МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ГБПОУ РО «РКРИПТ»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ (ЛАБОРАТОРНЫХ) РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОП.15 ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

Специальность:
11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств

Квалификация выпускника:
Специалист по электронным приборам и устройствам

Форма обучения: очная

Ростов-на-Дону
2023

СОГЛАСОВАНО
Начальник методического отдела
_____ Н.В. Вострякова
«28» марта 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
по учебно-методической работе
_____ С.А. Будасова
«28» марта 2023 г.

ОДОБРЕНО
Цикловыми комиссиями радиоэлектроники
и технического обслуживания
радиоэлектронной техники
Пр. № 1 от «1» сентября 2023 г.

Председатель ЦК
_____ В.Ю. Махно

Методические указания по выполнению практических (лабораторных) работ разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.15 Источники питания радиоаппаратуры для специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

Разработчик(и):
Оганесян А.О. – преподаватель ГБПОУ РО «РКРИПТ»

Рецензенты:
Колесников Е.Э. – преподаватель первой квалификационной категории ГБПОУ РО «РКРИПТ»
Емельяненко С.А. – директор ООО «Техникон»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
Лабораторное занятие № 1 8
Лабораторное занятие № 2 16
Лабораторное занятие № 3 23
Практическое занятие №1 31
Практическое занятие № 2 40
Практическое занятие №3 45

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные и практические занятия по учебной дисциплине ОП.15 Источники питания радиоаппаратуры составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки и направлены на подтверждение теоретических положений и формирование практических умений и практического опыта:

- читать электрические схемы;
- рассчитывать и выбирать по справочной литературе элементную базу вторичных источников питания РА;
- измерять параметры, снимать и анализировать основные характеристики вторичных источников питания РА.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено:

- на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- развитие интеллектуальных умений;
- выработку самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы при решении поставленных задач.

Для выполнения лабораторных занятий студенты должны выполнять домашнее задание:

- самостоятельно изучать методические указания для выполнения лабораторных работ;
- письменно отвечать на контрольные вопросы на специально отведенных в пособии страницах.

После выполнения лабораторных работ студенты должны оформить отчет по данной работе.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен уметь:

- рассчитывать параметры и характеристики источников питания РА и их функциональных узлов;
- пользоваться справочной литературой;
- использовать средства вычислительной техники для расчета.

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий.

Выполнение студентами практических работ направлено:

– на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

– формирование умений применять полученные знания на практике;

– реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

– развитие интеллектуальных умений (аналитических, проектировочных, конструкторских и др.) у будущих специалистов;

– выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Содержанием практических работ по дисциплине /профессиональному модулю являются экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др. В ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Содержанием практических занятий по дисциплине являются решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.), выполнение вычислений, расчетов, чертежей, работа с измерительными приборами, оборудованием, аппаратурой, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и другое.

Содержание практических занятий охватывают весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования, практикой по профилю специальности и преддипломной практикой.

Практические работы студенты выполняют под руководством преподавателя. Объем заданий для практических занятий спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

Формы организации работы обучающихся на практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Отчет по практической работе представляется в письменном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценки за выполнение лабораторных работ и практических занятий могут выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости студентов.

Критерии оценки лабораторных, практических работ.

Оценка «5» ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5» , но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения
производились неправильно.

Приступать к выполнению практической работы следует только после изучения теоретического материала и решения достаточного количества задач из рекомендуемой литературы.

Вначале, должно быть указано наименование практической работы,№ работы, № варианта, цель работы.

Практические работы сделаны 30 – вариантными. Вариант определяется, в соответствии с номером по списку в журнале. Задания для всех работ даны в приложении.

При оформлении каждой задачи следует привести краткое условие и исходные данные для своего варианта.

Схемы должны вычерчиваться с соблюдением ЕСКД и использованием чертёжных инструментов.

В ходе решения необходимо давать краткие словесные пояснения.

При записи расчётов, вначале записывается формула в буквенном виде, затем делается подстановка численных значений и далее результат вычисления с точностью до третьей значащей цифры с указанием единицы измерения.

Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны чётко и аккуратно, без всяких помарок.

Конечный результат должен быть выделен из общего текста, в форме вывода или ответа.

Лабораторное занятие № 1

«Исследование однофазных схем выпрямления»

1. Цель занятия

1.1 Исследовать двухполупериодную и однополупериодную схемы выпрямителей.

1.2 Дать сравнительную оценку различных схем выпрямителей.

2. Перечень приборов и оборудования

2.1 Амперметр PA1 тип М42100 (предел измерения 500мА)

2.2 Вольтметр PV1 тип М42100 (предел измерения 150В) и PV2 тип Э80 (предел измерения 250В).

2.3 Макеты исследуемых выпрямителей на стенде СИПЭМ – 3.

2.4 Резистор нагрузки 10 кОм.

2.5 Осциллограф С1-65 и делитель напряжения

3. Краткие теоретические сведения

Выпрямитель преобразует переменный ток источника в постоянный ток нагрузки. Принцип действия выпрямителя основан на односторонней проводимости диода. Схемы выпрямителей по характеру протекания тока в нагрузке классифицируются на однополупериодные и двухполупериодные. Эти схемы отличаются выходными параметрами: среднее значение выпрямленного напряжения U_0; среднее значение выпрямленного тока I_0; коэффициентом пульсаций выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя $K_{П\%}$.

Коэффициент пульсации $K_{П\%}$ – это отношение амплитуды переменной составляющей основной гармоники выпрямленного напряжения к среднему значению выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя. Для однополупериодной схемы $K_{П\%}$ =157%, двухполупериодной схемы $K_{П\%}$ = 67 %.

Величина I_0 в двухполупериодной схеме в 2 раза больше, чем в однополупериодной. В однополупериодной схеме частота основной гармоники равна частоте сети, т. к. напряжение на нагрузке достигает U_{max} один раз за период ($f_П = f_C$), а в двухполупериодной $f_П = 2f_C$, т. к. за период через нагрузку проходит два импульса, поэтому $K_{П\%}$ в двухполупериодной схеме меньше, чем в однополупериодной.

Рабочие свойства выпрямителя характеризуются внешней характеристикой $U_0 = f(I_0)$, зависимостью изменения выходного напряжения U_o от изменения тока нагрузки I_o (рис. 1).

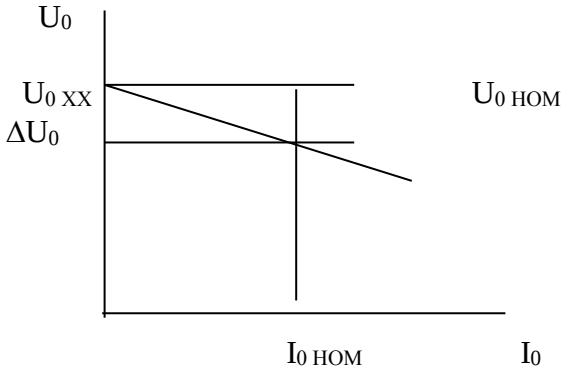


Рис. 1. Внешняя характеристика

$U_{0\,XX}$ – напряжение холостого хода;

ΔU_0 – суммарное падение напряжения во всех элементах выпрямителя при номинальном токе нагрузки $I_{0\,НОМ}$

4. Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомиться с измерительными приборами и записать данные в таблицу приборов.

4.2 Собрать схему двухполупериодного выпрямителя (рис. 2).

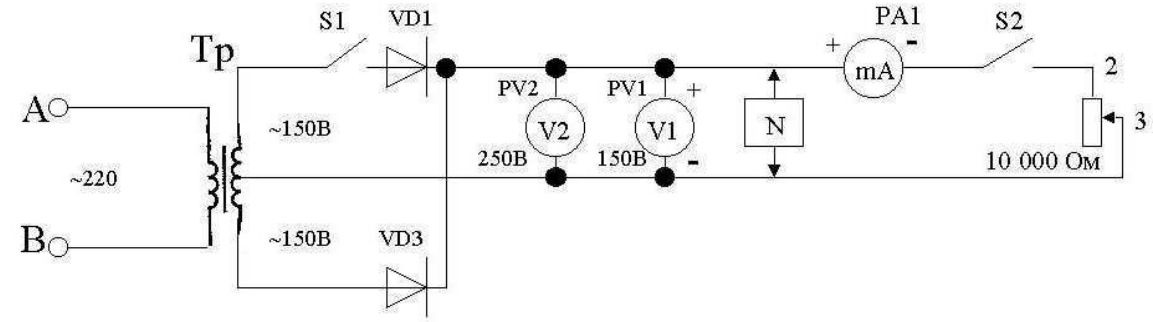


Рис. 2

4.3 Отключить диод VD1: S1 выключить. Изменяя ток нагрузки резистором нагрузки 10 кОм от минимального значения до 50 mA, снять внешнюю характеристику однополупериодного выпрямителя.

4.4 Включить диод VD1: S1 включить. Изменяя ток нагрузки резистором нагрузки 10 кОм от минимального значения до 100 mA, снять внешнюю характеристику двухполупериодного выпрямителя. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Внешняя характеристика $U_0 = f(I_0)$.

Вид схемы		S2-вкл					S2-выкл
Однополупериодная S1-выкл	I_0, mA	50	40	30	20	10	0
	U_0, В						
Двухполупериодная S1-вкл	I_0, mA	100	80	60	40	20	0
	U_0, В						

4.5 Кабель осциллографа подключить с помощью делителя напряжения. Переключатель Время/дел установить 5 мс; V/дел 10 В.

При нагрузке R_H = 10 кОм, подключить электронный осциллограф к нагрузке и зарисовать осциллограммы форм напряжений на выходе для однополупериодной и двухполупериодной схем выпрямителя (табл. 2). Измерить n-период пульсирующего напряжения по сетке осциллографа. Результаты занести в таблицу 2.

4.6 При нагрузке R_H = 10 кОм измерить постоянную составляющую выпрямленного напряжения U_0 по вольтметру PV1 и действующее значение напряжения U_1 по вольтметру PV2. Рассчитать коэффициент пульсации для однополупериодной и двухполупериодной схем выпрямления по формуле:

$$K_П = \frac{U_{\sim\,max}}{U_0} \cdot 100\%,$$

где $U_{\sim\,max} = 1.41 \cdot U_{\sim}$; $U_{\sim} = \sqrt{U_1^{\,2} - U_0^{\,2}}$ – амплитуда и действующее значение переменной составляющей выпрямленного напряжения.

4.7 По данным измерений построить внешние характеристики выпрямителей $U_0 = f(I_0)$ для двух исследуемых схем на одном графике.

Таблица 2

Проверка выпрямителей на коэффициент пульсаций

Схема выпрямителя	Форма выпрямленного напряжения	Измерить				Вычислить			
		U_0, В	U_1, В	n, дел	Время/дел, сек	$U_{\sim}$, В	$U_{\sim max}$, В	$K_П$, %	$f_П$, Гц
Однополу периодная									
Двухполу периодная									

5. Контрольные вопросы.

5.1 Какие ИВЭП применяются в современной радиоаппаратуре? Приведите структурные схемы ИВЭП различных видов.

5.2 Какое свойство вентилей (выпрямительных диодов) лежит в основе работы схем выпрямления, как это свойство формулируется?

5.3 На каком электроде диода всегда положительный полюс выпрямленного напряжения?

5.4 Назовите применяемые типы вентилей и охарактеризуйте их.

5.5 Назовите основные параметры неуправляемых вентилей, поясните их.

5.6 Объясните вольтамперную характеристику неуправляемого вентиля.

5.7 Объясните вольтамперную характеристику управляемого вентиля (тиристора).

5.8 В каких случаях применяется последовательное соединение выпрямительных диодов? Начертите практические схемы, которые используются в этих случаях.

5.9 В каких случаях применяется параллельное соединение выпрямительных диодов? Начертите практические схемы, которые используются в этих случаях.

6. Содержание отчета.

6.1 Наименование и цель лабораторного занятия.

6.2 Электрические схемы опытов.

6.3 Расчетные формулы и вычисления. Таблицы и графики.

6.4 Выводы в соответствии с целью работы и контрольными вопросами.

Список литературы

Васильков А.В. Источники электропитания. – М.: Форум, 2012.

Ответы на контрольные вопросы:

Лаборатория «Источники питания РА»	Дата	Вариант
Лабораторное занятие №___	Группа	Преподаватель
Исследование однофазных схем выпрямления	ФИО	

1. Цель занятия:

1.1 Исследовать двухполупериодную и однополупериодную схемы выпрямителей.

1.2 Дать сравнительную оценку различных схем выпрямителей.

2. Выполнение работы

2.1 Перечень приборов и оборудования.

Наименование	Обозначение в схеме	Тип	система	Класс точности	Предел измерения	Ценз деления	Зав. номер
Амперметр	PA1		М.электр		500 мА		
Вольтметр	PV1		М.электр		150 В		
Вольтметр	PV2		Э.магн.		250 В		
Осциллограф	N	С1-65	делитель напряжения				

2.2 Электрическая схема

2.2.1 Кабель осциллографа подключить с помощью делителя напряжения. Переключатель осциллографа установить «Время/дел» - 5 мс, «V/дел» - 10 В.

2.3 Результаты измерений и вычислений:

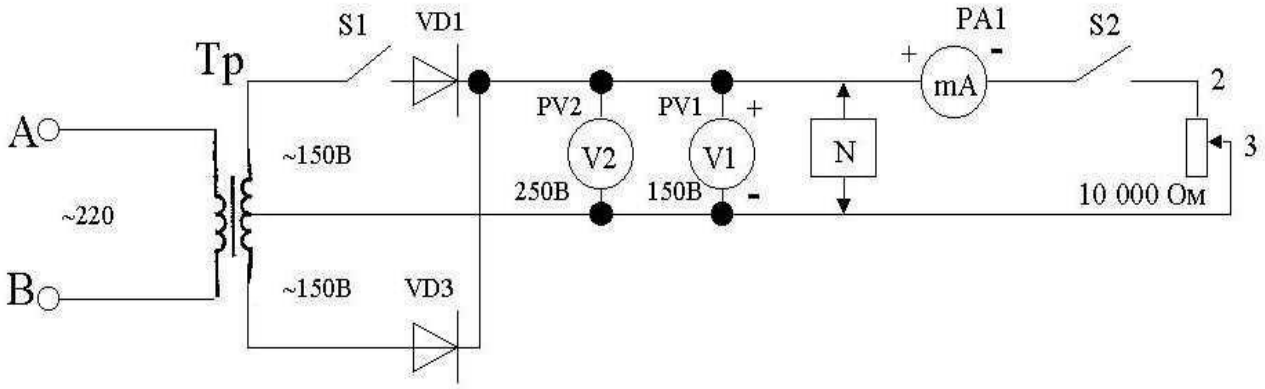
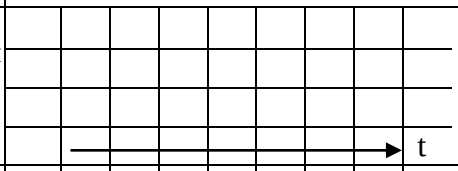
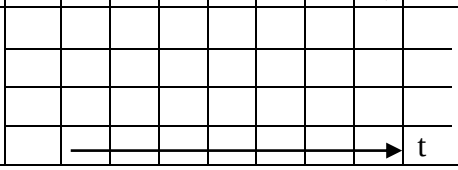


Таблица 1.Снятие внешней характеристики $U_o = f(I_0)$.

Схема выпрямления			S2 вкл					S2 выкл
Однополупериодная схема S1 выкл.	Io	mA	50	40	30	20	10	0
	Uo	В						
Двухполупериодная схема S1 вкл.	Io	mA	100	80	60	40	20	0
	Uo	В						

Таблица 2

Схема выпрямления	Форма выпрямленного напряжения	Измерить				Вычислить			
		PV1 U_o	PV2 U1	n	Время/дел	$U_{\sim}$	$U_{\sim max}$	$K_П$	fп
		В	В	дел	сек	В	В	%	Гц
Однополупериодная схема S1 выкл., S2 выкл.									
Двухполупериодная схема S1 вкл., S2 выкл.								...	I

2.4 Расчетные формулы:

$U_{\sim max} = 1.41 \cdot U_{\sim}$; $U_{\sim} = \sqrt{U_1^2 - U_0^2}$; $K_П = \frac{U_{\sim max}}{U_0} \cdot 100\,\%$; $f_П = \frac{1}{n \cdot \frac{вр}{дел}}$.

Однополупериодная схема

$U_{\sim} = \sqrt{U_1^2 - U_0^2}$

$U_{\sim max} = 1.41 \cdot U_{\sim} =$

$K_П = \frac{U_{\sim max}}{U_0} \cdot 100\,\% =$

$f_П = \frac{1}{n \cdot \frac{вр}{дел}} =$

Двухполупериодная схема

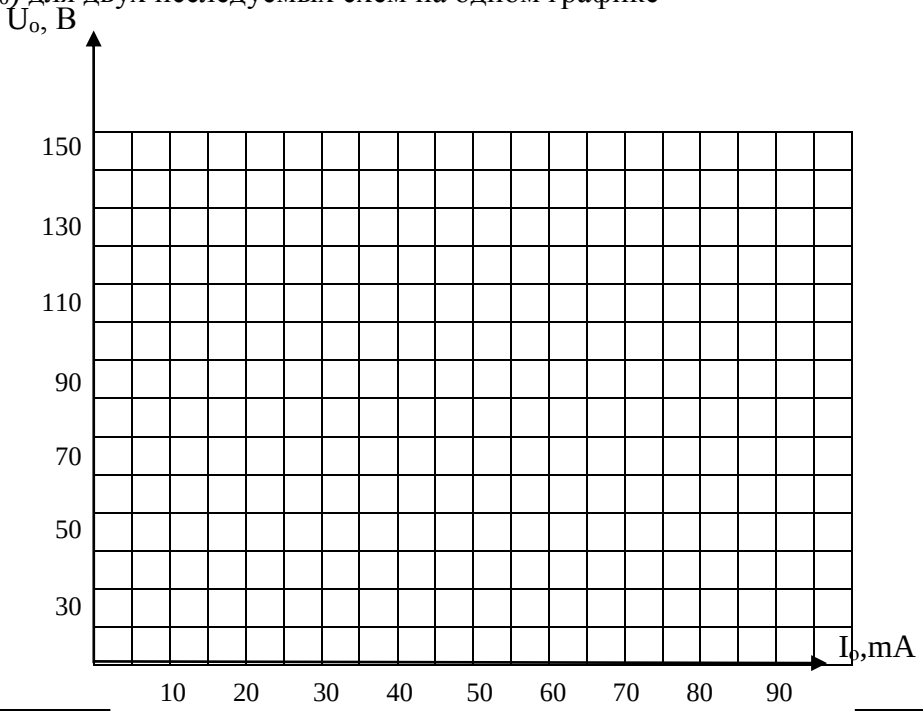
$U_{\sim} =$ **Ошибка! Ошибка связи.**

$U_{\sim max} = 1.41 \cdot U_{\sim} =$

$K_П = \frac{U_{\sim max}}{U_0} \cdot 100\,\% =$

$f_П = \frac{1}{n \cdot \frac{вр}{дел}} =$

2.5 Внешняя характеристика $U_0 = f(I_0)$. По данным таблицы 1 построить внешние характеристики выпрямителей $U_0 = f(I_0)$ для двух исследуемых схем на одном графике



2.6 Контрольные вопросы.

2.6.1 Какие основные узлы входят в выпрямитель с активной нагрузкой?
2.6.2 Объясните принцип работы однополупериодной схемы выпрямления.
2.6.3 Назовите условие работы вентиля в однофазных схемах выпрямления.
2.6.4 Какие выходные параметры характеризуют выпрямитель?
2.6.5 Чем вызвано подмагничивание трансформатора в схемах выпрямления?
2.6.6 Дайте определение коэффициента пульсации.
2.6.7 Что такое обратное напряжение на выпрямительном диоде?
2.6.8 В каких выпрямительных схемах имеется вынужденное подмагничивание сердечника трансформатора и в каких оно отсутствует?
2.6.9 Какая из трехфазных схем наиболее предпочтительна и почему?
2.6.10 Какие схемы выпрямления могут применяться в источниках электропитания с бестрансформаторным входом? Ответ поясните.
2.6.11 Сделайте вывод об отличии параметров изученных двух- и однополупериодной схем.
2.6.12 Какая из однофазных схем выпрямления наиболее предпочтительна и почему?
2.6.13 Каковы значения коэффициентов пульсации и обратного напряжения на выпрямительном диоде для изученных схем выпрямления?

Ответы на контрольные вопросы

2.7 Сделайте вывод об отличии параметров изученных схем выпрямителя

Лабораторное занятие № 2

«Исследование работы сглаживающих фильтров»

1. Цель работы

Изучить сглаживающее действие емкостного, индуктивно-емкостного, резистивно-емкостных фильтров.

2. Перечень приборов и оборудования

2.1 Вольтметр М 42100, 0…30 В.

2.2 Миллиамперметр **М42100, 100 мА.**

2.3 Ламповый милливольтметр В3-38.

2.4 Осциллограф С1-65.

2.5 Блок различных фильтров с набором нагрузок на стенде СИПЭМ-3.

3. Краткие теоретические сведения

При работе выпрямителя по его нагрузке протекает пульсирующий ток, который содержит переменную и постоянную составляющие. Частота и уровень пульсаций зависят от частоты питающей сети и схемы выпрямления.

Пульсации выпрямленного напряжения влияют на работу радиоаппаратуры. В цепях радиоприемников и усилителей пульсации вызывают звуковые колебания с частотой пульсаций (фон). При питании пульсирующим напряжением электронно-лучевых трубок изменяется яркость свечения экрана. При работе схем автоматики пульсации могут вызвать ложное срабатывание автоматических устройств.

Для обеспечения нормальной работы радиоаппаратуры пульсации снижаются с помощью сглаживающих фильтров до определенного, допустимого уровня.

Действие сглаживающего фильтра оценивается коэффициентом сглаживания.

Коэффициент сглаживания **q** определяется как отношение коэффициента пульсаций по первой гармонике на входе фильтра $\mathbf{K_{п1вх}}$ к коэффициенту пульсаций на его выходе (на нагрузке) для той же гармоники $\mathbf{K_{п1вых}}$:

$\mathbf{q = K_{п1вх} / K_{п1вых}}$;

$$q = \frac{E_{m1}}{E_0} \cdot \frac{U_0}{U_{m1}} = \frac{E_{m1}}{U_{m1}} \cdot \frac{U_0}{E_0},$$

где $\mathbf{E_{m1}}$ – амплитуда первой гармоники напряжения пульсации на входе фильтра;

$\mathbf{E_o}$ – среднее значение выпрямленного напряжения на входе фильтра;

$\mathbf{U_{m1}}$ – амплитуда первой гармоники на входе фильтра;

$\mathbf{U_0}$ – среднее значение напряжения на нагрузке.

Отношение $\mathbf{E_{m1}/U_{m1} = K_ф}$ называется коэффициентом фильтрации $\mathbf{K_ф}$, а отношение $\mathbf{U_o/E_o = \lambda}$ коэффициентом передачи постоянной составляющей напряжения с входа на выход фильтра λ и поэтому $\mathbf{q = K_ф \cdot \lambda}$.

Если нет потерь постоянной составляющей напряжения, то $\mathbf{U_0 = E_0; \lambda = 1}$, коэффициент сглаживания равен коэффициенту фильтрации $\mathbf{q = K_ф}$. Это возможно при применении емкостного фильтра. Если дроссель индуктивного фильтра имеет очень малое активное сопротивление, то коэффициенты сглаживания и фильтрации будут почти равными, и их величины можно вычислять по переменным составляющим.

4. Порядок выполнения работы

4.1 Собрать схему испытаний (рис. 1).

4.2 Изучить сглаживающее действие фильтров, форму выпрямленного напряжения зарисовать в таблицу 1.

Форму выпрямленного напряжения U_o снимать между точками 5–6, *при подключении кабеля осциллографа строго соблюдать полярность и подключать контакт «земля» к точке 6, а контакт «сигнал» – к точке 5.*

4.3 Вольтметром М 42100 измерить величину постоянной составляющей выпрямленного напряжения $\mathbf{U_0}$.

Милливольтметром В3-38 измерить переменную составляющую выпрямленного напряжения **U~**.

ВНИМАНИЕ!

4.3.1 *При подключении кабеля милливольтметра В3-38 и осциллографа* ***строго соблюдать полярность.***

4.3.2 *При подключении кабеля милливольтметра В3-38 штырьки установить на вольтметр PV1, тип М42100****, соблюдая полярность.***

4.3.3 *Милливольтметр В3-38, имеет многопредельную шкалу, при этом предел измерения следует изменять так, чтобы стрелка находилась во второй половине шкалы и отсчет производить по соответствующей шкале.*

4.4 Положения переключателей для набора разных типов сглаживающих фильтров указаны в таблице 2.

4.5 *После снятия характеристик активной нагрузки без фильтра (опыт 1) настройки осциллографа* **НЕ ИЗМЕНЯТЬ!**

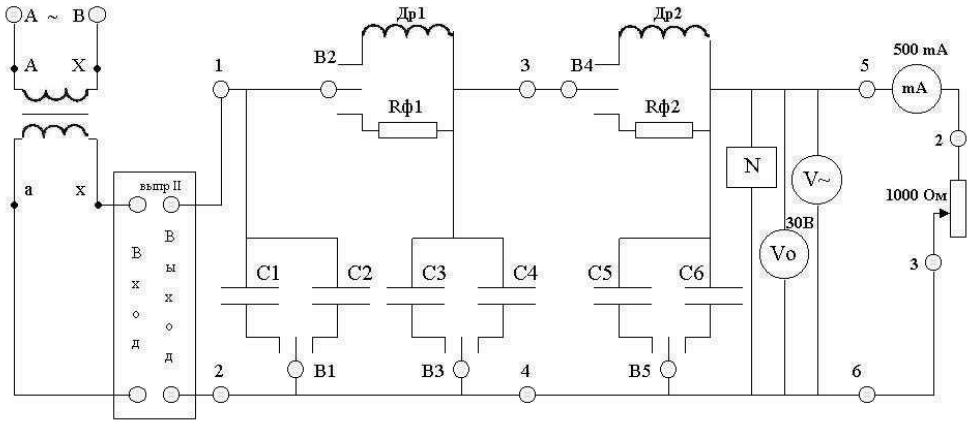


Рис. 1

Таблица 1

Изучение сглаживающего действия фильтров

Тип фильтра	*Измерить*			Вычислить		
	форма выпрямленного напряжения U_0	U_0	U~	Kn	$q/K_ф$	$\Delta U_ф$
Без фильтра						
Емкостный: С2					/	
Г-обр. LC: ДР1,С4					/	

Двухзвенный Г-обр. LC: ДР1, С4; ДР2, С6						
Индуктивный ДР1, ДР2					/	
Однозвенный RC: Rф1, С4						
Двухзвенный RC:Rф1,С4; Rф2,С6						

Вычисления производить: Kn = $\sqrt{2}$ U~ / U_0; $\Delta U_ф = E_0 - U_0$;

$$q = \frac{K_{n1вх}}{K_{n1вых}}; \qquad K_ф = \frac{E_{ml}}{U_{ml}};$$

(вычисления для емкостного, индуктивного и однозвенного L**C**).

Таблица 2

Положение переключателей блока фильтров

Переключатели / Тип фильтра	Положение переключателей				
	В1	В2	В3	В4	В5
Без фильтра	Н	Н	С3	Н	С5
Емкостной С2	С2	Н	С3	Н	С5
1зв. Г-обр. LC: ДР1-С4	Н	ДР1	С4	Н	С5
2зв. Г-обр. LC: ДР1-С4, ДР2С6	Н	ДР2	С4	ДР2	С6
Индуктивный ДР1-ДР2	Н	ДР1	Н	ДР2	Н
1зв. RC: RФ1-С4	Н	RФ1	С4	Н	С5
2зв. RC: RФ1-С4;RФ2-С6	Н	RФ1	С4	RФ2	С6

5. Содержание отчета.

5.1 Наименование лабораторной работы.

5.2 Цель лабораторной работы.

5.3 Схема испытаний.

5.4 Таблицы результатов с осциллограммами выпрямленных напряжений.

5.5 Формулы вычислений с цифровыми значениями для одного опыта.

5.6 Выводы. Сделать вывод о качестве фильтров, о причинах ошибок в вычислении коэффициентов сглаживания.

6. Контрольные вопросы.

6.1 Назначение сглаживающих фильтров.

6.2 Принцип работы емкостных и индуктивных сглаживающих фильтров.

6.3 Зачем применяются многозвенные фильтры

6.4 Как определяется коэффициент сглаживания многозвенные фильтров.

Список литературы

Васильков А.В. Источники электропитания. – М.: Форум, 2012.

Ответы на контрольные вопросы

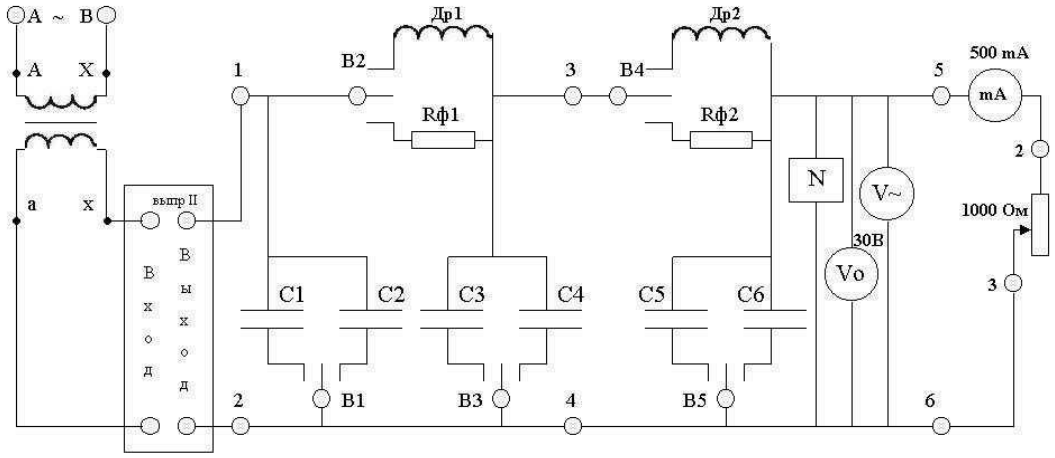
Лаборатория источники питания РА	Дата	Вариант
Лабораторное занятие № ___	Группа	Преподаватель
Исследование работы сглаживающих фильтров	ФИО	

1. Цель занятия

Изучить сглаживающее действие емкостного индуктивно-емкостного и резистивно-емкостного фильтров.

2. Выполнение работы

2.1 Схема опытов



2.2 Результаты измерений

Таблица 1

Тип фильтра	*Измерить*			Вычислить		
	Форма выпрямленного напряжения Uo	U_0	U~	*Кп*	q/Кф	ΔUф
Без фильтра						
Емкостный: С2					/	
Г-обр. LC: ДР1,С4					/	
Двухзвенный Г-обр. LC: ДР1,С4;ДР2,С6						
Индуктивный ДР1, ДР2					/	
Однозвенный RC: Rф1, С4						
Двухзвенный RC:Rф1,С4; Rф2,С6						

2.3 Расчетные формулы

$$\mathbf{Kn} = \sqrt{2}\, U\sim / \ \mathbf{U_0}; \quad \mathbf{\Delta U ф = E_0 - U_0}\ ;$$

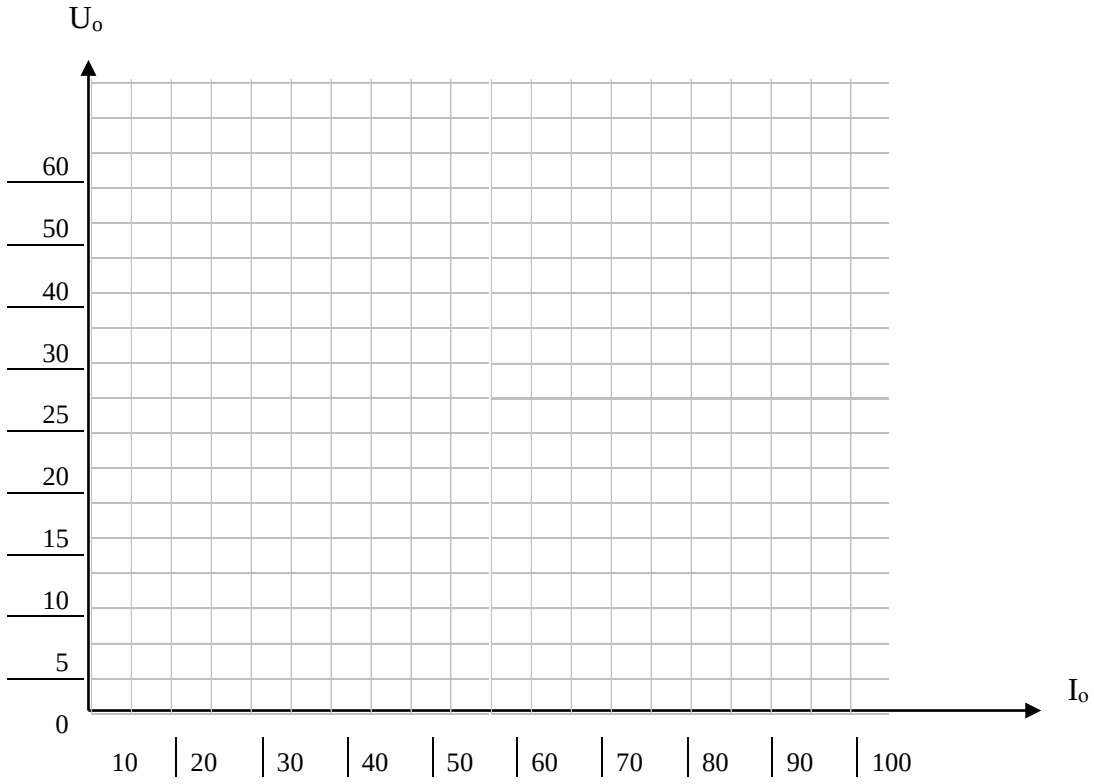
$$q = \frac{K_{n1вх}}{K_{n1вых}}; \qquad K_ф = \frac{E_{ml}}{U_{ml}}.$$

2.4 Снять внешние характеристики выпрямителей с различными фильтрами.

Таблица 2

Переключатели / Тип фильтра	Положение переключателей				
	В1	В2	В3	В4	В5
Без фильтра	Н	Н	С3	Н	С5
Емкостной С2	С2	Н	С3	Н	С5
1зв. Г-обр. LC: ДР1-С4	Н	ДР1	С4	Н	С5
2зв. Г-обр. LC: ДР1-С4, ДР2С6	Н	ДР2	С4	ДР2	С6
Индуктивный ДР1-ДР2	Н	ДР1	Н	ДР2	Н
1зв. RC: RФ1-С4	Н	RФ1	С4	Н	С5
2зв. RC: RФ1-С4;RФ2-С6	Н	RФ1	С4	RФ2	С6

3. Внешние характеристики



4. Контрольные вопросы

4.1 При каких параметрах нагрузки выпрямителя наиболее эффективен емкостный фильтр, а при каких — индуктивный? Ответ пояснить.

4.2 Какое преимущество имеет LC-фильтр перед фильтрами, состоящими из отдельных элементов С и L?

4.3 При каких параметрах нагрузки целесообразно применение RC-фильра? Ответ пояснить.

4.4 В каких случаях рекомендуется применять фильтры с резонансными контурами? Ответ пояснить.

4.5 Каким выражением определяется коэффициент сглаживания многозвенного фильтра?

Какими достоинствами и недостатками обладают многозвенные фильтры? Ответ пояснить.

4.6 Какие схемы транзисторных фильтров Вы знаете? Каково назначение транзисторов, резисторов и конденсаторов в этих схемах?

4.7 Каковы достоинства и недостатки транзисторных фильтров? В каких случаях их применение ограничено?

***5.* Ответы на контрольные вопросы**

6. Вывод

Лабораторное занятие № 3

«Исследование полупроводникового стабилизатора напряжения»

1. Цель работы.

1.1 Определить возможный диапазон регулирования выходного напряжения стабилизатора.

1.2 Исследовать зависимость выходного напряжения стабилизатора $U_{ст}$ от изменения тока нагрузки I_o и от колебаний входного напряжения $U_{вх}$.

2. Перечень приборов и оборудования.

2.1 Амперметр PA1, M42100, предел измерения 100 мА.

2.2 Вольтметр PV1, Э380 предел измерения 30 В и PV2, M42100, предел измерения 30 В.

2.3 Макет исследуемого стабилизатора напряжения на стенде СИПЭМ – 3.

2.4 Резистор нагрузки 1000 Ом.

2.5 Комплект соединительных проводов.

3. Краткие теоретические сведения.

Основные причины нестабильности выходного напряжения нагрузки U_o – это изменение тока нагрузки I_o и колебания входного напряжения $U_{вх}$.

Компенсационный стабилизатор с последовательным включением регулирующего элемента состоит из регулирующего элемента – составного транзистора VT1; VT2; усилителя постоянного тока – транзистор VT3; схемы сравнения (источника опорного напряжения – кремниевого стабилитрона VD1, резистора R3 и делителя напряжения – резисторов R4, R6 и переменного резистора R5, предназначенного для регулировки выходного (стабилизированного) напряжения $U_{ст}$).

Схема сравнения сопоставляет выходное напряжение с опорным напряжением. Сигнал рассогласования со схемы сравнения, усиленный усилителем постоянного тока, воздействует на регулирующий транзистор. Регулирующий элемент (транзистор) работает в активном, проходном режиме, непрерывно изменяется его внутреннее сопротивление, и падение напряжения на нем компенсирует отклонение выходного напряжения.

Работа стабилизатора характеризуется коэффициентом стабилизации

$$K_{CT} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх.ном}} : \frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст.ном}}$$

4. Порядок выполнения работы.

4.1 Ознакомиться с измерительными приборами и оборудованием.

4.2 Собрать схему (рис. 1) и предъявить ее на проверку.

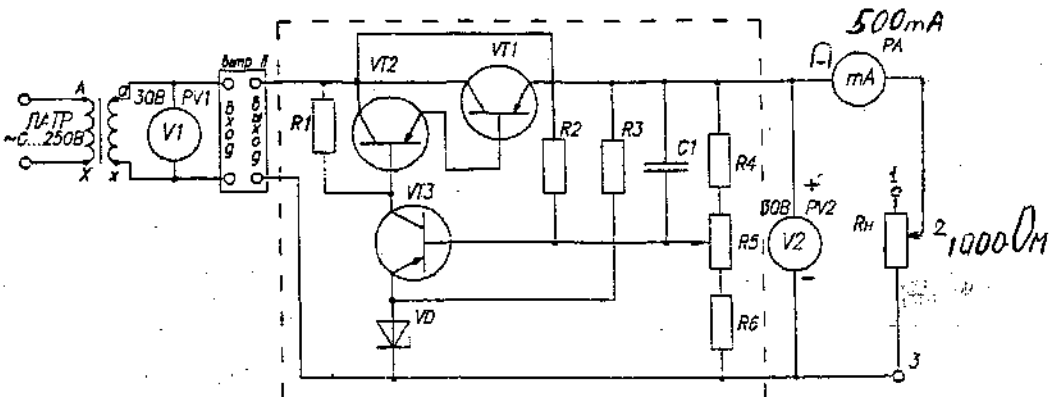


Рис. 1

4.3 Определить возможный диапазон изменения выходного напряжения стабилизатора.

Для этого ЛАТРом по вольтметру PV1 установить входное напряжение $U_{ВХ}$ =15 В, резистором нагрузки $R_н$ по миллиамперметру PA1 установить ток нагрузки I_0 = 20 мА.

По вольтметру PV2 произвести отсчеты выходного напряжения стабилизатора: $U_{ст.\,max}$ – при крайнем правом положении потенциометра R_5 (регулировка) и $U_{ст.\,min}$ – при крайнем левом положении потенциометра R_5 (регулировка).

Вычислить $U_{ст.ном} = \dfrac{U_{ст\max} + U_{ст\min}}{2}$; данные записать в отчет.

4.4 Снять нагрузочную характеристику стабилизатора $U_{СТ} = f(I_0)$, зависимость выходного напряжения стабилизатора $U_{СТ}$, от изменения тока нагрузки I_0. Установить ЛАТРом по вольтметру PV1номинальное значение входного напряжения $U_{ВХ\,ном}$ = 15 В и максимальное значение напряжения на выходе стабилизатора $U'''_{ст\,max}$, при крайнем правом положении движка потенциометра R_5 (регулировка). Ток нагрузки I_0 изменять резистором $R_н$ = 1000 Ом и результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Нагрузочная характеристика $U_{СТ} = f(I_0)$.

Опыт №	I_0, мА	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	$U_{СТ}$, В									

4.5 Исследовать зависимость выходного напряжения стабилизатора $U_{СТ}$ от колебаний входного напряжения $U_{вх}$.

4.5.1 Резистором $R_н$ = 1000 Ом ток нагрузки Io установить равным 25 мА.

4.5.2 Движок R_5 (регулировка) поставить в крайнее правое положение, $U'''_{ст.\,max}$. ЛАТРом изменять входное напряжение в пределах 12…20 В. Результаты измерений занести в таблицу 2.

4.5.3 Установить ЛАТРом по вольтметру PV1 номинальное значение входного напряжения $U_{ВХ.\,ном}$ = 15 В. Движок R_5 (регулировка) установить в положение, при котором $U_{ст} = U''_{ст.\,ном}$ (опыт 1). Входное напряжение изменять ЛАТРом в пределах 12…20 В. Результаты измерений занести в таблицу 2.

4.5.4 Движок R_5 (регулировка) установить в крайнее левое положение, $U'_{ст.\,min}$. Входное напряжение изменять ЛАТРом в пределах 12…20 В. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Передаточная характеристика $U_{СТ} = f(U_{вх})$

Опыт №	ИЗМЕРИТЬ							ВЫЧИСЛИТЬ			
	Uвх,	В	12	14	16	18	20	$U_{ст.ном}$	$\Delta U_{вх}$	$\Delta U_{ст}$	$K_{ст}$
3	$U'''_{ст.max}$	В									
4	$U''_{ст.ном}$	В									
5	$U'_{ст.min}$	В									

4.6 На основании данных измерений для каждого опыта определить область стабилизации, где $U_{ст}$ близко к заданному значению, и коэффициент стабилизации напряжения.

4.6.1 $\Delta U'_{вх} = U'_{вх.max} - U'_{вх.min}$; $\Delta U'_{ст} = U'_{ст.max} - U'_{ст.min}$;

$$K'_{СТ} = \frac{\Delta U'_{вх}}{U_{вх.ном}} : \frac{\Delta U'_{ст}}{U_{ст.ном}};$$

4.6.2 Построить зависимости $U_{ст} = f(Io)$ (табл. 1, оп. 2); $U_{ст} = f(U_{вх})$ (табл. 2, оп. 3, 4, 5).

4.6.3 Сделать вывод о влиянии на качество стабилизации изменения тока нагрузки I_o (табл. 1), и колебания входного напряжения (табл. 2).

5. Контрольные вопросы.

5.1 Каково назначение стабилизаторов?

5.2 Назовите причины нестабильности выходного напряжения стабилизатора.

5.3 Что называется коэффициентом стабилизации?

5.4 Какими выражениями определяются коэффициенты стабилизации по напряжению?

5.5 Привести структурную схему параметрического стабилизатора. Каково назначение основных элементов параметрических стабилизаторов?

5.6 В чем состоит сущность параметрического метода стабилизации?

6. Содержание отчета.

6.1 Наименование и цель лабораторного занятия.

6.2 Формулы вычислений с цифровыми значениями для каждого опыта.

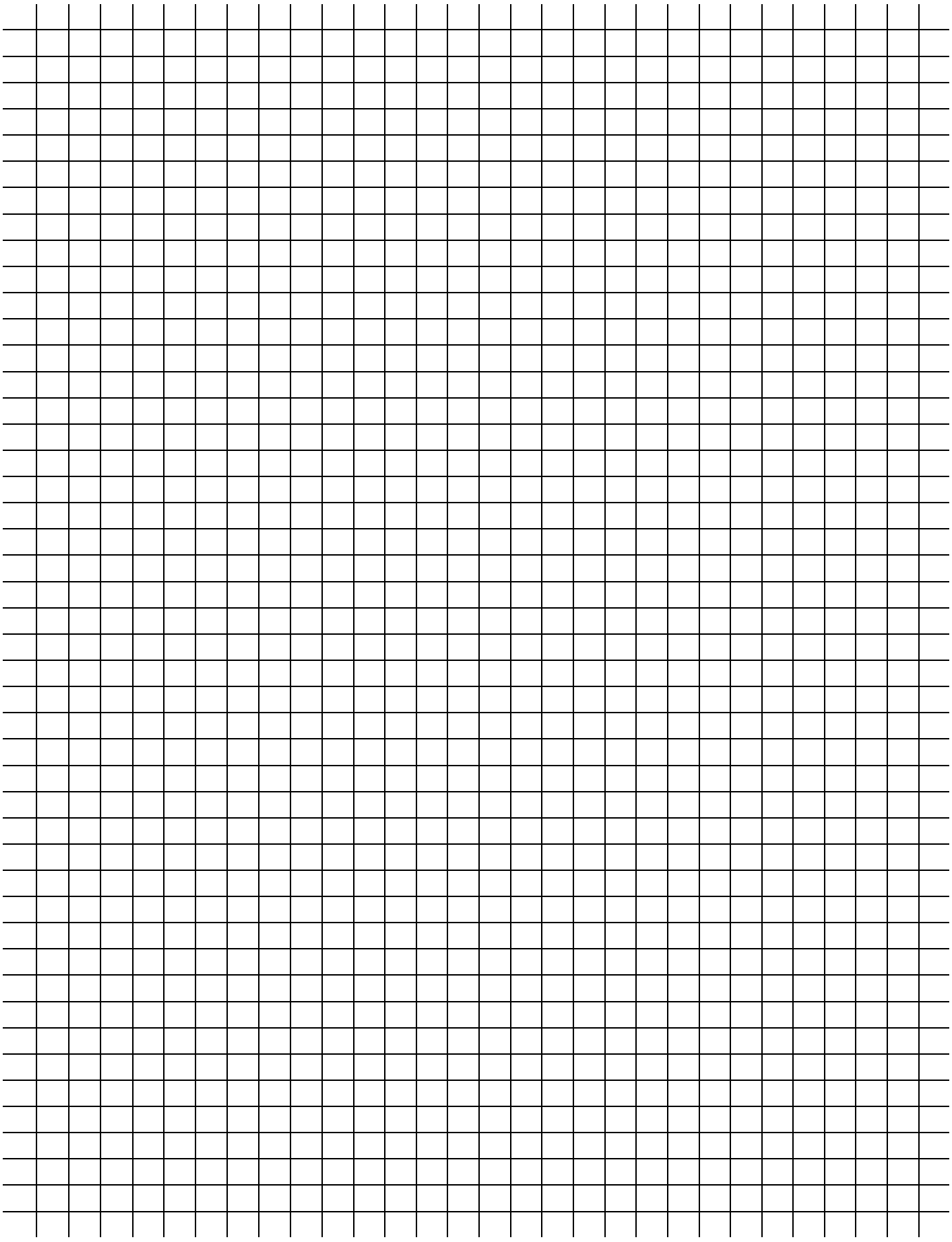
6.3 Графики $U_{ст} = f(I_0)$ и $U_{ст} = f(U_{вх})$.

6.4 Выводы о влиянии каждой из причин нестабильности на качество стабилизации в каждом опыте.

Список литературы

Васильков А.В. Источники электропитания. – М.: Форум, 2012.

Ответы на контрольные вопросы



Лаборатория источники питания РА	Дата	Вариант
Лабораторное занятие №	Группа	Преподаватель
Исследование полупроводникового стабилизатора напряжения	ФИО	

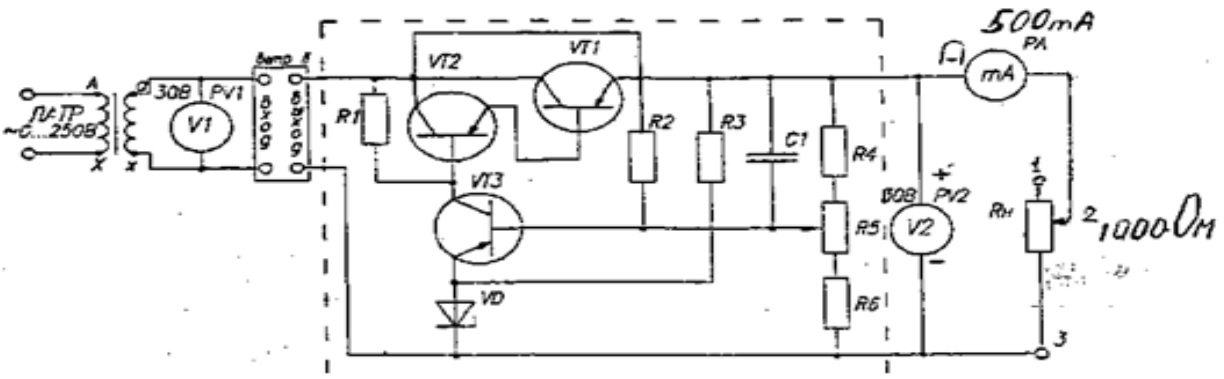
1. Цель занятия:

1.1 Определить возможный диапазон изменений выходного напряжения.

1.2 Установить зависимость $U_{ист}$ от тока нагрузки и от напряжения сети.

2. Выполнение работы

2.1 Схема электрическая



Опыт 1

$$U_{ст.ном} = \frac{U_{ст\max} + U_{ст\min}}{2};$$

2.2 Область стабилизации

$U_{вх.\ ном}$ =15В

$U_{ст.\ min}$ =

$U_{ст.\ max}$ =

$U_{ст.\ ном}$ =

2.3 Снять нагрузочную характеристику стабилизатора $U_{ст} = f(I_0)$

Таблица 1

Опыт №	I_0, мА	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	$U_{ст.\ max}$, В									

Таблица 2. Передаточная характеристика $U_{СТ} = f(U_{ВХ})$

Опыт №	ИЗМЕРИТЬ							ВЫЧИСЛИТЬ			
	$U_{вх}$,	В	12	14	16	18	20	$U_{ст\ ном}$	$\Delta U_{вх}$	$\Delta U_{ст}$	$K_{ст}$
3	$U'''_{ст.\ max}$	В									
4	$U''_{ст.\ ном}$	В									
5	$U'_{ст.\ min}$	В									

2.4 На основании данных измерений определить коэффициент стабилизации стабилизатора напряжения для каждого опыта при $R5_{max}$, $R5_{ном}$ и $R5_{min}$

2.4.1 $$U_{ст.ном} = \frac{U_{ст\max} + U_{ст\min}}{2};$$

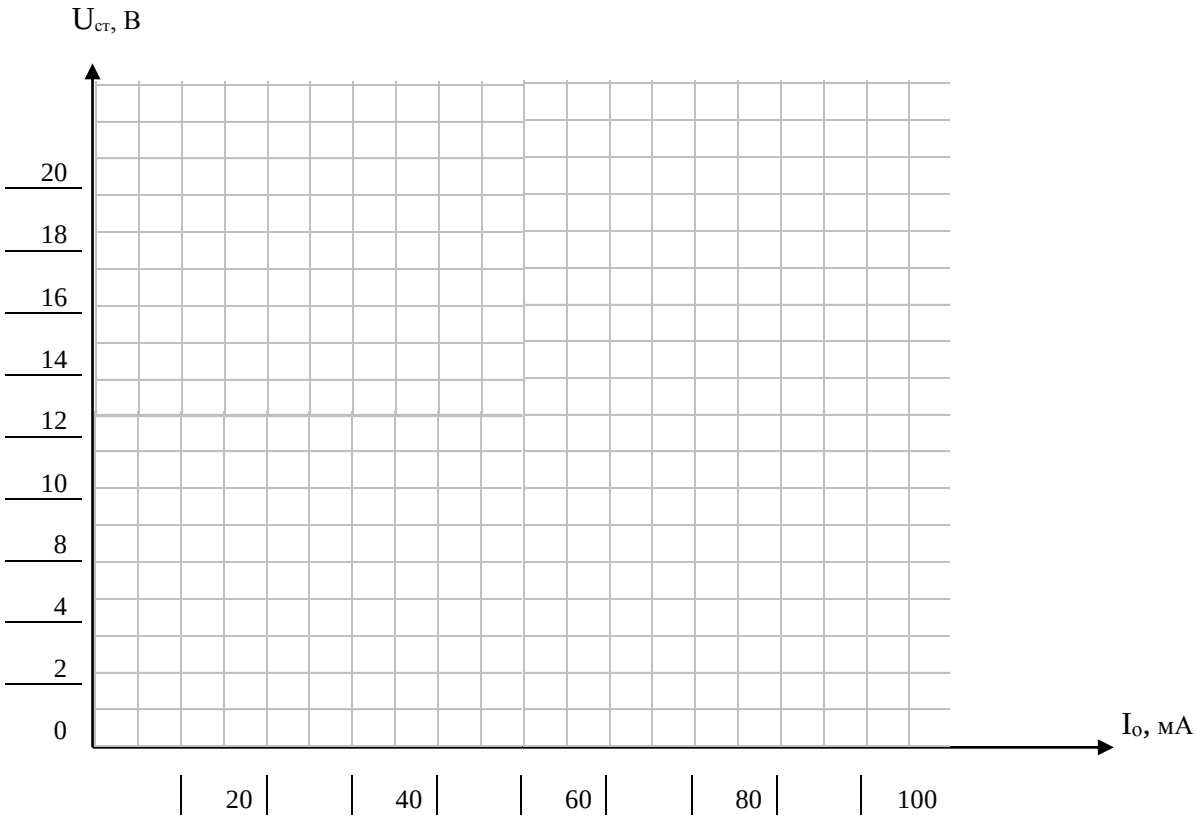
2.4.2 **Опыт 2** при $R5_{max}$ **Опыт 3** при $R5_{ном}$ **Опыт 4** при $R5_{min}$

$\Delta U'''_{вх}$ =U'''вх.max – U'''вх.min $\Delta U''_{вх}$ =U''вх.max – U''вх.min $\Delta U'_{вх}$ =U'вх.max – U'вх.min

$\Delta U'''_{ст}$ =U'''ст.max – U'''ст.min $\Delta U''_{ст}$ =U''ст.max – U''ст.min $\Delta U'_{ст}$ =U'ст.max – U'ст.min

$$K'''cm = \frac{\Delta U'''_{вх}}{U_{вх.ном}} \div \frac{\Delta U'''_{ст}}{U_{ст.ном}} \qquad K''cm = \frac{\Delta U''_{вх}}{U_{вх.ном}} \div \frac{\Delta U''_{ст}}{U_{ст.ном}} \qquad K'cm = \frac{\Delta U'_{вх}}{U_{вх.ном}} \div \frac{\Delta U'_{ст}}{U_{ст.ном}}$$

2.4.3 Построить зависимости $U_{ст} = f(I_0)$ (табл.1), $U_{ст} = f(U_{bx})$ (табл. 2, оп. 1, 2).
Нагрузочная характеристика $U_{ст} = f(I_0)$.



3. Контрольные вопросы:

5.1 Объясните принцип работы компенсационного стабилизатора.

5.2 В чем состоит принципиальное отличие компенсационного метода стабилизации от параметрического?

5.3 Привести структурную схему стабилизаторов компенсационного типа. Каково назначение основных узлов компенсационных стабилизаторов напряжения, и в чем состоит сущность компенсационного метода стабилизации?

5.4 На какой элементной радиотехнической базе выполняются основные функциональные узлы компенсационных стабилизаторов напряжения?

5.5 Привести структурную схему стабилизатора напряжения компенсационного типа с непрерывным регулированием, регулирующий транзистор включен последовательно с нагрузкой. Объяснить принцип действия схемы.

5.6 Привести принципиальную схему стабилизатора на транзисторах с параллельно включенным регулирующим элементом. Объяснить принцип ее работы.

5.7 В чем состоит сущность работы импульсного стабилизатора напряжения? В чем состоит отличие данного стабилизатора от стабилизатора непрерывного действия?

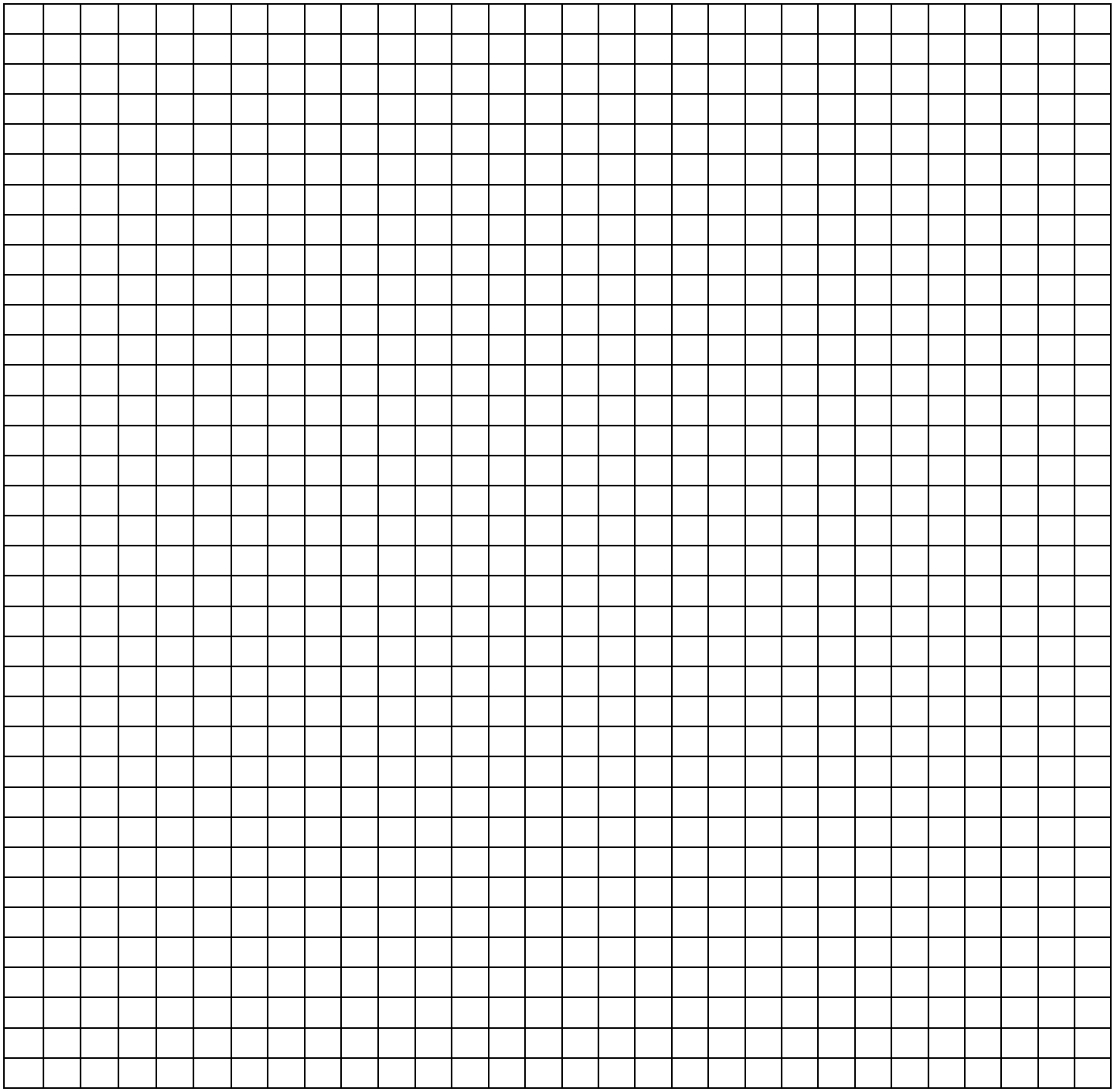
5.8 Привести структурную схему импульсного стабилизатора напряжения.

5.9 Каково назначение основных узлов данного стабилизатора?

5.10 Какими достоинствами и недостатками обладают импульсные стабилизаторы?
5.11 Какой тип стабилизатора исследуется в данной работе?
5.12 Запишите функциональное назначение элементов схемы стабилизатора.

4. Ответы на контрольные вопросы

5. Вывод. Сделать вывод о влиянии изменения тока нагрузки I_o и колебания входного напряжения на качество стабилизации.



Практическое занятие №1

Расчет низковольтного трансформатора

1 Цель работы:

Получить навыки расчета низковольтного маломощного трансформатора.

2 Краткие теоретические сведения.

Трансформатор - статический электромагнитный аппарат, предназначенный для изменения величины электрического напряжения переменного тока, при неизменной частоте.

Трансформатор является самым распространенным электромагнитным преобразователем переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

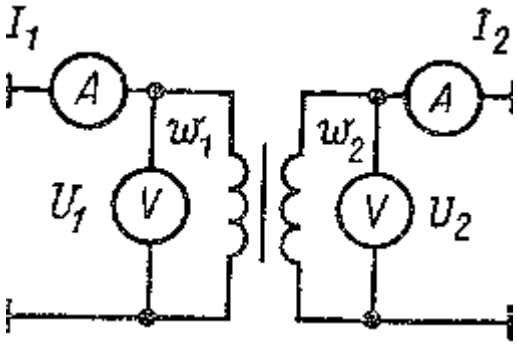


Рисунок 1

Если на первичную обмотку подать переменное напряжение U1, то по ней потечет переменный ток i1 который создаст переменный магнитный поток Ф. Он будет пронизывать витки обмоток и наводить в них ЭДС. На зажимах вторичной обмотки возникнет переменное напряжение U2, и если к вторичной обмотке W2 подключить нагрузку, то в ней потечет ток i 2, таким образом, энергия из первичной обмотки передается во вторичную, с помощью магнитного потока.

Переменный магнитный поток, возбужденный в магнитопроводе переменным током первичной обмотки, наводит в обеих обмотках ЭДС, E1 и E2

$$E1=4{,}44\ \Phi\ f\ W1; \qquad E2=4{,}44\ \Phi\ f\ W2$$

Отношение ЭДС первичной и вторичной и вторичной обмоток определяется зависимостью

$$E1/E2=W1/W2$$

Для случая когда обмотка W2 ,разомкнута справедливо соотношение:

$$E1/E2=W1/W2 = K$$

Где К – коэффициент трансформации трансформатора, пренебрегая потерями

Можно записать E1=U1, E2=U2, и

$$K = U1/U2 = W1/W2;$$

Параметры трансформатора определяют проделав опыты холостого хода, и короткого замыкания.

Опыт холостого хода определяют К – коэффициент трансформации трансформатора
Мощность, потребляемая трансформатором в режиме холостого хода, идет на покрытие потерь в магнитопроводе, на перемагничивание и вихревые токи и равна потерям в стали магнитопровода Рхх =Рст.
Опыт короткого замыкания проводят при напряжении такой величины, чтобы ток в обмотках был равен номинальному. При таком низком напряжении потери холостого хода Рхх=0; и потери при коротком замыкании, равны потерям на нагревание меди обмоток трансформатора Ркз= Рм.
Исследование работы трансформатора в рабочем режиме позволяет определить и построить внешнюю характеристику трансформатора, при различных нагрузках на трансформаторе U2=f(I2).

3 Задание.
3.1 Определить типовую мощность трансформатора.
3.2 По типовой мощности рассчитать и выбрать тип магнитопровода трансформатора.
3.3 Рассчитать обмотки трансформатора.
3.3.1 Определить число витков каждой обмотки.
3.3.2 Определить марку и диаметр провода каждой обмотки.
3.3.3 Выбрать междуслоевую и междуобмоточную изоляцию по каждой обмотке.
3.4 Сделать проверку размещения обмоток в окне трансформатора.

4 Методика расчета трансформатора.
4.1 Определяем типовую мощность трансформатора и мощность каждой обмотки,
где $Pn = Un \cdot In$; n-количество обмоток.

$$P_{mun} = \frac{1}{2}(P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_н)$$

4.2 **Расчет магнитопровода.**
4.2.1 Трансформатор малой мощности, низковольтный, поэтому принимают броневую конфигурацию магнитопровода. По найденной величине типовой мощности из таблицы 1.1 приложения 7 находят ориентировочные значения:

B - магнитная индукция.
δ - плотность тока
Км - коэффициент заполнения обмотки медью
Кст-коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью.
η -коэффициент полезного действия.
-Марка стали
-толщина стали.

4.2.2 Определяют величину произведения сечения сердечника на сечение окна магнитопровода по формуле:

$$S_{ст} \cdot S_{ок} = \frac{P_{тип} \cdot 10^2}{1{,}11 \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta}\right) \cdot f \cdot B \cdot \delta \cdot K_м \cdot K_{ст}}$$

4.2.3 По величине $S_{ст} \cdot S_{ок}$ из приложения 6, выбирают магнитопровод, принимая ближайшее большее значение: для частоты 50Гц броневую пластинчатую конфигурацию; для частоты 400Гц броневую ленточную конфигурацию.

Выписывают обозначение магнитопровода и его размеры L; H; c; h; Sст*Sок; Sст, a, b, n.

4.2.4 Вычерчивают эскизно магнитопровод с указанием размеров, конфигурации, марки и толщины стали, обозначения магнитопровода согласно n.4.2.3.

4.3 **Расчет обмоток**

4.3.1 Определяют числа витков обмоток по формуле:

$$W_2 = \frac{U_2\left(1 + \frac{\Delta U2\%}{100}\right)10^4}{4.44 \cdot f \cdot B \cdot S_{ст}}$$

$$W3 = \frac{U3\left(1 + \frac{\Delta U3\%}{100}\right)10^4}{4.44 \cdot f \cdot B \cdot S_{ст}}$$

$$W1 = \frac{U1\left(1 - \frac{\Delta U1\%}{100}\right)10^4}{4.44 \cdot f \cdot B \cdot S_{ст}}$$

Где: $\Delta U1, \Delta U2, \Delta U3$,относительные падения напряжений в обмотках, определяются по таблице 1.2, приложения 7 $\Delta U2 = \Delta U3$. Принимают ближайшее большее целое число.

4.3.2 Находят сечение проводов обмоток по формуле

где- δ - плотность тока в обмотках (см.n.4.2.1)

$$S_{пр} = \frac{I_n}{\delta}; мм^2 \qquad S_{пр1} = \frac{I_1}{\delta}; мм^2 \qquad S_{пр2} = \frac{I_2}{\delta}; мм^2 \qquad S_{пр3} = \frac{I_3}{\delta}; мм^2$$

$$S_{пр} = \frac{I_n}{\delta}; мм^2$$

In- ток обмотки, I1,I2,I3 из задания.

4.3.3 По полученному значению Sпр по прложению5 выбирают большее стандартное сечение, марку провода и диаметр провода с изоляцией dиз, для каждой обмотки.

4.3.4 Находят допустимую осевую длину обмотки по формуле:

$h_д = h - 5; мм$;

где: h-высота окна магнитопровода

4.3.5 Определяют число витков в одном слое Wc,(Wc1Wc2Wc3) полученное число округлить до ближайшего меньшего целого значения, и число слоев N каждой обмотки(N1,N2,N3) полученное число округлить до ближайшего большего целого значения.

$$W_c = \frac{h_д}{K_y \cdot du3} \qquad N_n = \frac{W}{Wc}$$

Где: Ку -коэффициент укладки(1.07...1.15)

4.3.6 Выбирают междуслоевуюΔиз и междуобмоточную α12, α23 изоляцию.

В качестве междуслоевой изоляции рекомендуется выбирать:

-при проводах диаметром менее 0.1мм-конденсаторную бумагу толщиной - 0.01мм

-при проводах диаметром 0.1...0.5 мм-телефонную бумагу толщиной -0.05мм

-при проводах диаметром более 0.5 мм- кабельную бумагу толщиной-0.12мм

В качестве междуобмоточной изоляции при напряжении до 1000 В можно использовать различные марки изоляционной бумаги, намотанной в несколько слоев, общую толщину этой изоляции можно принимать равной 0.2...0.3мм. 4.3.7 Находят радиальные размеры каждой обмотки α1, α2, α3

$$\alpha n = Ky \cdot N_n \cdot d_{из} + \left(N_n - 1\right) \cdot \Delta_{изn};$$

Где: $\Delta_{изn}$ -толщина междуслоевой изоляции

n-номер обмотки.

4.3.8 Находят радиальный размер катушки(всех обмоток),т.е. ее толщину. $\alpha = \Delta 3 + \Delta K + \alpha 1 + \alpha 12 + \alpha 2 + \alpha 23 + \alpha 3 + \alpha 30$,где

$\Delta 3$=0.5мм-зазор между внутренней частью каркаса и сердечником

ΔK=0,5мм-толщина каркаса;

$\alpha 1; \alpha 2; \alpha 3$-радиальные размеры каждой обмотки, найденые в п-4.3.7

$\alpha 12 \approx \alpha 23 \approx 0.2...0.3$мм, толщины междуобмоточной изоляции.

$\alpha 30$=0,5 мм-толщина верхнего слоя изоляции катушек

4.3.9 Для определения возможности размещения обмоток в окне магнитопровода, проверяют зазор между катушками и магнитопроводом

С-α;

Где: С- ширина окна; α-радиальный размер катушки, найденный в п.4.3.8

Катушка нормально размещается в окне магнитопровода , если С-α мм >2…4 мм, в зависимости от мощности трансформатора.

Если полученный зазор меньше 2мм, то следует увеличить индукцию или подобрать провода меньших диаметров.

5 Вычерчивают принципиальную схему с указанием числа витков, напряжения, тока, марки и диаметра провода по каждой обмотке.

6 Содержание отчета

6.1 Цель работы.

6.2 Задание.

6.3 Исходные данные.

6.4 Расчет магнитопровода

6.4 Расчет обмоток трансформатора

6.5 Начертить принципиальную схему трансформатора

6.6 Указать параметры и номиналы магнитопровода и обмоток

7 Контрольные вопросы

7.1 Поясните назначение узлов трансформатора.

7.2 В чем состоит принцип действия трансформатора

7.3 Назовите этапы расчета трансформатора.

Список литературы.

Васильков А.В., Васильков И.А., «Источники электропитания» Москва, Форум, 2012г.

8Стчет: решение задачи

Исходные данные: см. приложение 1
U1= ; U2= ; U3= ;
I1= ; I2= ; I3= ;
f =
8.1 Определяем типовую мощность трансформатора и мощность каждой обмотки, где $Pn = Un \cdot In$; n-количество обмоток.

$$P_{тип} = \frac{1}{2}\left(P_1 + P_2 + P_3\right) =$$

8.2 **Расчет магнитопровода.**
8.2.1 Трансформатор малой мощности, низковольтный, поэтому принимают броневую конфигурацию магнитопровода. По найденной величине типовой мощности из таблицы 1.1 приложения 7 находим ориентировочные значения:

B = магнитная индукция
δ = плотность тока
Км = коэффициент заполнения обмотки медью
Кст= коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью.
η = коэффициент полезного действия.
-Марка стали
-толщина стали.

8.2.2 Определяют величину произведения сечения сердечника на сечение окна магнитопровода по формуле:

$$S_{CT} \cdot S_{OK} = \frac{P_{ТИП} 10^2}{1{,}11 \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta}\right) \cdot f \cdot B \cdot \delta \cdot K_M \cdot K_{CT}} =$$

8.2.3 По величине $S_{ст} \cdot S_{ок}$ из приложения 6, выбирают магнитопровод, принимая ближайшее большее значение: для частоты 50Гц броневую пластинчатую конфигурацию; для частоты 400Гц броневую ленточную конфигурацию.
Выписывают : Тип и обозначение магнитопровода:
и его размеры :L= ; H= ; c= ; h= ; Sст*Sок= ; Sст= ,
a= , b= , n= ,
8.2.4 Вычерчивают магнитопровод с указанием размеров, конфигурации, марки и толщины стали, обозначения магнитопровода согласно n.8.2.3.

8.3 **Расчет обмоток**

8.3.1 Определяем число витков обмоток :

$$W1=\frac{U1\left(1-\frac{\Delta U1\%}{100}\right)10^4}{4.44\cdot f\cdot B\cdot S_{cm}}=$$

$$W3=\frac{U3\left(1+\frac{\Delta U3\%}{100}\right)10^4}{4.44\cdot f\cdot B\cdot S_{cm}}=$$

$$W_2=\frac{U_2\left(1+\frac{\Delta U2\%}{100}\right)10^4}{4.44\cdot f\cdot B\cdot S_{cm}}=$$

$\Delta U1=$, $\Delta U2=$, $\Delta U3=$,

Где: $\Delta U1, \Delta U2, \Delta U3$,относительные падения напряжений в обмотках, определяются по таблице 1.2, приложения 7 $\Delta U2=\Delta U3$. Принимают ближайшее большее целое число.

8.3.2 Находят сечение проводов обмоток по формуле

$$S_{np1}=\frac{I_1}{\delta}=$$

$$S_{np2}=\frac{I_2}{\delta}=$$

$$S_{np3}=\frac{I_3}{\delta}=$$

$S_{np}=\frac{I_n}{\delta}; мм^2$

Где: δ - плотность тока в обмотках (см.п.8.2.1)

I1,I2,I3 - ток обмотки из задания.

8.3.3 По полученному значению Sпр по приложению 5 выбирают большее стандартное сечение, марку провода и диаметр провода с изоляцией dиз, для каждой обмотки:

Провод марки:

S1= мм²; dиз1= мм;

S2= мм² ; dиз2= мм;

S3= мм² ; dиз3= мм;

8.3.4 Находят допустимую осевую длину обмотки по формуле:

$$h_\partial=h-5=$$ мм;

где: h-высота окна магнитопровода

8.3.5Определяют для каждой обмотки:

число витков в одном слое **Wc,(Wc1Wc2Wc3)** полученное число ***округлить до ближайшего меньшего целого значения,***

и число слоев **N (N1,N2,N3)** полученное число ***округлить до ближайшего большего целого значения.***

$$W_{c1}=\frac{h_\partial}{K_y\cdot du31}=$$

$$N_1=\frac{W_1}{Wc1}=$$

$$W_{c2} = \frac{h_д}{K_y \cdot du32} =$$

$$N_2 = \frac{W_2}{Wc2} =$$

$$W_{c3} = \frac{h_д}{K_y \cdot du33} =$$

$$N_3 = \frac{W_3}{Wc3} =$$

Где: Ку -коэффициент укладки(1.07...1.15)

8.3.6 Выбирают междуслоевуюΔиз и междуобмоточную α12, α23 изоляцию.

$\Delta_{из1}$= $\Delta_{из2}$= $\Delta_{из3}$=

α12 =

α23 =

В ***качестве междуслоевой изоляции*** рекомендуется выбирать:

-при проводах диаметром менее 0.1мм-конденсаторную бумагу толщиной - 0.01мм

-при проводах диаметром 0.1...0.5 мм -телефонную бумагу толщиной -0.05мм,

-при проводах диаметром более 0.5 мм- кабельную бумагу толщиной-0.12мм.

В ***качестве междуобмоточной изоляции*** при напряжении до 1000 В можно использовать различные марки изоляционной бумаги, намотанной в несколько слоев, общую толщину этой изоляции можно принимать равной 0.2...0.3мм

8.3.7 Находят радиальные размеры каждой обмотки α1, α2, α3

$$\alpha_1 = Ky \cdot N_1 \cdot d_{из1} + (N_1 - 1) \cdot \Delta_{из1} =$$

$$\alpha_2 = Ky \cdot N_2 \cdot d_{из2} + (N_2 - 1) \cdot \Delta_{из2} =$$

$$\alpha_3 = Ky \cdot N_3 \cdot d_{из3} + (N_3 - 1) \cdot \Delta_{из3} =$$

Где: $\Delta_{из}$ -толщина междуслоевой изоляции.

8.3.8Находят радиальный размер катушки(всех обмоток),т.е. ее толщину

$$\alpha = \Delta 3 + \Delta K + \alpha 1 + \alpha 12 + \alpha 2 + \alpha 23 + \alpha 3 + \alpha 30 =$$

где :

Δ3=0.5мм-зазор между внутренней частью каркаса и сердечником

ΔK=0,5мм-толщина каркаса;

$\alpha 1; \alpha 2; \alpha 3$-радиальные размеры каждой обмотки, найденные в п-6.3.7

$\alpha 12 \approx \alpha 23 \approx 0.2...0.3$мм, толщины междуобмоточной изоляции.

α30=0,5 мм-толщина верхнего слоя изоляции катушек.

8.3.9 Для определения возможности размещения обмоток в окне магнитопровода, проверяют зазор между катушками и магнитопроводом.

C-α =

Где: С- ширина окна; α-радиальный размер катушки, найденный в п.8.3.8

Катушка нормально размещается в окне магнитопровода, если С-α мм >2…4 мм, в зависимости от мощности трансформатора.

Если полученный зазор меньше 2мм, то следует увеличить индукцию или подобрать провода меньших диаметров.

9 Вывод:

10 Вычерчиваем принципиальную схему с указанием числа витков, напряжения, тока, марки и диаметра провода по каждой обмотке.

Контрольные вопросы

1Какое физическое явление лежит в основе работы трансформаторов?

2Дать определение трансформатора,

3.Может ли трансформатор работать от сети постоянного тока?

4Почему магнитопроводы трансформаторов выполняются из пластин, а не монолитными?

5Какая конструкция трансформатора наиболее технологична?

6 Какими достоинствами и недостатками обладают трансформаторы на тороидальных сердечниках?

Ответы на контрольные вопросы:

Практическое занятие № 2

«Расчет выпрямителя и сглаживающего фильтра»

1 *Цель занятия:*

Получить навыки расчета выпрямителя и сглаживающего фильтра.

2 *Порядок выполнения работы*

2.1 Определить мощность нагрузки и выбрать схему выпрямления

2.2 Выбрать диод.

2.3 Рассчитать **LC** фильтр, согласно варианту

2.3.1 Выбрать конденсатор.

2.3.2 Выбрать дроссель.

2.4 Составить схему выпрямителя согласно расчету и указать типы и номиналы выбранных элементов.

3 Краткие теоретические сведения.

При работе выпрямителя по его нагрузке протекает пульсирующий ток, который содержит переменную и постоянную составляющие. Частота и уровень пульсаций зависят от частоты питающей сети и схемы выпрямления.

Для обеспечения нормальной работы аппаратуры пульсации снижаются с помощью сглаживающих фильтров, пульсации снижаются до определенного, допустимого уровня. Кп% норм≥ Кп% вых.

Действие сглаживающего фильтра оценивается коэффициентом сглаживания. Коэффициент сглаживания **q** определяется как отношение коэффициента пульсаций по первой гармонике на входе фильтра **Кп%вх** к коэффициенту пульсаций на его выходе (на нагрузке) для той же гармоники **Кп%вых**:

q = Кп% вх / Кп% вых ;

Сложные фильтры однозвенные и многозвенные сглаживающие фильтры из сочетания конденсаторов С и индуктивностей L позволяют получить более высокие коэффициенты сглаживания.

Многозвенные фильтры применяются, если $q > 20$; $q > 50$; $q > 100$ (т.к. это экономичнее).

Значение L и C в "LC" фильтрах выбирают исходя из соотношения

$$m\omega L >> R_H >> \frac{1}{m\omega C};$$

и так, чтобы собственная частота полученного контура была далека (ниже) частоты пульсаций выпрямленного напряжения $f_П$, $\omega_o \leq 0{,}5 m\omega_c$.

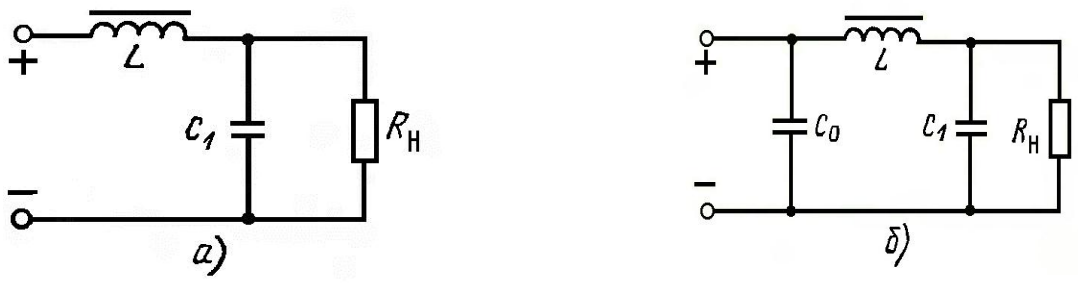


Рисунок 1 Сложные фильтры. а) Г-образный, б) П-образный.

Если фильтр Г-образный, рисунок 1а, входным элементом является индуктивность, конденсатор почти не влияет на работу выпрямителя. Переменная составляющая выделяется на индуктивности L и конденсаторе С.

Если фильтр П-образный, рисунок 1 б, входным элементом является конденсатор, индуктивность почти не влияет на работу выпрямителя. Переменная составляющая выделяется на конденсаторе C_0 , С1 и индуктивности L.

Коэффициент сглаживания для многозвенного фильтра равен произведению коэффициентов сглаживания всех звеньев

$$q = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \ldots \cdot q_n;$$

если звенья однотипны, то $q_1 = q_2 = q_3 = \ldots = q_n$;

$$q = (q_1)^n;$$

где *n* — число звеньев.

Коэффициент сглаживания одного звена не должен превышать 20, и определяется подбором числа звеньев n.

$$q_1 = \sqrt[n]{q};$$

Пример 1

Дано: $K_{П.ВХ.} = 67\%$; $K_{П.ВЫХ.} = 0.01\%$;

Найти: q, q_1, n-?

Решение: т.к. $q = \frac{67\%}{0.01\%} = 6700$; >20, принимаем многозвенный фильтр и определяем число звеньев, если n=2; $q_1 = \sqrt{6700} = 81.9$, >20; продолжаем подбор:

если n=3 $q_1 = \sqrt[3]{6700} = 18.8$, <20;

значит принимается трехзвенный фильтр, с коэффициентом сглаживания одного звена $q_1 = 18.8$

Ответ: q=6700, $q_1 = 18.8$; n=3.

4 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

4.1 Расчет выпрямителя начинается с технологического задания, в котором указывается:

4.1.1 **Uс=220 В** -номинальное напряжение сети.

4.1.2 **f=50 Гц** -частота тока сети .

4.1.3 **U**о ном.= **В**; -номинальное значение выпрямленного напряжения.

4.1.4 **I**о ном = **А** -номинальное значение выпрямленного тока нагрузки **;**

4.1.5 **К**п%.вых. = **%.** -допустимый коэффициент пульсации на выходе выпрямителя при номинальной нагрузке

5 РАСЧЕТ

5.1 Определяем мощность нагрузки: **P**о ном **= U**о ном**•I**о ном

5.2 Выбираем :

для П-образного фильтра однофазную однополупериодную схему выпрямления;

Кп%**=157%;** Iпр расч= Iо; Uобр расч=3,14Uо.

для Г-образного фильтра однофазную двухполупериодную мостовую схему выпрямления;

Кп%**=67%;** Iпр расч= 0,5Iо; Uобр расч=1,57Uо.

5.3 Выбор вентиля производим по приложению 4 таким образом, чтобы:

Iпр.ср.max ≥ **I**пр.расч.

Uобр.и.max ≥ **U**обр.расч.

Для выбранного вентиля записываем тип

Iпр.ср.max; **U**обр.и.max**;** **U**пр ср – прямое падение напряжения

и определяем сопротивление вентиля: $R_{VD} = \frac{U_{пр}}{I_{пр.расч.}}$;

5.4 Расчёт сглаживающего фильтра выполняется по вариантам

5.4.1 ВАРИАНТ №1

Для **П-образного LC фильтра**

Задаемся **К**п.вх1.%=**15%,** для оставшейся части фильтра и определяем значение входной емкости конденсатора, необходимой для получения заданного коэффициента пульсации.15%

$$C = \frac{100 * H}{K_{п.вх1} \cdot R}[мкФ];$$

где:**H**=100…200 – вспомогательный коэффициент; **R** – сопротивление фазы выпрямителя **R=R**vd**+R**тр; **R**тр=3…5 Ом.

По справочнику или приложению 8 выбираем требуемый тип и номиналы **C**ном, **U**c конденсатора так, чтобы **C**ном ≥ **C ;** где **U**с.ном.**=(1.5…2) U**o.

5.4.2 Уточняем фактическое значение **К**п.вх1% на выходе первого звена фильтра и подставляем **C**ном. выбранного конденсатора:

$$K_{п.вх1.} = \frac{100 * H}{C_{ном} * R};[\%]$$

5.4.3 Определяем коэффициент сглаживания, сравнивая полученный **К**п.вх1.% с заданным **К**п.вых.%:

$$q = \frac{K_{п.вх1.\%}}{K_{п.вых.\%}};$$

Если **q>50** экономичнее, брать многозвенный фильтр и расчет вести для одного звена.

Коэффициент сглаживания одного звена многозвенного фильтра:

$$q_1 = \sqrt[n]{q}$$

где:**q1 –** коэффициент сглаживания одного звена; **n** – кол-во звеньев.

5.4.4 Определяем произведение **LC –** фильтра:

$$LC = \frac{10(q_1 + 1)}{m^2}[Гн.мкФ];$$

где: **m –** величина, показывающая во сколько раз частота основной гармоники больше частоты сети, зависит от схемы выпрямления (однополупериодная **m**=1**;** двухполупериодная **m**=2 и т.д.)

5.4.5 По известным величинам **LC** и **C**ном. определяем величину индуктивности фильтра по формуле:

$$L = \frac{LC}{C_{ном}};[Гн]$$ выбираем по приложению 9 индуктивность L и тип дросселя, так чтобы **Lном≥L**; и **I**подм **=I**о – ток подмагничивания.

5.4.6 ВАРИАНТ №2

Для **Г-образного LC фильтра.**

Записываем **Кп вх** % согласно выбранной схеме выпрямления.

5.4.7 Определяем коэффициент сглаживания, сравнивая **Кп вх** % с заданным **Кп вых**%:

$$q = \frac{K_{п.вх.\%}}{K_{п.вых.\%}};$$

Если **q>50**,экономичнее брать многозвенный фильтр и расчет вести для одного звена.

Коэффициент сглаживания одного звена многозвенного фильтра:

$$q_1 = \sqrt[n]{q};$$

где **q1** – коэффициент сглаживания одного звена, **n** – кол-во звеньев.

5.4.8 Определяем произведение **LC** фильтра:

$$LC = \frac{10(q_1 + 1)}{m^2}[Гн.мкФ];$$

где: **m** – показывает во сколько раз частота основной гармоники больше частоты сети, зависит от схемы выпрямления (однополупериодная m=1; 2-х полупериодная m=2 и т.д.)

5.4.9 Определяем величину индуктивности входного дросселя

$$L_{кр} = \frac{K_{п.вых.\%} \cdot U_{0ном}}{m \cdot \omega \cdot I_{0ном}}[Гн];$$

по приложению 9 выбираем индуктивность Lном и тип дросселя так, чтобы **L**ном **≥ L**kp**.**

5.4.10 Определяем величину емкости:

$$C = \frac{LC}{L_{ном}};\ [мкФ]$$

По рассчитанной емкости, выбираем тип конденсатора и Сном, по приложению 8 так, чтобы при **C**ном.≥**C**, а **U**c**=(1.5…2)U**o ном

5.5 Чертим принципиальную схему выпрямителя, указав типы и номиналы выбранных элементов.

6 Контрольные вопросы

6.1 Назначение источника питания

6.2 Назначение схемы выпрямления.

6.3. Назначение сглаживающегофильтра.

6.4 Какое преимущество имеет LC-фильтр перед простыми фильтрами?

6.5 Каким выражением определяется коэффициент сглаживания многозвенного фильтра?

Содержание отчета

7.1 Наименование и цель занятия.

7.2 Исходные данные.

7.3 Расчет выпрямителя и сглаживающего фильтра

7.4 Схема электрическая принципиальная источника питания.

Список литературы

Васильков А.В., Васильков И.А., «Источники электропитания» Москва, Форум, 2012г. Хрусталев З.А, Парфенов С.В. « Источники питания РА» издательский центр Академии 2009г.5Отчет: решение задачи.

Практическое занятие №3

"Расчет преобразователя постоянного напряжения"

1 Цель работы:

Получить навыки расчета преобразователя постоянного напряжения на транзисторах и работы со справочной литературой.

2 Задание:

2.1 По значению Uвх; U_2; I_2 рассчитать автогенератор.

2.1. 1Выбрать оптимальную частоту автогенератора (0,5...2кГц)

2.1.2 Выбрать тип транзистора

2.1.3 Рассчитать силовой трансформатор

-Выбрать материал, форму сердечника и рассчитать размеры сердечника

-Число витков обмоток трансформатора (коллекторной, базовой и вторичной).

-Рассчитать диаметр провода обмоток и выбрать марку провода.

2.1.4 Рассчитать параметры цепи запуска: величины R и C.

3 Краткие теоретические сведения.

Для питания радиоаппаратуры от источников постоянного тока широко используются преобразователи постоянного напряжения.

Тенденция миниатюризации привела к тому, что полупроводниковые преобразователи напряжения стали применяться во вторичных источниках электропитания.

В процессе преобразования постоянное напряжение одной величины преобразуется в переменное или постоянное напряжение другой величины.

Для преобразования напряжения по величине в схеме преобразователя применяется трансформатор, а для преобразования постоянного тока в переменный – переключающее устройство, изменяющее направление тока в первичной обмотке трансформатора.

В качестве переключающего устройства в полупроводниковых преобразователях используются транзисторы или тиристоры.

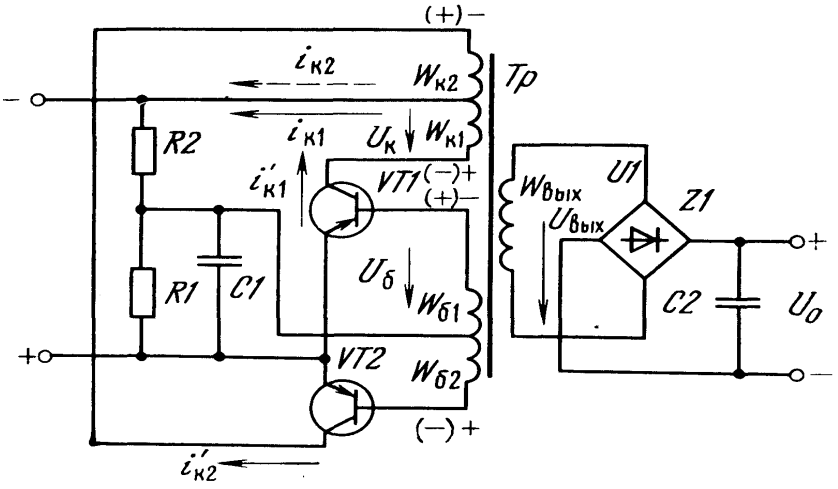


Рисунок 1

При включении источника питания в цепи делителя R1-R2 протекает ток, который создаёт на R2 напряжение смещения, открываются оба транзистора.

Из-за разброса параметров транзисторов токи коллекторов Iк1 и Iк2 в момент запуска будут различны. Разностный ток, протекающий в первичной (коллекторной) обмотке наводит во всех обмотках ЭДС. Напряжение положительной обратной свя-

зи в обмотке возбуждения лавинообразно открывает один транзистор и закрывает другой.
При изменении тока от 0 до Iк, точка А, падение напряжения Uкн незначительно. Индукция в сердечнике трансформатора увеличивается от –Фs до +Фs.
Уменьшение магнитной проницаемости материала сердечника приводит к смещению на выходной характеристике рабочей точки из точки А в точку Д.
Напряжение Uкэ открытого транзистора увеличивается, вследствие чего U1 на первичной обмотке и на обмотках положительной обратной связи уменьшается.
Это вызывает дальнейшее уменьшение Iб открытого транзистора и дальнейшее увеличение падения напряжения на его коллекторе. В результате такого лавинообразного процесса рабочая точка перемещается в положение отсечки, точка В.
Магнитный поток в сердечнике изменяется от –Фs до +Фs. Это вызывает изменение полярности напряжения на обмотках преобразователя. При этом на базу раннее закрытого транзистора подаётся отпирающее напряжение, а на базу ранее открытого транзистора – запирающее напряжение.
Это приводит к переключению транзисторов и процесс повторяется.
Ток базы открытого транзистора определяется

$$I_б = \frac{U_{бу} - U_{бн}}{R_б};$$

и обеспечивается подбором Rб и напряжением базовой обмотки.

4 Исходные данные, приложение 3:

4.1 Напряжение питания Uвх.= В

4.2 Выходное напряжение U2 = В

4.3 Выходной ток I2 = А

4.4 Частота преобразования f = кГц=

4.5 Температура окружающей среды t=20°

5 Расчёт преобразователя.

5.1 Напряжение питания низкое, до 20-25В, а мощность мала, принимаем схему автогенератора с выводом средней точки обмотки трансформатора.

5.2 Расчет переключающего элемента.

5.2.1 Определяем величину тока коллектора открытого транзистора Ikmax, задаваясь величиной КПД преобразователя $\eta_{пр}$= 0,8.

$$I_{Kmax} = \frac{U_2 \cdot I_2}{\eta_{пр} \cdot U_{вх}};$$

5.2.2 Определяем амплитуду напряжения между эмиттером и коллектором транзистора преобразователя

Uэк=2,4•Uвх

5.2.3 По полученным значениям Iк и Uэк, по приложению 10 выбираем тип транзистора, записываем его параметры и β - коэффициент усиления транзистора.

5.3 Расчет импульсного трансформатора.

5.3.1 Принимаем магнитопровод тороидальной конфигурации, магнитный материал 34НКМП (пермаллоевые сплавы с прямоугольной петлёй гистерезиса), для которого магнитная индукция B=1.47Тл.

5.3.2 Находим типовую мощность трансформатора для схемы двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора:

$$Р_{тип} = 2{,}1 \cdot U_2 \cdot I_2.$$

5.3.3Определяем размеры магнитопровода трансформатора (типоразмер), произведение:

$$S_{СТ} \cdot S_{ок} = \frac{P_{ТИП} \cdot 10^2}{2 \cdot f \cdot B \cdot \delta \cdot \eta_{ТР} \cdot K_{СТ} \cdot K_M}; \left[CM^4\right]$$

где: ηтр=0,85 ; Кст=0,8 ; δ=3$^{A}/_{мм^2}$; Км=0,3.

По Sст·Sок по приложению 11, выбираем тип магнитопровода и записываем его параметр Sст.

5.3.4 Определяем число витков половины коллекторной обмотки.

$$W_к^{/} = W_к^{//} = \frac{(U_{вх} - U_{кн}) \cdot 10^4}{4 \cdot f \cdot B \cdot S_{СТ} \cdot K_{СТ}};$$

где: Uкн=0,5 . . . 1 В

5.3.5 Задавшись величиной напряжения обратной связи Uбу=3В, определяем число витков базовой обмотки

$$W_б^{/} = W_б^{//} = \frac{W_к^{|} \cdot U_{бу}}{U_{вх} - U_{кн}};$$

5.3.6 Находим число витков вторичной (выходной) обмотки:

$$W_2 = \frac{W_к^{|} \cdot U_2}{U_{вх} - U_{кн}};$$

5.3.7 Определяем действующие значения токов обмоток трансформатора

Iк=$\frac{Ik\ \max}{\sqrt{2}}$ - коллекторной; Iб=$\frac{Ik\max}{\sqrt{2}\beta}$ - базовой;

Где: β- коэффициент усиления транзистора.

5.3.8 Определяем значения диаметров проводов dк, dб, d2, для обмоток Wк, Wб, W2 по формуле

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{I}{\delta}}$$

где I-ток: Iк, Iб, I2, ток коллекторной, базовой, вторичной обмоток.

5.4 Определяем параметры цепи запуска

R1=$\frac{3{,}5}{Iб\max}$; R2=R1(Uвх - ΔUR1) / ΔUR1;

Где: ΔUR1= 0,5 . . . 1В.

Для обеспечения надёжного запуска резистор R1 шунтируется конденсатором ёмкостью С от 1 мкФ до десятков мкФ.

5.5 Начертить принципиальную схему преобразователя.

Указать параметры и номиналы узлов и элементов: транзистора, трансформатора, резисторов.

На этом расчёт окончен.

6 Содержание отчета

6.1 Цель работы.

6.2 Задание.

6.3 Исходные данные.

6.4 Расчет преобразователя

6.5 Начертить принципиальную схему преобразователя.

6.6 Указать параметры и номиналы узлов и элементов.

7 Контрольные вопросы

7.1 Приведите структурную схему преобразователя напряжения с самовозбуждением и поясните назначение узлов.

7.2 В чем состоит принцип действия двухтактного преобразователя напряжения с самовозбуждением?

7.3 Назовите этапы расчета преобразователя.

7.4 Почему магнитопроводы трансформаторов преобразователей целесообразно выполнять из материала с прямоугольной петлей гистерезиса?

7.5. Приведите структурную схему преобразователя напряжения с независимым возбуждением. Поясните назначение узлов.

7.6 Каковы основы работы сетевых источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом?

7.7 Какие требования предъявляются к элементной базе источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом?

Список литературы

Васильков А.В., Васильков И.А., «Источники электропитания» Москва, Форум, 2012г

Хрусталев З.А, Парфенов С.В. « Источники питания РА» издательский центр Академии 2009г.

Ответы на контрольные вопросы

Отчет: решение задачи.

«Расчет преобразователя постоянного напряжения»

1 Цель занятия:

Получить навыки расчета преобразователя постоянного напряжения на транзисторах и работы со справочной литературой.

2 Исходные данные см Приложение 2

2.1 Напряжение питания Uвх.= В

2.2 Выходное напряжение U2 = В

2.3 Выходной ток I2 = А

2.4 Частота преобразования f = кГц= Гц

2.5 Температура окружающей среды t=20°

3Расчёт преобразователя.

3.1 Принимаем схему автогенератора с выводом средней точки обмотки трансформатора.

3.2 Расчет переключающего элемента

3.2.1Задаемся величиной КПД преобразователя $\eta_{пр}$= 0,8, определяем величину тока коллектора открытого транзистора Iкmax.

$$I_{k\max} = \frac{U_2 \cdot I_2}{\eta_{пр} \cdot U_{вх}};$$

3.2.2 Определяем амплитуду напряжения между эмиттером и коллектором транзистора преобразователя

Uэк=2,4•Uвх=

3.2.3По полученным значениям Iкmax и Uэk по приложению 10 выбираем:

тип транзистора

записываем его параметры и

β= коэффициент усиления транзистора.

3.3Расчет импульсного трансформатора

3.3.1Принимаем магнитопровод торроидальной конфигурации, магнитный материал 34НКМП (пермаллоевые сплавы с прямоугольной петлёй гистерезиса), для которого В=1.47Тл.

3.3.2 Находим типовую мощность трансформатора для схемы двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора:

Ртип =2,1U2•I2.

3.3.3Определяем размеры магнитопровода трансформатора (типоразмер).

$$S_{СТ} \cdot S_{ок} = \frac{P_{ТИП} \cdot 10^2}{2 \cdot f \cdot B \cdot \delta \cdot \eta_{ТР} \cdot K_{СТ} \cdot K_M}; [СМ^4]$$

где: ηтр=0,85 ; Кст=0,8 ; δ=3$A/_{мм^2}$; Км=0,3.

По Sст•Sок из приложения 11 выбираем:

тип магнитопровода….

сечение Sст•Sок=

Sст.=

3.3.4 Определяем число витков половины коллекторной обмотки.

$$W_к^{/} = W_к^{//} = \frac{(U_{вх} - U_{кн}) \cdot 10^4}{4 \cdot f \cdot B \cdot S_{CT} \cdot K_{CT}} =$$

где: Uкн=0,5 . . . 1 В.

3.3.5 Задавшись величиной напряжения обратной связи Uбу=3В, определяем число витков базовой обмотки

$$W_б^{/} = W_б^{//} = \frac{W_к^{|} \cdot U_{бу}}{U_{вх} - U_{кн}} =$$

3.3.6 Находим число витков вторичной обмотки:

$$W_2 = \frac{W_к^{|} \cdot U_2}{U_{вх} - U_{кн}} =$$

3.3.7 Определяем действующие значения токов обмоток трансформатора

Коллекторной: Iк=$\frac{Ik \quad \max}{\sqrt{2}}$ =

базовой: Iб=$\frac{Ik\max}{\sqrt{2}\beta}$ =

вторичной I2=

Где: β- коэффициент усиления транзистора; I2-взять из задания;

3.3.8 Определяем значения диаметров проводов dк, dб, d2, обмоток Wк, Wб, W2 по формулам:

3.3.9 $dk = 1{,}13\sqrt{\frac{Ik}{\delta}} =$ $d_б = 1{,}13\sqrt{\frac{Iб}{\delta}} =$ $d2 = 1{,}13\sqrt{\frac{I2}{\delta}} =$

где : Iк, Iб, I2, ток коллекторной, базовой, вторичной обмоток.

3.13 Определяем параметры цепи запуска

R1=$\frac{3{,}5}{Iб\max}$ = R2=R1(Uвх - ΔUR1) / ΔUR1=

Где: ΔUR1= 0,5 . . . 1В.

Для обеспечения надёжного запуска резистор R1 шунтируется конденсатором ёмкостью от 1 мкФ до десятков мкФ, принимаем С= 10мкФ.
3.14 Начертить принципиальную схему преобразователя.
Указать параметры и номиналы узлов и элементов.
На этом расчёт окончен.

4 Контрольные вопросы

4.1 Приведите структурную схему преобразователя напряжения с самовозбуждением и поясните назначение узлов.
4.3 В чем состоит принцип действия двухтактного преобразователя напряжения с самовозбуждением?
4.4 Назовите этапы расчета преобразователя.
4.5 Приведите структурную схему преобразователя напряжения с независимым возбуждением. Поясните назначение узлов схемы.
4.6 В чем состоит принцип действия данного преобразователя?
4.7 Почему магнитопроводы трансформаторов преобразователей целесообразно выполнять из материала с прямоугольной петлей гистерезиса?

5 Содержание отчета

5.1 Цель занятия.
5.2 Исходные данные.
5.3 Расчет преобразователя
5.4 Принципиальная схема преобразователя.

Ответы на контрольные вопросы

Приложение 1

Варианты заданий для
практического занятия «Расчёт низковольтного трансформатора»

вариант	U1	U2	U3	I1	I2	I3	f
	В	В	В	А	А	А	Гц
1	220	390	27	1,8	0,7	3,5	50
2	220	390	27	1,8	0,7	3,5	400
3	220	36	6,3	0,63	2,5	1,8	50
4	220	36	6,3	0,63	2,5	1,8	400
5	220	39	6,3	0,3	1,5	2	50
6	220	39	6,3	0,3	1,5	2	400
7	220	390	36	1,2	0,4	2	50
8	220	390	36	1,2	0,4	2	400
9	220	12,6	180	1,6	3,5	1,7	50
10	220	12,6	180	1,6	3,5	1,7	400
11	220	6,3	127	0,5	3	0,6	50
12	220	6,3	127	0,5	3	0,6	400
13	220	6	40	0,1	1,5	0,3	50
14	220	6	40	0,1	1,5	0,3	400
15	220	39	6,3	0,3	1,5	2	50
16	220	39	6,3	0,3	1,5	2	400
17	220	390	3,6	1,3	0,7	3,5	50
18	220	390	3,6	1,3	0,7	3,5	400
19	220	27	3,6	0,5	2,7	4	50
20	220	27	3,6	0,5	2,7	4	400
21	220	12	180	0,7	5	0,5	50
22	220	12	180	0,7	5	0,5	400
23	220	27	390	1,8	3,5	0,7	50
24	220	27	390	1,8	3,5	0,7	400
25	220	150	6,3	0,6	0,6	6	50
26	220	150	6,3	0,6	0,6	6	400
27	220	12,6	180	1,6	3,5	1,7	50
28	220	12,6	180	1,6	3,5	1,7	400
29	220	6,3	127	0,5	3	0,6	50
30	220	6,3	127	0,5	3	0,6	400
31	220	49	12	0,5	2	2	50
32	220	49	12	0,5	2	2	400
33	220	220	2,5	0,3	0,5	4	50
34	220	220	2,5	0,3	0,5	4	400
35	220	27	6,3	0,1	2	5	50

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ «РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЯ И СГЛАЖИВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА»

№ варианта	Данные сети		Данные нагрузки			Вид сглаживающего фильтра
	U_C [В]	f [Гц]	Uo ном [В]	$I_{0ном}$.[А]	Кпвых [%]	
1	220	50	70	0,3	0,01	Г- обр. LC
2	220	50	20	0,1	0,01	П- обр. LC
3	220	50	120	1,75	1	Г- обр. LC
4	220	50	40	0,5	0,1	П- обр. LC
5	220	50	100	1,5	1	Г- обр. LC
6	220	50	10	0,25	0,05	П- обр. LC
7	220	50	120	1,15	1	Г- обр. LC
8	220	50	75	0,2	0,01	П- обр. LC
9	220	50	500	1	0,1	Г- обр. LC
10	220	50	25	1,5	2,5	П- обр. LC
11	220	50	150	0,15	0,01	Г- обр. LC
12	220	50	60	0,5	0,1	П- обр. LC
13	220	50	180	1	0,1	Г- обр. LC
14	220	50	12	0,75	0,05	П- обр. LC
15	220	50	120	0,3	0,01	Г- обр. LC
16	220	50	12	1,2	1	П- обр. LC
17	220	50	120	0,5	0,05	Г- обр. LC
18	220	50	150	0,15	0,5	П- обр. LC
19	220	50	75	0,1	0,1	Г- обр. LC
20	220	50	250	1,5	2,5	П- обр. LC
21	220	50	300	0,75	0,15	Г- обр. LC
22	220	50	2 00	0,2	0,5	П- обр. LC
23	220	50	250	0,25	0,05	Г- обр. LC
24	220	50	100	0,2	0,5	П- обр. LC
25	220	50	500	0,5	0,25	Г- обр. LC
26	220	50	50	0,1	0,1	П- обр. LC
27	220	50	100	0,15	0,01	Г- обр. LC
28	220	50	150	0,15	0,5	П- обр. LC
29	220	50	400	0,25	0,01	Г- обр. LC
30	220	50	10	0,15	0,01	П- обр. LC

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ
К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ
«РАСЧЕТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ»

№ Вар	**Uвх,В**	**U2,В**	**I2,А**	**f,кГц**	**№ Вар**	**Uвх,В**	**U2,В**	**I2,А**	**f,кГц**
1	5	23	1	1	**16**	30	135	0.3	0.9
2	20	5	9	1	**17**	4,5	63	0,3	1
3	5	17	0,8	1	**18**	20	5	4	1
4	20	5	4	2	**19**	3	18	0,8	1
5	17	3,3	5	2	**20**	20	5	9	2
6	4,5	50	0,3	1	**21**	12	5	8	1
7	30	130	0,1	0,7	**22**	30	130	0,2	1,5
8	39	36	5	1	**23**	3,8	52	0,5	2
9	15	135	0,24	10	**24**	15	135	0,4	2
10	20	67	1	1	**25**	24	67	1	2
11	20	5	9	1	**26**	20	5	9	2
12	5	5	9	2	**27**	54	100	0,1	1
13	15	135	0,2	2	**28**	36	130	0,3	1
14	30	100	0,1	1	**29**	15	135	0,1	2
15	17	3,3	4	1	**30**	30	130	0,2	2

ПРИЛОЖЕНИЕ4

	Максимамально допустимые параметры		Среднее прямое напряжение	Интервал рабочих температур. °С	
Тип диода	Средний прямой ток Iпр ср мах	Импульсное обратное Напряжение UобрИмах В	Uпр	от	до
Д7А	0,3	50	0,5	-60	+60
Д7В	0,3	150	0,5	-60	+60
Д7Д	0,3	300	0,5	-60	+ 60
Д7Ж	0,3	400	0,5	-60	+60
Д302	1	200	0,3	-60	+63
Д3О4	5	150	0,3	—60	+60
Д305	10	50	0,35	—60	+ 60
Д207	0,1	200	1	-55	+ 125
Д209	0,1	400	1	-55	+ 125
Д211	0,1	600	1	—55	+ 125
Д214А	10	100	1	-60	+ 130
Д215А	10	200	1	-60	+ 130
МД217	0,1	800	1	—60	+ 125
МД218	0,1	1000	1	—60	+ 125
МД218А	0,1	1200	1	—60	+ 125
Д226	0,25	300	1	—60	+70
Д229Л	0,5	400	1	-60	+85
Д231	5	300	1	-60	+130
Д231А	10	300	1	-60	+ 130
Д232	5	400	1	-60	+ 130
Д232А	10	400	1	-60	+ 130
Д232Б	2	400	1	-60	+ 130
Д233	5	500	1	-60	+ 130
Д234Б	2	600	1	-60	+ 130
Д242А	5	100	1	-60	+ 125
Д243А	10	200	1	-60	+ 125
Д245А	10	300	1	-60	+ 125
Д246А	10	400	1	-60	+ 125
КД202А	5	50	1	-60	+ 130
КД202В	5	100	1	—60	+ 130
КД202Д	5	200	1	-60	+ 130
КД202Ж	5	300	1	—60	+ 130
КД202К	5	400	1	—60	-130
КД202М	5	500	1	-60	-130
КД202Р	5	600	1	—60	-130
КД203А	10	600	1	—60	+ 103
КД203В	10	800	1	—60	+100
КД203Д	10	1000	1	—60	+100
КД206А	10	400	1,35	—60	+70
КД206Б	10	500	1,35	-60	+70
КД206В	10	600	1,36	—60	+70
2Д206А	5	400	1.35	-60	. +85
2Д206Б	5	500	1 ,35	—60	+85
2Д206В	5	600	1,35	—60	+85
2Д210А	5	800	1	—60	+ 100
2Д210Б	10	800	1	-60	+100
2Д210В	5	1000	1	-60	+ 100
2Д210Г	10	1000	1	-60	+ 100
2Д219Б	10	20	1,6	-60	+ 100
Д1004	0,1	2000	5,0		
Д1005А	0,05	4000	5,0		
Д1005Б	0,1	4000	6,0		
Д1006	0,1	6000	6,0		
Д1007	0,0075	8000	6,0		
Д1008	0,05	10000	6,0		
Д1009	0.1	2000	7,0		
Д1009А	0,1x2	1000x2	3,5		
Д1010	0,3	2000	11,0		
Д1010А	0,3x2	1000x2	3,0		
Д1011	0,3x2	500x2	1,5		

Примечания: 1. Диоды Д7—Д305 — германиевые, остальные — кремниевые.

2. Диоды типов КД206, 2Д206 — лавинные, работают без снижения режимом до f=20 кГц.

3. Диоды типа 2Д210 — лавинные, работают без снижения режимов до f=1 кГц.

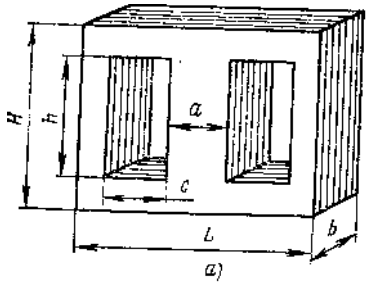
4. Диоды типа 2Д219 — с барьером Шоттки, работают без снижения режимов на частотах до 200 кГц.

Диаметр провода без изоляции мм	Сечение провода без изоляции, мм^2	Диаметр провода с изоляцией, мм ПРИЛОЖЕНИЕ 5			
		ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭТ	ПЭШО
0,020	0,0003	0,035	-	-	-
0,025	0,0005	0,040	-	-	-
0,032	0,0008	0,045	-	-	-
0,040	0,00126	0,055	-	-	-
0,050	0,00196	0,070	0,080	-	0,14
0,063	0,00314	0,085	0,90	0,093	0,16
0,071	0,00395	0,095	0,100	0,10	0,16
0,080	0,00502	0,105	0,110	0,11	0,17
0,090	0,00686	0,115	0,120	0,12	0,18
0,100	0,00785	0,125	0,13	0,13	0,19
0,112	0,00985	0,135	0,14	0,14	0,20
0,125	0,0123	0,150	0,155	0,155	0,22
0,140	0,0158	0,165	0,170	0,17	0,23
0,160	0,0201	0,190	0,200	0,20	0,25
0,180	0,0254	0,210	0,220	0,22	0,27
0,200	0,0314	0,230	0,240	0,24	0,30
0,224	0,0394	0,260	0,270	0,27	0,33
0,250	0,0440	0,290	0,300	0,30	0,35
0,280	0,0567	0,320	0,330	0,33	0,40
0,315	0,0768	0,355	0,365	0,365	0,44
0,355	0,0990	0,395	0,415	0,405	0,48
0,400	0,126	0,440	0,460	0,46	0,52
0,450	0,159	0,490	0,510	0,52	0,59
0,500	0,196	0,550	0,570	0,57	0,63
0,560	0,248	0,610	0,630	0,63	0,69
0,630	0,311	0,680	0,700	0,71	0,76
0,710	0,394	0,760	0,790	0,79	0,85
0,750	0,441	0,810	0,840	0,83	0,90
0,800	0,503	0,860	0,890	0,89	0,95
0,850	0,56	0,910	0,940	0,94	1,00
0,900	0,636	0,960	0,990	0,99	1,05
0,950	0,708	1,010	1,040	1,04	1,10
1,00	0,785	1,070	1,100	1,09	1,16
1,060	0,883	1,130	1,160	1,16	1,22
1,120	0,985	1,190	1,220	1,22	1,28
1,180	1,094	1,260	1,280	1,28	1,34
1,250	1,210	1,330	1,350	1,35	1,41
1,320	1,370	1,400	1,420	1,42	1,48
1,400	1,540	1,480	1,510	1,51	1,56
1,500	1,770	1,580	1,610	1,61	1,68
1,600	2,015	1,680	1,710	1,71	-
1,700	2,26	1,780	1,810	1,81	-
1,800	2,54	1,89	1,92	1,92	-
1,900	2,82	1,990	2,02	2,02	-
2,000	3,14	2,090	2,120	2,12	-
2,120	3,53	2	2,240	2,24	-
2,240	3,92	2,340	2,370	2,37	-
2,360	4,37	2,460	2,490	2,49	-
2,500	4,9	2,600	2,630	2,63	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Типовые магнитопроводы

А. Броневые магнитопроводы из штампованных пластин

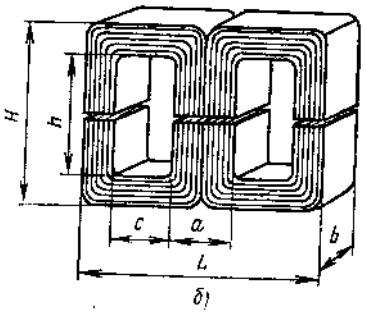


а)

Тип	Обозначение	Размеры, мм						Площадь сечения стержня S_{cT}, см²	Средняя длина магнитной силовой линии l_c, см	$S_{cT}S_{ок}$, см⁴
		a	c	h	H	L	b			
Ш	Ш9×9	9	9	22.5	31.5	36	9	0,74	7,72	1,62
	Ш9×12						12	0,98		2,16
	Ш112×10	12	12	30	42	48	10	1,09	10	4,30
	Ш112×12						12	0,31		5,20
	Ш112×16						16	1,75		6,80
	Ш112×20						20	2,18		8,60
	Ш112×25						25	2,73		10,80
	Ш112×32						32	3,49		13,70
	Ш16×10	16	16	40	56	64	10	1,31	13,7	10,2
	Ш16×12						12	1,75		12,1
	Ш16×16						16	2,33		16,6
	Ш16×20						20	2,91		20,5
	Ш16×25						25	3,64		25,6
	Ш16×32						32	4,66		32,6
	Ш16×40						40	5,82		41
	Ш20×12	20	20	50	70	80	12	2,18	17,14	24
	Ш20×16						16	2,91		32
	Ш20×20						20	3,64		40
	Ш20×25						25	4,55		50
	Ш20×32						32	5,82		64
	Ш20×40						40	7,28		80
	Ш20×50						50	9,10		100
	Ш25×16	25	62,5	25	100	86	16	3,64	21,4	62,5
	Ш25×20						20	4,55		78
	Ш25×25						25	5,68		97,5
	Ш25×32						32	7,28		125
	Ш25×40						40	9,10		156
	Ш25×50						50	11,4		195
	Ш25×64						64	14,5		250

	Ш32×20	**32**	**80**	**32**	**128**	**112**	**20**	**5,82**	**27,4**	**164**
	Ш32×25						**25**	**7,28**		**205**
	Ш32×32						**32**	**9,32**		**261**
	Ш32×40						**40**	**11,65**		**328**
	Ш32×50						**50**	**14,56**		**410**
	Ш32×64						**64**	**18,63**		**522**
	Ш32×80						**80**	**23,29**		**656**
	Ш40×25	**40**	**100**	**40**	**160**	**140**	**25**	**9,10**	**34,3**	**400**
	Ш40×32						**32**	**11,65**		**512**
	Ш40×40						**40**	**14,56**		**640**
	Ш40×50						**50**	**18,2**		**800**
	Ш40×65						**64**	**23,29**		**1025**
	Ш40×80						**80**	**29,12**		**1280**
	Ш40×100						**100**	**36,40**		**1600**

Б. Броневые ленточные магнитопроводы



Тип	Обозначение	**Размеры, мм**						Площадь сечения стержня **SCT, см²**	Средняя длина магнитной силовой линии ıc, см	**SCTSок, см⁴**
		a	**c**	**h**	**H**	**L**	**b**			
ШЛ	**ШЛ6×6,5**	**6**	**6**	**15**	**21**	**24**	**6,5**	**0,32**	**5,1**	**0,140**
	ШЛ6×8						**8**	**0,40**		**0,173**
	ШЛ6×10						**10**	**0,50**		**0,216**
	ШЛ6×12,5						**12,5**	**0,62**		**0,270**
	ШЛ8×8	**8**	**8**	**20**	**28**	**32**	**8**	**0,53**	**6,8**	**0,41**
	ШЛ8×10						**10**	**0,67**		**0,51**
	ШЛ8×12,5						**12,5**	**0,83**		**0,64**
	ШЛ8×16						**16**	**1,06**		**0,82**
	ШЛ10×10	**10**	**10**	**25**	**35**	**40**	**10**	**0,84**	**8,5**	**2,5**
	ШЛ10×12,5						**12,5**	**1,06**		**3,12**
	ШЛ10×16						**16**	**1,35**		**4,0**
	ШЛ10×20						**20**	**1,69**		**5,0**
	ШЛ12×12.5	**12**	**12**	**30**	**42**	**43**	**12,5**	**1,28**	**10,2**	**5,4**
	ШЛ12×16						**16**	**1,64**		**6,9**
	ШЛ12×20						**20**	**2,05**		**8,7**
	ШЛ12×25						**25**	**2,56**		**10,8**
	ШЛ16×16	**16**	**16**	**40**	**56**	**64**	**16**	**2,20**	**13,6**	**16,6**
	ШЛ16×20						**20**	**2,75**		**20,5**
	ШЛ16×25						**25**	**3,44**		**25,6**

	ШЛ16×32						**32**	**4,4**		**32,6**
	ШЛ20×20	**20**	**20**	**50**	**70**	**80**	**20**	**3,47**	**17,1**	**40,0**
	ШЛ20×25						**25**	**4,34**		**50,0**
	ШЛ20×32						**32**	**5,56**		**64,0**
	ШЛ20×40						**40**	**6,95**		**80,0**
	ШЛ25×25	**25**	**25**	**62,5**	**87,5**	**100**	**25**	**5,44**	**21,3**	**116,5**
	ШЛ25×32						**32**	**6,95**		**148,0**
	ШЛ25×40						**40**	**8,89**		**184,0**
	ШЛ25×50						**50**	**10,90**		**233,0**
	ШЛ30×32	**32**	**80**	**32**	**128**	**112**	**32**	**8,96**	**27,3**	**261**
	ШЛ30×40						**40**	**11,2**		**328**
	ШЛ30×50						**50**	**24,0**		**410**
	ШЛ30×64						**64**	**17,9**		**523**
	ШЛ40×40	**40**	**100**	**40**	**160**	**140**	**40**	**14,0**	**34,2**	**640**
	ШЛ40×50						**50**	**17,5**		**800**
	ШЛ40×64						**64**	**22,4**		**1025**
	ШЛ40×80						**80**	**28,1**		**1280**

Приложение 7

Таблица 1.1

Частота *Гц*	Конфигурация магнитопровода	Марка стали и ее толщина, мм	Кст		Р, вт				
					15-50	50-150	150-300	300-1000	1000-2500
50	Броневая (пластинчатая)	Э-42, 0,35	0,94	В, *Тл*	1,3	1,3-1,35	1,35	1,35-1,2	-
				δ, *а/мм²*	5-3,8	3,8-1,9	1,9-1,3	1,3-1,1	-
				Км	0,22-0,28	0,28-0,34	0,34-0,36	0,36-0,38	-
				η	0,5-0,8	0,8-0,9	0,9-0,93	0,93-0,95	-
400	Броневая (ленточная)	Э-320, 0,15	0,85	В, *Тл*	1,6	1,6-1,45	1,45-1,20	1,2-0,95	0,95-0,8
				δ, *а/мм²*	6-4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	1,5-1,2
				Км	0,21-0,25	0,25-0,28	0,28-0,30	0,30-0,37	0,37-0,38
				η	0,87	0,87-0,94	0,94-0,96	0,96-0,97	0,97

Таблица 1.2

Частота, *Гц*	ΔU %	Ртип, *вт*				
		15-50	50-150	150-300	300-1000	1000-2500
50	ΔU1 %	15-5	5-4	4-3	3-1	_
	ΔU2%	20-10	10-8	8-6	6-2	_
400	ΔU1 %	8-4	4-1,5	1,5-1	1-0,5	0,5
	ΔU2 %	10-5	5-2	2-1,2	1,2-0,5	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Номинальное напряжение U,В	Конденсаторы электролитические		Конденсаторы оксидно-полупроводниковые		
	ТИП КОНДЕНСАТОРА И ЕГО НОМИНАЛЬНАЯ ЕМКОСТЬ, мкФ				
	К50-36	К50-22	К50-24	К53-1	К53-14
15(16)	-	1000,2000,5000,10000	47,100,470,1000,2200, 4700,10000	0.068,0.1,0.15,0.22, 0.33,0.47,2.2,3.3,4.7, 6.8,10,15,22,33,47, 68.	0.068.0.1,0.15,0.22,0.33,0.47, 0.68,1.0,1.5,2.2,3.3,4.7,6.3, 10,15.22.33.
25	10,20,50,100,200, 500,1000	680,1000,2000,4700, 6800	22,47,100,220,470, 1000,2200,4700	-	-
30	-	-	-	0.033,0.047,0.068, 0.1,0.15,1,1.1,1.5,2.2, 3.3,4.7,6.8,10,15,22,33	0.033,0.047,0.068,0.1, 0.15,0.22,0.33,0.47,0.68,1.0, 1.5,2.2,3.3,4.7,6.8,10,15,22
50	10,20,50,100,200	220,470,1000,2200	-	-	-
63	-	-	10,22,47,100,220,470, 1000,2200	-	-
100	10,20,50,100,200	100,220,470,680	4.7,10,22,47,100,220	-	-
160	2,5,10,20,50,200	47,100,220,470	2.2,4.7,10,2.2, 47,100,220	-	-
250	20,50	-	-	-	-
450	2.5,10,20	-	2.5,10,20	-	-
	К50-32	**К61-9**	**К10-40**	**К41-1**	**К409-5**
2,5	-	-	-	0.01,0.022,0.047,0.1,0.25,0.5, 1,2,4,6	-
4	-	-	-	0.01,0.022,0.047,0.1, 0.25,0.5,1,2.	-
16	15000,22000	-	-	-	-
25	-	50,100,250,500	-	-	-
40	4700,10000, 15000	-	-	-	-
50	-	-	3300,4700,6800, 10000,15000, 22000	-	-
160	1000	-	-	-	-
250	100,220,330,470	-	-	-	-
350	47,100,220,330, 470	-	-	-	-
450	47,100,220	-	-	-	-
600	-	-	-	-	0.25,0.5,1,2,4,6.
1000	-	-	-	-	0.01,0.05,0.1,0.25,0.5,1,2,4
1500	-	-	-	-	0.1,0.25,0.5,1,2
	К50-22	**К50-16**	**К50-25**	**К52-2**	
6(6,3)	2200,4700,6800, 10000,15000,22000	20,30,50,100,200,500	-	80,1000	
10	1500,3300,4700,6800, 10000,15000	10,20,30,50,100,200, 500,2000	-	-	
15(16)	1000,2200,3300,4700, 6800,10000	5,10,20,30,50,100,200	-	50,400	
25	680,1500,2200,3300, 4700,6800	2.5,10,20,30,50,100, 200,500,1000,2000	33000	30,300	
50	220,470,680,1000,1500, 2200	2.5,10,20,50,100,200, 500	10000	20,200	
100	100,150,220,330,470, 680	0.5,1,2.5,10,20,30,50	-	-	
160	47,68,100,150,220	1.2,5,10,20	-	-	

Унифицированные дроссели фильтров Приложение 9

№ дросселя	Индуктивность дросселя *L*, Гн	Ток подмагничнвания, А	Сопротивление обмотки Ом	№ дросселя	Индуктивность дросселя *L*, Гн	Ток подмагничнвания, А	Сопротивление обмотки Ом
Д1	0,08	0,32	19	Д33	20	0.07	840
Д2	0,16	0,22	35,5	Д34	0,08	1,4	2,6
Д3	0,3	0,16	63,5	Д35	0,16	1,0	5,3
Д4	0.6	0.14	120	Д36	0,3	0,8	10,5
Д5	1.2	0.1	300	Д37	0.6	0.56	22
Д6	2.5	0.07	455	Д38	1.2	0.4	39
Д7	5.0	0.5	1023	Д39	2.5	0.28	87
Д8	0,08	0,56	8,6	Д40	5	0.2	185
Д9	0,16	0,4	19,0	Д41	10	0.14	353.7
Д10	0,3	0,28	33,0	Д42	20	0.1	675
Д11	0.6	0.2	73	Д43	0,08	2,2	1,85
Д12	1.2	0.14	132	Д44	0,16	1,6	3,7
Д13	2.5	0.1	175	Д45	0,3	1,1	7,0
Д14	5.0	0.07	535	Д46	0.6	0.8	15
Д15	10	0.05	1100	Д47	1.2	0.56	30.7
Д16	0,08	0,8	4,65	Д48	2.5	0.4	46
Д17	0,16	0,56	10,6	Д49	5	0.28	106
Д18	0,3	0,4	19,0	Д50	10	0.2	174
Д19	0.6	0.28	36	Д52	0,01	12,5	0,086
Д20	1.2	0.2	63	Д53	0,02	4,4	0,35
Д21	2.5	0.14	152	Д54	0,02	1,1	2,08
Д22	5	0.10	290	Д55	0,02	0,56	4,2
Д23	10	0.07	628	Д56	0,0005	16,5	0,017
Д24	20	0.05	1050	Д57	1,2	0,8	26
Д25	0,08	1,1	4,0	Д58	0,004	0,085	3000
Д26	0,16	0,8	7	59	0,0043	2,9	0,3
Д27	0,3	0,56	14,0	Д60	0,0005	10,0	0,015
Д28	0.6	0.4	29	Д61	0,02	3	0,6
Д29	1.2	0.28	66.5	Д62	0,05	2,5	0,55
Д30	2. 5	0.2	125	Д63	0,00125	0,56	0,12
Д31	5	0.14	200	Д64	0,08	0,1	12
Д32	10	0.1	380	Д65	0,0025	0,56	0,36
Д68	0,008	1	1,1	Д66	0,05	0,02	1,1
Д69	0,005	5,6	0,17	Д67	0,002	2	0,4

Параметры транзисторов

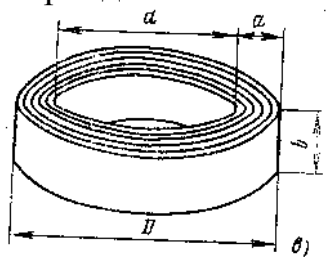
Тип транзистора	Наиб. ток коллектора Iк max, А	Наиб. Напряжение коллектор—эмитор Uкэ'	Наиб. мощность, рассеиваемая транзистором Рк max, Вт		Коэффициент передачи тока h21э β	Граничная частота коэффициента передачи fh21Б МГц	Обратный ток коллектора Iкбо при данном Uкб		Интервал рабочих температур ΔТокр' °С		Материал	Тип перехода	Применение
			Без теплоотвода	С теплоотводом			В	мкА	от	до			
ГТ109Г	0,02	6	0,03		110—250	1	5	15	-50	+55	Германий	р-n-р	—
1Т320В	0,2	10	0,2		100—250	200	20	5	-60	+70	»	*р-n-р*	—
П416Б	0,025	12	0,1		90—200	___	10	3	-60	+70	»	*р-n-р*	в/ч
КТ104В	0.05	15	0,15		40—160	5	15	1	— 60	+100	Кремний	*р-n-р*	—
2Т203Д	0,01	15	0,15		60—200	10	15	1	— 60	+125	»	*р-n-р*	—
КТ209В	0,3	15	0,2		80—240	5	___	___	— 45	+100	>	*р-n-р*	—
КТ343Б	0,05	17	0,15		>50	—	7	1	— 40	+85	>	*р-n-р*	в/ч
КТ501К	0,3	45	0,350		80- 240	5	45	1	— 60	+125	>	*р-n-р*	—
КТ502Г	0.15	60	0,350		80—240	5	60	1	— 40	+85	»	*р-n-р*	—
КТ630Б	1	120	0,8		80—240	50	40	1	— 40	+85	»	*n-р-n*	—
КТ814А	1,5	40	—	10	40	3	40	50	-40	+100	»	*р-n-р*	—
КТ814Б	1.5	50	—	10	40	3	40	50	-40	+ 100	»	*р-n-р*	—
КТ814В	1,5	70	—	10	40	3	40	50	-40	+100	»	*р-n-р*	—
КТ814Г	1,5	100	—	10	30	3	40	50	-40	+100	»	*р-n-р*	—
КТ818А	10	40	—	60	15	3	40	1000	-40	+100	»	*р-n-р*	—
КТ818Б	10	50	—	60	20	3	40	1000	— 40	+ 100	»	*р-n-р*	—
КТ818В	10	70	—	60	15	3	40	1000	-40	+100	»	*р-n-р*	—
КТ818Г	10	90	____	60	12	3	40	1000	-40	+ 100	»	*р-n-р*	—
2Т818В	15	60	3	100	>20	3	40	1000	— 60	+ 125	»	*р-n-р*	—
2Т819В	15	60	3	100	>20	3	40	1000	-60	+ 125	»	*n-р-n*	—
2Т825А	20	100	3	160	500— 18•10³	__	___	—	-60	+ 125	»	*р-n-р*	Составной, н/ч
2Т827А	20	100	—	125	750— 18•10³	—	—	—	-60	+125	»	*n-р-n*	Составной, н/ч
2Т828А	5	800	____	50	>4	__	500	10 000	— 60	+100	»	*n-р-n*	н/ч
2Т908А	10	100	—	50	8—60	__	100	25 000	-60	+125	»	*n-р-n*	в/ч

Продолжение приложения 10

	Электрические параметры при $t_{окр}$ = +20±5ºС					
	Наибольшее напряжение коллектор-эмиттер *В*	Наибольший ток коллектора *А*	Наибольшая мощность, рассеиваемая прибором, *вт*		Коэффициент усиления по току не менее β	Обратный ток коллектора, *mA*
			Без дополнительного радиатора	С дополнительным радиатором		
МП101	20	0,02	0,15	-	10	0,003
МП102	10	0,02	0,15	-	15	0,003
МП104	60	0,01	0,15	-	9	0,001
МП105	30	0,01	0,15	-	9	0,001
МП106	60	0,4	-	10	7	0,1
П306А	80	0,4	-	10	5	0,1
П307	80	0,03	0,25	-	16	0,003
П308	120	0,015	0,25	-	16	0,0035
П701А	60	0,5	1	10	10	0,001
П702	60	2	4	40	25	5
П702А	60	2	4	40	10	2,5
2Т301В	30	0,01	0,15	-	20	0,04
КТ801А	80	2	-	5	17	10
КТ802А	150	5	5	50	15	60
МП10А	30	0,02	0,15	-	15	0,03
МП14А	20	0,02	0,15	-	20	0,03
МП15	15	0,02	0,15	-	30	0,03
МП15А	15	0,02	0,15	-	30	0,03
П16	15	0,05	0,2	-	20	0,05
П20	30	0,05	0,15	-	50	0,05
П21	35	0,05	0,15	-	20	0,05
МП25	60	0,02	0,2	-	10	0,15
МП25А	60	0,02	0,2	-	20	0,15
МП26	100	0,02	0,2	-	10	0,15
МП26А	100	0,02	0,2	-	20	0,15
П201АЭ	30	1,5	1	10	40	0,4
П210А	65	12	1,5	60	20	8
П213	30	5	-	11,5	20	0,15
П214	45	5	-	10	20	0,3
П215	60	5	-	10	20	0,3
П216	30	7,5	-	30	18	0,5
П217	45	7,5	-	30	15	0,5
П605	45	1,0	0,5	3	20	2
П608	15	0,2		1,5	18	0,1
ГТ308А	15	0,05	0,15	-	15	0,001
ГТ403А	30	1,25	0,60	1,0	20	0,05
ГТ403В	45	1,25	0,60	1,0	20	0,05
ГТ403Д	45	1,25	0,60	1,0	15	0,05
ГТ403И	60	1,25	0,60	1,0	20	0,07
П4АЭ МП4А	50	5	2	15	20	0,5
П4БЭ МП4Б	60	5	3	20	50	0,4
П4БЭ	35	5	3	20	50	0,4
МП4В						
П41ГЭ МП4Г	50	5	3	20	50	0,4

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Тороидальные ленточные магнитопроводы типа ОЛ



Обозначение	Размеры, мм			Средняя длина магнитной силовой линии ıc, см	Площадь окна Sок, $см^2$	Sст, $см^2$	$S_{CT} \cdot S_{ок}, см^4$
	d	b	D				
ОЛ -12/14-3	**12**	**3**	**14**	**4.1**	**1.13**	**0,03**	**0.034**
ОЛ -14/17-3	**14**	**3**	**17**	**4.86**	**1.54**	**0,045**	**0.069**
ОЛ -16/20-3	**16**	**3**	**20**	**5.65**	**20**	**0,06**	**0.121**
ОЛ -18/23-3	**18**	**4**	**23**	**6.45**	**2.55**	**0,1**	**0.25**
ОЛ -20/25-5	**20**	**5**	**25**	**1.1**	**3.14**	**0,125**	**0.39**
ОЛ -20/25-6	**20**	**6,5**	**25**	**7.1**	**3.14**	**0,162**	**0.51**
ОЛ -20/28-5	**20**	**5**	**28**	**1.55**	**3.14**	**0,2**	**0.63**
ОЛ -22/30-5	**22**	**5**	**30**	**8.2**	**3.82**	**0,3**	**0.765**
ОЛ -22/30-6.5	**22**	**6.5**	**30**	**8.2**	**3.82**	**0,26**	**1.23**
ОЛ-25/35-5	**25**	**5**	**35**	**9.42**	**4.9**	**0,25**	**1.6**
ОЛ -25/35-6.5	**25**	**6.5**	**35**	**9.42**	**4.9**	**0,325**	**1.84**
ОЛ -25/40-5	**25**	**5**	**40**	**10.2**	**4.9**	**0.375**	**2.0**
ОЛ -25/40-6.5	**25**	**6.5**	**40**	**10.2**	**4.9**	**0,49**	**2.4**
ОЛ -28/40-8	**28**	**8**	**40**	**10.7**	**6.1**	**0,48**	**2.95**
ОЛ -28/40-10	**28**	**10**	**40**	**10.7**	**6.1**	**0,6**	**3.7**
ОЛ -32/45-8	**32**	**8**	**40**	**12.1**	**8.0**	**0.52**	**4.15**
ОЛ -32/50-8	**32**	**8**	**50**	**12.9**	**8.0**	**0,72**	**5.7**
ОЛ -36/56-10	**36**	**10**	**56**	**14.4**	**10.2**	**1,0**	**10.2**
ОЛ -40/56-16	**40**	**16**	**56**	**15**	**12.5**	**1,28**	**16**