

**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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Источник питания малой мощности</b>

УДК \_621.314.6\_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Лэ Ван Хоа		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

## Результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	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
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное

	высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 73 с., 40 рис., 7 табл., 17 источников, 3 прил.

Ключевые слова: Без трансформатора, тиристор, фазовый метод, понижающий ППН, ШИМ-контроллер.

Объектом исследования является тиристор и понижающий ППН.

Цель работы – разработка макета источник питания малой мощности с тиристором, изготовленным печатным методом.

В процессе исследования проводились изучение принципа работы источник питания, расчет и создание на среде OrCAD модели выпрямитель с тиристором и понижающего ППН и разработка их макета.

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: вторичные источники 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, чертежи выполнены в средах Microsoft Visio 2010 и Microsoft Excel 2010, схемы и диаграммы построены на среде OrCAD.

**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 микроэлектроника  
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ф.А. Губарев  
(Подпись) (Дата)

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

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А22	Лэ Ван Хоа

Тема работы:

Источник питания малой мощности	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

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>	<ul style="list-style-type: none"><li>– напряжение питания <math>U_1 = 220B \pm 10\%</math> ;</li><li>– частота работы <math>f = 50</math> Гц;</li><li>– выходное напряжение преобразователя <math>U_2 = 12</math> В;</li><li>– мощность на нагрузке <math>P_H = 10</math> Вт;</li><li>– коэффициент пульсации <math>K_{II} \leq 1\%</math> ;</li><li>– коэффициент источника <math>\eta = 0,85</math> ;</li></ul>

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обзор литературы;</li> <li>– обоснование принципиальной и структурной схем;</li> <li>– расчет принципиальной схемы;</li> <li>– написание алгоритма программы;</li> <li>– социальная ответственность;</li> <li>– финансовый менеджмент,</li> <li>ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>– заключение.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная, перечень элементов.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p>	<p>доцент кафедры менеджмента Чистякова Н. О.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Мезенцева И. Л.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b> все разделы написаны на русском языке.</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>13.09.2015</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Лэ Ван Хоа		

## Оглавление

Введение.....	8
1. Классификация источников электропитания.....	9
1.1. Источники электропитания с трансформатором .....	9
1.2. Бестрансформаторные источники электропитания .....	10
2. Типовые структурные схемы источников вторичного электропитания.....	11
2.1. Выпрямители .....	11
2.1.1. Выпрямители регулируемые .....	12
2.1.2. Выпрямители однофазного напряжения с ключами переменного тока .....	13
2.2. Сглаживающие фильтры .....	14
3. Тиристор – управляемый выпрямитель .....	15
3.1. Характеристика тиристора .....	15
3.2. Методы защиты схем на тиристорах.....	17
3.2.1. Защита от избыточного тока.....	17
3.2.2. Защита от превышения $dv/dt$ и $di/dt$ .....	18
3.2.3. Защита нагрузки от бросков напряжения .....	19
3.3. Схемы управления тиристорами .....	20
3.3.1. Резистивная схема управления .....	20
3.3.2. Резистивно-емкостная схема управления .....	22
4. Стабилизаторы напряжения и тока .....	23
4.1. Принцип работы ППН .....	24
4.2. Метод стабилизация выходного напряжения.....	26
4.3. Силовой ключ .....	27
4.4. TL494 ШИМ - контроллер.....	28
4.4.1. Характеристики.....	29
4.4.2. Применение .....	29
4.4.3. Структура микросхемы TL494 .....	30

## **Введение**

Широкое внедрение электронных средств во все сферы человеческой деятельности (быт, автоматизированное проектирование и производство, оборонная техника, космос и т.п.) определяет большой объем технических, эксплуатационных и экономических требований как к самим электронным средствам, так и к составляющим их составным узлам и устройствам. Одним из таких устройств, входящих в состав практически всех электронных средств, является источник электропитания. Только правильно спроектированный и сконструированный источник электропитания способен обеспечить нормальную работу электронного средства за все время его жизненного цикла.

Важной задачей при разработке электронных средств является снижение массы и габаритных размеров источников электропитания. Это достигается выбором принципа их действия, схемы, режима работы, элементной базы, конструкции. Конструктивное исполнение ИЭП определяет технологию его изготовления. Таким образом, при создании ИЭП перед разработчиком ставится ряд взаимосвязанных задач, решение которых зависит от знания им особенностей работы ИЭП, путей выбора рациональных схемного и конструктивных исполнений с заданными параметрами для заданных условий эксплуатации. [1]

Актуальность данной работы заключается в том, что одна из тенденций развития электроники – уменьшение габаритных параметров изделий. Планарная технология эту проблему решит.

Целью работы являются изучение принципа работы тиристора и преобразователя постоянного напряжения, создание OrCAD модели источника питания .

Задачи - изучение принципа работы источника питания , создание моделей и анализ его работы в программе OrCAD.

## **1. Классификация источников электропитания**

Источники электропитания электронных средств могут быть классифицированы по следующим основным характеристикам. [1]

1. По виду входной электроэнергии: сеть переменного тока; сеть постоянного тока; сети переменного и постоянного токов.

2. По выходной мощности: малой мощности (до 100 Вт); средней мощности (от 100 Вт до 1 кВт) и большой мощности (свыше 1 кВт)

3. По напряжению на нагрузке: либо напряжение переменного тока либо постоянного тока, или комбинированные.

4. По стабильности выходного напряжения: нестабилизирующие и стабилизирующие.

5. По числу выходов: одноканальные (один выход) и многоканальные (два и более выходов).

6. По способу стабилизации напряжения: непрерывного и импульсного действия.

### **1.1. Источники электропитания с трансформатором**

Классическим блоком питания является трансформаторный БП. Он состоит из понижающего трансформатора или автотрансформатора, у которого первичная обмотка рассчитана на сетевое напряжение. Затем устанавливается выпрямитель, преобразующий переменное напряжение в постоянное .

В схеме могут быть установлены фильтры чтобы стабилизатор напряжения и тока

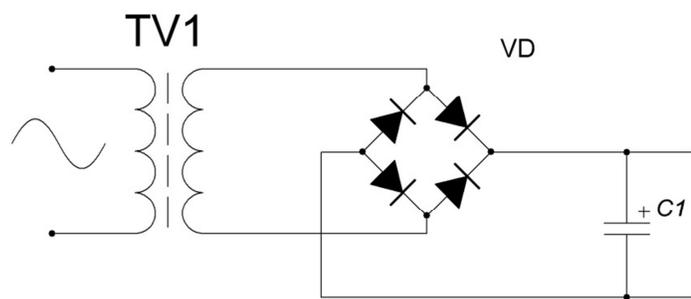


Рис.1. Схема простейшего трансформаторного БП с двухполупериодным выпрямителем

### Достоинства трансформаторных БП

- Высокая надёжность
- Простая конструкция
- Отсутствие создаваемых радиопомех (в отличие от импульсных, создающих помехи за счет гармонических составляющих)

Недостатки трансформаторных блоков питания:

- металлоёмкость;
- невысокий КПД 50-60%
- большой вес и габариты, особенно при большой мощности

### 1.2. Бестрансформаторные источники электропитания

Надёжность источника питания с бестрансформаторным входом прежде всего определяется коэффициентом запаса по допустимому уровню напряжения и тока для силовых элементов схемы (транзисторов, диодов, конденсаторов).

Таблица 1.1

Обозначение	$U_{н}, В$	$I_{н}, А$	$V, Вт/дм^3$	$m, Вт/кг$	КПД	$P, Вт$
УВИП-2-2В-100Н	2	100	15	—	0,45	200
УВИП-2-5В-90А	5	90	33	—	0,73	450
УВИП-2-5В-2А	5	2	27	—	0,7	10
УВИП-2-27В-2А	27	2	36	—	0,82	54
ИВЭП	6	33	58,8	75	0,76	200
ИВЭП	27	66	130	133	0,9	200
БИП 1,0-1	27	37	80	50	0,8	1000
SK5-40/OVP	5	400	96	—	0,7	200
ИВЭП	5,2	300	68,7	65	—	1820

Важным показателем источника питания является его КПД. Чем выше КПД тем меньше количества выделяемого тепла в источнике. Это позволяет уменьшить массу и габариты источника, а также потребление электрической энергии. Из табл. 1.1 показывает, что при небольших мощностях (50-100 Вт) источник питания с бестрансформаторным входом имеет  $КПД < 0,8$  и при низких напряжениях (ниже 27 В)  $КПД > 0,8$ . [12]

## 2. Типовые структурные схемы источников вторичного электропитания

Для преобразования переменного тока в постоянный используются выпрямители. Они составляют один или несколько соединенных определенным образом элементов, которые обладают односторонней проводимостью - вентилей. Переменный ток преобразуется в однополярный или пульсирующий с помощью вентилей. Такой ток одновременно содержит постоянные и переменные составляющие. Сглаживающий фильтр используется для уменьшения переменных составляющих в схему выпрямителя. Выпрямитель со сглаживающим фильтром подключается к сети переменного тока непосредственно.

### 2.1. Выпрямители

Все выпрямители могут быть разделить на две группы: неуправляемые и управляемые. Они характеризуются либо полной мощностью, потребляемой от

входной сети, либо коэффициентом полезного действия...

### **Выпрямители нерегулируемые**

Нерегулируемые выпрямители являются нестабилизирующими функциональными узлами вторичного электропитания - напряжение на их выходе пропорционально напряжению питания и существенным образом зависит от тока нагрузки.

Нерегулируемые выпрямители остаются одним из наиболее распространённых функциональных узлов, так как подавляющая часть цепей питания любой радиоэлектронной аппаратуры потребляет электрическую энергию в виде энергии постоянного тока, а наиболее доступным из первичных источников энергии является промышленная электрическая сеть переменного тока частотой 50 Гц.[3]



Рис.2.1. Структурная схема нерегулируемого выпрямителя

Выпрямители нерегулируемые выполняются на полупроводниковых диодах по структурной схеме, приведенной на рис. 2.1. При этом мощность не может регулироваться.

#### **2.1.1. Выпрямители регулируемые**

Выпрямители регулируемые выполняются на тиристорах. С увеличением фазового угла выходное выпрямленное напряжение уменьшается. Фазовый угол включения тиристоров осуществляется от переменного напряжения входной сети питания. Мощность схемы может быть регулироваться от 0 до 100%.



Рис.2.2. Структура схема регулируемого выпрямителя

В схеме тиристоры одновременно преобразуют переменное напряжение в постоянное и регулируют уровень выходного напряжения.

### 2.1.2. Выпрямители однофазного напряжения с ключами переменного тока

Основные схемы выпрямления однофазного напряжения переменного тока приведены на рис.3: однополупериодная (рис.3.a), двухполупериодная мостовая (рис. 3.в).

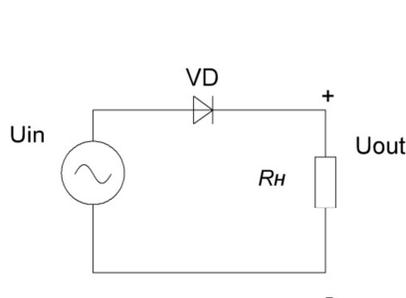


Рис.3.a

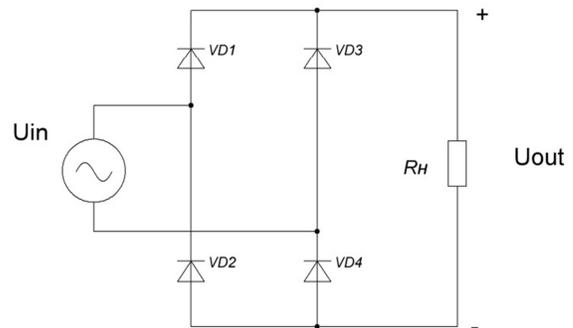


Рис.3.б

Рис.3. Основные электрические схемы выпрямления: однополупериодная (a), двухполупериодная мостовая (в)

#### Однофазная схема однополупериодного выпрямления

В однофазной схеме однополупериодного выпрямления, ток протекает через диод VD когда напряжение падается на диоде положительное.

Такая схема имеет простую конструкцию, минимальное число вентилей и невысокую стоимость.

Однако однополупериодная схема выпрямления тоже имеет большое значение пульсаций выпрямленного напряжения и низкую частоту пульсаций. Одновременно значение обратного напряжения на диоде высокое (в 3,14 раз больше выпрямленного напряжения).

На практике однополупериодный схемы выпрямления часто применяются при малой выходной мощности (порядка 1 ...3 Вт) и низких требованиях к пульсациям выпрямленного напряжения.

### Однофазная мостовая двухполупериодная схема выпрямления

Однофазные мостовые двухполупериодные схемы выпрямления (см. рис.3.в) выполняются на четырех диодах, включенных по мостовой схеме.

По сравнению с однополупериодной схемой мостовая схема имеет более высокий КПД, уровень пульсаций меньше в 2 раза.

Схемы имеют большое число диодов, поэтому это приводит к снижению ее КПД и увеличению стоимости; При установке всех четырех диодов на общем радиаторе должны ставить электроизоляции.[4]

### 2.2. Сглаживающие фильтры

Для уменьшения переменных составляющих (пульсаций) выпрямленного напряжения сглаживающий фильтр включается между выпрямителем и нагрузкой. Это фильтр состоит из индуктивных элементов - дросселей и из емкостных элементов конденсаторов.

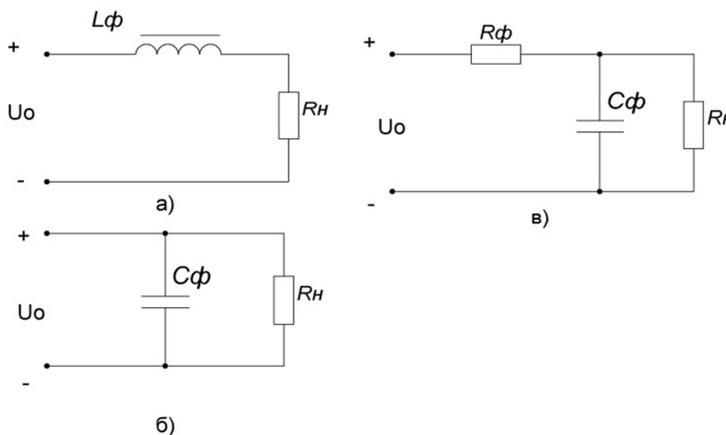


Рис.4. Схема сглаживающих фильтров : Индуктивного(а), емкостного(б), активно-

Индуктивный фильтр имеет малые потери мощности. При работе коэффициент сглаживания фильтра повышается с увеличением индуктивности дросселя, числа фаз питающего напряжения и с уменьшением сопротивления нагрузки.

Емкостный сглаживающий фильтр (рис.4,б) состоит из конденсатора Сф. Заряд и разряд конденсатора фильтра происходит с частотой пульсации  $f_p$  выпрямленного напряжения.

### **3. Тиристор – управляемый выпрямитель**

#### **3.1. Характеристика тиристора**

Тиристор - это четырехслойный прибор с тремя p-n переходами, а именно J1, J2, J3. Когда тиристор включена в прямом направлении, p-n переходы J1 и J3 смещены в прямом направлении, то есть находятся в открытом состоянии. Переход J2 смещен в обратном направлении и находится в закрытом состоянии. Электрический ток от анода к катоду в этом случае не протекает. Структура и характеристики тиристора изображены на рис. 5.

Если напряжение на тиристоре увеличивается свыше  $V_{pb}$  (напряжение пробоя в прямом направлении), переход J2 из-за инжекции в него неосновных носителей переходит в прямое смещение. Тиристор переключается в режим проводимости. Напряжение на тиристоре не дает до величины 1 В, а остальное приложенное напряжение падает на резисторе, включенном в анодную цепь.

Когда анод тиристора подключен к отрицательной клемме батареи, а катод к положительной, p-n переходы J1 и J3 смещены в обратном направлении, а p-n переход J2 смещен в прямом направлении. В этом случае ток от катода к аноду не протекает. Тиристор ток не проводит. Эквивалентная схема тиристора при обратном смещении может быть представлена двумя последовательно включенными диодами. Следовательно, характеристика

обратно смещенного тиристора похожа на характеристику обратно смещенного диода.

Процесс перехода тиристора из закрытого состояния в открытое называется включением. Процесс перехода тиристора из открытого состояния в закрытое называется выключением.

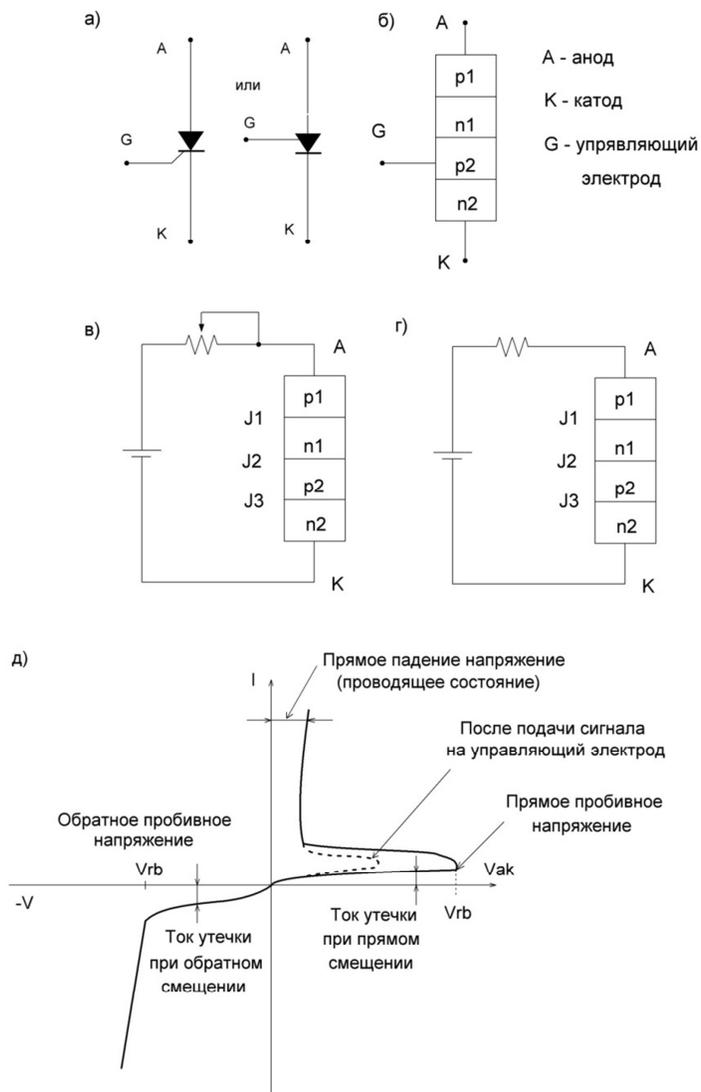


Рис.5.а) Символическое обозначение тиристора, б) Структура тиристора, в) Схема прямого включения тиристора, г) Схема обратного включения тиристора, д) Вольт – амперные характеристики тиристора.

Когда на тиристор подано обратное напряжение, ток в цепи управляющего электрода недопустим. В этом случае p-n переходы J1 и J3

смешены в обратном направлении, а р-п переход J2 смещен в прямом направлении. Если же через управляющий электрод протекает ток, р-п-переход J3 смещен в прямом направлении. Следовательно, приложенное к тиристорному напряжению полностью падает на р-п переходе J1. Тогда вследствие лавинного пробоя р-п переход J1 начинает проводить ток. Тиристор переходит в проводящее состояние. Но обратно смещенный тиристор не должен находиться в проводящем состоянии, следовательно, в этом случае наличие тока в управляющем электроде недопустимо.

### **Различия между транзистором и тиристором**

Транзистор работает как управляемый ключ. Он находится в проводящем состоянии до тех пор, пока через область базы протекает ток от внешнего источника. Напротив, через транзистор ток не протекает в отсутствие тока базы. В случае использования тиристора как управляемого ключа необходимо обеспечить от внешнего источника только импульс тока в цепи управляющего электрода, чтобы он перешел во включенное состояние. Запирается тиристор при уменьшении протекающего через него тока меньше порогового, то есть он является самозапирающимся устройством.

### **3.2. Методы защиты схем на тиристорах**

Для надежного функционирования электрических цепей с тиристорами особенно важна их защита. Основными методами защиты цепей являются защита от избыточного тока и защита от избыточного напряжения.

#### **3.2.1. Защита от избыточного тока**

Защита от избыточного тока схемы по выходной цепи и избыточного напряжения по входной цепи (приведена на рис.6.а) обеспечивается с помощью плавких предохранителей. При превышении избыточного тока срабатывает плавкий предохранитель и разрывает выходную цепь. Для защиты от избыточного напряжения по входу используется тиратрон. Тиратрон является

нелинейным резистором. Он обладает очень высоким сопротивлением при номинальном напряжении. Когда во входной цепи возникает скачок напряжения, тиратрон включается и переходит в состояние с низким сопротивлением, срабатывает плавкий предохранитель по входу. Превышение допустимого напряжения на трансформаторе, тиристоре и нагрузке не происходит.

### **3.2.2. Защита от превышения $dv/dt$ и $di/dt$**

Тиристоры также необходима защита от превышения  $dv/dt$  и  $di/dt$ . Защита от превышения  $di/dt$  осуществляется за счет включения малой индуктивности последовательно с тиристором. Защита от превышения  $dv/dt$  осуществляется с помощью демпфирующей последовательно  $R_d C_d$  цепи. На рис.6.б видно, что если тиристорный ключ замыкается без демпфирующей цепи вследствие переходного процесса, через тиристор могут протекать большие импульсные токи.

При наличии демпфирующей цепи импульсные токи протекают через емкости  $C_d$ , обладающую низким реактивным сопротивлением в течение нестационарного процесса. Последовательно сопротивление  $R_d$  ограничивает величину импульсного тока. Таким образом, демпфирующая цепь работает как ограничитель скорости нарастания напряжения  $di/dt$  на тиристоре.[5]

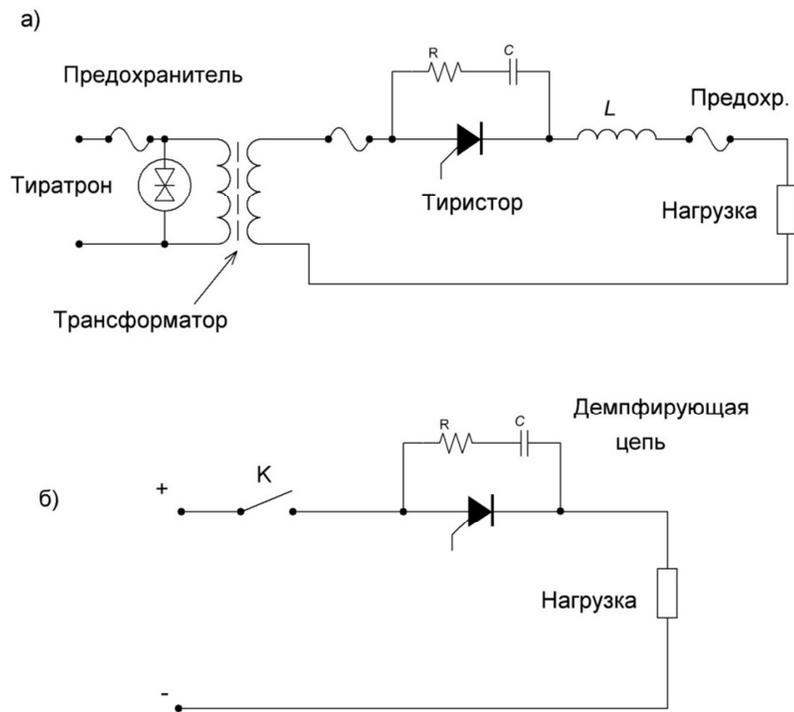


Рис.6. а) Схема защиты с использованием тиристора  
 б) Тиристор с демпфирующей цепью

### 3.2.3. Защита нагрузки от бросков напряжения

Тиристор, подключенный параллельно источнику питания, так показано на рис. 7, называется шунтирующим тиристором. При нормальном режиме работы падение напряжения на резисторе  $R$  за счет протекающего через него тока недостаточно для срабатывания управляющей цепи тиристора. При превышении входного напряжения и увеличении номинального тока нагрузки падение напряжения на сопротивлении  $R$  становится достаточным для срабатывания управляющей цепи, тиристор включается в результате срабатывания плавкий предохранитель. Таким образом, тиристор с управляющей цепью защищают нагрузку от избыточного тока при бросках напряжения во входной цепи.

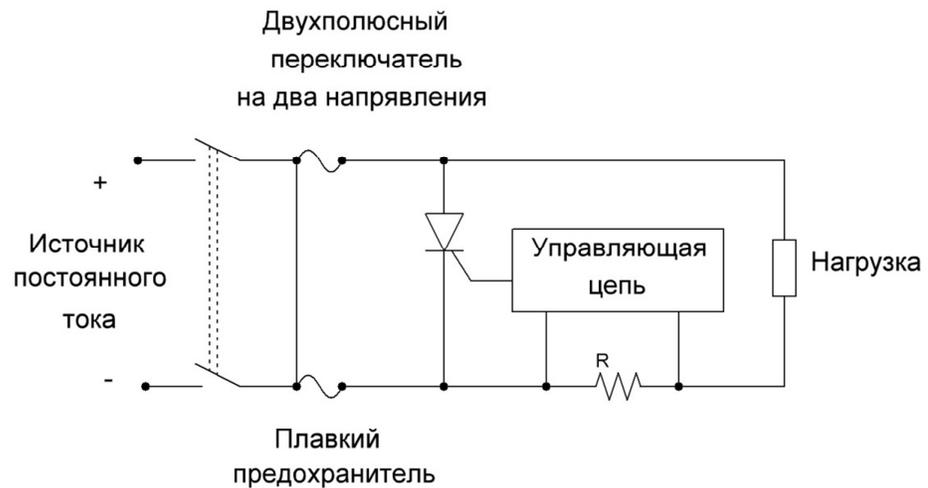


Рис.7. Защита от бросков напряжения

### 3.3. Схемы управления тиристорами

Электрическая цепь, которая создает положительный ток в цепи управляющего электрода тиристора, называется схемой управления тиристором. Основные схемы управления, применяемые для тиристора, следующие:

- 1) Резистивная схема управления;
- 2) Резистивно-емкостная схема управления;

#### 3.3.1. Резистивная схема управления

Схема однополупериодного выпрямителя с резистивной схемой управления приведена на рис. 8.1.

При положительном полупериоде напряжения на источнике  $V_s$  тиристор запускается с задержкой на угол  $\alpha$ . Тиристор находится в состоянии проводимости в диапазоне углов от  $\alpha$  до  $\pi$ . В течение отрицательного полупериода на тиристоре присутствует обратное напряжение, и он не проводит. В следующем положительном полупериоде тиристор запускается при значении угла  $(2 \cdot \pi + \alpha)$ . Тиристор находится в состоянии проводимости при

значении углов от  $(2 \cdot \pi + \alpha)$  до  $3 \cdot \pi$ . Положительное напряжение на нагрузке присутствует в моменты времени открытого состояния тиристора. Из схемы, показанного на рис.8.1а. следует, что:

$$I = \frac{V_s}{R_L + R + R_G};$$

$$V_G = I \cdot R_G;$$

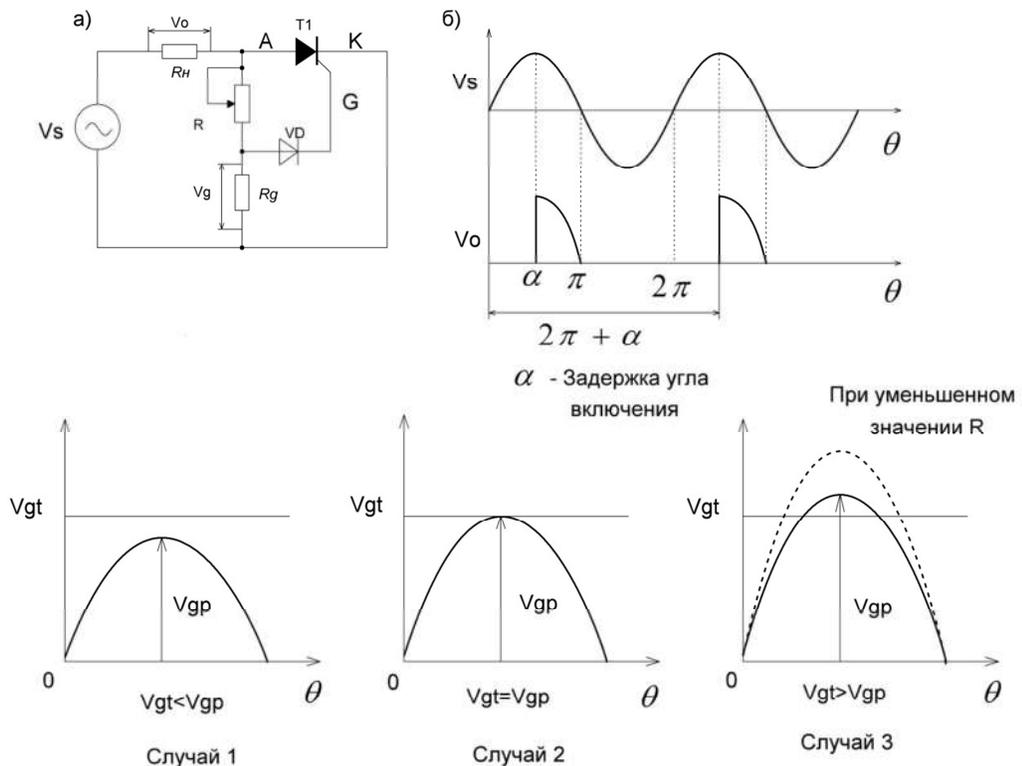


Рис.8. а) Тиристорная схема управления; б) Форма сигнала

Здесь  $V_{GT}$  минимальное напряжение включения на управляющем электроде  $V_{GP}$  пиковое значение  $V_G$ .

Ток через резистор  $R_g$  может изменяться при изменении резистора  $R$ . Если величина резистора  $R$  большая, напряжение  $V_g$  мало (случай 1),  $V_{gp} < V_g$ , и тиристор не может включиться. Если резистор  $R$  имеет величину такую, что  $V_{gp} = V_g$  (случай II), тиристор включается при  $\alpha = 90^\circ$ . При дальнейшем уменьшении резистора  $R$  увеличивается  $V_g$  и уменьшается угол  $\alpha$ . Поэтому

тиристор открывается раньше (случай III). Величина угла  $\alpha$  может регулироваться за счет изменения резистора R. Величина угла включения тиристора может изменяться  $\alpha$  пределах от 0 до  $90^\circ$ . Диод пропускает на управляющий электрод только положительное напряжение. В течение отрицательного полупериода диод блокирует отрицательное напряжение на управляющем электроде.

### 3.3.2. Резистивно-емкостная схема управления

Резистивно-емкостная схема управления изображена на рис.9.а. Рассмотрим векторную диаграмму RC-цепи, изображенной на рис.9.б. Из рисунка видно, что емкостное напряжение отстает по фазе от напряжения питания на угол  $\theta_1$ . Значение угла  $\theta_1$  может регулироваться путем изменения резистора R. В течение положительного полупериода напряжения источника  $V_s$ , ток протекает через R и C. При  $\theta = \alpha$  значение  $V_c$  достигает значения  $V_{gt}$ , тиристор включается и находится во включенном состоянии в диапазоне углов от  $\alpha$  до  $\pi$ . При  $\theta = \pi$  тиристор выключается.

В течение отрицательного полупериода тиристор смещен в обратном направлении и ток не протекает. Емкостное напряжение отрицательное, и ток через диод не протекает.

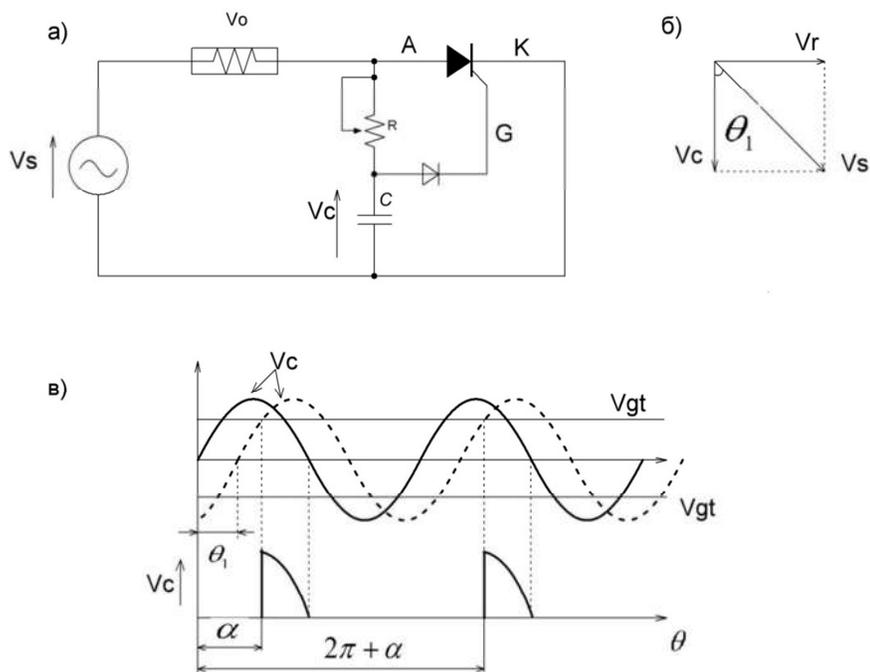


Рис.9.а) Резистивно- емкостная схема управления, б) Векторная диаграмма RC-цепи, в) Форма напряжения на резистивной нагрузке

Величина угла включения тиристора может измениться в зависимости от величины  $R$ . В RC-цепи величина угла включения зависит от произведения  $RC$ . Следовательно угол включения тиристора может регулироваться также за счет изменения  $C$ . При изменении только величины резистора  $R$  угол включения тиристора может варьироваться в диапазоне от  $0$  до  $90^\circ$ . При изменении величины емкости  $C$  угол включения может дополнительно варьироваться еще на  $90^\circ$ . Следовательно, полный диапазон управления углом включения тиристора лежит в пределах от  $0$  до  $180^\circ$ .

#### 4. Стабилизаторы напряжения и тока

Напряжение источников входной электроэнергии переменного или постоянного тока имеют широкие пределы изменения номинала. В процессе работы ток изменяется. Поэтому для обеспечения стабильности напряжения и тока, источник питания часто содержит стабилизаторы.

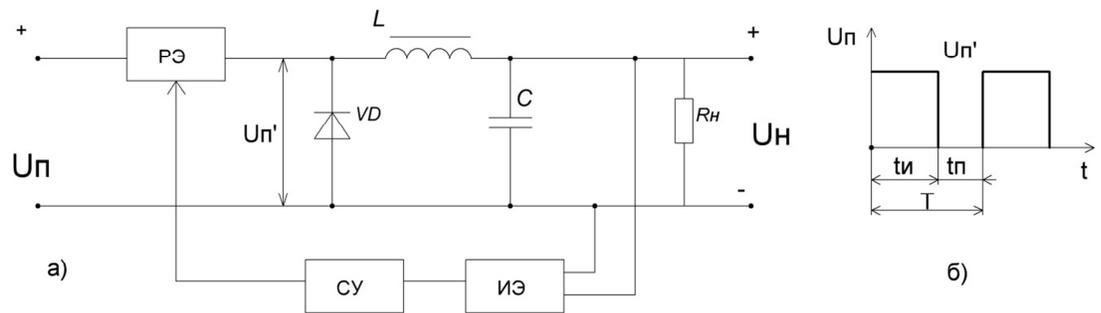


Рис.10. Структурная схема импульсного последовательного стабилизатора(понижающего типа)

Структура понижающего ППН приведена на рис. 10.а. В схеме дроссель фильтра  $L$  и регулирующий элемент РЭ включаются последовательно с нагрузкой  $R_n$ . В качестве РЭ используется либо биполярный транзистор либо полевый транзистор.

Для напряжения внутри преобразователей характерны импульсы в форме меандра, прямоугольные импульсы с регулируемой длительностью, полученные методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ), а также комбинация таких импульсов. Импульсы тока являются в основном треугольными и трапецеидальными.

#### 4.1. Принцип работы ППН

В начальный момент  $t_0$  времени  $t$  переключатель  $S$  соединен с контактом  $A$  и состояние преобразователя определяется схемой замещения, представленной на рис. 11.б. Поскольку на интервале  $t_{0+} \leq t \leq t_{1-}$  напряжение  $V_s$  питания больше выходного напряжения  $V_0$ , ток  $I_a$  через дроссель  $L$  при этом растет, достигая максимального значения в момент  $t_1$  когда переключатель  $S$  перейдет в положение  $B$  (рис.11.в). Далее напряжение на дросселе  $L$  изменяет свою полярность и, как следствие, на интервале  $t_{1+} \leq t \leq (t_1+t_2)_-$  ток через дроссель уменьшается. Возможные режимы работы схемы определяются характером изменения тока  $i_L$  на интервале его уменьшения. В конце интервала

ток  $i_L$  может быть или положительным и равным  $I_a$ , или равным нулю. В первом случае к началу следующего периода работы в дросселе остается некоторая энергия, а во втором — эта энергия равна нулю. Отсюда определяются и сами режимы работы. Ток через дроссель отличен от нуля в течение всего цикла переключения.

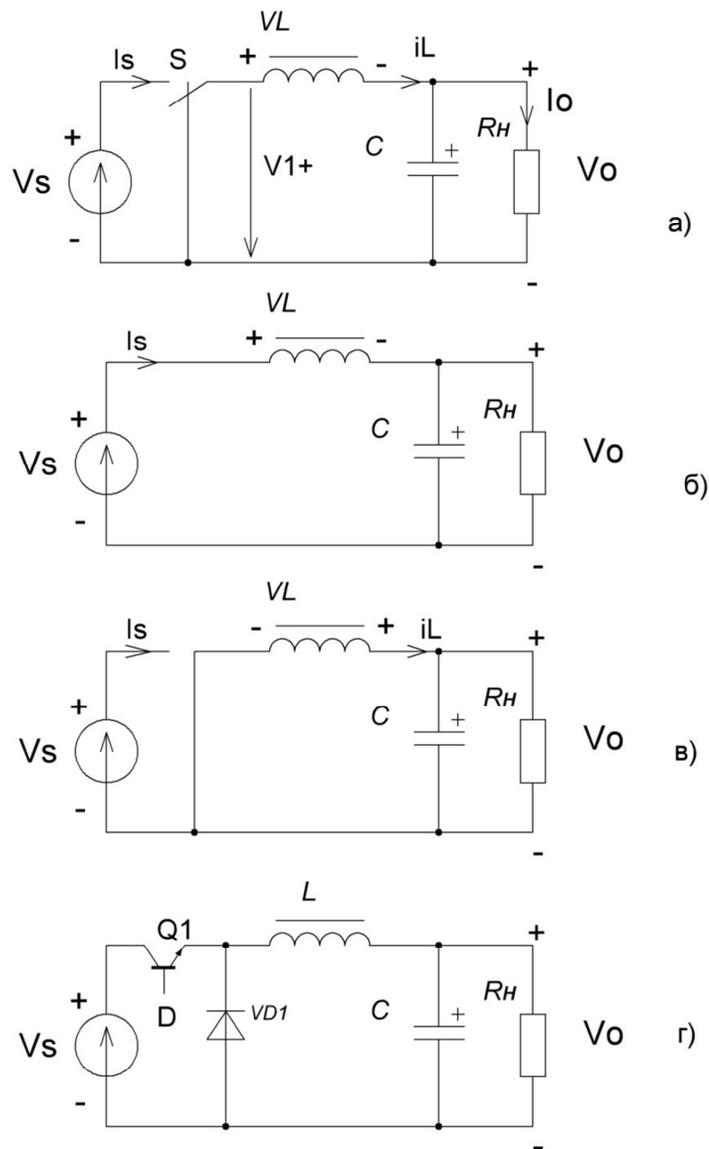


Рис.11. Схемы замещения преобразователя ППН

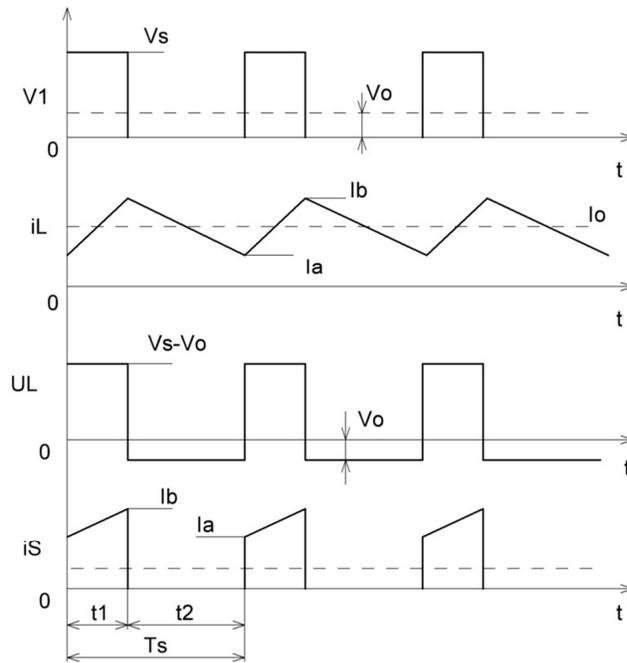


Рис.12. Основные диаграммы токов и напряжений в схеме ППН для режима непрерывного потока.

#### 4.2. Метод стабилизация выходного напряжения.

В зависимости от способа стабилизации выходного напряжения импульсные стабилизаторы могут быть разделены на 3 типа: широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ).

Если частота не изменяется, а длительность импульса не постоянна, т. е. используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Структурная схема ШИМ-контроллера с управлением по напряжению приведена на рис.13.

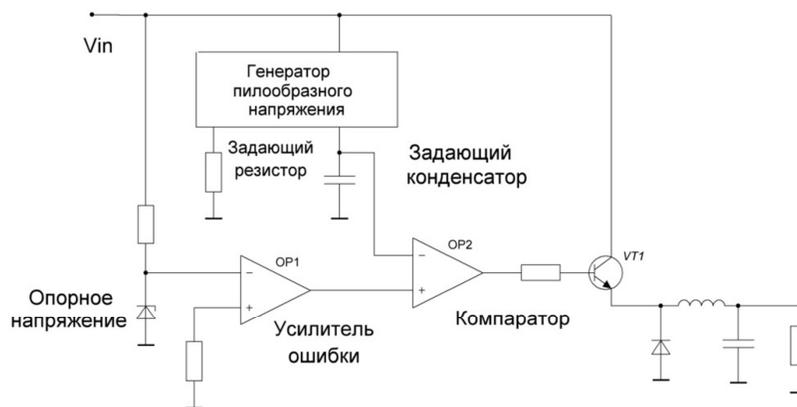


Рис.13. ШИМ-контроллер с управлением по напряжению

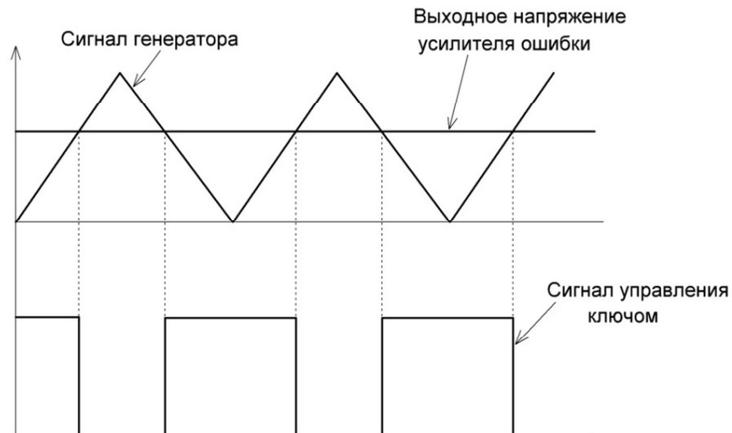


Рис.14. Формирование напряжения, управляющего выходным транзисторным ключом преобразователя.

Из рис.14 видно, что если напряжение ГПН меньше чем выходное напряжение усилителя ошибки, то ключ открывается (замыкается) и обратно.

### 4.3. Силовой ключ

Биполярный транзистор — это полупроводниковый прибор, изготовленный в виде трехслойной полупроводниковой структуры, образующей два близко расположенных р-п перехода. Транзистор имеет три ввода, которые называются «эмиттер», «база» и «коллектор». Принцип работы транзистора можно объяснить с помощью рис.15.а. Здесь:

$$I_E = I_B + I_C$$

В схеме включения транзистора с общей базой вывод базы используется как общий для входа и выхода. Коэффициент усиления потока в этом случае  $\alpha = I_C / I_B$ . Это значение приблизительно равно 1. В схеме включения транзистора с общим эмиттером вывод эмиттера используется как общий для входа и выхода. Коэффициент усиления по току в этом случае  $\alpha = I_C / I_B$ . Его характерное значение находится в интервале 10...250.[5]

Выходную характеристику транзистора можно снять с помощью схемы показанной на рис.15.б. При заданном базовом токе можно снять зависимость

выходного тока от напряжения. Точно так же можно снять семейство выходных характеристик при различных базовых токах. На рис.15.б можно заметить что ток через коллекторный переход в области отсечки весьма незначителен. В области насыщения напряжение на транзисторе очень низкое — типичное значение 0,1...1 В. Это режим включенного состояния.

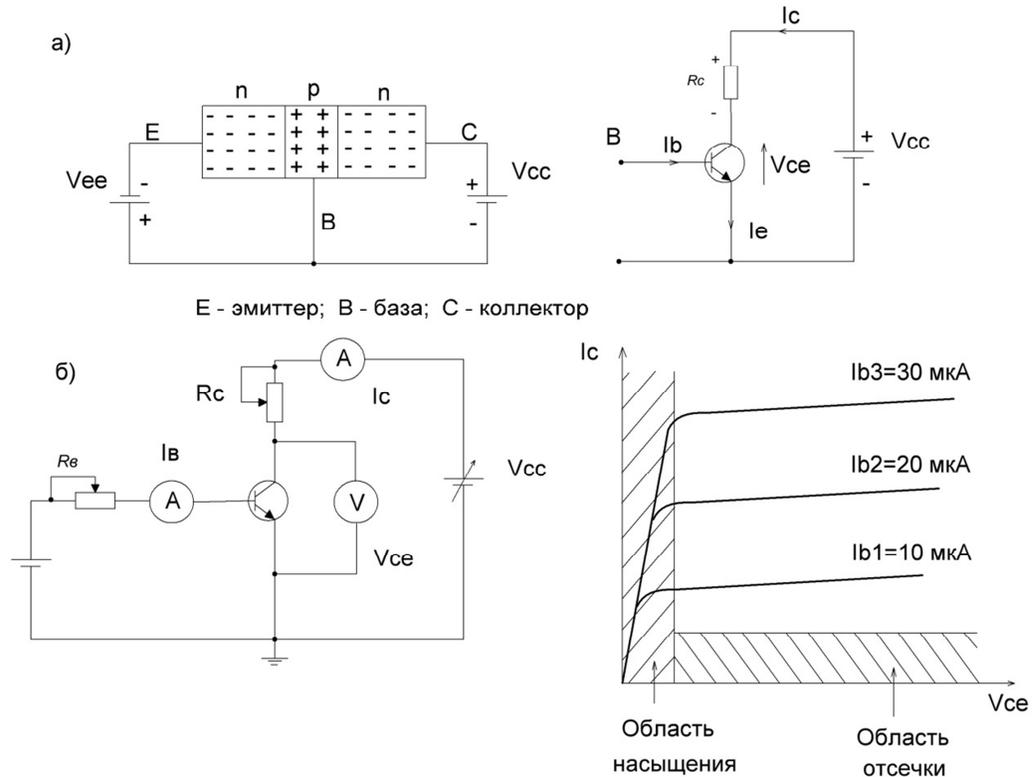


Рис.15. а) Биполярный транзистор, б) Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора.

Если через базовый переход ток отсутствует, транзистор не проводит и  $V_{CE} = V_{CC}$ . Таким образом, транзистор работает как управляемый ключ. Когда транзистор насыщен, он работает как открытый ключ, а когда он находится в области отсечки, он работает как разомкнутый ключ.

Если на базу подать импульс тока, транзисторный ключ открывается. В отсутствие импульса тока на базе транзисторный ключ разомкнут. Знание принципа работы транзисторного ключа необходимо для глубокого изучения схем силовой электроники.

#### 4.4. TL494 ШИМ - контроллер

Микросхемы TL494 состоит из усилителя ошибки, встроенного регулируемого генератора, компаратора регулировки короткого («мертвого») времени, триггера управления. Выходной каскад микросхем TL494 работает в однотактном или двухтактном режиме с возможностью выбора режима с помощью специального входа.

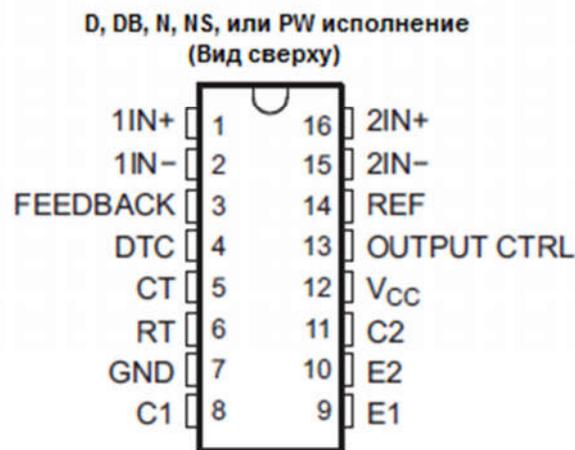


Рис.16. Микросхема TL494

#### 4.4.1. Характеристики

- Готовый ШИМ — контроллер
- Недействующие выводы для 200 мА приемника или источника тока
- Выбор однотактного или двухтактного режима работы
- Внутренняя схема запрещает двойной импульс на выходе
- Изменяемое время задержки обеспечивает контроль всего спектра
- Внутренний регулятор обеспечивает 5 В стабильного напряжения с допуском 5%
- Схема архитектуры позволяет легко синхронизироваться

#### 4.4.2. Применение

- Настольные ПК
- Микроволновые печи
- Источники питания: AC/DC; изолированный; с коррекцией коэффициента мощности; >90 Вт

- Серверы БП
- Солнечные микро-преобразователи
- Стиральные машины классов : Low-End и High-End
- Электровелосипеды
- Источники питания: AC/DC; изолированный; без коррекции коэффициента мощности; <90 Вт
- Датчики дыма
- Солнечные преобразователи

Таб 2.

	Мин.	Макс.	Ед. Изм.
$V_{CC}$ Напряжение питания	7	40	В
$V_I$ Напряжение на входе усилителя	-0,3	$V_{CC} - 2$	В
$V_O$ Напряжение на коллекторе		40	В
Ток коллектора (каждого транзистора)		200	мА
Ток обратной связи		0,3	мА
$f_{OSC}$ Частота генератора	1	300	кГц
$C_T$ Емкость конденсатора генератора	0,47	10000	μF
$R_T$ Сопротивление резистора генератора	1,8	500	кОм
$T_{AT}$ Рабочая температура на открытом воздухе	0	70	°C
	-40	85	°C

#### 4.4.3. Структура микросхемы TL494

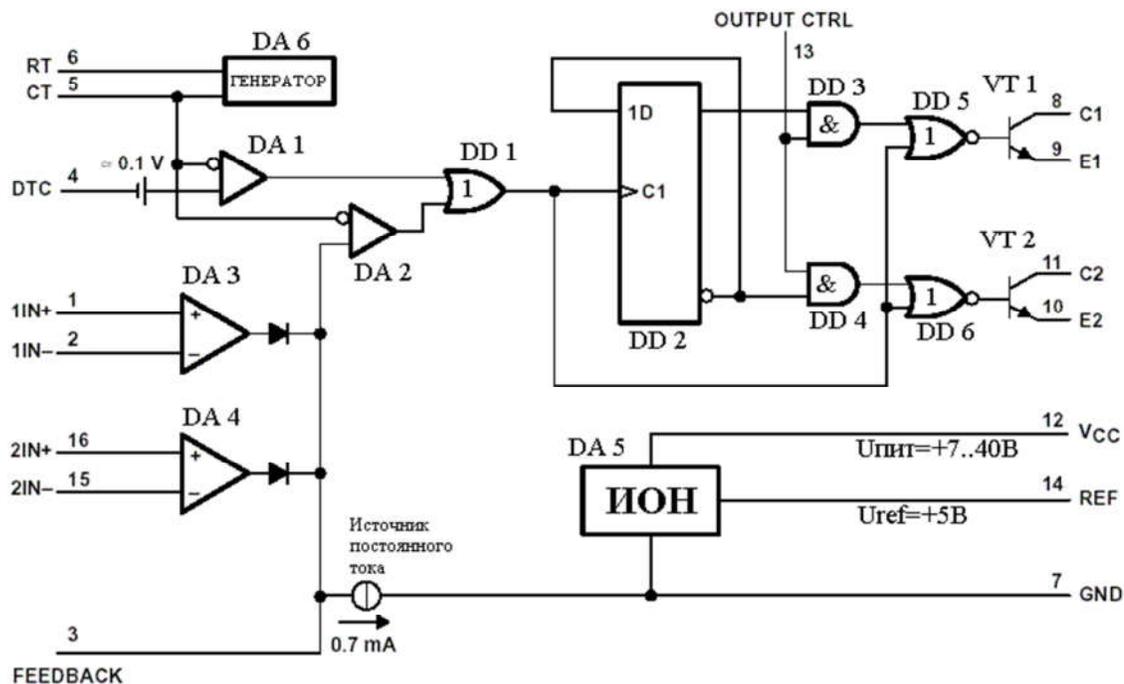


Рис. 17. Структура микросхемы TL494

- DA1: Компаратор "мертвой зоны";
- DA2: Компаратор ШИМ;
- DA3: Усилитель ошибки по напряжению;
- DA4: Усилитель ошибки по сигналу ограничения тока;
- DA5: Источник опорного стабилизированного напряжения ( $U_{ref}=+5B$ ) с внешним выходом (вывод 14);
- DA6: Генератор пилообразного напряжения;
- DA7: Источник постоянного напряжения с номиналом 0.1В;
- DA8: Источник постоянного тока с номиналом 0,7мА.
- Вспомогательные логические элементы DD1 (2-ИЛИ), DD3 (2-ИЛИ), DD4 (2-ИЛИ), DD5 (2-ИЛИ-НЕ), DD6 (2-ИЛИ-НЕ), DD7 (НЕ);
- DD2: Динамический двухтактный D-триггер в режиме деления частоты на 2;

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
"ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ"**

Студенту:

Группа	ФИО
1A22	Лэ Ван Хоа

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чистякова Наталья Олеговна	К.Э.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A22	Лэ Ван Хоа		

## **9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Для того чтобы разработать новый продукт приходится учитывать множество факторов. Хорошее изделие не всегда выходит в серийное производство, т.к. не учитываются различные факторы. Целью экономической части диплома заключается в анализе выполненного устройства с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения продукта, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

## 9.1. Предпроектный анализ

### 9.1.1 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			

Рис. 1. 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.

## 9.1.2 Анализ конкурентных решений позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. В качестве конкурентов можно выбирать Диамех 2000 (К1) и Томский приборный завод (К2). Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения приведен в таблице 1.

Таблица 1 – оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5	3	1	1	0,6
3. Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
4. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
3. Цена	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	3	4	5	0,24	0,32	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	5	4	0,18	0,3	0,24
6. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
7. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	5	0,24	0,3	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	46	50	47	4,34	4,57	4,09

Изучая полученные результаты можно сказать, что 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.

### 9.1.3 SWOT – анализ

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

Таблица 2 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Простота в эксплуатации. С2. Ремонтопригодность С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие интеллектуального интерфейса. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.
<b>Возможности:</b> В1. Использование современной электроники в создание интеллектуального интерфейса. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	В1С1С3С4С5; В2С1С3С4С5; В3С3С5; В4С3С4С5	В1Сл1Сл3; В2Сл3; В4Сл4
<b>Угрозы:</b> У1. Уменьшение спроса на	Уг1С1С2С5; Уг2С1С2С4С5; Уг3С3С4; Уг4С3С4	Уг1Сл1Сл2Сл3; Уг2Сл1Сл2; Уг4Сл1Сл4

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		
--	--	--

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

## 9.2 Организация и планирование работ

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Таблица 9.1 – Распределение этапов работы

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 90%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%

Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 30% ИП – 90%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 30% И – 100%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Разработка макета устройства	И	И – 100%
Написание программ	И	И – 100%
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	НР – 30% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 90% И – 30%

### 9.3. Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

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

где

$t_{ож\ i}$  – 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.

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют инженер и научный руководитель. Исходя из

полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

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 одном этапе, чел.

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где

$T_{ki}$  — продолжительность одной работы в календарных днях.

$k_{кал}$  —коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где

$T_{кал}$  — количество календарных дней в году (365).

$T_{вых}$  — количество выходных дней в году (52).

$T_{пр}$  — количество праздничных дней в году (15).

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1.22$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу.

Используя таблицу можно построить календарный план-график выполнения работ.

Таблица 9.2 – График трудоемкости ресурсов

Название работы	Исполнитель	Продолжительность работ (дни)			Длительность работ			
		$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{ож i}$	$T_{pi}$		$T_{ki}$	
					НР	Ин	НР	Ин
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	5	3,2	3,2	-	3,90	3,90
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	2,31	2,31
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	17	12,8	6,4	6,4	7,80	7,80
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	0,9	0,9	1,09	1,09
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2	6	3,6	1,8	1,8	2,19	2,19
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	10	6,4	3,2	3,2	3,90	3,90
Расчет принципиальной схемы устройства	И	7	12	9	-	9		10,98
Разработка макета устройства	И	4	10	6,4	-	6,4	7,80	7,80
Написание программ	И	3	12	6,6	-	6,6	8,05	8,05

Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2	8	4,4	2,2	2,2	2,68	2,68
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1	2	1,4	-	1,4		1,70
Оформление материала	И	5	20	11	-	11		13,42
Подведение итогов	НР, И	1	3	1,4	0,7	0,7	0,85	0,85

Таблица 9.3 – Календарный план график

Название работы	Исполнитель	$T_{ki}$	Продолжительность выполнения работ																	
			февраль			март			апрель			май			июнь			июль		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3,90	▣																	
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2,31	▣																	
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7,80	▣	▣	▣															
Разработка календарного плана	НР, И	1,09				▣														
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2,19					▣													
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	3,90					▣													
Расчет принципиальной схемы устройства	И	10,98						▣												
Разработка макета устройства	И	7,80									▣									
Написание программ	И	8,05												▣						

Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2,68			 			
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1,70			 			
Оформление материала	И	13,42						
Подведение итогов	НР, И	0,85						



—инженер.



руководитель.

## 9.4 Расчет затрат

### 9.4.1 Расчет затрат на создание прототипа.

Материальные расходы - это расходы на покупку сырья и материалов для изготовления товаров. В свою очередь в материальные расходы входят: сырье, материалы, тара, упаковка и т.д.

В состав материальных затрат дипломного проекта входят такие элементы как:

- сырье
- материалы
- покупные материалы ( микросхемы)
- комплектующие (резисторы, конденсаторы и др.)

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^Q C_i \cdot N_{расхi}$$

где

$Q$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении диплома;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении диплома(шт., кг, м и т.д.);

$C_i$  –цена приобретенной единицы -го вида (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. При помощи формулы заполняется таблица затрат на материалы.

В следующей таблице приведена цена на все необходимые компоненты для создания рабочего проекта.

Таблица 9.4 – Сравнение затрат

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы	
			Пост. 1	Пост.2	Пост. 1	Пост.2
Транзисторы	шт.	1	20	15	20	15
Тиристор	шт.	1	8	5,5	8	5,5
Печатная плата	шт.	1	100	120	100	120
Микросхема	шт.	1	30	24	30	24
Диоды	шт.	5	4,20	3,50	21	17,5
Конденсаторы	шт.	5	15	10	75	50
Резисторы	шт.	19	5	3	80	57
Бумага для принтера	упаков.	1	150	120	150	120
Припой	метр.	1	15	17	15	17
Дроссель	шт.	1	80	60	80	60
Предохранители	шт.	1	9	8	9	8
Итого					588	494

Из полученной таблицы видно, что итоговые затраты немного отличаются для поставщика 1 и 2.

### 9.4.2 Расчет затрат на электроэнергию

Для реализации дипломного проекта необходимо оборудование, которое позволяет протестировать, отладить готовую разработку. На кафедре есть все необходимое оборудование, поэтому нет необходимости рассчитывать затраты на покупку оборудования. Надо лишь рассчитать затраты на электричество.

Используемое оборудование:

- Осциллограф
- Вольтметр
- Источник питания
- Персональный компьютер

Также необходимо рассчитать затраты на освещение.

Для расчета используется следующая формула:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot C_{э} \cdot t_{об}$$

где

$\mathcal{E}_{об}$  – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудование (руб.);

$P_{об}$  – потребляемая мощность оборудования (Вт);

$C_{э}$  – тарифная цена (кВт/ч);

$t_{об}$  – время работы оборудования (ч.).

Время работы оборудования вычисляется исходя из календарного плана и учитывая 8-часовой рабочий день. Затраты по электроэнергии заносятся в таблицу

Таблица 9.5 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	Время работы $t_{об}$ (ч.)	Потребляемая мощность $P_{об}$ (кВт.)	тарифная цен $C_э$ (кВт/ч);	Затраты $Э_{об}$ (руб.)
Осциллограф	61.2	0,06	4.3	15.79
Вольтметр	61.2	0,02		5.27
Источник питания	61.2	0,04		10.53
Персональный компьютер	231	0,12		119.20
Итого:	414.6	0,24		150.79

Итоговые затраты на электроэнергию составляют:

$$Э_{общ} = 150.79 \text{ руб.}$$

#### 9.4.3 Расчет затрат на основную заработную плату

Расходы на оплату труда относятся: начисления денежных средств сотрудникам предприятия. Данные расходы определяются по тарифным ставкам, по уровню образования сотрудника, по характеру сложности выполняемой работы, по географическому положению предприятия.

Для начала необходимо рассчитать основную заработную плату:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

где

$З_{осн}$  — основная заработная плата (руб.);

$З_{дн}$  — среднедневная заработная плата работника;

$T_p$  — продолжительность работ, выполняемая работником.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_m}$$

где

$З_m$  — 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;

$F_M$  – действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дн.

Таб 9.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52+14=66	119+14=133
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48+24=72	24+20=44
Действительный годовой фонд рабочего времени	228	189

Месячный должностной оклад работника рассчитывается исходя из следующей формулы:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где

$Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке (руб.);

$k_{пр}$  –премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  –коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,3);

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

Все полученные данные заносятся в таблицу.

Таблица 9.7 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Разряд	$k_T$	$Z_{ТС}$ руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ руб.	$Z_{дн}$ руб.	$T_p$	$Z_{осн}$ руб.
Научный руководитель	17	3,51	23261,86	0	0,2	1,3	36288,5	1655,26	10	16552,6
Инженер	2	1,04	6595,7	0,3	0,2	1,3	12861,62	762,17	90	68595,3
Итого										85147,9

#### 9.4.4 Расчет дополнительно заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается в случае отклонений норм труда:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где

$k_{доп}$  – дополнительный коэффициент заработной платы (0,12–0,15).

Для инженера дополнительная заработная плата составила:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 85147,9 = 12772,19 \text{ руб.}$$

#### 9.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данном разделе учитываются обязательные взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, а также медицинского страхования. Данные расходы рассчитываются по следующей формуле:

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

где

$k_{внеб}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

$$k_{внеб} = k_{пен.ф.} + k_{соц.стр.} + k_{мед.стр.}$$

где

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

$k_{\text{соц.стр.}}$  — коэффициент социального страхования (2,9);

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

Отсюда получаем:

$$k_{\text{внеб}} = 0,3$$

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

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

Таблица 9.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Статья расходов	Стоимость (Ист. 2) руб.	Стоимость (Ист. 1) руб.
Материальные затраты	588	494
Затраты на электроэнергию	150,79	150,79
Затраты на основную заработную плату	85147,9	85147,9
Затраты на дополнительную заработную плату	12772,19	12772,19
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	20750,91	20750,91
Итого	119409,79	119315,79

В итоге общие затраты на реализацию научного проекта составило:

$$C_{\text{общ } 1} = 119409,79 \text{ руб}$$

$$C_{\text{общ } 2} = 119315,79 \text{ руб}$$

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

## 9.5 Оценка эффективности проекта

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

- Показатель финансовой эффективности
- Показатель ресурсоэффективности.

Показатель финансовой рассчитывается по следующей формуле:

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

где

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

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

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

Таблица 9.9 – Интегральный финансовый показатель

Параметр	$\Phi_{pi}$ руб.	$\Phi_{\text{max}}$ руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнитель 1	119409,79	248725	0,48
Исполнитель 2	119315,79		0,479

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 следующую таблицу.

Таблица 9.10 – Ресурсоэффективность

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 исполнения;

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

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

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

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

$I_{\text{исп.}2} = 14,09$  интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}} = 0,79$$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу

Таблица 9.11 – Параметры сравнительного анализа

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,48	0,479
Интегральный показатель ресурсоэффективности	5,35	6,75
Интегральный показатель эффективности вариантов	11,14	14,09
Сравнительная эффективность	0,79	

Видно что сравнительная эффективность  $\mathcal{E}_{\text{ср.}}$  меньше единицы, это говорит о том, что второй вариант исполнения разработки более эффективен с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности. Поэтому для создания прототипа выбирается именно он.

### Вывод

В данном разделе были рассчитаны основные показатели на каждом этапе проектирования, рассмотрены эффективности выполненного продукта с точки зрения финансовой и ресурсной эффективности.