



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет»
Филиал Учреждения образования «Брестский государственный
технический университет" Политехнический колледж

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
по учебной работе
_____ С.В. Маркина

«__» _____ 2017 г.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения домашних контрольных работ
для учащихся специальности

2-39 02 32 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

_____ **заочная**
(форма обучения)

Составила: М.О. Храпунова, преподаватель Филиала БрГТУ
Политехнический колледж.

Методические указания разработаны на основании типовой учебной программы «Источники питания радиоэлектронных устройств», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 18.12.2008 г.

Методические указания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин

Протокол № _____ от «_____» _____ 2017 г.

Председатель цикловой комиссии _____ Л.П. Бойко

Содержание

Пояснительная записка	4
1 Тематический план	5
2 Требования к выполнению и оформлению домашней контрольной работы.....	6
3 Программа дисциплины	8
4 Список используемых источников.....	14
5 Задания для домашней контрольной работы.....	15
6 Методические указания по выполнению практических заданий.....	23
7 Критерии оценки домашней контрольной работы.....	37
Приложение А Форма титульного листа для домашней контрольной работы	38

Пояснительная записка

Цель изучения учебной дисциплины «Источники питания радиоэлектронных устройств» - формирование знаний по устройству, принципам работы и основным характеристикам и параметрам, области применения источников электропитания и их экспериментальных исследований.

Современный выпускник колледжа должен представлять элементную базу источников электропитания, понимать принцип работы их отдельных функциональных узлов по структурным и принципиальным электрическим схемам.

Успешное усвоение учебного материала базируется на знаниях, приобретенных при изучении теоретических основ электротехники, электроники и микроэлектроники, электрорадиоэлементов и устройств функциональной электроники.

В результате изучения дисциплины учащиеся должны:

знать на уровне представления:

- современное состояние и перспективы развития источников питания;
- особенности организации производства источников электропитания;

знать на уровне понимания:

- устройство, принцип действия, характеристики и параметры, области применения первичных и вторичных источников электропитания и их функциональных узлов;

- способы защиты источников питания от перегрузок и помех;

- особенности конструкции современных источников питания;

- преимущества и недостатки источников питания радиоэлектронных устройств;

уметь:

- осуществлять расчет параметров отдельных функциональных узлов и всего устройства питания;

- выбирать элементную базу источников питания;

- собирать схемы и осуществлять исследование источников вторичного электропитания;

- анализировать работу источников питания по структурным, функциональным и принципиальным схемам.

Основная форма изучения курса – самостоятельная работа учащегося над рекомендуемой учебной литературой.

Учебный материал нужно изучать по учебнику в определенной последовательности, начиная с первой темы, конспектируя основные понятия. Особое внимание следует уделить вопросам для самопроверки, а также разбору решений типовых примеров, помещенных в учебнике и настоящем пособии.

Для закрепления теоретического материала и приобретения практических навыков и умений программой предусмотрено выполнение ряда практических и лабораторных работ.

Проверка знаний, умений и навыков учащихся заочной формы обучения производится выполнением ими домашней контрольной работы и сдачей экзамена.

Методические указания имеют цель оказать помощь учащимся в выполнении домашней контрольной работы и сдачи экзамена.

1 Тематический план

Раздел, тема		Количество часов		
		Всего	В том числе	
	на лабора- торные работы		на практи- ческие работы	
	Введение	2		
	Раздел 1. Трансформаторы	4		
1.1.	Однофазные трансформаторы	2		
1.2.	Трехфазные трансформаторы. Автотрансформаторы. Многообмоточные трансформаторы	2		
	Раздел 2. Выпрямители с активной и реактивной нагрузкой	14	4	
2.1.	Неуправляемые и управляемые полупроводниковые вентили	2		
2.2.	Выпрямители с активной нагрузкой	4	2	
2.3.	Выпрямители с емкостной нагрузкой	2		
2.4.	Выпрямители с индуктивной и смешанной нагрузкой	4	2	
2.5.	Управляемые выпрямители на тиристорах	2		
	Раздел 3. Сглаживающие фильтры	10	2	4
3.1.	Реактивные фильтры	4	2	
3.2.	Активные фильтры	6		4
	Раздел 4. Стабилизаторы напряжения	10	2	2
4.1.	Параметрические стабилизаторы	2		
4.2.	Компенсационные стабилизаторы	6	2	2
4.3.	Импульсные стабилизаторы	1		
4.4.	Стабилизаторы в интегральном исполнении	1		
	Раздел 5. Преобразователи постоянного напряжения	14	2	4
5.1.	Полупроводниковые преобразователи с самовозбуждением	4		2
5.2.	Полупроводниковые преобразователи напряжения с независимым возбуждением	6	2	2
5.3.	Преобразователи на тиристорах	2		
5.4.	Преобразователи с бестрансформаторным входом в сетевых источниках электропитания	1		
	<i>Обязательная контрольная работа</i>	1		
	Раздел 6. Устройства непосредственного преобразования различных видов энергии в электрическую энергию постоянного тока	2		
6.1.	Гальванические элементы и аккумуляторы	1		
6.2.	Альтернативные источники питания	1		
	Итого	56	10	10

2 Требования к выполнению и оформлению домашней контрольной работы

Контрольную работу рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Ознакомиться с общими методическими указаниями.
2. Внимательно прочитать содержание программы дисциплины. Подобрать рекомендуемые учебники, техническую и справочную литературу.
3. Изучить постепенно материал каждой темы задания; закрепить изучаемый материал разбором методики расчета основных функциональных узлов (выпрямителей, сглаживающих фильтров и трансформаторов) источников вторичного электропитания РЭУ, приведенной в учебниках и в данных методических указаниях.
4. Если учащийся не может самостоятельно разобраться в каком-либо вопросе, то следует обратиться за консультацией в колледж согласно графику индивидуальных консультаций.
5. Вариант контрольного задания для каждого учащегося индивидуальный. Номер варианта определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 2506, выполняет вариант 06. Номера теоретических вопросов, на которые нужно дать ответ и практических заданий, которые необходимо решить, приведены в таблице 1.
6. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4. Листы должны быть пронумерованы для возможности ссылки на них преподавателя.
7. Работа должна быть выполнена одним из следующих способов:
 - машинописным, шрифт не менее 2,5мм, лентой только черного цвета (полужирная);
 - рукописным – чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать чётко чёрной тушью;
 - с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004–88). В соответствии с ГОСТ 2.004–88 и СТО ТУПК 001-2017 текст набирается шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14, интервал одинарный.
8. Контрольная работа включает: титульный лист; содержание; основную часть; список использованных источников.
9. Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с Приложением А.
10. Текстовая часть домашней контрольной работы оформляется в соответствии со Стандартом организации СТО ТУПК 001 – 2017.
11. Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Каждое задание начинать с нового листа. Условие каждого задания должно быть приведено полностью.
12. Ответы на вопросы контрольной работы должны быть полными, четкими, технически грамотными. Они должны показывать умение учащегося анализировать и обобщать изучаемый материал. Ответы рекомендуется иллюстрировать соответствующими рисунками, схемами, таблицами и т. д., выполненными карандашом, с использованием чертежных инструментов, соблюдая масштаб и ГОСТ. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

13. При выполнении расчетных заданий учащимся необходимо: полностью записывать текст задания своего варианта в соответствии с исходными данными; при расчетах сначала записывать пояснения, формулу (в общем виде), затем подставлять в нее числовые значения; единицы измерений величин записывать только в окончательном результате вычислений.
14. В конце контрольной работы обязательно привести список использованных источников, поставить дату выполнения работы и личную подпись учащегося.
15. Необходимо оставлять чистые страницы для замечаний рецензента и для итоговой рецензии.
16. Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом, либо в папку-скоросшиватель, либо листы работы могут быть скреплены с помощью степлера или ниток.
17. Контрольная работа, выполненная и оформленная в соответствии с настоящими указаниями и данными соответствующего варианта, высылается или сдается в колледж для проверки своевременно, в соответствии с учебным графиком. Контрольные работы, выполненные с нарушениями данных рекомендаций и требований, а также выполненные не в полном объеме или не по своему варианту, не рецензируются. Неаккуратное выполнение контрольной работы, несоблюдение принятой размерности и плохое выполнение чертежей и схем могут послужить причиной возвращения ее для исправления.
18. Получив контрольную работу после проверки, учащийся должен проанализировать все имеющиеся замечания рецензента и соответственно внести необходимые исправления и дополнения. Если работа не зачтена, то учащийся дорабатывает ее в соответствии с рекомендациями преподавателя. Доработка производится в той же контрольной работе после рецензии преподавателя.
19. Учащиеся, не имеющие зачета по домашней контрольной работе, к экзамену не допускаются.

Таблица 1 – Таблица вариантов

Вариант	Номера вопросов	Номер задачи	Вариант	Номера вопросов	Номер задачи	Вариант	Номера вопросов	Номер задачи
01.	1,29,11	1	35.	21,42,55	5	69.	15,36,56	9
02.	2,30,12	2	36.	22,35,45	6	70.	16,37,57	10
03.	3,31,25	3	37.	26,33,46	7	71.	17,38,9	11
04.	4,32,28	4	38.	27,34,44	8	72.	20,39,51	12
05.	5,18,47	5	39.	1,23,48	9	73.	21,40,52	13
06.	6,19,48	6	40.	2,24,49	10	74.	1,18,28	14
07.	7,23,49	7	41.	3,29,50	11	75.	2,19,47	15
08.	8,24,50	8	42.	4,30,11	12	76.	3,23,48	16
09.	10,36,9	9	43.	5,31,12	13	77.	4,24,49	17
10.	13,37,51	10	44.	6,32,25	14	78.	5,29,50	18
11.	14,38,52	11	45.	7,18,28	15	79.	6,30,11	19
12.	15,39,53	12	46.	8,19,47	16	80.	7,31,12	20
13.	16,40,54	13	47.	10,42,55	17	81.	8,32,25	21
14.	17,41,55	14	48.	13,43,56	18	82.	10,40,52	22
15.	20,42,56	15	49.	14,36,57	19	83.	13,41,53	23
16.	21,43,57	16	50.	15,37,9	20	84.	14,42,54	24
17.	22,33,44	17	51.	16,38,51	21	85.	15,43,55	25
18.	26,34,45	18	52.	17,39,52	22	86.	16,36,56	26
19.	27,35,46	19	53.	20,40,53	23	87.	17,37,57	27
20.	1,24,49	20	54.	21,41,54	24	88.	20,38,9	28
21.	2,29,50	21	55.	22,34,46	25	89.	21,39,51	29
22.	3,30,11	22	56.	26,35,44	26	90.	5,10,43	30
23.	4,31,12	23	57.	27,33,45	27	91.	13,40,48	1
24.	5,32,25	24	58.	1,19,47	28	92.	14,41,49	2
25.	6,18,28	25	59.	2,23,48	29	93.	15,42,50	3
26.	7,19,47	26	60.	3,24,49	30	94.	16,43,53	4
27.	8,23,48	27	61.	4,29,50	1	95.	17,44,54	5
28.	10,43,56	28	62.	5,30,11	2	96.	20,45,52	6
29.	13,36,57	29	63.	6,31,12	3	97.	21,46,56	7
30.	14,37,9	30	64.	7,32,25	4	98.	22,47,51	8
31.	15,38,51	1	65.	8,18,28	5	99.	26,36,55	9
32.	16,39,52	2	66.	10,41,53	6	00.	27,37,57	10
33.	17,40,53	3	67.	13,42,54	7			
34.	20,41,54	4	68.	14,43,55	8			

3 Программа дисциплины

Введение

Цели, задачи и предмет дисциплины. Связь его с другими учебными предметами.

Классификация систем электропитания. Структурные схемы источников вторичного электропитания (ИВЭП) с трансформаторным и бестрансформаторным входами. Особенности структуры ИВЭП, работающих от автономных источников постоянного тока.

РАЗДЕЛ 1. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Тема 1.1. Однофазные трансформаторы

Классификация однофазных трансформаторов, их назначение и принцип действия.

Конструкция трансформатора. Потери энергии в трансформаторе. Коэффициент полезного действия однофазного трансформатора.

Тема 1.2. Трехфазные трансформаторы. Автотрансформаторы. Многообмоточные трансформаторы

Особенности конструкции и соединения обмоток трехфазного трансформатора и автотрансформатора. Работа трансформаторов в цепях выпрямления.

Особенности конструкции и работы многообмоточных трансформаторов.

Особенности работы трансформаторов в источнике вторичного электропитания с бестрансформаторным входом.

Конструкции трансформаторов в микроэлектронной аппаратуре.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите структурные схемы нерегулируемых выпрямителей.
2. Приведите структурные схемы регулируемых выпрямителей.
3. Приведите структурные схемы ИВЭП с бестрансформаторным входом.
4. Приведите структурные схемы ИВЭП, работающих от автономных источников постоянного тока.
5. Опишите особенности конструкции трансформаторов и приведите их классификацию.
6. Опишите принцип действия однофазного трансформатора.
7. Перечислите и охарактеризуйте режимы работы трансформатора.
8. Опишите потери энергии в трансформаторе и его КПД.
9. Приведите формулу для определения КПД трансформатора.
10. Укажите особенности конструкции и объясните принцип работы трехфазных трансформаторов.
11. Укажите особенности конструкции и объясните принцип работы автотрансформаторов.
12. Укажите особенности работы трансформаторов в ИВЭП.

РАЗДЕЛ 2. ВЫПРЯМИТЕЛИ С АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Тема 2.1. Неуправляемые и управляемые полупроводниковые вентили

Основные свойства, характеристики и параметры неуправляемых и управляемых полупроводниковых вентилей. Области их применения.

Тема 2.2. Выпрямители с активной нагрузкой

Однофазные однополупериодные выпрямители с активной нагрузкой. Их структурные схемы и принцип работы.

Однофазная мостовая схема выпрямителя.

Двухфазные двухполупериодные выпрямители с нулевым выводом: структурная схема и принцип работы.

Трехфазная однополупериодная и мостовая схемы выпрямителей.

Принцип работы выпрямителей, их основные параметры, достоинства и недостатки.

Тема 2.3. Выпрямители с емкостной нагрузкой

Однополупериодные и двухполупериодные выпрямители с емкостной нагрузкой. Их структурная схема и принцип работы.

Схемы выпрямителей с умножением напряжения. Работа таких выпрямителей.

Тема 2.4. Выпрямители с индуктивной и смешанной нагрузкой

Однофазная и трехфазная схемы выпрямителей с индуктивной нагрузкой. Работа выпрямителей, их достоинства, недостатки и применение.

Однофазная однополупериодная схема выпрямителя, нагруженного аккумуляторной батареей, и его принцип работы.

Работа выпрямителя на смешанную нагрузку.

Тема 2.5. Управляемые выпрямители на тиристорах

Однофазные, двухфазные, трехфазные схемы управляемых выпрямителей. Принцип работы управляемых выпрямителей, их основные параметры, достоинства и недостатки, область применения.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите назначение, принцип действия, основные параметры и условное обозначение полупроводниковых неуправляемых вентиляей.

2. Укажите назначение, принцип действия, основные параметры и условное обозначение полупроводниковых управляемых вентиляей.

3. Приведите однофазные схемы выпрямления, опишите их принцип работы, достоинства и недостатки.

4. Приведите трехфазные схемы выпрямления, опишите их принцип работы, достоинства и недостатки.

5. Охарактеризуйте особенности параллельного и последовательного соединения диодов.

6. Объясните принцип работы схемы выпрямления на нагрузку с емкостной реакцией.

7. Объясните принцип умножения напряжения и приведите типовые схемы умножения напряжения.

8. Опишите особенности работы схем выпрямления на индуктивную, смешанную нагрузки и встречную ЭДС.

9. Объясните принцип работы схем управляемых выпрямителей.

РАЗДЕЛ 3. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Тема 3.1. Реактивные фильтры

Требования, предъявляемые к реактивным фильтрам.

Принцип работы емкостных, индуктивных, индуктивно-емкостных, резистивно-емкостных фильтров.

Фильтры с резонансными контурами.

Достоинства и недостатки фильтров и их применение.

Тема 3.2. Активные фильтры

Транзисторные схемы активных сглаживающих фильтров. Активные фильтры на интегральных микросхемах. Принцип работы, характеристики, параметры, достоинства и недостатки активных сглаживающих фильтров.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите виды сглаживающих фильтров. Дайте определение понятию «коэффициент фильтрации».

2. Объясните принцип работы C- и L-фильтров. Перечислите их достоинства и недостатки.

3. Объясните принцип действия RC- и LC-фильтров. Перечислите их достоинства и недостатки.

4. Объясните принцип работы фильтров с резонансными контурами.

5. Охарактеризуйте транзисторные сглаживающие фильтры.

РАЗДЕЛ 4. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Тема 4.1. Параметрические стабилизаторы

Параметры, определяющие качество работы стабилизаторов, и их характеристики.

Принцип действия и особенности конструкции параметрических стабилизаторов постоянного и переменного напряжения.

Достоинства и недостатки параметрических стабилизаторов. Область их применения.

Тема 4.2. Компенсационные стабилизаторы

Структурные схемы стабилизаторов компенсационного типа. Принцип действия стабилизаторов напряжения с последовательным и параллельным включением регулирующего элемента.

Достоинства и недостатки компенсационных стабилизаторов.

Защита стабилизаторов компенсационного типа от перегрузок по напряжению и току.

Тема 4.3. Импульсные стабилизаторы

Импульсные стабилизаторы напряжения с последовательным и параллельным включением регулирующего элемента.

Структурные схемы импульсного стабилизатора напряжения.

Принцип работы стабилизаторов с широтно-импульсной и частотно-импульсной модуляцией.

Тема 4.4. Стабилизаторы в интегральном исполнении

Методы и средства изготовления интегральных стабилизаторов напряжения. Схемотехника стабилизаторов в интегральном исполнении. Основные характеристики и параметры интегральных стабилизаторов, выпускаемых промышленностью. Защита стабилизаторов от коротких замыканий и перегрузок.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите классификацию стабилизаторов напряжения и тока.
2. Объясните принцип действия параметрических стабилизаторов постоянного напряжения. Укажите их достоинства и недостатки.
3. Приведите структурные схемы стабилизаторов напряжения компенсационного типа.
4. Охарактеризуйте стабилизаторы напряжения с двумя регулирующими элементами. Опишите способы выполнения регулирующего элемента.
5. Приведите структурную схему импульсного стабилизатора напряжения.
6. Объясните принцип работы стабилизаторов с ШИМ, ЧИМ, релейных.
7. Опишите стабилизаторы напряжения в интегральном исполнении.
8. Нарисуйте структурные схемы стабилизаторов напряжения на тиристорах. Перечислите их достоинства и недостатки.
9. Опишите стабилизаторы переменного напряжения с различными регулирующими элементами: с дросселями насыщения, магнитными усилителями, трансформаторами и автотрансформаторами с подмагничиванием, тиристорами.
10. Объясните построение структурных схем включения элементов защиты стабилизированных источников питания.
11. Опишите, как осуществляется защита от перегрузок и токов короткого замыкания стабилизаторов напряжения и тока.

РАЗДЕЛ 5. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Тема 5.1. Полупроводниковые преобразователи с самовозбуждением

Виды преобразователей постоянного напряжения.

Структурная схема преобразователей с самовозбуждением.

Принцип работы одноктных и двухтактных преобразователей напряжения. Защита преобразователей от перенапряжений. Область применения преобразователей с самовозбуждением.

Тема 5.2. Полупроводниковые преобразователи напряжения с независимым возбуждением

Структурная схема преобразователя напряжения с независимым возбуждением.

Принцип работы преобразователей, выполненных по двухтактной и мостовой схемам усилителя мощности.

Область применения преобразователей напряжения с независимым возбуждением.

Тема 5.3. Преобразователи на тиристорах

Структурные и принципиальные схемы преобразователей на тиристорах. Принцип их работы. Область применения.

Тема 5.4. Стабилизирующие преобразователи постоянного напряжения

Структурные схемы стабилизирующих преобразователей напряжения. Их устройство и конструкция. Схемы электрические принципиальные и принцип действия. Достоинства и недостатки стабилизирующих преобразователей напряжения.

Тема 5.5. Преобразователи с бестрансформаторным входом в сетевых источниках электропитания

Функциональные схемы ИВЭП с бестрансформаторным входом на основе полумостового преобразователя, одноключевых импульсных регуляторов с трансформаторной связью.

Требования к элементной базе преобразователей.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите классификацию преобразователей постоянного напряжения. Нарисуйте структурную схему преобразователя с самовозбуждением.
2. Объясните принцип работы одноктных и двухтактных преобразователей напряжения.
3. Опишите защиту преобразователей от перенапряжений.
4. Нарисуйте структурную схему преобразователя напряжения с независимым возбуждением.
5. Объясните принцип работы преобразователей, выполненных по двухтактной и мостовой схемам усилителя мощности.
6. Опишите регулируемые преобразователи напряжения.

7. Нарисуйте структурные схемы преобразователей напряжения на тиристорах. Объясните принцип их работы и области применения.

8. Нарисуйте структурные схемы стабилизирующих преобразователей напряжения. Опишите их устройство и конструкцию.

9. Объясните принцип действия стабилизирующих преобразователей напряжения.

10. Приведите функциональные схемы ИВЭП с бестрансформаторным входом.

РАЗДЕЛ 6. УСТРОЙСТВА НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ В ЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Тема 6.1. Гальванические элементы и аккумуляторы

Типы гальванических элементов и аккумуляторов, их конструкции, основные параметры, преимущества и недостатки.

Тема 6.2. Альтернативные источники питания

Конструкция, принцип работы, основные параметры термоэлектрических генераторов, топливных элементов, солнечных и атомных батарей, водяных, воздушных, биологических и ультразвуковых источников первичного электропитания.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите типы, опишите конструкции и основные параметры гальванических элементов и аккумуляторов.

2. Охарактеризуйте альтернативные источники питания: термоэлектрические генераторы, солнечные батареи и объясните принцип их работы.

3. Опишите перспективы развития ИП.

4 Список используемых источников

[1] Артамонов, Б.И. Источники электропитания радиоустройств / Б.И. Артамонов, А.А. Бокуняев. М., 1982.

[2] Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие / Е. Н. Гейтенко. М., 2008.

[3] Грумбина, А.Б. Электрические машины и источники питания радиоэлектронных устройств / А.Б. Грумбина. М., 1990.

[4] Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / под ред. Г.С. Найвельта. М., 1985.

[5] Троян, Ф.Д. Вторичные источники питания / Ф.Д. Троян, Н.С. Образцов. Мн., 2007.

5 Задания для домашней контрольной работы

5.1 Теоретические вопросы

Раздел 1. Трансформаторы

1. Дайте определение понятию «трансформатор». Поясните назначение, классификацию, принцип действия трансформатора. Опишите конструкцию трансформатора. Приведите параметры, характеризующие работу трансформатора: ЭДС обмоток, коэффициент трансформации, уравнение ЭДС, уравнение токов, зависимость токов в первичной обмотке от токов во вторичной обмотке.

2. Дайте определение понятию «трансформатор». Опишите устройство и объясните принцип действия однофазного двухобмоточного трансформатора. Приведите схему и основные расчетные соотношения параметров трансформатора при его работе на нагрузку. Дайте определение понятию «внешняя характеристика трансформатора». Приведите примеры внешних характеристик трансформатора для различных по характеру нагрузок и проанализируйте их.

3. Дайте определение понятию «трансформатор». Поясните назначение, классификацию, принцип действия трансформаторов. Опишите конструкцию трансформатора. Приведите схему опыта холостого хода и основные расчетные соотношения параметров трансформатора в режиме холостого хода.

4. Дайте определение понятию «трансформатор». Поясните назначение, классификацию, принцип действия трансформаторов. Опишите конструкцию трансформатора. Приведите схему опыта короткого замыкания и основные расчетные соотношения параметров трансформатора в режиме короткого замыкания. Объясните, чем отличается опыт короткого замыкания трансформатора от режима короткого замыкания.

5. Перечислите потери, которые имеют место в процессе работы трансформатора. Охарактеризуйте каждый вид. Объясните, как их определить опытным и расчетным путем. Приведите и проанализируйте формулу для расчета КПД трансформатора, дайте определение всех величин, входящих в нее. Приведите зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки и проанализируйте ее.

6. Приведите схему устройства трехфазного трансформатора. Опишите особенности конструкции и принцип работы трехфазных трансформаторов. Приведите схемы соединения обмоток и значение коэффициента трансформации для них.

7. Дайте определение понятию «автотрансформатор». Опишите, в чем состоит отличие автотрансформатора от двухобмоточного трансформатора. Приведите схему, формулы для определения электрической и электромагнитной мощности, передаваемой от источника электрической энергии в нагрузку, перечислите особенности конструкции и опишите принцип действия повышающего автотрансформатора. Перечислите недостатки автотрансформатора.

8. Дайте определение понятию «автотрансформатор». Опишите, в чем состоит отличие автотрансформатора от двухобмоточного трансформатора. Приведите схему, формулы для определения электрической и электромагнитной

мощности, передаваемой от источника электрической энергии в нагрузку, перечислите особенности конструкции и опишите принцип работы понижающего автотрансформатора. Перечислите недостатки автотрансформатора.

9. Объясните, в каких случаях применяют многообмоточные трансформаторы. Опишите особенности конструкции и приведите схему простейшего вида многообмоточного трансформатора – трехобмоточного трансформатора. Опишите конструкцию его магнитопровода и принцип действия. Объясните особенности его работы: как проявляется взаимовлияние вторичных обмоток многообмоточных трансформаторов.

Раздел 2. Выпрямители с активной и реактивной нагрузками

10. Проведите сравнительную оценку схем выпрямления (с обязательным рисунком описываемой схемы) по главным показателям: габаритной мощности, числу диодов, обратному напряжению на диоде, коэффициенту пульсации выпрямленного напряжения. Дайте рекомендации по применению схем выпрямления в соответствии с заданными параметрами нагрузки.

11. Дайте определение понятию «вентиль». Объясните назначение, принцип действия и вольт-амперную характеристику полупроводниковых неуправляемых вентилях. Перечислите и охарактеризуйте основные параметры выпрямительного диода. Объясните, как выбрать тип диода и опишите различия между германиевыми, кремниевыми и селеновыми неуправляемыми полупроводниковыми вентилями. Опишите, в каких случаях применяется последовательное и параллельное соединение выпрямительных диодов. Приведите практические схемы, которые используются в этих случаях.

12. Дайте определение понятиям «вентиль» и «тиристор». Перечислите основные свойства, характеристики и параметры полупроводниковых управляемых вентилях. Объясните назначение, принцип действия и вольт-амперную характеристику полупроводниковых управляемых вентилях.

13. Нарисуйте однофазную однополупериодную схему выпрямления с активной нагрузкой. Объясните принцип работы. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Перечислите, приведите формулы для вычисления и охарактеризуйте основные параметры схемы: средние значения выпрямленного напряжения и тока нагрузки, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения, действующие значения напряжений и токов в обмотках трансформатора, его габаритная мощность. Укажите достоинства и недостатки схемы.

14. Нарисуйте двухполупериодную (двухфазную) схему выпрямления с нулевым выводом с активной нагрузкой. Объясните принцип работы. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Перечислите, приведите формулы для вычисления и охарактеризуйте основные параметры схемы: средние значения выпрямленного напряжения и тока нагрузки, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения, действующие значения напряжений и токов в обмотках трансформатора, его габаритная мощность. Укажите достоинства и недостатки схемы.

15. Нарисуйте однофазную мостовую схему выпрямления с активной нагрузкой. Объясните принцип работы. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Перечислите, приведите формулы для вычисления и охарактеризуйте основные параметры схемы: средние значения выпрямленного напряжения и тока нагрузки, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения, действующие значения напряжений и токов в обмотках трансформатора, его габаритная мощность. Укажите достоинства и недостатки схемы.

16. Нарисуйте трехфазную однополупериодную схему выпрямления с активной нагрузкой. Объясните принцип работы. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Перечислите, приведите формулы для вычисления и охарактеризуйте основные параметры схемы: средние значения выпрямленного напряжения и тока нагрузки, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения, действующие значения напряжений и токов в обмотках трансформатора, его габаритная мощность. Укажите достоинства и недостатки схемы.

17. Нарисуйте трехфазную мостовую схему выпрямления (схему Ларионова) с активной нагрузкой. Объясните принцип работы. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Перечислите, приведите формулы для вычисления и охарактеризуйте основные параметры схемы: средние значения выпрямленного напряжения и тока нагрузки, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения, действующие значения напряжений и токов в обмотках трансформатора, его габаритная мощность. Укажите достоинства и недостатки схемы.

18. Проанализируйте работу однополупериодной схемы выпрямления на нагрузку емкостного характера. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Объясните влияние включенной емкости на основные параметры выпрямителя: выпрямленное напряжение, коэффициент пульсации, ток выпрямительного диода, обратное напряжение на нем, габаритную мощность трансформатора. Дайте определение понятию «угол отсечки» и поясните, от каких параметров нагрузки и каким образом зависит его значение. Перечислите недостатки выпрямителей, работающих на емкостную нагрузку.

19. Проанализируйте работу двухполупериодной схемы выпрямления на нагрузку емкостного характера. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Объясните влияние включенной емкости на основные параметры выпрямителя: выпрямленное напряжение, коэффициент пульсации, ток выпрямительного диода, обратное напряжение на нем, габаритную мощность трансформатора. Дайте определение понятию «угол отсечки» и поясните, от каких параметров нагрузки и каким образом зависит его значение. Перечислите недостатки выпрямителей, работающих на емкостную нагрузку.

20. Объясните, в чем состоит принцип действия выпрямителей, работающих с умножением напряжения. Проанализируйте работу однофазной несимметричной схемы удвоения напряжения. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Объясните влияние включенных емкостей на основные параметры выпрямителя. Перечислите достоинства и недостатки данной схемы.

21. Объясните, в чем состоит принцип действия выпрямителей, работающих с умножением напряжения. Проанализируйте работу однофазной мостовой схемы с

удвоением напряжения. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Объясните влияние включенных емкостей на основные параметры выпрямителя. Перечислите достоинства и недостатки данной схемы.

22. Приведите схему однофазного однополупериодного выпрямителя нагруженного аккумуляторной батареей. Объясните, в чем состоит принцип работы однополупериодной схемы выпрямления, работающей на встречную ЭДС. Укажите разницу между режимом работы на встречную ЭДС и режимом работы на нагрузку с емкостной реакцией.

23. Проанализируйте работу однофазной схемы выпрямления с индуктивной реакцией нагрузки. Приведите и проанализируйте диаграммы напряжений и токов в схеме. Объясните влияние включенного дросселя на основные параметры выпрямителя. Дайте определение понятию «угол отсечки» и поясните, от каких параметров нагрузки и каким образом зависит его значение. Сравните данную схему со схемой, работающей на активную нагрузку.

24. Проанализируйте работу трехфазной однополупериодной схемы выпрямления на нагрузку индуктивного характера. Приведите и проанализируйте диаграммы токов и напряжений в схеме. Сделайте выводы по работе и сравните выпрямительные схемы, работающие на нагрузку индуктивного характера и на активную нагрузку.

25. Объясните, в чем состоит принцип работы управляемых выпрямителей на тиристорах. Перечислите, какими достоинствами и недостатками обладают управляемые выпрямители на тиристорах. Поясните работу однополупериодного однофазного управляемого выпрямителя. Приведите и проанализируйте его принципиальную схему и диаграммы напряжений и токов в схеме.

26. Объясните, в чем состоит принцип работы управляемого выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Перечислите, какими достоинствами и недостатками обладают управляемые выпрямители на тиристорах. Приведите и проанализируйте его принципиальную схему, работу схемы управления тиристорами и диаграммы напряжений и токов в схеме.

27. Объясните, в чем состоит принцип работы двухполупериодного управляемого выпрямителя. Перечислите, какими достоинствами и недостатками обладают управляемые выпрямители на тиристорах. Приведите и проанализируйте его принципиальную схему, работу схемы управления тиристорами и диаграммы напряжений и токов в схеме.

28. Приведите известные схемотехнические решения многофазных управляемых выпрямителей. Объясните работу управляемого выпрямителя, регулирование напряжения в котором осуществляется на стороне переменного тока.

Раздел 3. Сглаживающие фильтры

29. Дайте определение понятиям «коэффициент пульсации» и «коэффициент сглаживания». Перечислите виды сглаживающих фильтров. Укажите требования, предъявляемые к фильтрам. Приведите схему емкостного фильтра, график изменения напряжения на конденсаторе. Опишите принцип работы емкостного фильтра. Запишите условие соблюдения, которого обеспечивает

сглаживание пульсаций на нагрузке, а также формулу для определения значения емкости фильтра. Укажите достоинства и недостатки емкостного фильтра.

30. Дайте определение понятиям «коэффициент пульсации» и «коэффициент сглаживания». Перечислите виды сглаживающих фильтров. Укажите требования, предъявляемые к фильтрам. Приведите схему индуктивного фильтра. Опишите принцип работы индуктивного фильтра. Запишите условие соблюдения, которого обеспечивает уменьшение пульсаций выпрямленного напряжения, а также формулу для определения значения коэффициента сглаживания данного фильтра. Укажите достоинства и недостатки индуктивного фильтра.

31. Приведите схемы индуктивно-емкостных фильтров и укажите области их применения. Опишите принцип работы LC-фильтров. Приведите формулы для определения коэффициента сглаживания и условие отсутствия резонанса в данных фильтрах. Укажите их достоинства и недостатки.

32. Приведите схемы резистивно-емкостных фильтров и укажите области их применения. Опишите принцип работы RC-фильтров. Приведите формулы для определения коэффициента сглаживания и объясните, как рассчитывают RC-фильтр. Поясните, при каких параметрах нагрузки целесообразно применение RC-фильтра. Укажите их достоинства и недостатки.

33. Охарактеризуйте виды резонансных контуров, используемых в сглаживающих фильтрах. Укажите, как производится расчет данных фильтров. Перечислите достоинства и недостатки соответствующих фильтров. Объясните, в каких случаях рекомендуется применять фильтры с резонансными контурами.

34. Приведите примеры активных фильтров с последовательным включением транзистора и нагрузки. Объясните, как выбрать рабочую точку транзистора для данной схемы. Опишите принцип работы и объясните назначение транзисторов, резисторов и конденсаторов в этих схемах. Перечислите достоинства и недостатки транзисторных фильтров. Укажите случаи, когда их применение ограничено.

35. Приведите примеры активных фильтров с параллельным включением транзистора и нагрузки. Объясните, как выбрать рабочую точку транзистора для данной схемы. Опишите принцип работы и объясните назначение транзисторов, резисторов и конденсаторов в этих схемах. Перечислите достоинства и недостатки транзисторных фильтров. Укажите случаи, когда их применение ограничено.

Раздел 4. Стабилизаторы напряжения и тока

36. Укажите назначение стабилизаторов. Приведите выражения, которыми определяются коэффициенты стабилизации по напряжению и току. Перечислите требования, предъявляемые к стабилизаторам. Приведите структурную схему параметрического стабилизатора. Опишите назначение основных элементов параметрических стабилизаторов. Объясните сущность параметрического метода стабилизации.

37. Укажите назначение стабилизаторов. Приведите выражения, которыми определяются коэффициенты стабилизации по напряжению и току. Опишите принцип действия параметрических стабилизаторов постоянного напряжения.

Перечислите их достоинства и недостатки с указанием путей их преодоления (ответ проиллюстрируйте соответствующими схемами).

38. Укажите назначение стабилизаторов. Приведите требования, предъявляемые к стабилизаторам. Приведите схему и опишите принцип действия параметрического стабилизатора с термокомпенсацией. Перечислите ее недостатки с указанием путей их преодоления (ответ проиллюстрируйте соответствующими схемами).

39. Укажите назначение стабилизаторов. Приведите требования, предъявляемые к стабилизаторам. Приведите схему, опишите принцип действия и изобразите схематично процесс стабилизации параметрического стабилизатора с повышенной нагрузочной способностью. Приведите схему параметрического стабилизатора с регулировкой выходного напряжения и укажите, как произвести расчет, параметров элементов.

40. Укажите назначение стабилизаторов. Приведите выражения, которыми определяются коэффициенты стабилизации по напряжению и току. Приведите структурные схемы стабилизаторов напряжения компенсационного типа. Укажите, назначение основных узлов компенсационных стабилизаторов напряжения и элементы, на которых они выполняются. Объясните, в чем состоит сущность компенсационного метода стабилизации и в чем состоит его принципиальное отличие от параметрического метода (ответ сопроводите структурными схемами).

41. Приведите структурную и принципиальную схемы стабилизатора напряжения на полупроводниковых приборах компенсационного типа с непрерывным регулированием (регулирующий транзистор включен последовательно с нагрузкой). Укажите назначение элементов схемы. Поясните принцип стабилизации напряжения данным стабилизатором.

42. Приведите структурную и принципиальную схемы стабилизатора напряжения на полупроводниковых приборах компенсационного типа с параллельно включенным регулирующим элементом. Укажите назначение элементов схемы. Объясните принцип стабилизации напряжения данным стабилизатором.

43. Объясните, в чем состоит сущность работы импульсного стабилизатора напряжения. Приведите его структурную схему, а также варианты соединения силовых элементов в импульсных стабилизаторах. Укажите назначение основных узлов данного стабилизатора. Объясните, в чем состоит отличие данного стабилизатора от стабилизатора непрерывного действия. Перечислите достоинства и недостатки, которыми обладают импульсные стабилизаторы напряжения.

44. Приведите структурную схему и классификацию импульсных стабилизаторов по способу регулирования. Приведите принципиальную схему, укажите основные её элементы и их назначение, а также проанализируйте работу стабилизатора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Приведите и проанализируйте графики напряжений стабилизатора, работающего в режиме ШИМ.

45. Приведите структурную схему и классификацию импульсных стабилизаторов напряжения по способу регулирования. Приведите принципиальную схему, укажите основные её элементы и их назначение, а также проанализируйте работу стабилизатора с частотно-импульсной модуляцией (ЧИМ).

46. Приведите структурную схему и классификацию импульсных стабилизаторов по способу регулирования. Приведите принципиальную схему, укажите основные её элементы и их назначение, а также проанализируйте работу релейного стабилизатора напряжения. Приведите и проанализируйте графики напряжений и токов в стабилизаторе.

47. Приведите основные схемы, объясните принцип построения и работы, а также области применения стабилизаторов напряжения в интегральном исполнении. Перечислите достоинства и недостатки, которыми обладают данные стабилизаторы напряжения.

Раздел 5. Преобразователи постоянного напряжения

48. Приведите классификацию преобразователей постоянного напряжения, укажите область их применения. Приведите структурную схему преобразователя напряжения с самовозбуждением. Поясните назначение узлов схемы. Приведите принципиальную схему однотактного преобразователя напряжения с самовозбуждением и опишите принцип работы данного преобразователя. Укажите его недостаток и способ его преодоления.

49. Приведите структурную схему преобразователя напряжения с самовозбуждением. Поясните назначение узлов схемы. Приведите принципиальную схему двухтактного преобразователя напряжения, собранного по схеме с общим эмиттером, укажите назначение основных элементов схемы. Объясните принцип его действия. Укажите параметры схемы, которыми определяется крутизна фронтов импульсов и к чему приводит искажение прямоугольной формы импульсов выходного напряжения преобразователя.

50. Приведите структурную схему преобразователя напряжения с независимым возбуждением. Поясните назначение узлов. Приведите принципиальную схему, укажите назначение основных элементов и объясните принцип работы двухтактной схемы усилителя мощности. Перечислите области применения преобразователей с усилителем мощности.

51. Приведите структурную схему преобразователя напряжения с независимым возбуждением. Поясните назначение узлов. Приведите принципиальную схему, укажите назначение основных элементов и объясните принцип работы мостовой схемы усилителя мощности. Перечислите области применения регулируемых преобразователей с усилителем мощности.

52. Проанализируйте схемотехнические решения, положенные в основу регулируемых преобразователей напряжения (преобразователей на тиристорах). Приведите принципиальную схему преобразователя напряжения на тиристорах, укажите назначение основных элементов, объясните принцип работы и области применения.

53. Приведите основы работы сетевых источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом. Перечислите требования, предъявляемые к их элементной базе. Проанализируйте схемотехнические решения, положенные в основу различных вариантов источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом.

Раздел 6. Устройства непосредственного преобразования различных видов энергии в электрическую энергию постоянного тока

54. Перечислите и охарактеризуйте устройства непосредственного преобразования различных видов энергии в электрическую энергию постоянного тока. Дайте определение химическим источникам постоянного тока. Перечислите и охарактеризуйте основные типы гальванических элементов. Приведите их основные технические и эксплуатационные данные и устройство.

55. Перечислите и дайте определение основным параметрам аккумуляторов. Охарактеризуйте существующие типы аккумуляторов, опишите их устройство и перечислите основные технические данные. Объясните, какие типы аккумуляторов наиболее предпочтительны в качестве источников питания радиоаппаратуры.

56. Опишите, как происходит процесс непосредственного преобразования химической энергии в электрическую в топливном элементе. Приведите схему водородно-кислородного топливного элемента и уравнения химических реакций, объясняющие процессы, происходящие в нем. Объясните устройство электрохимического генератора.

57. Опишите конструкцию и принцип действия фотоэлектрических преобразователей (солнечных батарей). Приведите схемы распространенных фотодиодов, объясните принцип их работы, области применения и перспективы развития.

5.2 Практические задания

Задача 1–10. Произвести расчет маломощного однофазного трансформатора. Представить рисунки магнитопроводов и расположения обмоток на гильзе каркаса. Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные	№ задачи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_1, В$	220	115	110	127	115	220	127	110	220	127
$f_c, Гц$	50	400	50	400	50	400	50	400	50	400
$U_2, В$	10	6,3	15	20	17	12,6	25	14	12	9
$I_2, А$	0,5	1,1	0,5	0,6	1,3	1,0	1,6	1,0	0,9	1,2
$T_{окр\ min}, ^\circ C$	-25	-30	-30	-20	-35	-30	-40	-25	-30	-35
$T_{окр\ max}, ^\circ C$	+50	+40	+45	+70	+50	+40	+60	+45	+40	+45
Марка стали	3411	3422	1512	1561	1511	1562	3412	3423	1513	3421
Тип магнитопровода	ОЛ	Ш	ШЛ	ОЛ	ШЛ	Ш	ШЛ	ОЛ	ШЛ	Ш

Схема выпрямителя – мостовая, нагрузка активная. Порядок расчета приведен в [3] с. 311 и данных методических указаниях.

Задача 11-20. Произвести расчет однофазного сетевого выпрямителя и сглаживающего фильтра, начинающего с емкости. Привести схему выпрямителя и фильтра. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Исходные данные	№ задачи									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$U_1, В$	220	127	110	220	127	110	220	127	110	380
$f_c, Гц$	50	400	50	400	50	400	50	400	50	400
$T_{окр\ min}, ^\circ C$	-60	-40	-50	-60	-40	-50	-60	-40	-50	-60
$T_{окр\ max}, ^\circ C$	+60	+60	+70	+80	+50	+60	+70	+70	+80	+90
$U_{0н}, В$	27	9	12	15	24	27	18	36	5	42
$I_0, А$	0,60	0,71	0,52	0,54	0,67	0,58	0,56	0,82	0,64	0,95
К п.н.	1,05	1,00	1,10	1,25	0,95	1,30	0,90	1,15	1,20	1,30
Схема выпрямления	1п	2п	М	2п	М	1п	М	1п	2п	М

Порядок расчета приведен в [3] с. 319 и данных методических указаниях.

Задача 21–30. Произвести расчет и привести схему полупроводникового стабилизатора постоянного напряжения компенсационного типа. Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Исходные данные	№ задачи									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$U_{ВХ}, В$	+15	-19	+12	-15	+20	-27	+22	-23	+25	-16
$\Delta U_{ВХ}, В$	0,7	0,8	1,2	2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	0,6
$U_{ВЫХ\ min}, В$	+6	-10	+6	-9	+10	-7	+11	-12	+13	-8
$U_{ВЫХ\ max}, В$	+10	-15	+9	-12	+15	-13	+16	-17	+19	-14
К ст	490	500	510	520	530	540	550	480	490	500
$E_0, В$	+20	-25	+22	-26	+21	-28	+29	-30	+32	-24
$I_{Н\ max}, А$	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,8	0,9	1,0	1,1

Порядок расчета приведен в [3] с. 336 и данных методических указаниях.

6 Методические указания по выполнению практических заданий

Задача 1-10. Исходными параметрами расчета являются:

- напряжение питающей сети переменного тока $U_1, В$; частота тока сети $f_c, Гц$;

- напряжения на вторичных обмотках $U_2, U_3, \dots, U_N, В$; токи вторичных обмоток $I_2, I_3, \dots, I_N, А$ или $мА$;

- максимальная температура окружающей среды $T_{окр\ max}, ^\circ C$; максимально допустимая температура нагрева трансформатора $T_{т\ max}, ^\circ C$.

Порядок расчета трансформатора.

1. Определение габаритной (потребляемой нагрузкой) мощности $P_r, В \cdot А$:

а) в общем случае и для однофазного мостового выпрямителя

$$P_r = U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_N I_N \quad (1.1)$$

б) в случае однополупериодного выпрямителя

$$P_r = 0,95 U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_N I_N \quad (1.2)$$

в) в случае двухполупериодного выпрямителя с выводом нулевой точки

$$P_r = 1,7 U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_N I_N \quad (1.3)$$

Затем выбирается тип магнитопровода; при этом необходимо учесть следующие рекомендации: при частоте 50 Гц для магнитопроводов используют стали марок 1511, 1512, 1513 и 3411, 3412, 3413 при толщине стальных листов или ленты 0,5 и 0,35 мм.

На основании этих рекомендаций по таблице 5 выбирается магнитопровод трансформатора (марка стали), а затем с учетом P_r определяются необходимые для расчета параметры: B – магнитная индукция, Тл; J – плотность тока, А/мм²; k_o – коэффициент заполнения окна медью обмоток; η – КПД трансформатора. Коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью k_c определяется по таблице 6 в соответствии с выбранным типом магнитопровода.

2. Определение тока первичной обмотки производится в соответствии с выражением

$$I_1 = \frac{P_r}{U_1 \eta \cos \varphi_1}, \quad (1.4)$$

где $\cos \varphi_1$ – коэффициент мощности трансформатора, при активной нагрузке вторичных обмоток $\cos \varphi_2 = 1$; $\cos \varphi_3 = 1$; $\cos \varphi_1 = 0,9$. При реактивном характере нагрузки $\cos \varphi_1$ рассчитывается в соответствии с [4].

Таблица 5 – Рекомендуемые значения B , J , η , k_o при различных марках стали (для проводов марки ПЭЛ, ПЭВ, ПЭТ)

$P_r, В \cdot А$	Индукция B , Тл				J , А/мм ²		η		k_o
	для марок стали								
	50 Гц		400 Гц		50 Гц	400 Гц	50 Гц	400 Гц	
	1511, 1512, 1513	3411, 3412, 3413	1521, 1561, 1562	3421, 3422, 3423					
10	1,10	1,20	1,00	1,15	4,8	7,2	0,85	0,78	0,22
20	1,26	1,40	1,08	1,33	3,9	6,0	0,89	0,83	0,26
40	1,37	1,55	1,13	1,47	3,2	5,0	0,92	0,86	0,28
70	1,39	1,60	1,14	1,51	2,8	4,2	0,94	0,88	0,30
100	1,35	1,60	1,12	1,50	2,5	3,8	0,95	0,90	0,31
200	1,25	1,51	1,02	1,40	2,0	3,1	0,96	0,92	0,32
400	1,13	1,43	0,92	1,30	1,6	2,5	0,97	0,94	0,33
700	1,05	1,35	0,83	1,20	1,3	2,1	0,97	0,95	0,34
1000	1,00	1,30	0,78	1,15	1,2	1,8	0,97	0,95	0,35
2000	0,90	1,20	0,68	1,05	1,1	1,5	0,97	0,95	0,36
4000	0,80	1,10	0,58	0,95	1,0	1,5	0,97	0,95	0,36
7000	0,72	1,02	0,50	0,87	1,0	1,4	0,97	0,95	0,37
10000	0,68	0,97	0,45	0,82	1,0	1,4	0,97	0,95	0,37

Таблица 6 – Рекомендуемые значения k_c

Марка стали	Толщина листа или ленты, мм	k_c для магнитопровода	
		из пластин	ленточного
50 Гц			
1511, 1512, 1513	0,50	0,93	0,97
3411, 3412, 3413	0,35	0,89	0,95
400 Гц			
1521, 1561, 1562	0,20	0,82	0,93
	0,10	–	0,88
3421, 3422, 3423	0,05	–	0,75

3. Определение исходной расчетной величины – произведения $S_C S_0$, см⁴, для выбора типоразмера магнитопровода производится по выражению

$$S_C S_0 = \frac{P_{\Gamma} \cdot 10^2}{1,11 \left(1 + \frac{1}{\eta} \right) f_c B J k_0 k_c} \quad (1.5)$$

По полученному значению $S_C S_0$ из таблицы типоразмеров магнитопроводов (приложение 1 [3]) выбирается магнитопровод трансформатора; при этом необходимо учесть следующие рекомендации.

Для малых мощностей (до 100 – 200 В·А) при напряжениях менее 1 кВ следует отдать предпочтение броневым магнитопроводам (трансформаторам) как ленточным, так и из пластин, поскольку она проста по конструкции и наиболее технологичны.

При мощностях, составляющих несколько сотен вольт-ампер на частоте 50 Гц, наиболее перспективными являются стрержневые трансформаторы с двумя катушками на ленточных магнитопроводах.

Трансформаторы с тороидальными ленточными магнитопроводами целесообразно применять при мощностях до 100 – 200 В·А в тех случаях, когда необходимо минимальное рассеяние или минимальный объем. Имея некоторые преимущества по массогабаритным показателям перед броневыми и стержневыми трансформаторами, тороидальные – менее технологичны. Кроме того, при машинной намотке ограниченный радиус шпули станка вызывает сокращение применяемых типоразмеров тороидальных магнитопроводов, что, в свою очередь, приводит к ухудшению массогабаритных показателей тороидальных трансформаторов [2].

С учетом этих положений и рассчитанного $S_C S_0$ (см. п. 3) по приложению 1 [3] выбирается тип магнитопровода и одновременно определяются следующие данные этого магнитопровода: S_C – активное сечение стержня, см²; a – ширина стержня, мм; b – толщина магнитопровода, мм; c – ширина окна, мм; h – высота окна, мм (рисунк 1).

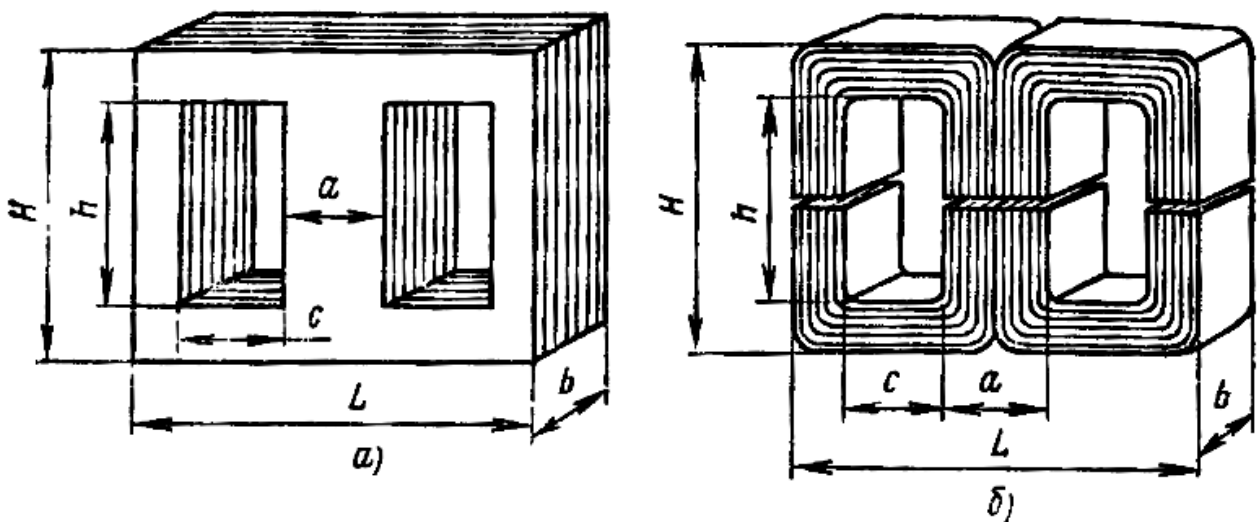
4. Определение числа витков обмоток производится по выражениям

$$\omega_1 = U_1 \left(1 - \frac{\Delta U_{1\%}}{100} \right) \frac{10^4}{4,44 f_c B S_c} \quad (1.6)$$

$$\omega_2 = U_2 \left(1 + \frac{\Delta U_{2\%}}{100} \right) \frac{10^4}{4,44 f_c B S_c}, \quad (1.7)$$

где $\Delta U_{1\%}$ и $\Delta U_{2\%}$ – относительные падения напряжения в обмотках, определяемые по таблице 7.

Примечание. Число витков вторичных обмоток $\omega_3, \omega_4, \dots, \omega_N$ определяется по (1.7) с соответствующими напряжениями этих обмоток: U_3, U_4, \dots, U_N и относительными падениями напряжения в них: $\Delta U_{3\%}, \Delta U_{4\%}, \dots, \Delta U_{N\%}$. Если число витков получилось дробным, принимается ближайшее большее целое число.



а) броневые из штампованных пластин; б) броневые ленточные

Рисунок 1 – Типовые магнитопроводы

Таблица 7 – Рекомендуемые значения $\Delta U_{1\%}$ и $\Delta U_{2\%}$

Частота f_c , Гц	$\Delta U_{\%}$	Габаритная мощность P_r , В·А				
		15–50	50–150	150–300	300–1000	1000–2500
50	$\Delta U_{1\%}$	15–5	5–4	4–3	3–1	–
	$\Delta U_{2\%}$	20–10	10–8	8–6	6–2	–
400	$\Delta U_{1\%}$	8–4	4–1,5	1,5–1	1–0,5	0,5
	$\Delta U_{2\%}$	10–5	5–2	2–1,2	1,2–0,5	0,5

5. Определение сечения провода обмоток, мм^2 , производится по формуле

$$q_{np} = \frac{I}{J}, \quad (1.8)$$

где J – плотность тока в обмотках (таблица 5).

По полученному значению q_{np} в приложении 2 [3] выбираются ближайшее (большее) стандартное сечение и соответствующий ему диаметр каждой из обмоток.

б. Определение возможности размещения обмоток в окне выбранного магнитопровода производится после расчета необходимой ширины окна. С этой целью определяется толщина каждой обмотки трансформатора, для чего:

а) определяется число витков первичной обмотки в одном слое:

$$\omega_{11} = \frac{h - 2\varepsilon_1}{d_1}, \quad (1.9)$$

где h — высота окна магнитопровода (из п. 4), мм;

ε_1 – расстояние обмотки до ярма, обычно $\varepsilon_1 = 2 - 5$ мм;

d_1 – диаметр провода обмотки (из п. 5), мм.

Полученное по (1.9) число ω_{11} округляется до ближайшего меньшего целого значения. В случае применения в броневом трансформаторе листов с одним зазором число витков в одном слое следует вычислять по формуле

$$\omega_{11} \approx 0,9 \frac{h - 2\varepsilon_1}{d_1} \quad (1.10)$$

б) определяется число слоев обмотки

$$m_1 \approx \frac{\omega_1}{\omega_{11}} \quad (1.11)$$

Полученное значение m_1 , округляется до ближайшего большего числа;

в) определяется толщина обмотки

$$\delta_1 \approx m_1 (d_1 + \gamma_1), \quad (1.12)$$

где γ_1 – толщина изоляционной прокладки, которая применяется, если напряжение между слоями превышает 50 В ($\gamma_1 = 0,05 - 0,08$ мм).

Аналогичным образом определяются ω_{12} , m_2 и δ_2 для вторичной обмотки ω_2 и для остальных вторичных обмоток трансформатора. Наконец, после определения толщины каждой из обмоток $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_N$ можно рассчитать необходимую ширину окна, мм, которая для броневого магнитопровода выражается следующим образом:

$$c_{необх} = k (\varepsilon_2 + \delta_1 + \delta_{1,2} + \delta_2 + \delta_{2,3} + \dots + \delta_{N-1} + \delta_{N-1,N} + \delta_N + \varepsilon_3) + \varepsilon_4, \quad (1.13)$$

где k – коэффициент разбухания обмоток за счет неплотного прилегания слоев, $k=1,2-1,3$;

ε_2 – толщина изоляции между обмотками и стержнем, она выполняется из электрокартона или гетинакса, $\varepsilon_2=1,0-2,0$ мм;

$\delta_{1,2}, \delta_{2,3}, \delta_{N-1,N}$ – толщина изоляции между обмотками; она выполняется обычно из лакоткани и составляет $0,5-1,0$ мм;

ε_3 – толщина наружной изоляции катушки; $\varepsilon_3=5-1,0$ мм;

ε_4 – расстояние от катушки до второго стержня, $\varepsilon_4=1-4$ мм.

Полученное значение $c_{необх}$ сравнивается с c – шириной окна выбранного магнитопровода, причем c должно быть не меньше $c_{необх}$, т.е.

$$c \geq c_{необх} \quad (1.14)$$

Задача 11-20. Выпрямители с емкостной реакцией нагрузки (сглаживающий фильтр в этих выпрямителях начинается с емкости) применяются в качестве ИВЭП небольшой мощности с токами нагрузки, не превышающими $1,0$ А.

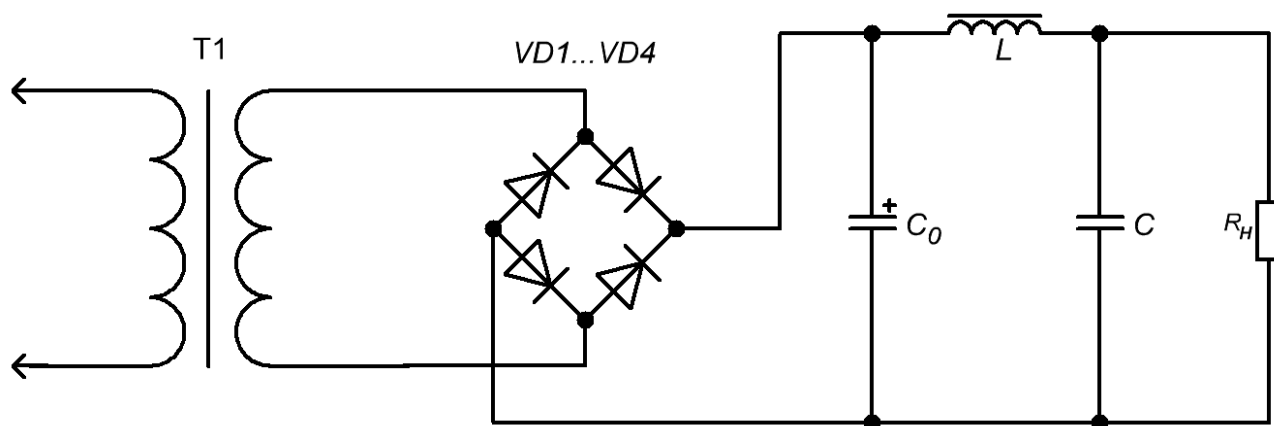


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная выпрямителя с емкостной нагрузкой

Полная схема сглаживающего фильтра определяется следующими положениями:

1. Коэффициент пульсации выпрямленного напряжения на входном конденсаторе C_0 из соображений наилучших массогабаритных характеристик фильтра принимается равным $K_{п.вх}=5-15$ %.

2. Коэффициент сглаживания оставшейся части фильтра определяется по формуле:

$$q = \frac{K_{n. vx}}{K_{n. n}} \quad (2.1)$$

При $q < 25$ выбираем в качестве оставшейся части фильтра однозвенный LC-фильтр (при $q > 25$ применяется двухзвенный LC-фильтр).

Напряжение на выходе схемы выпрямления U_o с учетом падения напряжения на LC-фильтре определяется по выражению:

$$U_o = U_{OH} \left[1 + 0.01 \cdot \left(\frac{\Delta U \phi}{U_{OH}} \right)_{\%} \right], \quad (2.2)$$

в которое значение $\left(\frac{\Delta U \phi}{U_{OH}} \right)_{\%}$ подставляется из графика 12.8 [3] в соответствии с мощностью в нагрузке $P_{OH} = U_{OH} I_o$.

Определение электрических параметров диодов и трансформатора производится по расчетным формулам таблицы 8.

Определение основных параметров и выбор диодов производится в следующей последовательности:

1. По расчетным формулам таблицы 8 в соответствии с выбранной схемой выпрямления определяются основные параметры: $I_{np. cp}$ – среднее значение прямого тока диода схемы, А; $U_{обр. и. п}$ – повторяющееся импульсное обратное напряжение, прикладываемое к диоду схемы, В; $I_{пр. и. п.}$ – повторяющийся импульсный прямой ток диода схемы (приблизительно), А; после расчета выпрямителя значение $I_{пр. и. п.}$ уточняется также с помощью таблицы 8.

2. По приложению 3 [3] подбирается тип диода, параметры которого $I_{np. cp. max}$, $U_{обр. и. max}$, $I_{пр. и. max}$ превышает определенные выше соответствующие параметры схемы. При отсутствии таких диодов можно использовать имеющиеся, применив параллельное или последовательное соединение их; при этом число соединяемых параллельно диодов определяется из соотношения:

$$N_{нар} = \frac{I_{np. cp}}{I_{np. cp. max}}, \quad (2.3)$$

а число последовательно соединенных диодов:

$$N_{носл} = \frac{U_{обр. и}}{U_{обр. и. max}} \quad (2.4)$$

Общее число вентилях, используемых в выпрямителе, определяется соотношением:

$$N_{общ} = k_B \cdot N_{нар} \cdot N_{носл}, \quad (2.5)$$

где k_B – число вентиляльных элементов в выбранной схеме выпрямления (в однополупериодной $k_B=1$; в двухполупериодной $k_B=2$, в мостовой $k_B=4$).

Необходимо отметить, что при последовательном соединении вентилялей для устранения разброса по обратным напряжениям диода шунтируются резисторы $R_{ш}$, значение которых определяется мощностью шунтируемых диодов. В случае маломощных диодов ($I_{пр.ср.маx} \leq 0,3$ А) $R_{ш}$ надо брать из расчета 80...100 кОм на каждые 100 В обратного напряжения, а для мощных диодов ($I_{пр.ср.маx} \geq 5$ А) – из расчета 10...15 кОм на каждые 100 В обратного напряжения; для диодов средней мощности $R_{ш} = 15...100$ кОм.

После выбора типа диода и определения (в случае необходимости) числа $N_{посл}$ из приложения 3[3] выписывают следующие параметры диода:

$I_{пр.ср.маx}$ – максимально допустимое среднее значение прямого тока, А;

$U_{обр.и.маx}$ – максимально допустимое импульсное обратное напряжение, В;

$U_{пр.ср}$ – среднее прямое напряжение (падение напряжения в прямом направлении), В.

Кроме того, записывается число последовательно соединенных диодов $N_{посл}$.

Таблица 8 – Формулы расчета выпрямителя с емкостной нагрузкой

Схема выпрямления	m	$I_{пр.ср}$	$U_{обр.и.п.}$	$I_{пр.и.п.}$		K_{rc}	r_0	$K_L \times 10^{-3}$	U_2	I_2	I_1	P_r
				прибли-зительно	уточ-ненное							
Однофазная однополупериодная	1	I_0	$3U_0$	$7I_0$	I_0F	2,3	$r_{диф}+r_{тр}$	4,1	BU_0	DI_0	$n_{21}^{**}\sqrt{I_2^2 - I_0^2}$	$2 P_o$
Однофазная двухполупериодная	2	$\frac{I_0}{2}$	$3U_0$	$3,5I_0$	$\frac{I_0F}{2}$	4,7	$r_{диф}+r_{тр}$	4,3	BU_0	$D\frac{I_0}{2}$	$n_{21}I_2\sqrt{2}$	$1,8 P_o$
Однофазная мостовая	2	$\frac{I_0}{2}$	$1,5U_0$	$3,5I_0$	$\frac{I_0F}{2}$	3,5	$2r_{диф}+r_{тр}$	5,0	BU_0	$D\frac{I_0}{\sqrt{2}}$	$n_{21}I_2$	$1,5 P_o$
Схема удвоения напряжения	1*	I_0	$1,5U_0$	$7I_0$	I_0F	0,9	$r_{диф}+r_{тр}$	1,25	$B\frac{U_0}{2}$	$DI_0\sqrt{2}$	$n_{21}I_2$	$1,5 P_o$
Трехфазная однополупериодная	3	$\frac{I_0}{3}$	$3U_0$	$2,3I_0$	$\frac{I_0F}{3}$	6,9	$r_{диф}+r_{тр}$	4,1	BU_0	$D\frac{I_0}{3}$	$n_{21}I_2\frac{\sqrt{6}}{3}$	$2 P_o$
Трехфазная мостовая ***	6	$\frac{I_0}{3}$	$1,5U_0$	$1,15I_0$	$\frac{I_0F}{6}$	4,5	$2r_{диф}+r_{тр}$	1,9	$B\frac{U_0}{\sqrt{3}}$	$D\frac{I_0}{3}$	$n_{21}I_2$	$1,2 P_o$

* При расчете сглаживающего фильтра типа LC, RC или транзисторного значение m для этой схемы следует принимать равным 2.

$$** n_{21} = \frac{U_2}{U_1}$$

*** Вторичные обмотки трансформаторов схемы соединяются в звезду.

Электрический расчет выпрямителя позволяет получить основные данные для расчета трансформатора и сглаживающего фильтра; расчет проводится в следующем порядке:

1. Определение активного сопротивления обмоток трансформатора, Ом, приведенного к вторичной обмотке:

$$r_{TP} = K_{rc} \frac{U_0}{I_0 f_c B} \sqrt[4]{\frac{\sigma f_c B}{U_0 I_0}}, \quad (2.6)$$

где $K_{гс}$ – коэффициент, зависящий от схемы выпрямления, определяется из таблицы 8;

B – магнитная индукция в магнитопроводе трансформатора, Тл; для трансформаторов, мощность которых не превышает 1000 Вт, при частоте $f_c = 50$ Гц индукция $B = 1,2 - 1,6$ Тл, а при $f_c = 400$ Гц – $B = 1,0 - 1,3$ Тл;

σ – число стержней магнитопровода, несущих обмотки. Для магнитопроводов типа ШЛ и ОЛ $\sigma = 1$; для магнитопроводов типа ПЛ с обмотками на обоих стержнях $\sigma = 2$.

2. Определение дифференциального (внутреннего) сопротивления вентилей (одного плеча схемы) $r_{диф}$ производится по формуле:

$$r_{диф} \approx N_{носл} \frac{U_{нр}}{3 I_{нр.ср}}, \quad (2.7)$$

3. Определение активного сопротивления фазы выпрямителя r_0 производится по таблице 8 в соответствии с выбранной схемой выпрямления и известными значениями $r_{тр}$ и $r_{диф}$.

4. Определение индуктивности рассеяния обмоток трансформатора, приведенной к вторичной обмотке трансформатора (с учетом, что намотка производится обычным способом), проводится по выражению:

$$L_s \approx 0,5 K_L \sigma \frac{U_0}{I_0 f_c B \sqrt[4]{\frac{\sigma f_c B}{U_0 I_0}}}, \quad (2.8)$$

причем коэффициент 0,5 соответствует $\sigma = 2$ (вторичная обмотка расположена на двух стержнях). Если $\sigma = 1$, то коэффициент в (2.8) равен 1.

5. Определение соотношения между активным и реактивным сопротивлениями фазы выпрямителя производится по выражению:

$$\operatorname{tg} \varphi = 2\pi f_c \frac{L_s}{r_0} \quad (2.9)$$

По полученному значению $\operatorname{tg} \varphi$ находим соответствующий угол φ .

6. Определение вспомогательного коэффициента A по формуле:

$$A = \frac{I_0 \pi r_0}{m U_0}, \quad (2.10)$$

где m – коэффициент схемы, равный числу импульсов выпрямленного напряжения (см. таблицу 8).

7. Определение расчетных коэффициентов B , D , F и H по найденному значению коэффициента A производится с помощью графиков [3] или ниже приведенных формул:

$$B(A) \approx 0,7 + 0,35\sqrt{A} + 0,62A \quad (2.11)$$

$$D(A) \approx 2 - \frac{5,6 \cdot 10^{-7}}{A^2} + \frac{9,2 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{A^3}} - \frac{5,6 \cdot 10^{-3}}{A} + \frac{0,2}{\sqrt{A}} - 0,5\sqrt{A} + 0,17A \quad (2.12)$$

$$F(A) \approx 2,8 - \frac{3 \cdot 10^{-5}}{A^2} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{A^3}} - \frac{0,06}{A} + \frac{1,7}{\sqrt{A}} - 0,3\sqrt{A} + 0,1A \quad (2.13)$$

$$\text{при } f_c = 50 \text{ Гц, } H(A) = \begin{cases} f_c(61\sqrt{A} + 1814A - 612\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 2 \\ f_c(146\sqrt{A} + 1211A - 805\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 3 \\ f_c(163\sqrt{A} + 159A - 859\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 6 \end{cases} \quad (2.14)$$

$$\text{при } f_c = 400 \text{ Гц, } H(A) = \begin{cases} f_c(8\sqrt{A} + 227A - 77\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 2 \\ f_c(18\sqrt{A} + 151A - 101\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 3 \\ f_c(20\sqrt{A} + 20A - 107\sqrt{A^3}), \text{ при } m = 6 \end{cases}$$

8. Определение уточненного значения $I_{\text{пр.и.п}}$ производится по таблице 8. Если полученное значение $I_{\text{пр.и.п}}$ окажется больше $I_{\text{пр.и.мак}}$ выбранного диода, необходимо подобрать диод с большим значением тока $I_{\text{пр.и.мак}}$.

9. Определение электрических параметров трансформаторов (габаритной мощности, напряжений и токов в обмотках) производится по таблице 8. По этим параметрам будет рассчитываться трансформатор.

10. Проверка выбранного диода по обратному напряжению производится по формуле:

$$U_{\text{обр.и}} = \sqrt{2} \cdot U_2 < U_{\text{обр.и.мак}} \quad (2.15)$$

11. Определение емкости входного конденсатора фильтра, мкФ, производится по формуле:

$$C_0 = \frac{100 H}{K_{\text{п.вх}} r_0 f_c}, \quad (2.16)$$

где $K_{\text{п.вх}}$ – коэффициент пульсации выпрямленного напряжения на входе фильтра, начинающегося с конденсатора C_0 ; обычно $K_{\text{п.вх}}$ выбирают в пределах 5...15%.

Коэффициент m соответствует выбранной схеме выпрямления (таблица 8), за исключением схемы удвоения, для которой в этом случае H следует определить по графику [3] для $m=1$.

Полученное по (2.16) значение C_0 округляют до ближайшего (большого) стандартного.

После выбора C_0 определяется соответствующий $K_{п.вх}$ по формуле:

$$K_{п.вх} = \frac{100 H}{\eta_0 C_0 f_c} \quad (2.17)$$

Определением $K_{п.вх}$ заканчивается электрический расчет выпрямителя. Полученное значение $K_{п.вх}$ потребуется для расчета оставшейся части фильтра, которая дополняет (при необходимости) конденсатор C_0 .

Электрический расчет фильтра:

1. Определение коэффициента сглаживания оставшейся части фильтра – звена LC в соответствии с полученными значениями C_0 и $K_{п.вх}$:

$$q = \frac{K_{п.вх}}{K_{п.н}} \quad (2.18)$$

2. Определение произведения LC данного звена, если L выражается в Генри, а C – в микрофарадах, то

$$LC = \frac{10(q+1)}{a^2 m^2}, \quad (2.19)$$

где $a = \frac{f_c}{50}$.

3. Определение индуктивности дросселя L:

$$L = \frac{LC}{C_0} \quad (2.20)$$

По приложению 5 [3] выбирают унифицированный дроссель и выписывают его параметры:

L – индуктивность дросселя, Гн;

I – ток подмагничивания, А;

r_L – сопротивление обмотки, Ом.

4. Проверка отсутствия резонанса.

Условие отсутствия резонанса:

$$2 \cdot \omega_{PE3} \leq m \cdot \omega, \quad (2.21)$$

где $\omega_{PE3} = \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$ – резонансная частота фильтра;

$$\omega = 2\pi f_c.$$

Проверочный расчет заключается в определении $U_{0н}$ с учетом падения

напряжения на дросселях фильтра:

$$U_{0H} = U_0 - \Delta U_{\Phi} = U_0 - r_L I_0, \quad (2.21)$$

а также в определении абсолютной и относительной погрешности расчета.

Задача 21-30. На рисунке 3 представлена одна из простых практических схем стабилизатора постоянного напряжения компенсационного типа на полупроводниковых приборах.

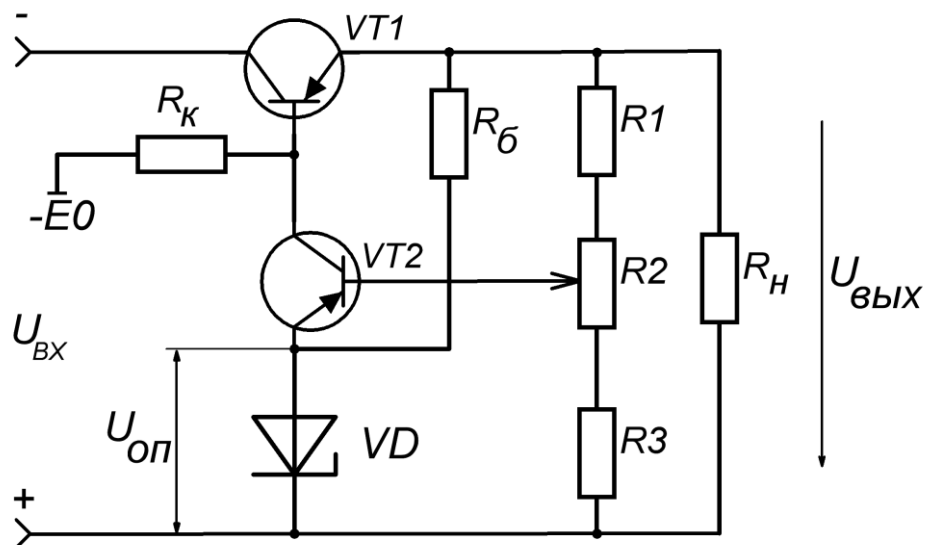


Рисунок 3 – Схема электрическая принципиальная стабилизатора напряжения компенсационного типа на полупроводниковых приборах

Расчет полупроводникового стабилизатора постоянного напряжения компенсационного типа состоит из следующих этапов.

1. Определение параметров регулирующего транзистора $VT1$ и выбор типа транзистора.

а) определение максимального значения напряжения коллектор-эмиттер:

$$U_{KЭ1max} = U_{BХmax} - U_{BЫХmin} \quad (3.1)$$

б) определение значения максимальной мощности, рассеиваемой на транзисторе:

$$P_{K1max} = |U_{KЭ1max}| I_{Hmax} \quad (3.2)$$

По данным расчета выбираем по приложению 7 [3] транзистор, у которого

$$U_{KЭmax} > U_{KЭ1max}; I_{Kmax} > I_{K1} \approx I_{Hmax}; P_{Kmax} > P_{K1max} \quad (3.3)$$

2. Определение параметров опорного стабилитрона и выбор типа стабилитрона (приложение 6 [3]).

В качестве опорного стабилитрона применяют опорные стабилитроны с наименьшими значениями ТКН (температурный коэффициент напряжения) и $r_{ст}$ (дифференциальное сопротивление стабилитрона).

Кроме того, для данной схемы стабилизатора опорное напряжение стабилитрона должно соответствовать условию:

$$U_{оп} < |U_{ВЫХ \min}| - (2 \div 3) \quad (3.4)$$

3. Определение параметров усилительного транзистора VT2 и выбор типа транзистора.

а) определение максимального значения напряжения коллектор-эмиттер:

$$U_{КЭ2max} \approx U_{ВЫХmax} - U_{оп} \quad (3.5)$$

б) исходя из условия

$$U_{КЭmax} > U_{КЭ2max}, \quad (3.6)$$

по приложению 7[3] выбираем транзистор с достаточно высоким коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$.

4. Определение сопротивления балластного резистора:

$$R_{\phi} = \frac{|U_{ВЫХ} - U_{оп}|}{I_{ст.ном} - I_{Э2}} \quad (3.7)$$

Из приложения 8 [3] выбирают ближайшее стандартное значение.

5. Определение сопротивления резистора, установленного в цепи коллектора усилительного транзистора:

$$R_K = \frac{|E_0 - U_{ВЫХmax}|}{I_{Б1max} + I_{К2}}, \quad (3.8)$$

где I_{R_K} – ток, протекающий по резистору, установленному в цепи коллектора усилительного транзистора:

$$I_{R_K} = I_{Б1max} + I_{К2}, \quad (3.9)$$

причем

$$I_{B1 \max} = \frac{I_{H \max}}{h_{21Э1} + 1}, \quad (3.10)$$

6. Определение сопротивлений делителя R1, R2 и R3 производится на базе уравнений, записанных при следующих условиях: выходное напряжение стабилизатора имеет наибольшее значение ($U_{ВЫХ \max}$) при крайнем нижнем положении движка переменного резистора R2; в крайнем верхнем положении движка выходное напряжение минимально, т.е. ($U_{ВЫХ \min}$).

$$I_{ДЕЛ} = 20 \cdot I_{B2} = \frac{20 \cdot I_{K2}}{h_{21Э}}; \quad (3.11)$$

$$R1 = \frac{|U_{ВЫХ \min} - U_{ОП}|}{I_{ДЕЛ}}; \quad (3.12)$$

$$R2 = \frac{|U_{ВЫХ \max} - U_{ОП}|}{I_{ДЕЛ}} - R1; \quad (3.13)$$

$$R3 = \frac{|U_{ОП}|}{I_{ДЕЛ}}. \quad (3.14)$$

Коэффициент стабилизации напряжения $K_{СТ}$ определяется по формуле:

$$K_{СТ} = \frac{U_{ОП}}{U_{ВХ}} \cdot \frac{r_{K1} h_{21Э2}}{(r_{СТ} + r_{Э2})(1 + h_{21Э2}) + r_{B2}}, \quad (3.15)$$

где r_{K1} – сопротивление коллекторного перехода (коллектора) VT1 определяется по выражению: $r_K = \frac{U_{KB}}{I_{KBO}}$, Ом по данным графы «Обратный ток коллектора» приложения 7 [3];

$$r_{Э2} – \text{сопротивление эмиттера VT2: } r_{Э2} = \frac{0,026}{I_{Э2}};$$

r_{B2} – сопротивление базы VT2, составляет 100...500 Ом.

7 Критерии оценки домашней контрольной работы

Таблица 9

Оценка результатов	Показатели оценки
не зачтено	Домашняя контрольная работа (ДКР) выполнена не в полном объеме или не соответствует заданному варианту. Вопросы не раскрыты или раскрыты частично. Прослеживаются затруднения в умении выделить главное и второстепенное при обобщении материала, аргументации принятых решений. Имеются нарушения в логике и последовательности изложения материала. Допущено множество конструктивных, технологических, математических ошибок. ДКР и ее графическая часть оформлены небрежно, с множественными грамматическими и стилистическими ошибками, нарушениями требований стандартов ЕСКД и ЕСТД. Задача решена неверно. Отсутствует список использованных источников.
зачтено	ДКР выполнена в полном объеме и соответствует заданному варианту. Полное воспроизведение программного учебного материала. Раскрытие сущности вопросов, обоснование и доказательство, подтверждение аргументами и фактами, формулирование выводов, отсутствие существенных ошибок и нарушений требований стандартов ЕСКД и ЕСТД. Задача выполнена верно, аккуратно, без исправлений. Приведен список использованных источников.

Приложение А

Форма титульного листа для домашней контрольной работы	
Министерство образования Республики Беларусь	(16)
Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»	(16)
Филиал Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» Политехнический колледж	(16)
Радиотехническое отделение	(16)

ДОМАШНЯЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

(24Ж)

Источники питания радиоэлектронных устройств

(наименование дисциплины) (18)

Вариант № 06 (14)

Преподаватель (14)
М.О. Храпунова (14)
(инициалы, фамилия)

Выполнил учащийся (14)
2 курса группы Рз18
С.В.Марчук (14)
(инициалы, фамилия)

специальности (14)
2-39 02 32 «Проектирование и
производство радиоэлектронных
средств»

Шифр учащегося 2506 (14)

2017 (14)