43
7.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	44
7.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды.....	45
7.3.6. Оценка эффективности проекта	46

Введение

Любое электронное средство можно представить как совокупность нескольких устройств. Неотъемлемой частью любого электронного средства является источник питания.

Только правильно спроектированный и сконструированный источник электропитания способен обеспечить нормальную работу электронного средства за все время его жизненного цикла. Государственными стандартами дано определение источника электропитания как устройства, преобразующего поступающее на электронное средство напряжение и ток до оговоренных в технической документации номиналов, показателей стабильности и надежности. Именно этот вид источников электропитания наиболее распространен.

Источники электропитания электронных средств содержат функциональные узлы, которые в зависимости от назначения обеспечивают изменение уровня выходного напряжения, выпрямление, инвертирование, стабилизацию, фильтрацию, защиту, усиления или комбинацию различных функций.

1. Классификация преобразователей энергии

Преобразователи энергии делятся на четыре вида. Для каждого преобразователя показаны его основные особенности. Преобразователи любого назначения и любой сложности может быть построен на 4 следующие основные вида [1].

Напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока (выпрямители AC – DC преобразователи): Работа на частоте сети; Работа на высокой частоте.

Напряжение постоянного тока в напряжение постоянного тока (конверторы DC – DC преобразователи): Без гальванического разделения входа и выхода; С гальваническим разделением входа и выхода.

Напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока (инверторы DC – AC преобразователи): Однофазные; Многофазные.

Напряжение переменного тока в напряжение переменного тока другой частоты (циклоконверторы AC – AC преобразователи): С промежуточными звеном постоянного ток; Непосредственные преобразователи частоты.

Классификация преобразователей энергии показана на рисунке 1.

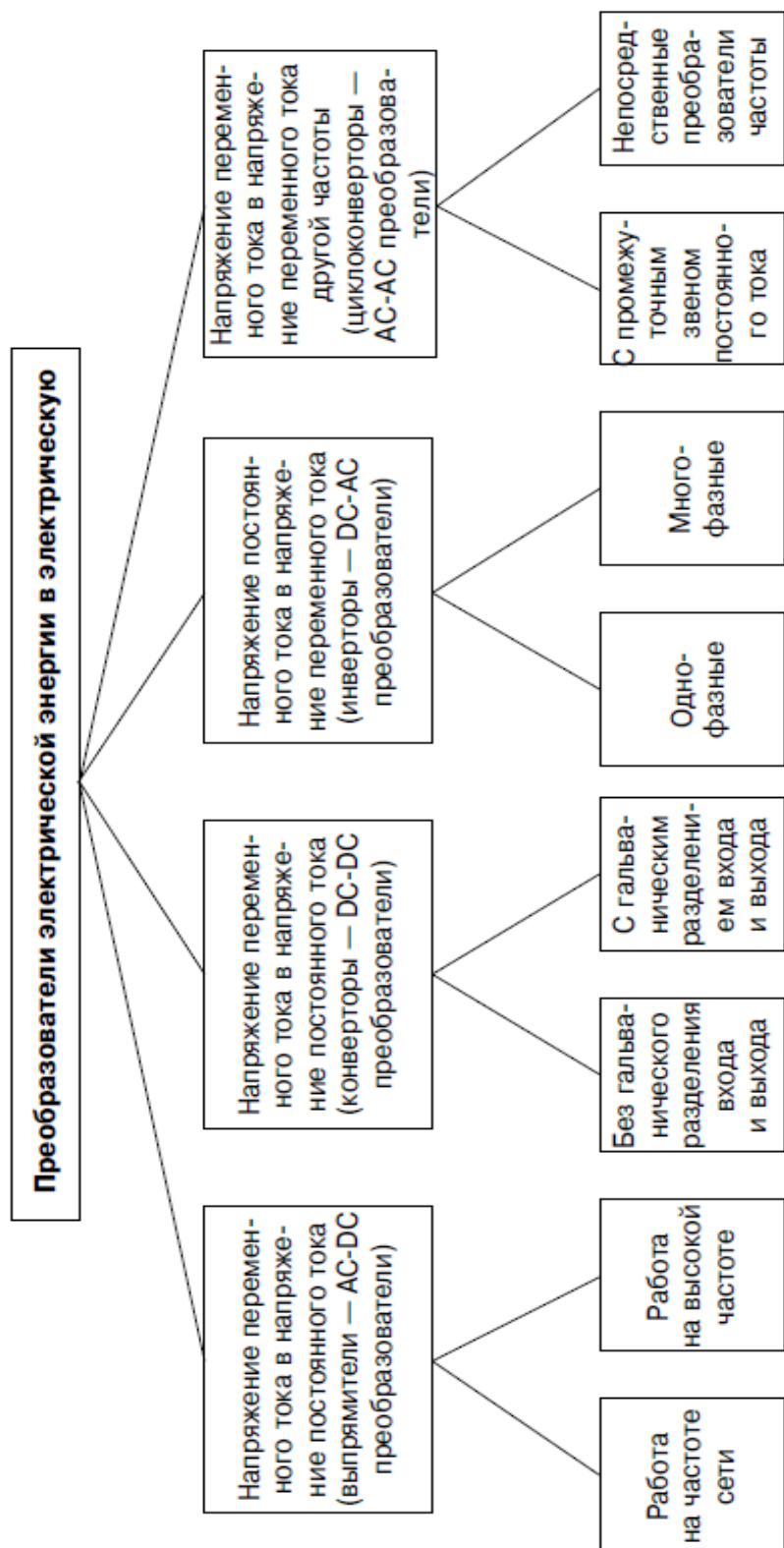


Рисунок 1 – Классификация преобразователей энергии

1.1. DC – DC преобразователи

Преобразователи, рассматриваемые в данной работе, имеют широко применение в источниках питания электрических устройств и системы. Преобразователи используются для того чтобы управлять двигателями, работают от аккумуляторных батарей и других источников постоянного тока. Необходимо назвать преобразователи, используемые в компьютерах, телевизорах, видеомагнитофонах с различными назначениями, например: космические, самолетные, морские или наземные [1].

DC – DC преобразователи управляют энергией, поступающей от источника постоянного тока, включающего, и передают ее в систему также постоянного тока. Потребитель может требовать различные напряжения, которые могут быть объединены одним общим проводом или гальванически развязаны между собой. Выходные напряжения зависят от технических требований, могут быть связаны гальванически с входным источником или разделены от него [1].

В данной работе мы четко рассматриваем принцип работы DC-DC преобразователей с базовыми схемами: понижающие, повышающие, инвертирующие преобразователи.

1.2. DC – AC преобразователи

DC – AC преобразователи управляют энергией от источника переменного тока в постоянный ток с различными частоты или напряжения. Получение одно- или многофазного напряжения AC из напряжения DC называется инвертированием, а сами устройства, выполняющие данное преобразование называется инверторами. DC – AC преобразователи делятся на однофазные и многофазные [1].

Приведем пример схемы инвертора, называемая двухтактной, которая показана на рисунке 2.

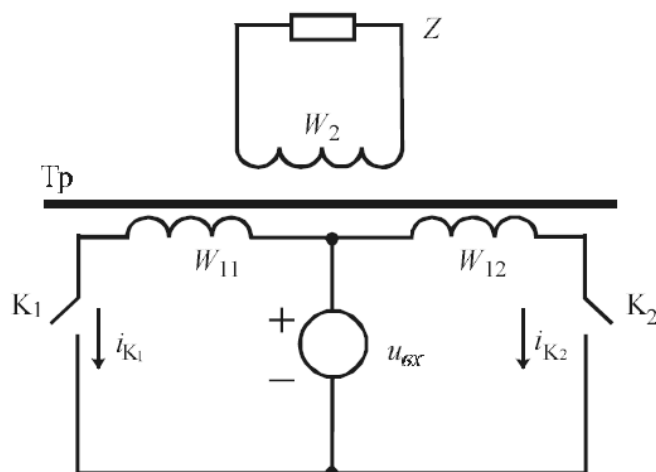


Рисунок 2 – Двухтактная схема инвертора, Z-комплексная нагрузка

Схема показана на рисунке 2 называется двухтактной. Особенности схемы- это отвод в середине первичной обмотки трансформатора Тр, витки W11 и W12 равны, симметрия компонентов первичной стороны и симметричная работа ключей K1 и K2 [1].

1.3. AC – DC преобразователи

Структурная схема AC-DC преобразователя показана на рисунке 3

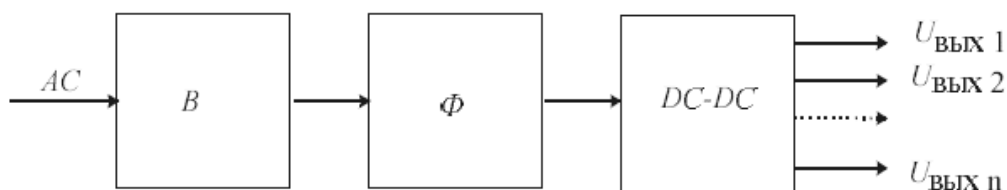


Рисунок 3 – Структурная схема AC – DC преобразователи с несколькими выходными каналами

Напряжение AC может быть однофазными или многофазными.

Фильтр Ф на выходе выпрямителя сглаживает пульсации напряжения на входе DC – DC преобразователя до уровня, который позволяет устройству нормально функционировать, выполняя все требования.

Выходные каналы: $U_{\text{ВЫХ}1}$, $U_{\text{ВЫХ}2}$, $U_{\text{ВЫХ}3} \dots$ (рисунок 4 и 5)

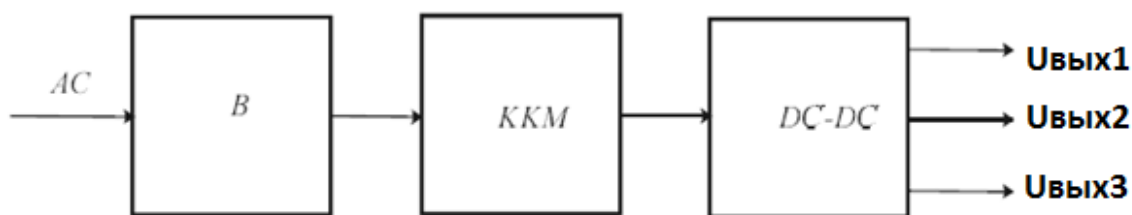


Рисунок 4 – Структурная схема AC – DC преобразователя с корректором коэффициента мощности

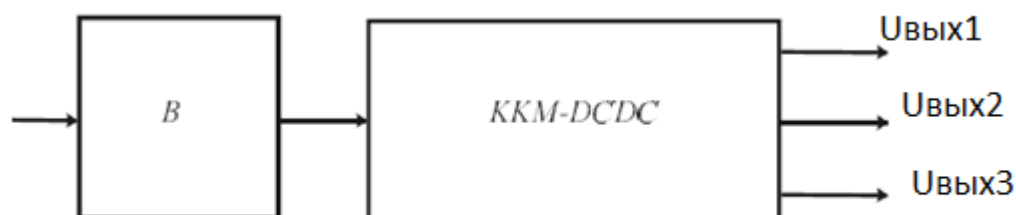


Рисунок 5 – AC – DC преобразователь, в котором функции KKM и DC – DC преобразователь объединены в одном звене

1.4. AC – AC преобразователи

AC – AC преобразователи – это устройства, преобразующие напряжение переменного тока одной частоты в напряжение переменного тока другой частоты, другого числа фаз или другого уровня напряжения [1].

2. Принцип работы

В данной работе мы рассмотрим основные типы DC/DC – преобразователей, работающих в ключевом режиме. Регуляторы I, II и III типов.

2.1. Понижающий преобразователь (регулятор I типа)

Понижающий преобразователь – преобразователь обеспечивает регулирование выходного напряжения в диапазоне от нуля до величины входного напряжения (в реальности верхняя граница несколько меньше, что связано с потерями в элементах схемы) [3]. Т.е. на выходе понижающего преобразователя получим напряжение постоянного тока меньше напряжение на входе.

Наиболее простым методом преобразования (или регулирования) постоянного напряжения является непрерывный, который реализуется за счет включения в последовательную цепь с нагрузкой балластного сопротивления. Такой метод применяется в непрерывных стабилизаторах, например в интегральных стабилизаторах серии ЕН. Недостаток метода является низкий КПД. Кроме этого, непрерывный метод позволяет только уменьшить выходное напряжение относительно входного [2].

Схема преобразователя показана на рисунке 6.

Регулирование выходного напряжения в этой схеме осуществляется изменением соотношений времени включенного и выключенного состояний транзистора [2].

$t_{вкл}$ – время включенного состояния VT

$t_{выкл}$ – время выключенного состояния VT

Среднее значение выходного напряжения рассчитывается по формуле:

$$U_{вых} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^{t_{вкл}} U_{вх} dt = U_{вх} \frac{t_{вкл}}{T} = U_{вх} \cdot \gamma$$

где T – период переключения транзистора, $T = \frac{1}{F}$

$\gamma = \frac{t_{\text{вкл}}}{T}$ – относительная длительность включенного состояния транзистора

(коэффициент заполнения)

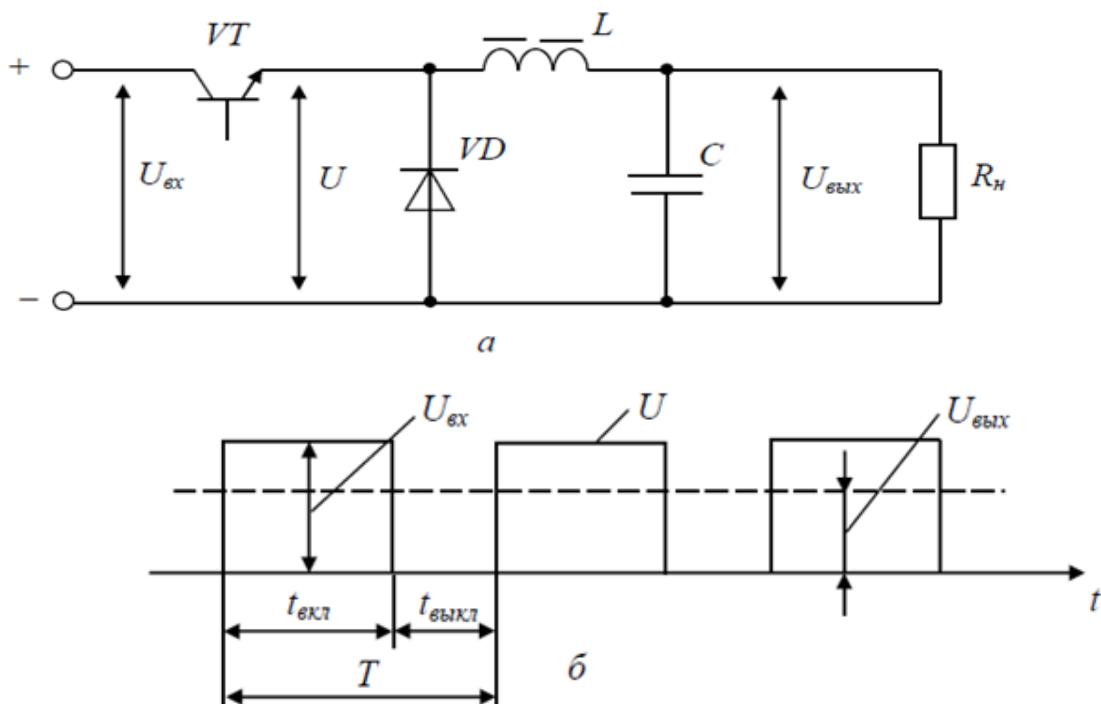


Рисунок 6 – Схема понижающего преобразователя [2]

Принцип работы показан на рисунок 7.

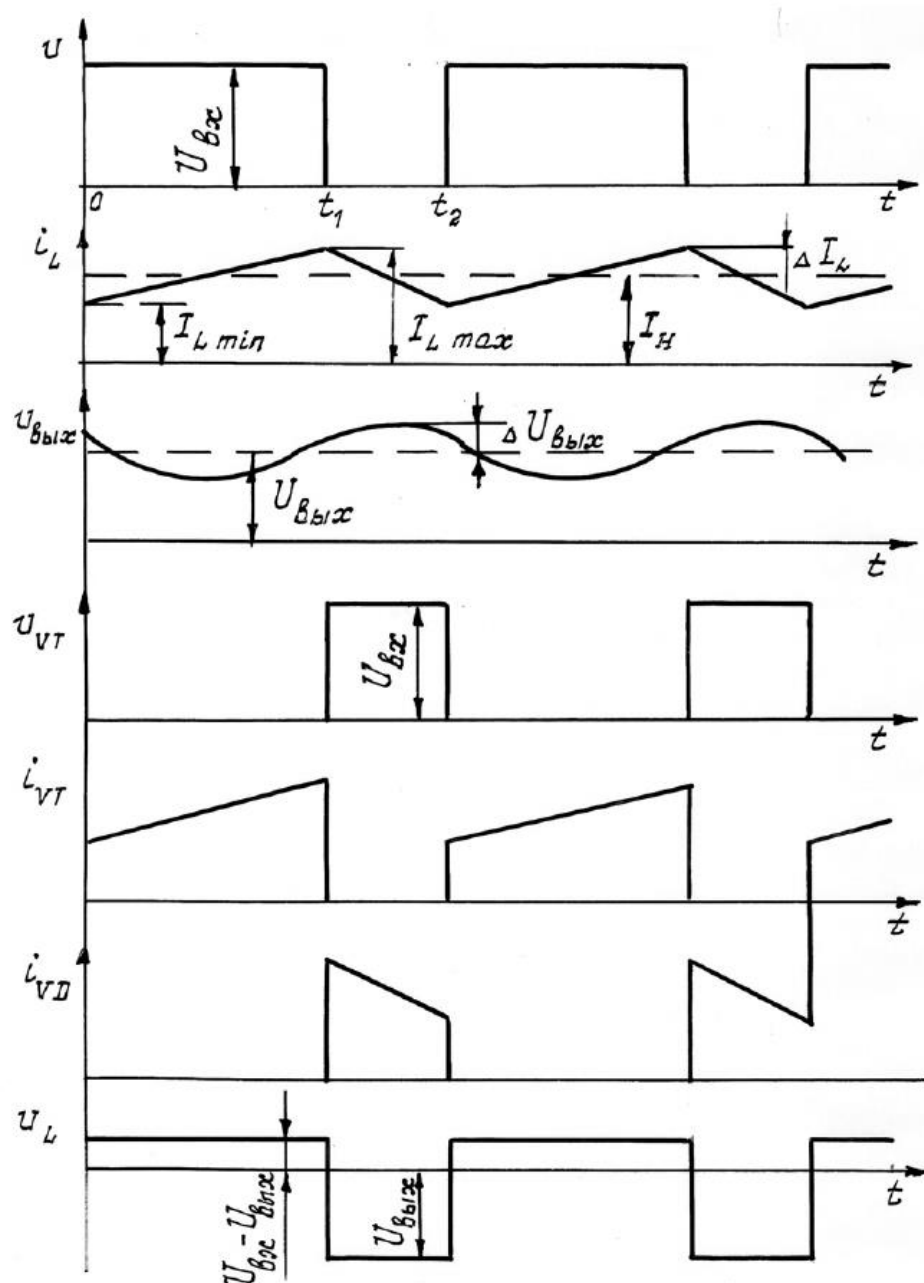


Рисунок 7 – Диаграммы процессов в понижающем преобразователе в режиме непрерывного тока дросселя [2]

В момент $t=0$, VT открывается, ток протекает по замкнутой цепи: $+E \rightarrow L \rightarrow C // R \rightarrow -E$, VD закрыт.

Ток дросселя нарастает от минимального до максимального значения. В интервале, когда VT открыт, идёт передача энергии в нагрузку и происходит накопление энергии в катушке индуктивности.

В момент $t = t_1$, VT закрывается, диод VD открывается, ток протекает по цепи: L – VD – нагрузка. Ток дросселя спадает до минимального значения.

$$i_L = I_{L\min} + \frac{U_{вх} - U_{вых}}{L} \cdot t = I_{L\max} - \frac{U_{вых}}{L} \cdot t$$

где $I_{L\min}$ – ток, протекающий через дроссель в момент включения транзистора.

$I_{L\max}$ – ток в момент выключения транзистора[2]

Пульсация тока в дросселе определяется:

$$\Delta I_L = \frac{U_{вх} - U_{вых}}{L} \cdot t_{вкл} = \frac{U_{вх}(1 - \gamma)\gamma}{L \cdot f}$$

Максимальное значение тока транзистора:

$$I_{VT\max} = I_{L\max} = I_H + \frac{\Delta I_L}{2}$$

где $I_H = \frac{U_{вых}}{R_H}$ – среднее значение тока нагрузки.

Пульсация выходного напряжения:

$$\Delta U_{вых} = \frac{\Delta I_L \cdot T}{8C} = \frac{(U_{вх} - U_{вых}) t_{вкл} \cdot T}{16LC} = \frac{U_{вых}(1 - \gamma) T^2}{16LC}$$

Коэффициент передачи напряжения:

$$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \gamma$$

Коэффициент пульсации:

$$K_n = \frac{\Delta U_{вых}}{2U_{вых.ср}} = \frac{2 \sin \nu \pi}{\gamma \pi}$$

где $\nu = \omega t$

График зависимости коэффициента пульсаций напряжения на входе фильтра [2] показан на рисунке 8.

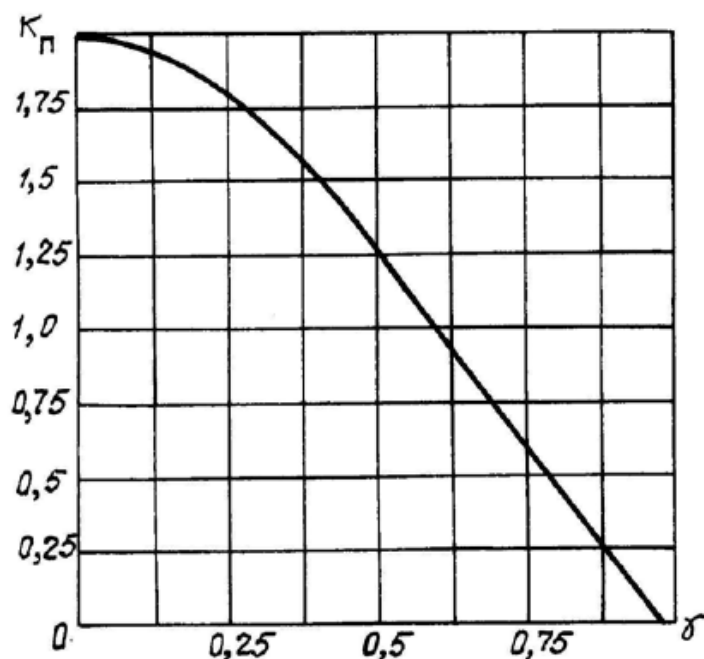


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента пульсаций напряжения от коэффициента заполнения γ

2.2. Повышающий преобразователь (регулятор II типа)

Повышающий преобразователь (boost converter, или step-up converter) используется в тех случаях, когда требуется получить выходное напряжение, превышающее входное. Как и все рассматриваемые регуляторы, данный преобразователь не обеспечивает гальванической развязки[3].

В схеме повышающего преобразователя (рисунок 9) состоят из тех же элементов, рассмотренный преобразователь понижающего типа. Но перекомпоновка элементов обеспечивает схемам новые свойства.

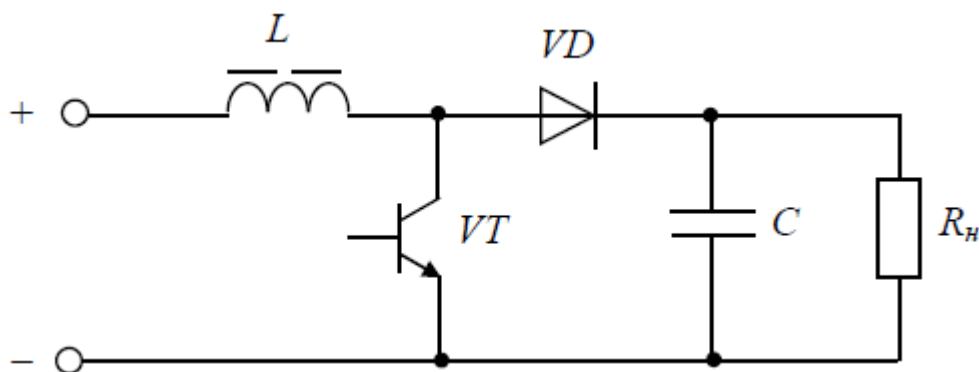


Рисунок 9 – Принципиальная схема повышающего преобразователя

На рисунке 10 поясняется принцип работы повышающего преобразователя.

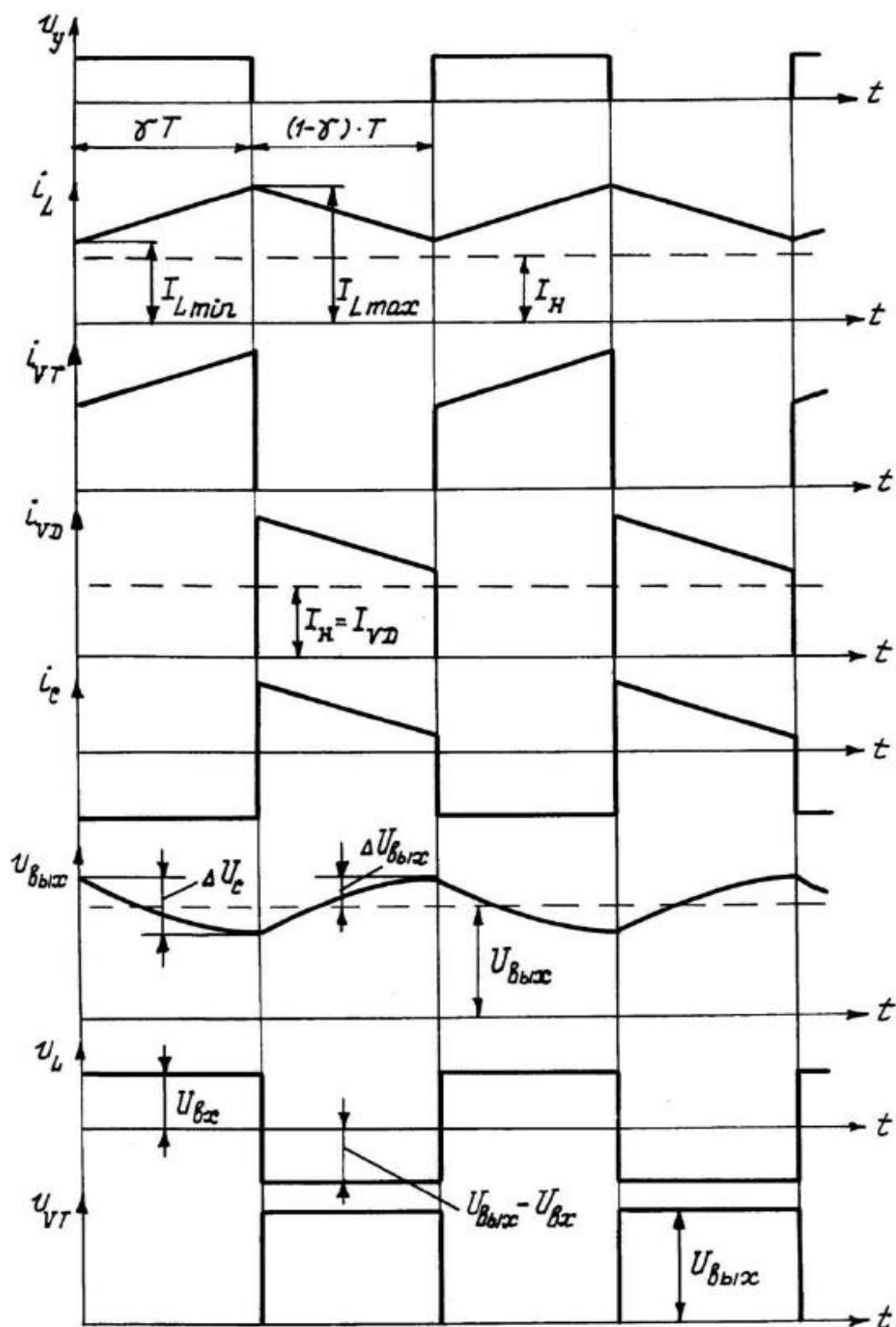


Рисунок 10 – Процессы в повышающем преобразователе

В момент $t=0$, VT открывается, к дросселю L прикладывается напряжение источника питания, т.е. $U_L = E$

Ток протекает по замкнутой цепи: $+E \rightarrow L \rightarrow VT \rightarrow -E$, VD закрыт.

Ток дросселя нарастает от минимального до максимального значения. Ток нагрузки определяется разрядом конденсатора C.

В момент $t=t_1$, VT закрывается, диод VD открывается, ток протекает по цепи: $+E \rightarrow L \rightarrow VD \rightarrow C // R \rightarrow -E$. Ток дросселя спадает до минимального значения.

Пульсация тока в дросселе определяется:

$$2\Delta I_L = I_{L\max} - I_{L\min} = \frac{U_{вх}}{L} \cdot \gamma T$$

Коэффициент передачи напряжения для повышающего преобразователя.

$$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{1}{1-\gamma}$$

Пульсация выходного напряжения:

$$\Delta U_{вых} = \frac{I_n \cdot \gamma T}{2C} = \frac{I_n \cdot \gamma}{2C \cdot f}$$

Амплитуда тока транзистора составит величину:

$$I_{VT\max} = \frac{I_{n\max}}{1-\gamma_{\max}} + \frac{U_{вх} \cdot \gamma_{\max} \cdot T}{2L}$$

Среднее значение тока диода равно току нагрузки.

2.3. Инвертирующий преобразователь (регулятор III типа)

По сравнению с принципиальной схемой повышающего преобразователя, в инвертирующем транзистор и дроссель поменялись местами.

Принципиальная схема инвертирующего преобразователя представлена на рисунке 11.

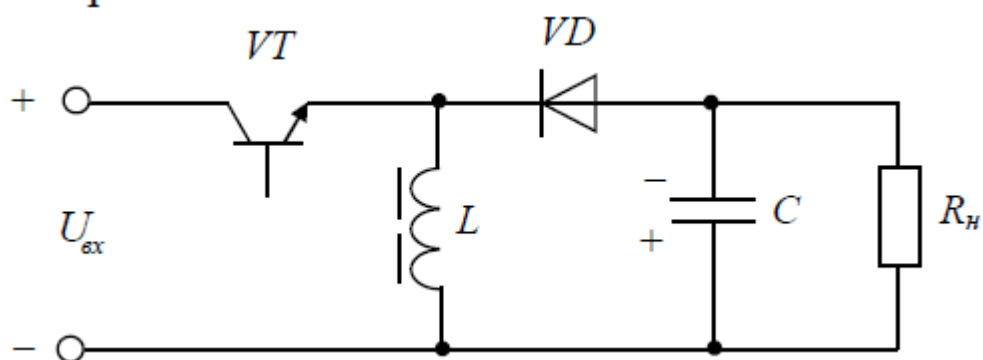


Рисунок 11 – Непосредственный преобразователь инвертирующего типа

На рисунке 12 показан принцип работы преобразователя инвертирующего типа [1].

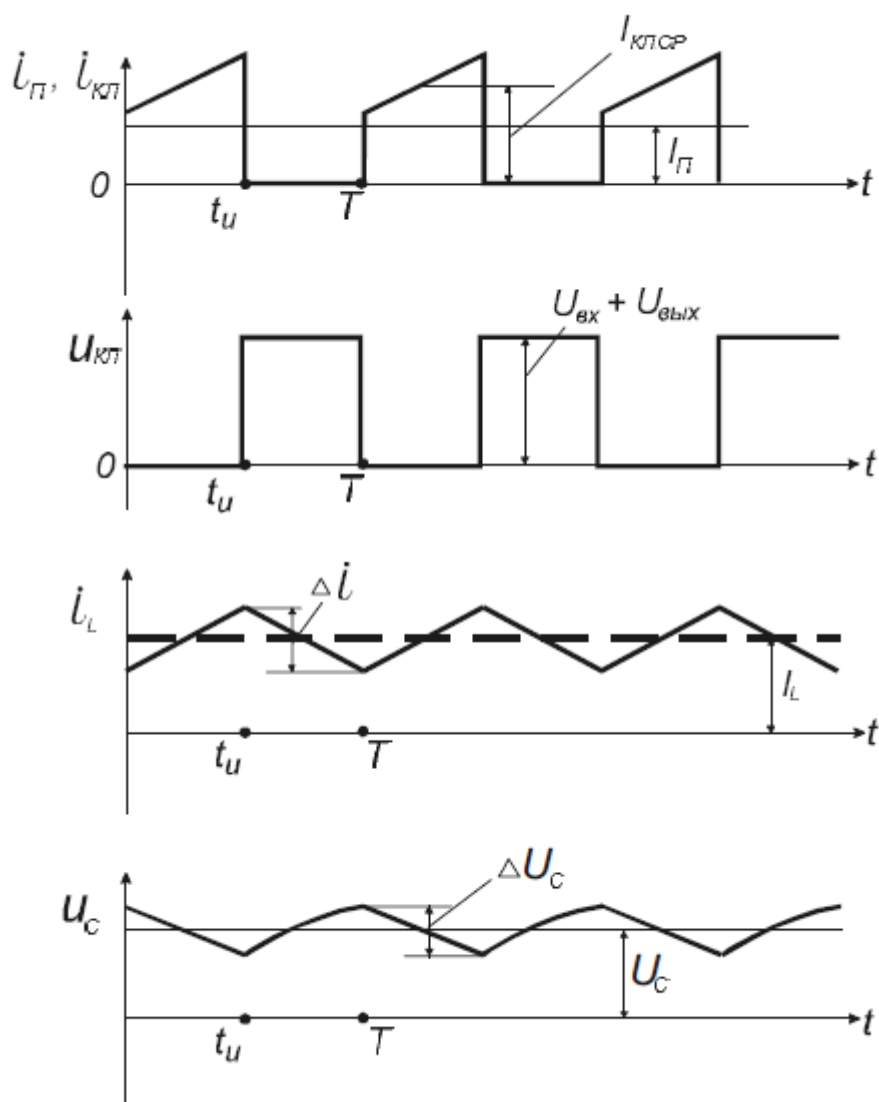


Рисунок 12 – Процессы в инвертирующем преобразователе

Когда транзистор VT открыт, к катушке индуктивности L прикладывается напряжение источника питания, т.е. $U_L = E$. Под действием этого напряжения в контуре источник–катушка индуктивности L–ключ VT нарастает ток и накапливается энергия в дросселе. Ток нагрузки I_n определяется разрядом конденсатора C.

Когда транзистор VT закрывается, ток дросселя замыкается в контуре, содержащем дроссель L, нагрузку и диод VD. Таким образом, энергия, накопленная в дросселе, передаётся в нагрузку и определяет уровень выходного напряжения[3].

Коэффициент передачи напряжения:

$$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{\gamma}{1-\gamma}$$

Пульсация тока в дросселе:

$$\Delta i = \frac{U_{вых}(1-\gamma)}{Lf}$$

Переменная составляющая напряжение на выходе- половина размаха ΔU_c

$$\Delta U_{вых} = \frac{\Delta U_c}{2} = \frac{I_n \cdot \gamma}{2Cf}$$

2.4. Схема Кука

Преобразователь Кука (рисунок 13) представляет собой каскадное соединение повышающего и понижающего преобразователей [4].

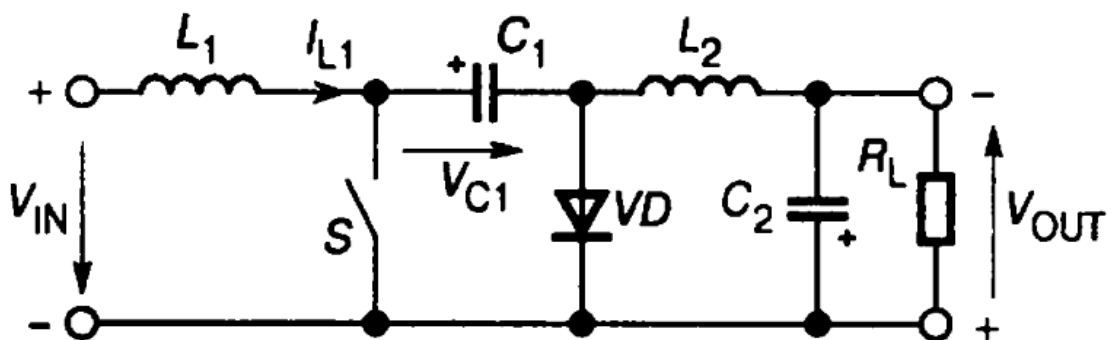


Рисунок 13 – Схема преобразователя Кука

Принцип работы преобразователя Кука показан на рисунках 14 и 15.

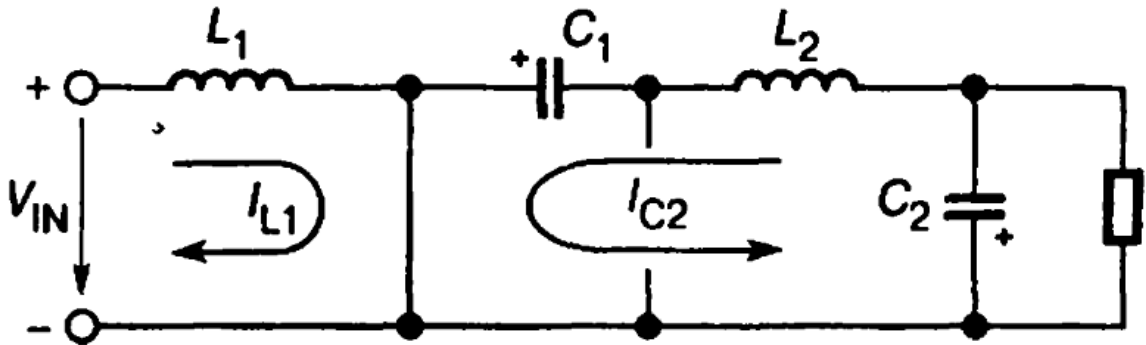


Рисунок 14 – Эквивалентная схема Кука когда ключ S открыт

В момент $t=0$ ($0 \leq t \leq t_u$), ключ включен, диод VD закрыт.

Дроссель $L1$ включен параллельно источнику и запасает энергию.

$$U_{L2}(+) = U_{C1} - U_H$$

Ток дросселя i_{L2} нарастает по цепи: $C1 \rightarrow VT \rightarrow C2 // R \rightarrow L2$

Ток протекает через ключ-складываемый из двух токов i_{L1} и i_{L2}

$$\Rightarrow i_{кл} = i_{L1} + i_{L2}$$

Очевидно напряжения на дросселе $L1$ равно напряжению источника E :

$$U_{L1}(+) = E$$

В момент $t=t_u$ ($t_u \leq t \leq T$), ключ выключен, VD открыт.

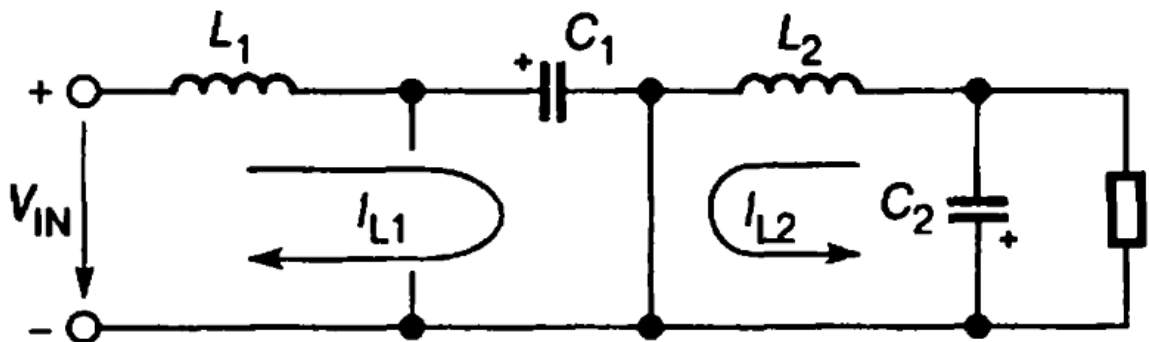


Рисунок 15 – Эквивалентная схема Кука когда ключ S закрыт

Конденсатор C_1 заряжается от источника и дросселя L_1 . Энергия в нагрузку поступает из запасенной в фильтре $L_2 C_2$

$$U_{L1}(-) = U_{C1} - E$$

$$U_{L2}(-) = U_H$$

Токи на дросселях i_{L1} и i_{L2} спадают. Ток диода содержит два тока

$$\Rightarrow i_{VD} = i_{L1} + i_{L2}$$

$$U_{VT.зак} = U_{C1}$$

$$U_{VD.обр} = U_{C1}$$

Коэффициент передачи напряжения:

$$Ku1 = \frac{U_{C1}}{E} = \frac{1}{1-\gamma}$$

$$Ku2 = \frac{U_H}{E} = \gamma$$

$$\Rightarrow Ku = Ku1 \cdot Ku2 = \frac{\gamma}{1-\gamma}$$

3. Луо – преобразователь

Луо – конвертеры это серия новых DC/DC ступенчатых конвертеров, которая разработана из прототипов использующих технологию увеличения амплитуды напряжения.

3.1. Луо – конвертер с положительным выходным напряжением

Луо – конвертер с положительным выходом преобразует напряжение от положительного выходного в положительное, имеет большой коэффициент передачи напряжения [5].

Принципиальная схема представлена на рисунке 16.

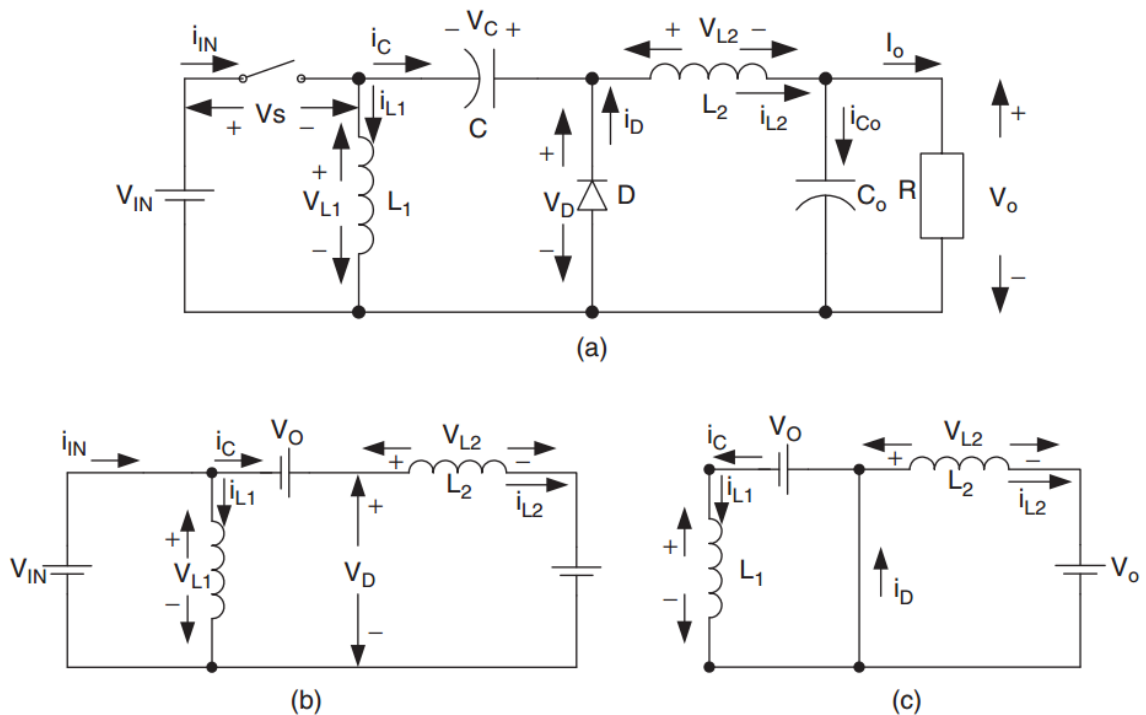


Рисунок 16 – Луо – конвертер; базовая схема: а) принципиальная схема; б) этап включения ключа; с) этап выключения ключа

Выходные напряжение и ток определяются по формуле:

$$U_{вых} = \frac{\gamma}{1 - \gamma} \cdot U_{вх}$$

$$I_{вых} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \cdot I_{вх}$$

Коэффициент передачи в непрерывном режиме.

$$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{I_{вх}}{I_{вых}} = \frac{\gamma}{1-\gamma}$$

где γ – коэффициент заполнения.

3.2. Луо – конвертер с отрицательным выходным напряжением

Луо – конвертер с отрицательным выходом преобразует напряжение от положительного входного в отрицательное, имеет большой коэффициент передачи напряжения [5].

Принципиальная схема показана на рисунке 17.

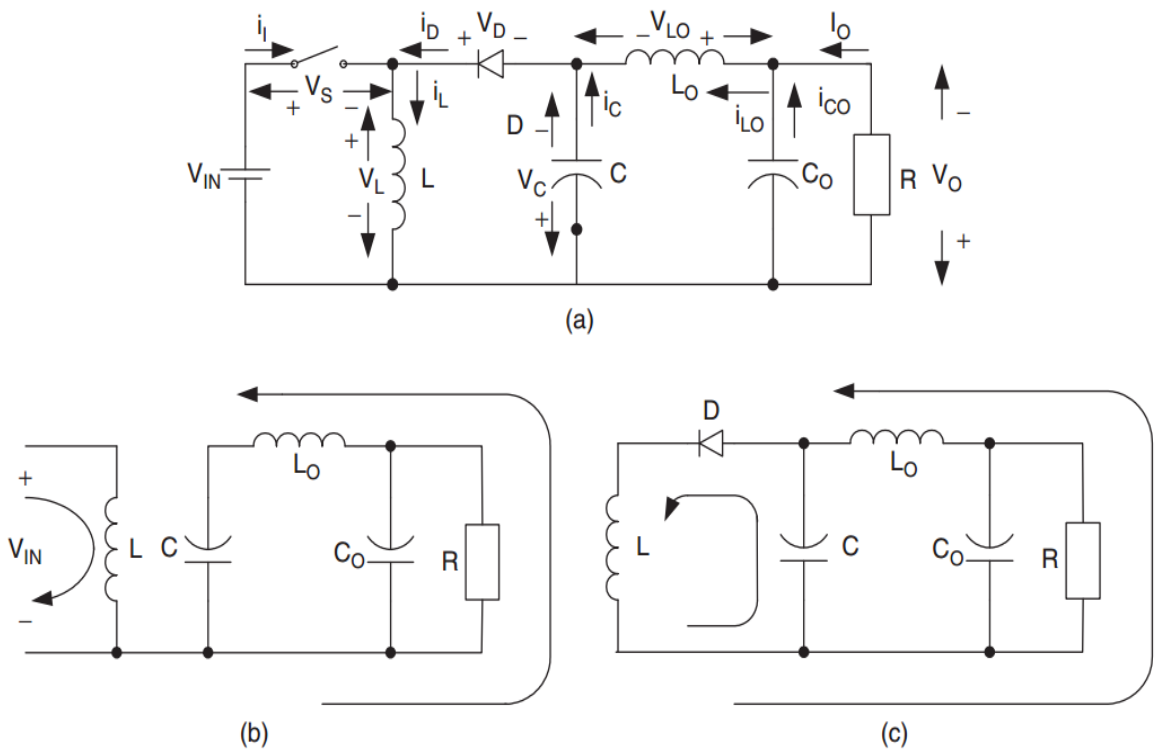


Рисунок 17 – Луо – конвертер с отрицательным выходом; базовая схема: а) принципиальная схема; б) этап включения ключа; с) этап выключения ключа

Выходные напряжение и ток определяются по формуле.

$$U_{вых} = \frac{1}{1-\gamma} \cdot U_{вх}$$

$$I_{вых} = (1-\gamma) \cdot I_{вх}$$

Коэффициент передачи в непрерывном режиме.

$$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{I_{вх}}{I_{вых}} = \frac{1}{1-\gamma}$$

где γ - коэффициент заполнения.

3.3. Применение Луо – конвертера

- Применение в сварочных работах

Начальный поджог дуги сварочного аппарата определяется напряжением на выходе. Также от напряжения зависит длина дуги. Поэтому Луо-конвертер может использоваться для питания сварочного аппарата.

- Промышленная обработка в строительстве

В промышленной обработке в области строительства процесс дробление сырья, например гипса и т.д. требует высокого напряжения. Это требование выполняется при использовании Луо – конвертера, так как конвертер дает напряжение во много раз больше входного[6].

- Гибридный электрический автомобиль

Гибридный электрический автомобиль является одним из самых популярных применений, использующих повышающий преобразователь. Повышающий преобразователь может быть заменен на схему Луо-конвертера, таким образом, чтобы достигалась надежная работа.

- Электрофоретическое осаждение

Электрофоретическое осаждение – это термин, широко используемый в спектре промышленных процессов, например, обычное напряжение- 25 ÷ 400 В постоянного тока используется в электролитическом процессе или при работе с электрофоретической краской. Луо-конвертер может удовлетворить этому требованию [6].

- Трамвай и система электрификационных железных дорог.

Как правило, для трамваев и системы электрификационных железных дорог требуется источник питания с напряжением в диапазоне от 0.6 ÷ 4.3кВ постоянного тока. В этой области, также может использоваться Луо-конвертера.

- Другие применения

Кроме этих применений Луо-конвертер используется для электровозов, лифтов, электропривода и т.д.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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

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

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

7.1. Предпроектный анализ

7.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: установка для исследования индикаторного режима работы сельсинов.

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

		Вид электрофизических лабораторных установок		
		Электронные	Электромеханические	Механические
<i>Потребители</i>	ТГУ			
	ТПУ			
	ТПТ			

Рисунок 33 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке лабораторных установок, ТГУ – Томский государственный университет; ТПУ – Томский политехнический университет; ТПТ – Томский политехнический техникум

В карте сегментирования показано, что ниша на рынке разработки электромеханических и механических лабораторных установок имеет низкие уровни конкуренции. Поэтому предприятие намерено ориентировать на разработку электромеханических лабораторных установок.

С развитием электроники и нанoeлектроники, спрос современных электронных лабораторных установок скоро увеличивается, поэтому в дальнейшем предприятие будет привлекаться этим направлением.

7.1.2. Анализ конкурентных решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

У результата исследования нет конкурентов. На таблице 1 приведен список критериев, которые позволяют оценить результат исследования. На основе этой таблицы можно сравнить результат данного исследования с результатами других работ.

Таблица 6 – оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5	3	1	1	0,6
3. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
4. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Цена	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	3	4	5	0,24	0,32	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	5	4	0,18	0,3	0,24
6. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	5	0,24	0,3	0,3
Итого	1	46	50	47	4,34	4,57	4,09

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

Для устранения этих недостатков необходимо производить более глубокие маркетинговые исследования, разрабатывать более детальные условия обслуживания после продажи.

7.1.3. SWOT – анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для SWOT-анализа построена таблица 2.

Таблица 7 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота в эксплуатации. С2. Ремонтопригодность С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие интеллектуального интерфейса. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.
Возможности: В1. Использование современной электроники в создание интеллектуального интерфейса. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	В1С1С3С4С5; В2С1С3С4С5; В3С3С5; В4С3С4С5	В1Сл1Сл3; В2Сл3; В4Сл4

Угрозы: У1. Уменьшение спроса на без микропроцессорных технологий производств. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Уг1С1С2С5; Уг2С1С2С4С5; Уг3С3С4; Уг4С3С4	Уг1Сл1Сл2Сл3; Уг2Сл1Сл2; Уг4Сл1Сл4
---	---	---------------------------------------

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

7.2. Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе будет составлен перечень работ по проведению научного исследования и распределению исполнителей. Исполнителями являются студент, научный руководитель и работник. В таблице 3 представлены все нужные данные.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Наименование работ	Исполнитель
Подготовительный	1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	Руководитель Студент
	2	Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель Студент
	3	Анализ предметной области	Руководитель Студент
	4	Выявление участников и основных шагов выполнения	Руководитель Студент
Проектирование	5	Выбор исполнительных, измерительных, коммутационных устройств	Руководитель Студент
	6	Изучение конструкторской документации, паспорта приборов,	Студент

		устройств	
	7	Измерение габаритов деталей, приборов	Студент
	8	Расчет параметров установки по методу размерной цепи	Студент
	9	Разработка проектных конструкций установки в ORCAD	Студент
	10	Разработка конструкции электрооборудований, входящих в установку	Руководитель Студент
	11	Расчет параметров электронных компонентов.	Студент
	12	Разработки технологического процесс изготовления и методики выполнения работ	Руководитель Работник Студент
Оформление документации и подготовка отчета	13	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

7.2.2. 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 $t_{ожи}$ используется следующая формула:

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

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой

работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

7.2.3. Разработка график проведения научного исследования

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

Для подсчета календарных дней необходимо вычислить коэффициент календарности и умножить его на продолжительность выполнения в рабочих днях. Для 2016 года коэффициент календарности равен 1,57 (количество дней в 2016 году: календарных – 366 дней; рабочих – 247 дней; выходных – 119 дня; праздничных – 14 дней).

7.3. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

7.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

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

Таблица 11 – Материальные затраты

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

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

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

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	тарифная цен C_3 (кВт/ч);	Затраты $\mathcal{E}_{об}$ (руб.)
Осциллограф	135	0,05	4.3	29,025
Вольтметр	135	0,01		5,805
Источник питания	135	0,03		17,415
Персональный компьютер	120	0,3		154,8
Итого:	525	0,39		207,045

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

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

7.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

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

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

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

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

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

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	52+14=66	119+14=133

- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48+24=72	24+20=44
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	228	189

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

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

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 14 – Заработная плата

Исполнитель	Разряд	$З_{\text{тс}}$ руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ руб.	$З_{\text{дн}}$ руб.	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$ руб.
Руководитель	Доцент	23261,86	0	0,2	1,3	36288,5	1655,26	10	16552,6
Студент	1	6595,7	0,3	0,2	1,3	12861,62	762,17	90	68595,3
Итого									85147,9

7.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

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

Выбираем $k_{\text{доп}}=0,15$ тогда для инженера дополнительная заработная плата составила: $Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 85147,9 = 12772,19$ руб.

7.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

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

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

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

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

Отсюда получаем:

$$k_{\text{внеб}} = 0,3$$

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 97920,1 = 29376,03 \text{ руб.}$$

Суммируя все статьи расходов получаем общую себестоимость дипломного проекта, полученные результаты заносятся в общую таблицу 15:

Таблица 15. Стоимость дипломного проекта

Статья расходов	Стоимость (Ист. 1) руб.	Стоимость (Ист. 2) руб.
Материальные затраты	2507	3193
Затраты на электроэнергию	279,51	179,51
Затраты на основную заработную плату	77756,2	77756,2
Затраты на дополнительную заработную плату	8412,35	8412,35
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	19350,6	19350,6
Итого	108305,66	108991,66

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$C_{общ.1} = 108305,66 \text{ руб}$$

$$C_{общ.1} = 108991,66 \text{ руб}$$

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

7.3.6. Оценка эффективности проекта

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

- Показатель финансовой эффективности
- Показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

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

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

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 16:

Параметр	Φ_{pi} руб.	Φ_{max} руб.	$I_{финр}^{исп.i}$
Исполнитель 1	108305,66	225443	0,480
Исполнитель 2	108991,66		0,483

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

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

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;
 a_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;
 b_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в таблицу 17:

Таблица 17. Ресурсоэффективности

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

Анализируя таблицу рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

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

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

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

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

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

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

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

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

$$\mathcal{E}_{cp.} = 0,79$$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу 18.

Таблица 18.

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,48	0,483
Интегральный показатель ресурсоэффективности	5,35	6,75
Интегральный показатель эффективности вариантов	11,14	13,97
Сравнительная эффективность	0,79	

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