

Министерство путей сообщения Российской Федерации

САМАРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра электроснабжения железнодорожного транспорта

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта по дисциплине «ЭЛЕКТРОНИКА»

**РАСЧЕТ ОДНОФАЗНОГО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ**

для студентов специальности 101800  
"Электроснабжение железных дорог"

Составитель: Лабунский Л.С.

Самара 2002 г.

УДК 621.38

Методические указания по выполнению курсового проекта «Расчет однофазного стабилизированного источника питания» по дисциплине «Электроника» для студентов специальности 101800 "Электроснабжение железных дорог". - Самара : СамГАПС, 2002.- 32с.

Утверждены на заседании кафедры 02 сентября 2002г., протокол №. 1.

Печатается по решению редакционно-издательского совета академии.

Приведены задания и методические указания по выполнению курсового проекта для студентов по рассматриваемой дисциплине.

В содержание работы входят расчеты стабилизаторов, выпрямителей с емкостным сглаживающим фильтром и упрощенный расчет маломощного силового трансформатора. Расчет выпрямителей выполняется на ЭВМ.

В методических указаниях содержатся основные сведения о принципиальных схемах источников питания и способах их расчета. Даны рекомендации по выбору элементов схем.

Составитель Лабунский Леонид Сергеевич

Рецензенты: д.т.н., профессор Григорьев Василий Лазаревич,  
СамГАПС  
Хижняк Яков Дмитриевич, зам. начальника службы  
электрификации и электроснабжения  
Куйбышевской железной дороги

Редактор Егорова И.М.

Компьютерная верстка Пересыпкина Д.А.

Подписано в печать 24.09.02 г. Формат 60x84 1/16

Бумага писчая. Усл. п.л. 2

Тираж 100 экз. Заказ №118

## Содержание

Введение.....	4
Задание на курсовой проект.....	4
Оформление курсового проекта.....	5
Структура расчётно-пояснительной записки.....	6
1.Работа источника питания.....	6
2.Расчёт стабилизаторов напряжения и выбор элементов схемы.....	7
2.1.Расчёт стабилизатора первого канала, выбор микросхемы.....	7
2.2.Расчёт стабилизатора второго канала, выбор стабилитрона и транзистора.....	9
2.3.Расчёт третьего канала.....	10
3.Расчёт выпрямителей с ёмкостным фильтром.....	10
3.1.Расчёт выпрямителя первого канала.....	13
3.2.Расчёт выпрямителя второго канала.....	14
4. Расчёт параметров трансформатора или выбор стандартного трансформатора .....	14
4.1. Упрощённый расчёт однофазных трансформаторов .....	15
5.Расчёт коэффициента полезного действия.....	17
6.Составление принципиальной электрической схемы источника питания.....	18
Приложения.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

На железнодорожном транспорте широкое применение находят аналоговые и импульсные устройства электронной техники. Они предназначены для организации оперативно-технической связи, для построения систем контроля и управления электроснабжением. Питание таких устройств осуществляется от сети переменного тока - однофазной 220 В и трехфазной 380 В через источники питания, служащие для преобразования величины, выпрямления и стабилизации напряжения. Источники питания строятся по различным схемам, от которых в первую очередь, требуется обеспечение стабильного выходного напряжения с низким уровнем пульсаций. Кроме этого, они должны быть надежными и обеспечивать приемлемый коэффициент полезного действия.

В настоящее время схемотехника источников питания постоянно усложняется. Разработаны импульсные источники с выпрямителем на входе и преобразовательным трансформатором, работающим на ультразвуковой частоте. Однако классические схемы источников питания с трансформатором на частоту 50 Гц все еще успешно применяются для нужд автоматики и телемеханики в электроснабжении железнодорожного транспорта.

Цель курсового проекта - обобщение и углубление теоретических знаний студентов в области расчета и анализа работы электронных схем, развитие самостоятельных навыков по выбору компонентов, расчету характеристик и энергетических показателей источников питания.

Объектом исследования в курсовом проекте является однофазный стабилизированный источник питания, подключаемый к сети переменного тока 220В, содержащий трансформатор, выпрямитель на полупроводниковых диодах, сглаживающий емкостный фильтр, и стабилизатор выходного напряжения. Выполнение курсового проекта предусматривает решение студентом следующих задач:

- закрепление знаний о свойствах и параметрах полупроводниковых приборов - диодов, транзисторов, стабилитронов, интегральных микросхем;
- выяснение того, как отдельные простые схемы при определенном соединении образуют более сложное устройство, в котором каждая схема вносит свой вклад в реализацию функций всего устройства;
- приобретение навыков работы со справочной литературой.

### Задание на курсовой проект

Исходные данные для расчета трехканального источника питания представлены в табл. 1. Вариант определяется по предпоследней и последней цифре номера студенческого билета.

По данным варианта необходимо:

1. Выбрать схемы стабилизаторов для первого и второго каналов источника питания.
2. Зарисовать расчетную схему источника питания, содержащего два канала со стабилизаторами и один канал с выпрямителем без стабилизатора.
3. Выбрать типовую микросхему серии 142 для первого канала и рассчитать стабилизатор с усилителем тока на транзисторе для второго канала источника питания. Определить входное напряжение, входной ток и уровень пульсаций напряжения на входе каждого стабилизатора ( $U_{вх1}, I_{вх1}, K'_{п1}$  и  $U_{вх2}, I_{вх2}, K'_{п2}$ ).

## Исходные данные

по последней цифре шифра										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{d1}, B$	5	6	9	12	15	20	24	27	12	15
$I_{d1}, A$	2,5	2	1,3	1	0,8	1	0,6	0,5	1	1
$U_{d2}, B$	36	42	48	120	150	160	180	200	-36	-48
$I_{d2}, A$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,1	0,05	0,6	0,5
по предпоследней цифре шифра										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$K_{п1}, \% (U_{d1})$	0,25	0,2	0,3	0,4	0,35	0,8	0,7	0,6	0,45	0,5
$K_{п2}, \% (U_{d2})$	1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	1,8	1,6	1,7	0,9
по последней цифре шифра										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема третьего выпрямителя	Двухполупериодная с общим проводом				Однополупериодная			С удвоением напряжения		
$U_{d3}, B$	9	12	18	24	- 50	- 80	- 100	600	800	1000
$I_{d3}, A$	5	3	5	3	0,2	0,15	0,1	0,1	0,08	0,05
$K_{п3}, \% (U_{d3})$	20	15	25	10	5	10	15	5	3	2

4. Выбрать тип сердечника трансформатора и рассчитать с помощью ЭВМ каждый из трех выпрямителей.

5. По результатам расчета выбрать тип диодов выпрямителей и стандартные значения емкостей конденсаторов сглаживающих фильтров. Указать тип и рабочее напряжение конденсаторов.

6. Построить внешние характеристики выпрямителей и временную диаграмму работы для первого выпрямителя ( $U_{вх1}$ ).

7. Начертить на листе формата А3 принципиальную электрическую схему источника питания. Привести спецификацию элементов схемы.

### Оформление курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей. Расчетная часть оформляется на одной стороне листа формата А4. Графическая часть оформляется на миллиметровой бумаге формата А4 и включает в себя расчетную схему источника питания, временные диаграммы работы, графики внешних характеристик выпрямителей. Принципиальная электрическая схема источника питания со спецификацией элементов выполняется на листе формата А1. Рекомендуется также на отдельном листе расшифровать условные графические обозначения элементов на принципиальных электрических схемах.

Все разделы пояснительной записки должны иметь название и нумероваться арабскими цифрами (1, 2, 3 и т.д.). Подразделы также должны иметь название и нумероваться в пределах каждого раздела двумя цифрами (1.1; 1.2... 3.1; 3.2).

Схемы, графики, таблицы должны иметь сквозную нумерацию и располагаться сразу после ссылки на них в тексте работы или на следующей отдельной странице и иметь название.

Отмеченные при проверке преподавателем ошибки должны быть исправлены аккуратно на обратной стороне предыдущего листа.

### **Структура расчетно-пояснительной записки**

Титульный лист

Задание

Содержание

Введение

1. Описание работы источника питания
  2. Расчет стабилизаторов напряжения и выбор элементов схемы
    - 2.1. Расчет стабилизатора первого канала, выбор микросхемы
    - 2.2. Расчет стабилизатора второго канала, выбор стабилитрона и транзистора
  3. Расчет выпрямителей с емкостным фильтром
    - 3.1. Расчет выпрямителя первого канала, внешняя характеристика и временная диаграмма работы
    - 3.2. Расчет выпрямителя второго канала, внешняя характеристика
    - 3.3. Расчет выпрямителя третьего канала, внешняя характеристика
  4. Расчет параметров трансформатора или выбор стандартного трансформатора
  5. Принципиальная схема источника питания
  6. Определение коэффициента полезного действия
- Список использованной литературы.

### **1. РАБОТА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ**

Многоканальный источник питания радиоэлектронной аппаратуры содержит трансформатор с несколькими вторичными обмотками. В каждом канале к своей вторичной обмотке подключены выпрямитель и сглаживающий фильтр. Для поддержания неизменного напряжения в нагрузке в источник питания может устанавливаться стабилизатор. Структурная схема источника питания представлена на рис. 1.

Основными величинами, характеризующими эксплуатационные свойства источников питания, являются:

- величина выходного напряжения  $U_d$  и тока  $I_d$ ;
- коэффициент пульсаций  $K_n$  - отношение амплитуды пульсаций выходного напряжения к среднему значению напряжения (постоянной составляющей);
- внешняя характеристика - зависимость напряжения в нагрузке от тока нагрузки  $U_d = f(I_d)$ ;
- коэффициент полезного действия  $\eta$ .

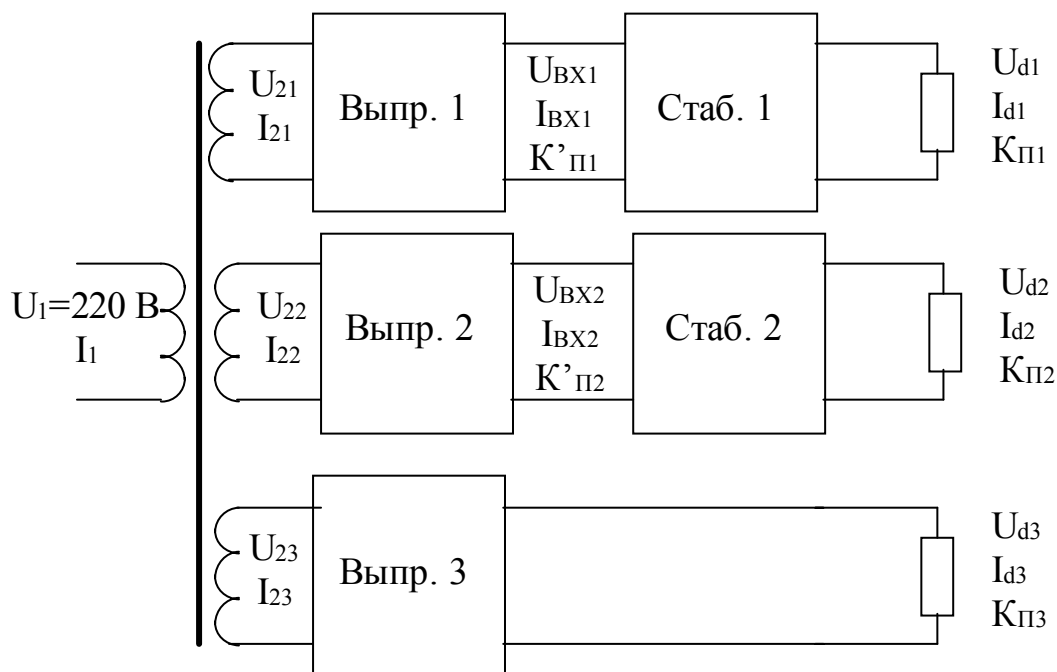


Рис. 1. Структурная схема источника питания

## 2. РАСЧЕТ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ

Стабилизаторами напряжения называются устройства, автоматически поддерживающие постоянство напряжения на стороне потребителя с заданной степенью точности. По принципу действия стабилизаторы подразделяются на параметрические и компенсационные.

Для стабилизации напряжения постоянного тока используются нелинейные элементы, напряжение на которых мало зависит от тока, протекающего через них. В качестве таких элементов применяются кремниевые стабилитроны. Для подбора необходимого напряжения стабилитроны можно включать последовательно. Если ток нагрузки превышает максимально допустимый ток стабилитрона, применяется усилитель тока на одном или нескольких транзисторах.

### 2.1. Расчет стабилизатора первого канала, выбор микросхемы

В последние годы широкое распространение получили микросхемы - интегральные стабилизаторы напряжения. Источники питания на их основе отличаются малым числом дополнительных деталей, невысокой стоимостью и хорошими техническими характеристиками. Это микросхемы серий 142, К142 и КР142. В состав серий входят стабилизаторы с регулирующим элементом, включенным в плюсовой провод и с фиксированным выходным напряжением. Параметры некоторых из них приведены в табл. 2, более подробные сведения можно найти в [9, 10].

Расчетная схема стабилизатора на микросхеме, который рекомендуется применить в первом канале проектируемого источника питания, представлена на рис. 2.

Исходными данными для расчета являются: напряжение на выходе стабилизатора  $U_{d1}$ , ток нагрузки  $I_{d1}$ , коэффициент пульсаций напряжения  $K_{П1}$ .

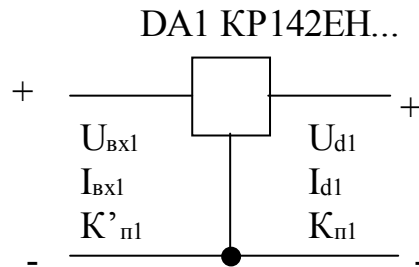


Рис. 2. Расчетная схема стабилизатора на микросхеме

Порядок расчета стабилизатора первого канала следующий:

-по заданному напряжению  $U_{d1}$  выбирается микросхема (или несколько микросхем) с соответствующим выходным напряжением;

-по заданному току  $I_{d1}$  проверяется, какая из выбранных микросхем более предпочтительна ( $I_{ВЫХ} > I_{d1}$ ). Допустимо выбирать микросхему с наибольшим выходным током;

-для выбранной микросхемы из допустимых пределов входного напряжения выбирается входное напряжение стабилизатора  $U_{BX1}$ ;

-выбирается значение входного тока стабилизатора  $I_{BX1} = I_{d1}$  ( $I_{ВЫХ.МАХ}$  микросхемы). При  $I_{BX1} = I_{d1}$  первый канал будет рассчитан без запаса на перегрузку, при  $I_{BX1} = I_{ВЫХ.МАХ}$  – с запасом. Допускается выбрать любое из этих двух значений на усмотрение студента. Собственный входной ток микросхемы можно не учитывать, так как он весьма мал (около 1 мА);

-рассчитывается коэффициент пульсаций на входе стабилизатора с учетом коэффициента сглаживания микросхемы

$$K'_{п1} = K_{п1} \cdot K_{сгл}$$

Полученные значения  $U_{BX1}$ ,  $I_{BX1}$  и  $K'_{п1}$  будут использованы далее для расчета выпрямителя первого канала.

Таблица 2

Основные электрические параметры микросхем - стабилизаторов серии 142

Микросхема	$U_{ВХ}$ , В (min...max)	$U_{ВЫХ}$ , В	$I_{ВЫХ\ МАХ}$ , А	$K_{сгл}$
КР142ЕН5А	7,5...15	5	3	100
КР142ЕН5Б	8,5...15	6	3	100
КР142ЕН5В	7,5...15	5	2	100
КР142ЕН5Г	8,5...15	6	2	100
КР142ЕН8А	11,5...35	9	1,5	32
КР142ЕН8Б	14,5...35	12	1,5	32
КР142ЕН8В	17,5...35	15	1,5	32
КР142ЕН8Г	11,5...35	9	1	32
КР142ЕН8Д	14,5...35	12	1	32
КР142ЕН8Е	17,5...35	15	1	32
К142ЕН9А	23...45	20	1,5	32
К142ЕН9Б	27...45	24	1,5	32
К142ЕН9В	30...45	27	1,5	32



## 2.2. Расчет стабилизатора второго канала, выбор стабилитрона и транзистора

Расчетная схема стабилизатора с услителем тока на транзисторе представлена на рис. 3.

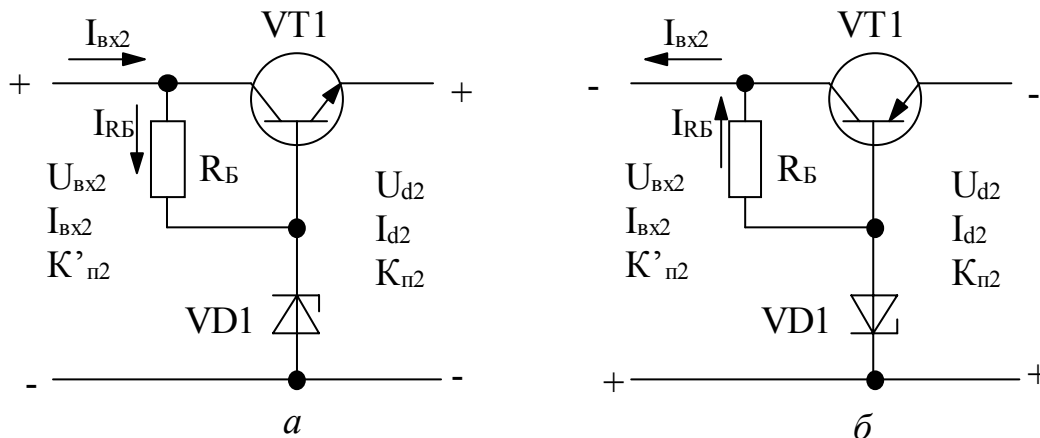


Рис. 3. Расчетная схема стабилизатора с услителем тока на транзисторе: а – для положительной полярности  $U_{d2}$ ; б – для отрицательной полярности

Исходными данными для расчета являются: напряжение на выходе стабилизатора  $U_{d2}$ , ток нагрузки  $I_{d2}$ , коэффициент пульсаций напряжения  $K_{п2}$ .

Для расчета такого стабилизатора сначала по справочнику [5, 6] или из приложения (см. табл. П1.1) выбирается тип стабилитрона с напряжением стабилизации, равным напряжению в нагрузке  $U_{ст.ном} = U_{d2}$ . Для него из справочника нужно выписать значения минимального и максимального тока стабилизации  $I_{ст.мин}$  и  $I_{ст.мах}$  и величину дифференциального сопротивления  $r_{ст}$ .

Тип транзистора выбирается по справочнику [7, 8] или из табл. П1.2, исходя из условий:  $I_{к.мах} = (1,5...3)I_{d2}$  и  $U_{кэ.мах} = (1,2...2)U_{d2}$ . Для выбранного транзистора нужно выписать значения напряжения между коллектором и эмиттером в режиме насыщения  $U_{кэ.нас}$  и коэффициент передачи тока базы  $\beta(h_{21э})$ .

Затем определяют входное напряжение стабилизатора

$$U_{BX2} = U_d + (5...10)U_{кэнас} .$$

Определяют сопротивление в цепи базы транзистора

$$R_B = 0,5 \left( \frac{U_{BX2} - U_{d2}}{0,8I_{ст.мах} \cdot h_{21э} + I_{d2}} h_{21э} + \frac{U_{BX2} - U_{d2}}{I_{d2} + I_{ст.мин} \cdot h_{21э}} h_{21э} \right) .$$

Полученное значение  $R_B$  округляют до ближайшего стандартного значения из ряда E24 (см. табл. П2.1).

Определяют входной ток стабилизатора

$$I_{BX2} = I_d + \frac{U_{BX2} - U_{d2}}{R_B} .$$

Стабилизатор с включением нагрузки в цепь эмиттера транзистора обладает свойством сглаживать пульсации напряжения в нагрузке. Коэффициент сглаживания  $K_{сгл2}$  зависит от величины сопротивления в цепи базы транзистора  $R_B$  и дифференциального сопротивления стабилитрона  $r_{ст}$  и определяется по формуле:

$$K_{CT2} = \frac{R_B + r_{CT}}{r_{CT}}.$$

Полученные значения  $U_{ВХ2}$ ,  $I_{ВХ2}$  и  $K'_{П2}$  будут использованы далее для расчета выпрямителя второго канала.

### 2.3. Расчет третьего канала

Поскольку в третьем канале источника питания стабилизатор не применяется, заданные значения  $U_{д3}$ ,  $I_{д3}$  и  $K_{П3}$  будут использованы для расчета выпрямителя третьего канала.

## 3. РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ С ЕМКОСТНЫМ ФИЛЬТРОМ

Поскольку выпрямитель в современных маломощных источниках питания радиоэлектронной аппаратуры содержит емкостный фильтр для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения, рассмотрим работу выпрямителя на активно-емкостную нагрузку. Магнитные потоки рассеяния в трансформаторе оказывают значительное влияние на характер электромагнитных процессов в выпрямителях, они учитываются индуктивным сопротивлением обмоток  $x_a$ . Другим важным параметром является активное сопротивление обмоток  $r_a$ . Особенности расчета выпрямителя зависят от соотношения между параметрами  $x_a$  и  $r_a$ .

В выпрямителях малой мощности (особенно низковольтных) индуктивное сопротивление обмоток значительно меньше активного  $x_a/r_a \approx 0,3$ . Поэтому при расчете таких выпрямителей потоками рассеяния пренебрегают для упрощения расчетов.

Схема однофазного мостового выпрямителя малой мощности, который рекомендуется применять в первом и втором каналах источника питания, представлена на рис. 4, а временные диаграммы токов и напряжений на рис. 5.

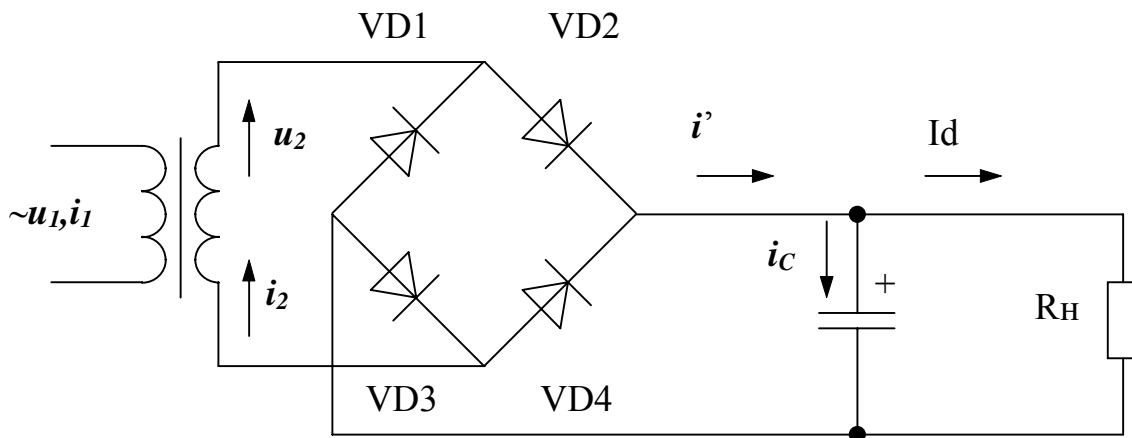


Рис. 4. Однофазный мостовой выпрямитель

Работа выпрямителя в установившемся режиме характеризуется двумя интервалами - интервалом заряда конденсатора, когда ЭДС вторичной обмотки трансформатора больше напряжения на конденсаторе  $C$  и через диоды проходит ток, и интервалом разряда конденсатора на сопротивление нагрузки, когда ЭДС вторичной обмотки трансформатора меньше напряжения на конденсаторе  $C$  и ток через диоды не проходит. Половину интервала, в течение которого через диоды протекает ток, принято называть углом отсечки  $\theta$ .

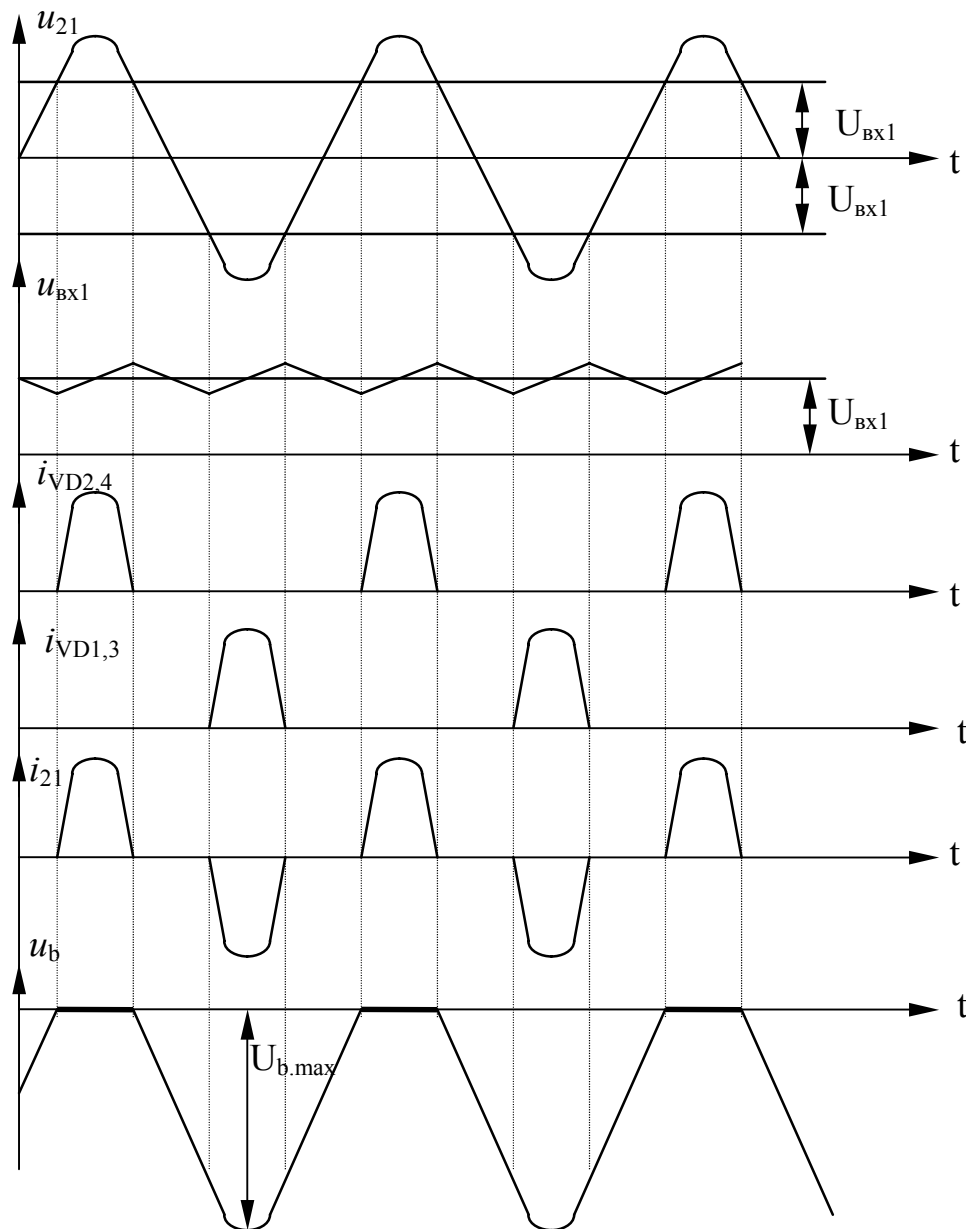


Рис. 5. Временные диаграммы работы выпрямителя с емкостным фильтром

Мгновенное значение выпрямленного тока можно описать выражением:

$$i_d = \frac{U_{2m}}{R} (\cos \omega t - \cos \theta),$$

где  $U_{2m}$  - амплитуда напряжения вторичной обмотки;

$R$  - сопротивление фазы выпрямителя;

$\omega = 2\pi f$  - угловая частота питающей сети.

Сопротивление фазы выпрямителя  $R$  складывается из сопротивления обмотки трансформатора  $R_a$  и сопротивления диодов постоянному току  $R_i$

$$R = R_a + K_1 R_i.$$

Сопротивление обмотки трансформатора описывается формулой:

$$R_a = K_R \frac{U_d}{I_d f B_{\max}} \sqrt[4]{\frac{S f B_{\max}}{U_d I_d}},$$

где  $I_d$  - среднее значение выпрямленного тока;

$K_R$  - вспомогательный коэффициент;

$B_{\max}$  - максимальная индукция в магнитопроводе трансформатора;

$S$  - количество стержней трансформатора, несущих обмотки;

$U_d$  - выпрямленное напряжение;

$f=50$  Гц - частота питающей сети.

Сопротивление диода постоянному току описывается формулой:

$$R_I = \frac{0,7M}{3I_d},$$

где  $M$  - количество фаз выпрямления.

Постоянную составляющую тока для  $M$ -фазной схемы выпрямления можно определить:

$$I_d = \frac{M}{2\pi} \int_{-\theta}^{\theta} i_d d\omega t = \frac{MU_{2m}}{\pi R} (\sin \theta - \theta \cos \theta).$$

После преобразований получим:

$$I_d = \frac{M}{\pi} \cdot \frac{U_d}{R} (\operatorname{tg} \theta - \theta) = \frac{M}{\pi} \cdot \frac{U_d}{R} A(\theta),$$

где  $A(\theta) = \operatorname{tg} \theta - \theta$ ;

или  $A(\theta) = \frac{\pi}{M} \cdot \frac{RI_d}{U_d}$ .

Чтобы определить  $A(\theta)$ , нужно знать тип выпрямителя (схему выпрямления), значения выпрямленного тока и напряжения, сопротивление постоянному току диодов и обмоток трансформатора. Зная  $A(\theta)$  и  $\theta$ , можно рассчитать все основные параметры выпрямителя по формулам:

- амплитуда тока в диоде  $I_{\max} = I_d \frac{F_{\theta}}{M}$ ,

где  $F_{\theta} = \pi(1 - \cos \theta) / (\sin \theta - \theta \cos \theta)$ ;

- среднее значение тока диода  $I_{cp} = \frac{I_d}{M}$ ;

- эффективный ток диода  $I_{эф} = I_d \frac{D_{\theta}}{M}$ ,

где  $D_{\theta} = \frac{\sqrt{\pi[\theta(1 + 0,5 \cos 2\theta) - 0,75 \sin 2\theta]}}{\sin \theta - \theta \cos \theta}$ ;

- ток вторичной обмотки трансформатора  $I_2 = I_d D_{\theta} K_3$ ,

где  $K_3$  - вспомогательный коэффициент;

- напряжение холостого хода на обмотке трансформатора  $U_{xx} = U_d \cdot B_{\theta} \cdot K_2$ ,

где  $B_{\theta} = \frac{1}{\sqrt{2} \cos \theta}$ ;

$K_2$  - вспомогательный коэффициент.

Численные значения коэффициентов для расчета выпрямителя представлены в табл. 3.

Таблица 3

Тип выпрямителя	$K_R$	$K_1$	$K_2$	$K_3$
однополупериодный	2,3	1	1	1
двухполупериодный	4,7	1	1	0,5
мостовой	3,5	2	1	0,707
с удвоением	0,9	1	0,5	1,42

Емкость конденсатора фильтра

$$C = \left( \frac{1}{M} + \frac{\theta}{\pi} \right) \cdot \frac{I_d}{2MK_{II}fU_d},$$

где  $K_n$  - коэффициент пульсаций, %.

Рассчитать параметры выпрямителя можно с помощью ЭВМ. Программа расчета выпрямителя представлена в приложении 5.

### 3.1. Расчет выпрямителя первого канала

Для расчета выпрямителя следует воспользоваться программой расчета на ЭВМ. В диалоговом режиме программа запрашивает исходные данные:

ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

ТИП ВЫПРЯМИТЕЛЯ:

ОДНОПОЛУПЕРИОДНЫЙ - "1"

ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫЙ - "2"

МОСТОВОЙ - "3"

С УДВОЕНИЕМ - "4" ? 3

ВЫПРЯМЛЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, В ? 8

ТОК НАГРУЗКИ, А ? 3

ТИП СЕРДЕЧНИКА:

ШЛ - "1", ОЛ - "2", ПЛ - "3" ? 1

КОЭФФИЦИЕНТ ПУЛЬСАЦИИ, % ? 10

Жирным шрифтом выделены данные, которые получены в результате расчета, произведенного в п. 2.1 (выпрямленное напряжение -  $U_{ВХ1}$ , ток нагрузки -  $I_{ВХ1}$  и коэффициент пульсации -  $K'_{п1}$ ). Рекомендуется для трансформатора источника питания выбрать Ш-образный сердечник.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

НАПРЯЖЕНИЕ ОБМОТКИ 8.53709 В.

ТОК ОБМОТКИ 4.492 А.

ТОК ВЕНТИЛЯ: (ДИОДА)

МАКСИМАЛЬНЫЙ 8.454 А.

СРЕДНИЙ 1.5 А.

ЭФФЕКТИВНЫЙ 3.176 А.

ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА ФИЛЬТРА 1442 мкФ.

Результаты расчета следует записать. Затем следует рассчитать нагрузочную характеристику выпрямителя:

ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

(ХОЛОСТОГО ХОДА И ОТ 0.1 ДО 1.5  $I_{ВХ1}$ ) ВВЕДИТЕ

ЗНАЧЕНИЕ ТОКА. РАСЧЕТ ПРЕКРАЩАЕТСЯ ПРИ ВВОДЕ "999"

ТОК НАГРУЗКИ, А: НАПРЯЖЕНИЕ, В:

? 0 12.07

? .5 10.57

? 1 9.79

? 3 8

? 4 7.39

? 5

РАБОТА ЗАКОНЧЕНА.

Теперь следует перезапустить программу и рассчитать выпрямители второго и третьего каналов.

Для рассчитанных выпрямителей необходимо построить нагрузочные характеристики, а для выпрямителя первого канала – временную диаграмму работы (см. рис. 5).

### 3.2. Выбор деталей выпрямителей

По результатам расчетов выпрямителей необходимо выбрать тип применяемых диодов и стандартные конденсаторы сглаживающих фильтров.

Диоды выбирают по допустимому среднему току  $I_{\text{пр.ср}}$ , который должен быть больше получившегося в результате расчета на ЭВМ среднего тока вентиля, с проверкой по допустимому импульсному току и обратному напряжению. Параметры диодов приведены в приложении 3. В пояснительной записке для диода необходимо привести маркировку (например КД202А) и параметры ( $I_{\text{пр.ср}}$ ,  $I_{\text{пр.и}}$ ,  $U_{\text{обр}}$  и  $U_{\text{пр}}$ ). Для мостовых выпрямителей рекомендуется применять блоки типа КЦ402 – КЦ412.

Конденсаторы сглаживающих фильтров должны иметь емкость не менее получившейся по результатам расчета. Рабочее напряжение конденсаторов выбирается в 1,5...2 раза больше напряжения холостого хода выпрямителей, которое определяется из расчетов нагрузочной характеристики при токе нагрузки, равном нулю. Параметры некоторых электролитических конденсаторов, применяемых в сглаживающих фильтрах, приведены в приложении 4. Обозначение выбранного конденсатора должно быть указано следующим образом: К50-6 2000 мк х 50В.

## 4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА ИЛИ ВЫБОР СТАНДАРТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Работа трансформатора основана на магнитном свойстве электрического тока. При подключении первичной обмотки к сети переменного тока частотой 50 Гц по этой обмотке протекает переменный ток, который создает вокруг ее витков и в сердечнике трансформатора переменное магнитное поле. Пронизывая витки вторичной обмотки, это поле индуцирует в них ЭДС. Соотношение количества витков первичной и вторичных обмоток определяет коэффициент трансформации, следовательно, получаемое напряжение на вторичной обмотке (выходное напряжение). Если количество витков вторичной обмотки больше, чем первичной, выходное напряжение трансформатора будет выше напряжения питающей сети, и такая обмотка называется повышающей. Если же вторичная обмотка содержит меньше витков, чем первичная, выходное напряжение будет ниже напряжения сети, а обмотка называется понижающей.

Трансформатор - это пассивный преобразователь энергии. Его коэффициент полезного действия всегда меньше единицы. Это означает, что мощность, потребляемая нагрузкой, всегда меньше, чем мощность, потребляемая нагруженным трансформатором от сети. Следовательно, в повышающих обмотках сила тока меньше, а в понижающих - больше, чем в сетевой

(первичной) обмотке.

Два разных трансформатора при одинаковом напряжении питающей сети могут быть рассчитаны на одинаковое напряжение вторичной обмотки. Но если нагрузка первого трансформатора потребляет большой ток, а второго - маленький, следовательно, первый трансформатор имеет большую мощность. Чем больше сила тока в обмотках трансформатора, тем больше магнитный поток в его сердечнике, и тем больше должна быть толщина сердечника. Кроме этого, чем больше сила тока в обмотке, тем более толстым проводом она должна быть намотана, а это требует увеличения площади окна сердечника. Поэтому от мощности трансформатора зависят его габариты, и наоборот. Сердечник определенного размера пригоден для изготовления трансформатора только до определенной мощности, предельной для данных размеров сердечника, которая называется габаритной мощностью трансформатора  $P_T$ .

Существует примерное соотношение между размерами трансформатора и его габаритной мощностью:

$$S = 1,2\sqrt{P_T},$$

где  $S$  - сечение сердечника трансформатора,  $\text{см}^2$ .

Как и всякий преобразователь энергии, трансформатор характеризуется коэффициентом полезного действия (КПД) - отношением мощности, потребляемой нагрузкой трансформатора, к мощности, которую нагруженный трансформатор потребляет от сети.

КПД маломощных трансформаторов промышленной частоты колеблется в пределах от 0,8 до 0,95. Более высокие значения КПД имеют трансформаторы большей мощности.

#### 4.1. Упрощенный расчет однофазных трансформаторов

В разделе 3 с помощью ЭВМ рассчитаны выпрямители, работающие на активно-емкостную нагрузку. Программа вычисляет напряжение на вторичной обмотке трансформатора  $U_2$ , к которому подключен выпрямитель, и ток  $I_2$  этой обмотки. В курсовом проекте получают три значения напряжений и три значения токов вторичных обмоток:

$$U_{21}; I_{21}; \quad U_{22}; I_{22}; \quad U_{23}; I_{23}.$$

Номинальную мощность вторичной обмотки принимают равной

$$\Sigma P_2 = U_{21} \cdot I_{21} + U_{22} \cdot I_{22} + U_{23} \cdot I_{23}.$$

Типовая мощность трансформатора

$$S_T = \frac{P_2}{\eta},$$

где  $\eta$  - КПД трансформатора, который определяется по номограмме на рис. 6.

Следует заметить, что при определении КПД трансформатора по номограмме типовая мощность трансформатора получится завышенной, что положительно скажется на его режиме работы (температурном режиме нагруженного трансформатора), но несколько увеличит вес, так как придется взять более мощный и тяжелый магнитопровод.

По табл. 4 выбирают типоразмер магнитопровода со значением  $S_T$  не менее вычисленного по формуле.

Число витков каждой вторичной обмотки трансформатора определяют по

формуле:

$$w_2 = U_2 \frac{1 + \Delta U}{E^{(1)}},$$

где  $\Delta U$  – относительное падение напряжения на обмотках;  
 $E^{(1)}$  – число вольт на один виток обмотки трансформатора с магнитопроводом выбранного типоразмера.

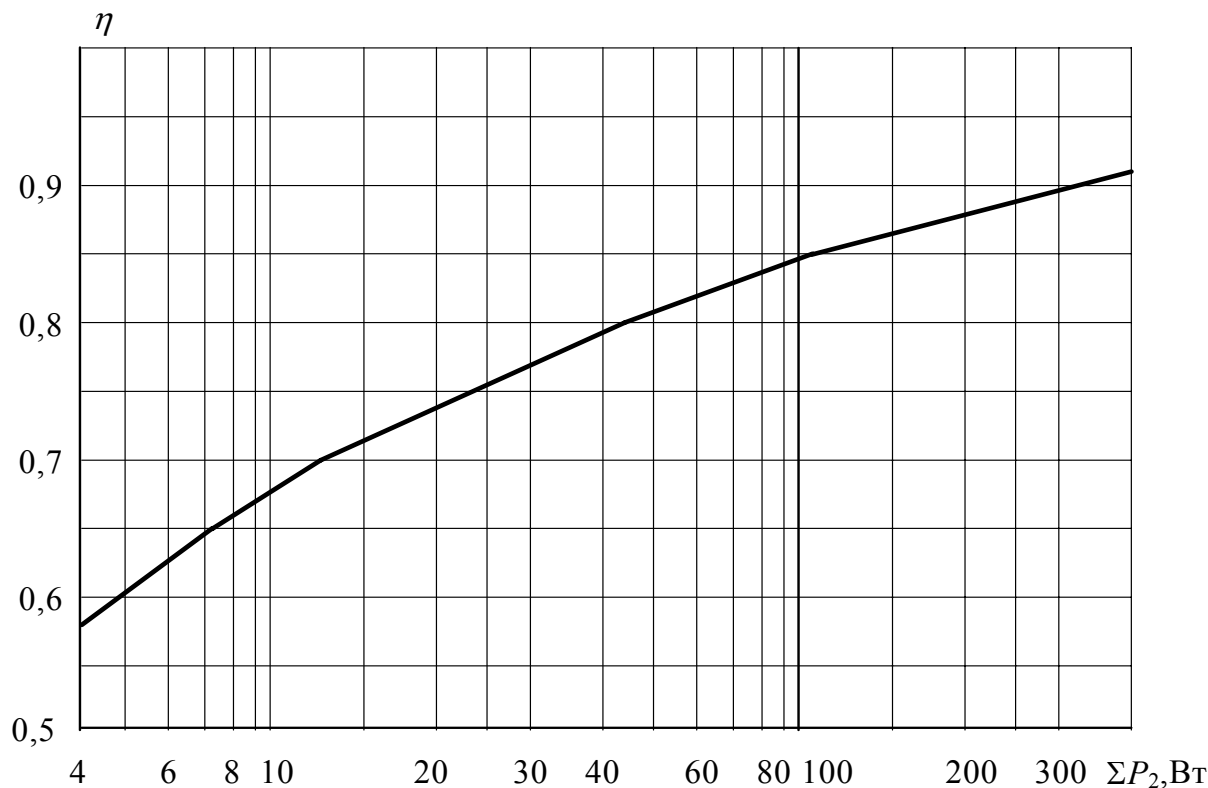


Рис. 6. Зависимость КПД от мощности вторичных обмоток трансформатора

Таблица 4

Параметры некоторых Ш-образных магнитопроводов

Типоразмер магнитопровода	A, мм	H, мм	c, мм	h, мм	S <sub>ст</sub> , см <sup>2</sup>	S <sub>т</sub> , В·А	E <sup>(1)</sup> , В	ΔU	J <sub>ср</sub> , А/мм <sup>2</sup>	G, кг
УШ22х22	78	67	14	39	4,4	24	0,12	0,25	2,7	0,64
УШ22х33					6,6	36	0,17	0,19	2,5	0,96
УШ22х44					8,8	55	0,22	0,15	2,3	1,3
УШ26х26	94	81	17	47	6,0	60	0,18	0,13	2,5	1,1
УШ26х39					9,0	80	0,25	0,1	2,3	1,7
УШ26х52					12,0	100	0,32	0,08	2,1	2,2
УШ30х30	106	91	19	53	8,0	100	0,22	0,09	2,2	1,6
УШ30х45					12,0	120	0,35	0,06	2,0	2,4
УШ30х60					16,0	160	0,45	0,04	1,8	3,2
УШ35х35	123	106	22	61,5	11,0	170	0,29	0,07	1,9	2,6
УШ35х52					17,0	220	0,43	0,05	1,7	3,8
УШ35х70					22,0	270	0,59	0,03	1,5	5,1
УШ40х40	144	124	26	72	14,0	280	0,36	0,05	1,6	3,8
УШ40х60					22,0	320	0,55	0,04	1,4	5,6
УШ40х80					29,0	380	0,71	0,03	1,2	7,5



Число витков первичной обмотки

$$w_1 = \frac{U_{сему}}{E^{(1)}}.$$

Максимальное расчетное значение тока первичной обмотки

$$I_1 = \frac{S_T}{U_{сему}}.$$

По допустимому значению средней плотности тока  $J_{cp}$  в обмотках трансформатора с магнитопроводом выбранного типоразмера и по вычисленным значениям  $I_1$ ,  $I_{21}$ ,  $I_{22}$  и  $I_{23}$  определяют диаметры проводов обмоток  $d_1$ ,  $d_{21}$ ,  $d_{22}$  и  $d_{23}$  по номограмме, представленной на рис. 7.

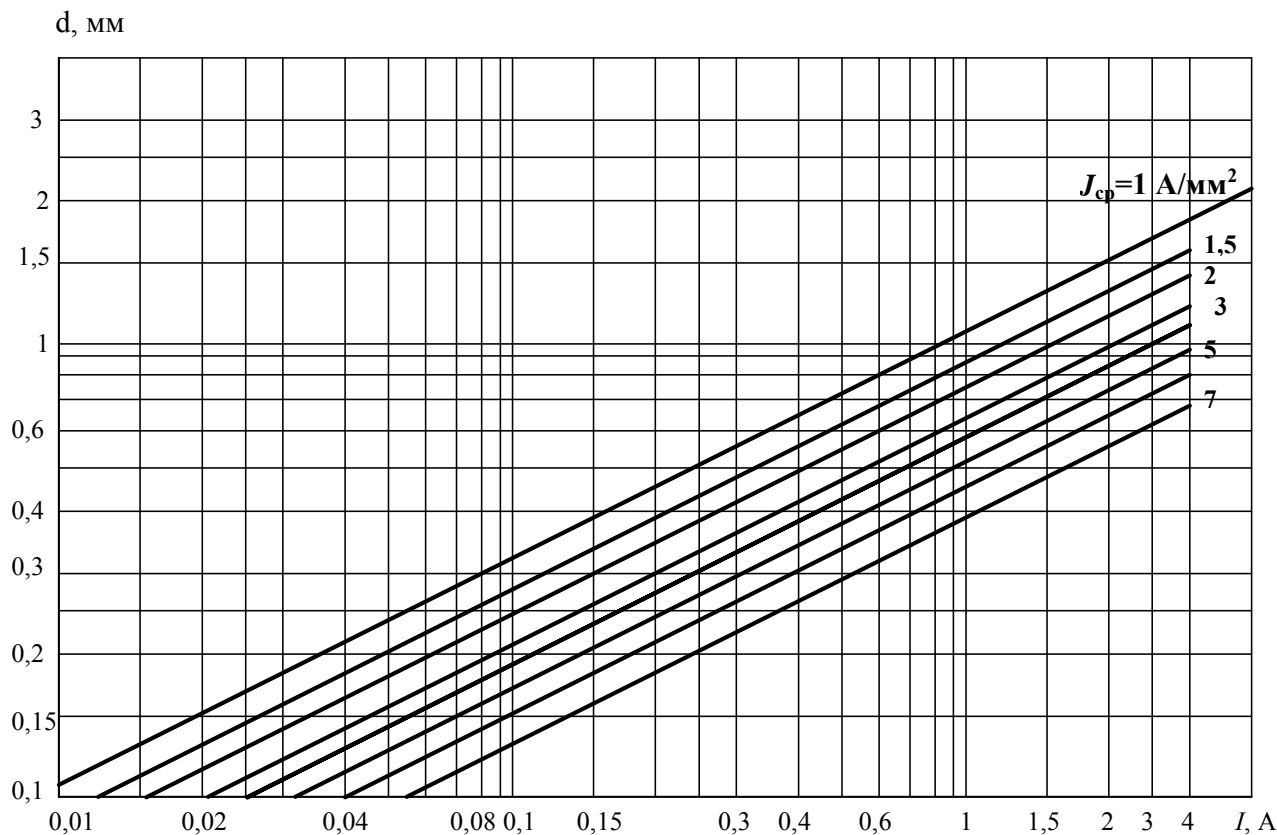


Рис. 7. Зависимость диаметра провода обмоток от тока  $I$  и средней плотности тока  $J_{cp}$

Диаметр проводов обмоток можно также определить расчетным путем:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{I_1}{J_{CP}}}; \quad d_{21} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{21}}{J_{CP}}}, \quad d_{22} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{22}}{J_{CP}}}, \quad d_{23} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{23}}{J_{CP}}}.$$

где  $J_{cp}$  - плотность тока в обмотках трансформатора.

## 5. РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Коэффициентом полезного действия (КПД) источника питания называется отношение активной мощности, выделяющейся в нагрузке  $P_H$  к мощности, поступающей из питающей сети  $P_{вх}$ :

$$\eta = P_H / P_{вх}.$$

Активная мощность, поступающая из сети, теряется в трансформаторе ( $\Delta P_{тр}$ ), в вентилях ( $\Delta P_{в}$ ), в сглаживающем фильтре ( $\Delta P_{ф}$ ) и в стабилизаторе ( $\Delta P_{ст}$ ).

Потери в трансформаторе определяются по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = S_{\text{т}}(1 - \eta_{\text{тр}}),$$

где  $\eta_{\text{тр}}$  - кпд трансформатора;

$S_{\text{т}}$  - габаритная мощность трансформатора.

Потери в вентилях:

$$\Delta P_{\text{в}} = I_{\text{а}} \cdot U_{\text{пр.ср}} \cdot N,$$

где  $I_{\text{а}}$  - средний ток в вентиле;

$U_{\text{пр.ср}}$  - прямое падение напряжения на вентиле;

$N$  - число последовательно включенных вентилях выпрямителя.

Общие потери в вентилях:  $\Sigma \Delta P_{\text{в}} = \Delta P_{\text{в1}} + \Delta P_{\text{в2}} + \Delta P_{\text{в3}}$ .

Потери в сглаживающем фильтре при емкостном фильтре можно не учитывать.

Потери в стабилизаторе:

$$\Delta P_{\text{ст}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{д}}) \cdot I_{\text{вх}},$$

где  $U_{\text{вх}}$  - напряжение на входе стабилизатора;

$I_{\text{вх}}$  - входной ток стабилизатора;

$U_{\text{д}}$  - напряжение в нагрузке.

Общие потери в стабилизаторах:  $\Sigma \Delta P_{\text{ст}} = \Delta P_{\text{ст1}} + \Delta P_{\text{ст2}}$ .

Таким образом, КПД источника питания:

$$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{д1}} \cdot I_{\text{д1}} + U_{\text{д2}} \cdot I_{\text{д2}} + U_{\text{д3}} \cdot I_{\text{д3}}}{(U_{\text{д1}} \cdot I_{\text{д1}} + U_{\text{д2}} \cdot I_{\text{д2}} + U_{\text{д3}} \cdot I_{\text{д3}}) + \Delta P_{\text{тр}} + \Sigma \Delta P_{\text{в}} + \Sigma \Delta P_{\text{ст}}}.$$

## 6. СОСТАВЛЕНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

По результатам расчетов и выбора типа элементов составляется принципиальная электрическая схема источника питания. В ней должны быть предусмотрены дополнительные элементы, с помощью которых производится отключение сетевого напряжения (SA1), защита от перегрузки и короткого замыкания по входу (FU1), индикация включения на неоновой лампочке HL1 с ограничительным резистором R1 или на светодиоде HL2 с ограничительным резистором R2 и защитным диодом VD1. В курсовой работе следует применить один из двух индикаторов включения. Конденсаторы C4 и C5 - блокировочные, предназначены для защиты стабилизаторов от паразитной генерации на высокой частоте. Резистор R5 создает малый начальный ток нагрузки высоковольтного стабилизатора для исключения работы транзистора VT1 с обрывом в цепи эмиттера при случайном отключении нагрузки. Резистор R4 предназначен для разряда конденсатора C3 при выключении источника питания.

Пример выполнения принципиальной электрической схемы источника питания представлен на рис. 8. Схема должна быть выполнена на миллиметровой бумаге формата А3 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710-81. Условные графические обозначения элементов с необходимыми размерами приведены в приложении 6 и в [11].

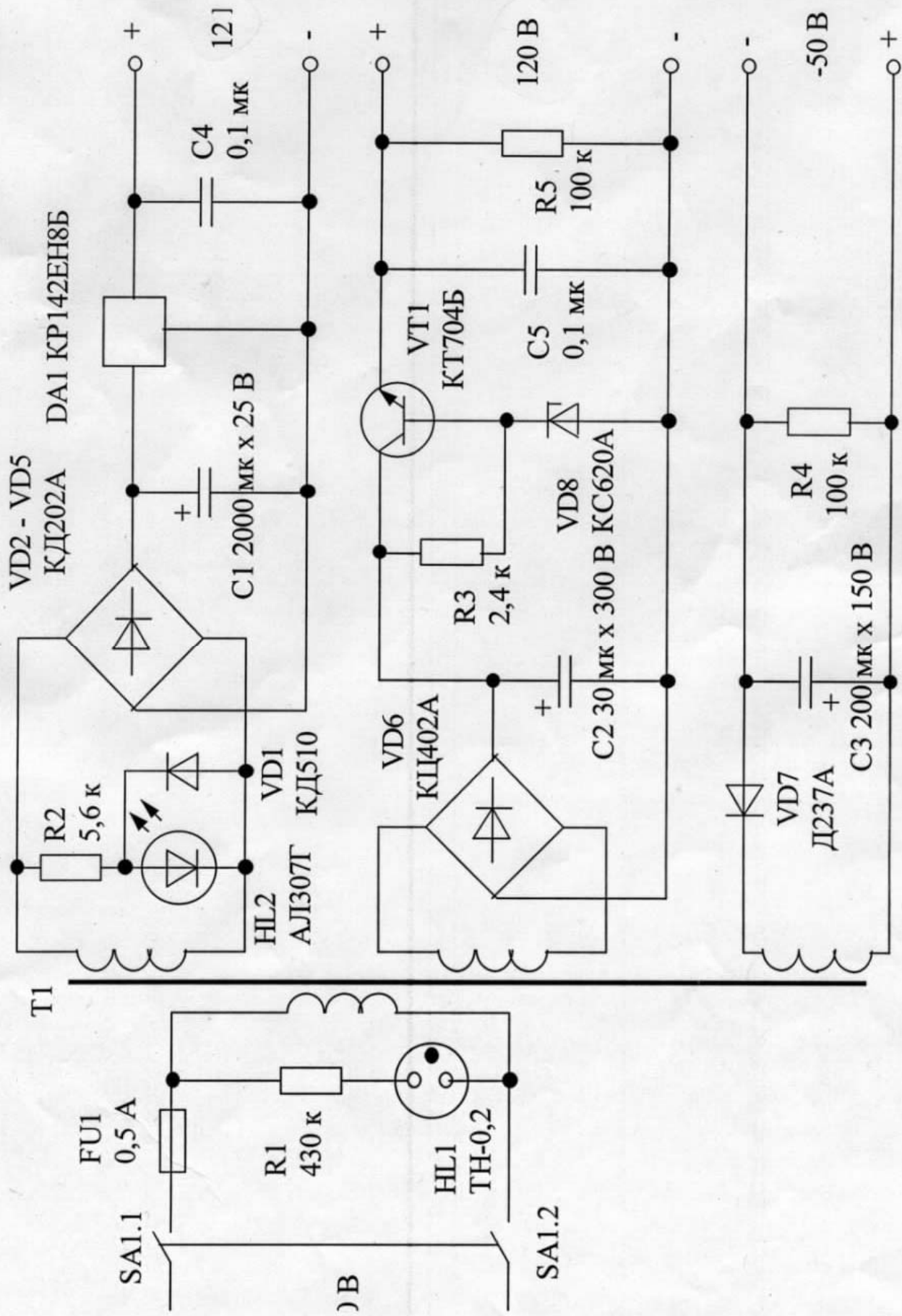


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема источника питания

## Вопросы к защите курсового проекта

1. Структурная схема источника питания с трансформатором на входе. Назначение элементов схемы.
2. Нарисуйте схему однополупериодного однофазного выпрямителя с активной нагрузкой и его временную диаграмму работы. Чему равно выходное напряжение такого выпрямителя? Как изменится выходное напряжение выпрямителя при подключении параллельно нагрузке конденсатора?
3. Нарисуйте схему двухполупериодного однофазного выпрямителя с общим проводом с активной нагрузкой и его временную диаграмму работы. Чему равно выходное напряжение такого выпрямителя? Как изменится выходное напряжение выпрямителя при подключении параллельно нагрузке конденсатора?
4. Нарисуйте схему мостового однофазного выпрямителя с активной нагрузкой и его временную диаграмму работы. Чему равно выходное напряжение такого выпрямителя? Как изменится выходное напряжение выпрямителя при подключении параллельно нагрузке конденсатора?
5. Работа выпрямителя на емкостный фильтр. Временная диаграмма работы. Внешняя характеристика.
6. Нарисуйте схему выпрямителя с удвоением напряжения. Объясните работу схемы.
7. Для чего в источниках питания применяется стабилизатор напряжения? Приведите схему стабилизатора на стабилитроне и транзисторе.
8. Объясните порядок расчета стабилизатора на микросхеме.
9. Объясните порядок расчета стабилизатора на стабилитроне и транзисторе.
10. Для чего в источниках питания применяется сглаживающий фильтр? Что такое коэффициент сглаживания?
11. Упрощенный расчет однофазного трансформатора.
12. Как определить КПД источника питания?
13. Как выбрать тип диода для выпрямителя?
14. Как выбрать транзистор для стабилизатора?

## Библиографический список

1. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1999. – 464 с.
2. Либерман Ф.Я. Электроника на железнодорожном транспорте: Учебное пособие для вузов ж.д.транспорта.- М.: Транспорт, 1987.- 288 с
3. Сидоров И.Н. Малогабаритные трансформаторы и дроссели. Справочник.- М.: Радио и связь, 1985.- 276 с.
4. Сидоров И.Н., Скорняков С.В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник.- М.: Радио и связь, 1994.- 320 с.
5. Полупроводниковые приборы. Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А.Зайцев и др.; Под ред. Н.Н. Горюнова.- М.: Энергоиздат, 1982.- 744 с.
6. Диоды: Справочник / О.П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, С.Л. Пожидаев.- М.: Радио и связь, 1990.- 656 с.
7. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник/А.А.Зайцев, А.И.Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова - М.: Радио и связь, 1989.- 640 с.
8. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / К.М. Брежнева, Е.И. Гантман, Т.И. Давыдова и др.; Под ред. Б.Л. Перельмана. - М.: Радио и связь, 1981.- 656 с.
9. Щербина А., Благий С. Микросхемные стабилизаторы серий 142, К142, КР142.-Радио, 1990, №8, с.89-90; №9, с.73-74.
10. Булычев А.Л. и др. Аналоговые интегральные схемы: Справочник / А.Л. Булычев, В.И. Галкин, В.А. Прохоренко.- 2-е изд.-Минск: Беларусь, 1993.- 382 с.
11. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; Под ред. Э.Т. Романычевой. – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1.1

## Параметры полупроводниковых стабилитронов

Тип	$U_{ст}$ (В)	$I_{ст.мин}$ (мА)	$I_{ст.макс}$ (мА)	$r_{ст}$ (Ом)
Д814А	8	3	40	6
Д814Б	9	3	36	10
Д814В	10	3	32	12
Д814Г	11	3	29	15
Д814Д	13	3	24	18
Д815А	5,6	50	1400	0,6
Д815Б	6,8	50	1150	0,8
Д815В	8,2	50	950	1,0
Д815Г	10	25	800	1,8
Д815Д	12	25	650	2,0
Д815Е	15	25	550	2,5
Д815Ж	18	25	450	3,0
Д816А	22	10	230	7,0
Д816Б	27	10	180	8,0
Д816В	33	10	150	10
Д816Г	39	10	130	12
Д816Д	47	10	110	15
Д817А	56	5	90	35
Д817Б	68	5	75	40
Д817В	82	5	60	45
Д817Г	100	5	50	50
КС133А	3,3	3	81	65
КС139А	3,9	3	70	60
КС147А	4,7	3	58	56
КС156А	5,6	3	55	46
КС168А	6,8	3	45	28
КС175Ж	7,5	0,5	17	40
КС182Ж	8,2	0,5	15	40
КС191Ж	9,1	0,5	14	40
КС210Ж	10	0,5	13	40
КС211Ж	11	0,5	12	40
КС212Ж	12	0,5	11	40
КС213Ж	13	0,5	10	40
КС215Ж	15	0,5	8,3	70
КС216Ж	16	0,5	7,3	70
КС218Ж	18	0,5	6,9	70
КС220Ж	20	0,5	6,2	70
КС222Ж	22	0,5	5,7	70
КС224Ж	24	0,5	5,2	70
КС482А	8,2	1	96	25
КС510А	10	1	79	25
КС512А	12	1	67	25
КС515А	15	1	53	25
КС518А	18	1	45	25

Тип	$U_{ст}$ (В)	$I_{ст.мин}$ (мА)	$I_{ст.макс}$ (мА)	$r_{ст}$ (Ом)
КС522А	22	1	37	25
2С524А	24	1	33	30
КС527А	27	1	30	40
2С530А	30	1	27	45
КС533А	33	3	17	40
2С536А	36	1	23	50
КС551А	51	1	14,6	200
КС591А	91	1	8,8	400
КС600А	100	1	8,1	450
КС620А	120	5	42	150
КС630А	130	5	38	180
КС650А	150	2,5	33	255
КС680А	180	2,5	28	330

Таблица П1.2

### Параметры транзисторов

Тип	$I_{к.макс}$ , А	$U_{кэ макс}$ , В	$h_{21Э}$	$U_{кэ нас}$ , В
<b>н-р-п</b>				
КТ815А	1,5	40	40...70	0,6
КТ815Б	1,5	50	40...70	0,6
КТ815В	1,5	70	40...70	0,6
КТ815Г	1,5	100	30...70	0,6
КТ704А	2,5	500	10...100	5
КТ704Б	2,5	400	10...100	5
КТ704В	2,5	400	10...100	5
КТ817А	3	40	30	0,6
КТ817Б	3	45	30	0,6
КТ817В	3	60	30	0,6
КТ817Г	3	100	30	0,6
КТ805А	5	160	15	2,5
КТ805Б	5	135	15	5
<b>р-п-р</b>				
КТ814А	1,5	40	40	0,6
КТ814Б	1,5	50	40	0,6
КТ814В	1,5	70	40	0,6
КТ814Г	1,5	100	30	0,6
КТ816А	3	40	25	0,6
КТ816Б	3	45	25	0,6
КТ816В	3	60	25	0,6
КТ816Г	3	100	25	0,6
КТ837А	7,5	70	10...40	2,5
КТ837Б	7,5	70	20...80	2,5
КТ837В	7,5	70	50...150	2,5
КТ837Г	7,5	55	10...40	0,5
КТ837Д	7,5	55	20...80	0,5
КТ837Е	7,5	55	50...150	0,5
КТ837Ж	7,5	40	10...40	2,5

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Номинальные сопротивления резисторов стандартизованы. Для постоянных резисторов согласно ГОСТ 2825-67 установлено шесть рядов: E6, E12, E24, E48, E96 и E192. Цифра после буквы E указывает число номинальных значений в каждом десятичном интервале.

Наиболее часто применяется ряд E24. Номинальные значения декады ряда E24 представлены в табл. П2.1. Значения десятков и сотен Ом, кОм и МОм получаются умножением номинального значения на  $10^n$ , где  $n=0;1;2;3...$

Таблица П2.1

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1
5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П3.1

### Параметры полупроводниковых диодов

Тип	$I_{пр.ср}$ (А)	$I_{пр.и}$ (А)	$U_{обр.}$ (В)	$U_{пр}$ (В)
МД217	0,1	8	800	1,0
МД218	0,1	8	1000	1,0
МД218А	0,1	8	1200	1,1
МД226	0,3	2,5	300	1,0
МД226А	0,3	2,5	200	1,0
МД226Е	0,3	2,5	150	1,0
Д237А	0,3	5	200	1,0
Д237Б	0,3	5	400	1,0
Д237В	0,1	5	600	1,0
Д237Е	0,4	5	200	1,0
Д237Ж	0,4	5	400	1,0
Д242	10	30	100	1,25
Д242А	10	30	100	1,0
Д242Б	5	15	100	1,5
Д243	10	30	200	1,25
Д243А	10	30	200	1,0
Д243Б	5	15	200	1,5
Д245	10	30	300	1,25
Д245А	10	30	300	1,0
Д245Б	5	15	300	1,5
Д246	10	30	400	1,25
Д246А	10	30	400	1,0
Д246Б	5	15	400	1,5
Д247	10	30	500	1,25
Д247Б	10	30	500	1,5
Д248Б	5	15	600	1,5
КД102А	0,1	2	250	1
КД102Б	0,1	2	300	1
КД105Б	0,3	15	400	1
КД105В	0,3	15	600	1
КД105Г	0,3	15	800	1
КД202А	5	9	50	0,9
КД202В	5	9	100	0,9



Тип	$I_{пр.ср}$ (А)	$I_{пр.и}$ (А)	$U_{обр.}$ (В)	$U_{пр}$ (В)
КД202Д	5	9	200	0,9
КД202Ж	5	9	300	0,9
КД202К	5	9	400	0,9
КД202М	5	9	500	0,9
КД202Р	5	9	600	0,9
КД208А	1,5	6	100	1,0
КД209А	0,7	6	400	1,0
КД209Б	0,5	6	600	1,0
КД209В	0,5	6	800	1,0

Таблица ПЗ.2

### Параметры полупроводниковых диодных блоков (мостовой выпрямитель)

Тип	$I_{пр.ср}$ (А)	$I_{пр.и}$ (А)	$U_{обр.}$ (В)	$U_{пр}$ (В)
КЦ402А	1,0	5	600	1,2
КЦ402Б	1,0	5	500	1,2
КЦ402В	1,0	5	400	1,2
КЦ402Г	1,0	5	300	1,2
КЦ402Д	1,0	5	200	1,2
КЦ402Е	1,0	5	100	1,2
КЦ402Ж	0,6	5	600	1,2
КЦ402И	0,6	5	500	1,2
КЦ403А	1,0	5	600	1,2
КЦ403Б	1,0	5	500	1,2
КЦ403В	1,0	5	400	1,2
КЦ403Г	1,0	5	300	1,2
КЦ403Д	1,0	5	200	1,2
КЦ403Е	1,0	5	100	1,2
КЦ403Ж	0,6	5	600	1,2
КЦ403И	0,6	5	500	1,2
КЦ404А	1,0	5	600	1,2
КЦ404Б	1,0	5	500	1,2
КЦ404В	1,0	5	400	1,2
КЦ404Г	1,0	5	300	1,2
КЦ404Д	1,0	5	200	1,2
КЦ404Е	1,0	5	100	1,2
КЦ404Ж	0,6	5	600	1,2
КЦ404И	0,6	5	500	1,2
КЦ405А	1,0	5	600	1,2
КЦ405Б	1,0	5	500	1,2
КЦ405В	1,0	5	400	1,2
КЦ405Г	1,0	5	300	1,2
КЦ405Д	1,0	5	200	1,2
КЦ405Е	1,0	5	100	1,2
КЦ405Ж	0,6	5	600	1,2
КЦ405И	0,6	5	500	1,2
КЦ407А	0,5	3	500	2,5
КЦ410А	3	45	50	1,2
КЦ410Б	3	45	100	1,2
КЦ410В	3	45	200	1,2
КЦ412А	1	15	50	1,2
КЦ412Б	1	15	100	1,2
КЦ412В	1	15	200	1,2

**Конденсаторы с оксидным диэлектриком**

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Допустимая амплитуда напряжения переменной составляющей, %
К50 - 6	6,3	5; 10; 20; 50; 100; 200; 500	20...25
	10	5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	16	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	25	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	50	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...20
	100	1; 5; 10; 20	10...15
	160	1; 5; 10; 20	10
К50 - 7	160	20; 30; 50; 100; 200; 500	5...15
	250	10; 20; 30; 50; 100; 200	5...15
	300	5; 10; 20; 30; 50; 100; 200	3...10
	350	5; 10; 20; 30; 50; 100	3...10
	450	5; 10; 20; 30; 50; 100	3...10
К50 - 18	6,3	100000; 220000;	13...15
	10	100000	11...15
	16	22000; 68000; 100000	6...9
	25	15000; 33000; 100000	6...8
	50	4700; 10000; 15000; 22000	5...6
	80	4700; 10000; 15000	4...5
	100	2200; 4700; 10000	4...6
К50 - 20	6,3	10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000	10...16
	16	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	10...16
	25	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	10...16
	50	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	3...16
	100	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10
	160	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10
	250	20; 50	10
	300	2; 5; 10; 20; 50	10
	350	2; 5; 10; 20	10
	450	2; 5; 10; 20	10

### Программа расчета выпрямителя

```

10 CLS
20 PRINT:PRINT "ПРОГРАММА"
30 PRINT:PRINT:PRINT TAB(21); "РАСЧЕТА ВЫПРЯМИТЕЛЯ"
31 PRINT:PRINT:PRINT TAB(21); "нажмите любую клавишу"
40 SLEEP: CLS
50 PRINT "ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ :."
60 PRINT:PRINT ,"ТИП ВЫПРЯМИТЕЛЯ :."
70 PRINT , "ОДНОПОЛУПЕРИОДНЫЙ - '1' "
80 PRINT , "ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫЙ - '2' "
90 PRINT , "МОСТОВОЙ - '3' "
100 PRINT , "С УДВОЕНИЕМ - '4' " ;
110 INPUT T
120 IF T =1 THEN M=1: KR=2.3: K1=1: K2=1: K3=1: GOTO 170
130 IF T =2 THEN M=2: KR=4.7: K1=1: K2=1: K3=.5: GOTO 170
140 IF T =3 THEN M=2: KR=3.5: K1=2: K2=1: K3=1/SQR(2): GOTO 170
150 IF T =4 THEN M=1: KR=.9: K1=1: K2=.5: K3=SQR(2): GOTO 170
160 GOSUB 680: GOTO 60
170 PRINT , "ВЫПРЯМЛЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, В";
180 INPUT E0: IF E0<=0 THEN GOSUB 680: GOTO 170
190 PRINT , "ТОК НАГРУЗКИ, А";
200 INPUT I0: IF I0<=0 THEN GOSUB 680: GOTO 170
210 PRINT , "ТИП СЕРДЕЧНИКА :."
220 PRINT , "Ш '1' , ШЛ - '2' или ПЛ - '3' " ;
230 INPUT S$
240 IF S$="1" OR S$="2" THEN S=1: GOTO 270
250 IF S$="3" THEN S=2: GOTO 270
260 GOSUB 680: GOTO 210
270 PRINT , "КОЭФФИЦИЕНТ ПУЛЬСАЦИЙ, % " ;
280 INPUT KP
290 IF KP <1 THEN GOSUB 680: GOTO 270
300 KP=KP/100
310 F=50: BM=1.4
320 RT=KP*E0*(S*F*BM/(E0*I0))^.25/(I0*F*BM)
330 RI=.75*M/(3*I0)
340 R=RT+K1*RI
350 A0=I0*R/(M*E0)
360 A0=A0*3.14159
370 O1=32: OD=32
380 O=O1*3.14159/180
390 A=TAN(O)-O
400 DA=(A-A0)/A0: S1=SGN(DA): AD=ABS(DA)
410 IF AD<=.01 THEN 450
420 OD=.5*OD
430 O1=O1-S1*OD
440 GOTO 380
450 K0=SIN(O)-O*COS(O)
460 F0=3.14159*(1-COS(O))/K0
470 B0=1/(SQR(2)*COS(O))
480 D0=SQR(3.14159*(O*(1+COS(2*O)/2)-3*SIN(2*O)/4))/K0
490 U2=E0*B0*K2
500 IM=I0*F0/M
510 IV=I0*D0/M
520 IC=I0/M
530 I2=I0*DO*K3

```

```

540 C=(1/M+O/3.14159)*I0/(2*M*КР*F*E0)
550 CLS: PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА."
560 IF T=2 THEN T$=" 2 ПО"
570 PRINT:PRINT," НАПРЯЖЕНИЕ ОБМОТКИ", T$; U2; "В."
580 PRINT, "ТОК ОБМОТКИ", INT(1000!*I2)/1000; "А."
590 PRINT, "ТОК ВЕНТИЛЯ (ДИОДА) :."
600 PRINT, "МАКСИМАЛЬНЫЙ", INT(1000!*IM)/1000; "А."
610 PRINT, "СРЕДНИЙ", INT(1000!*IC)/1000; "А."
620 PRINT, "ЭФФЕКТИВНЫЙ", INT(1000!*IV)/1000; "А."
630 PRINT, "ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА"
640 PRINT, "ФИЛЬТРА ", INT(C*1E+07)/10; "МК."
650 GOTO 690
660 PRINT:PRINT, "РАБОТА ЗАКОНЧЕНА, НАЖМИТЕ ЛЮБУЮ КЛАВИШУ"
661 SLEEP
670 STOP
671 GOSUB 10
680 PRINT, "Н Е Л Ь З Я !!!": RETURN
690 PRINT:PRINT:PRINT, "ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ"
700 PRINT, "XX И ОТ 0,1 ДО 1,5 Ином ВВЕДИТЕ"
710 PRINT, "ЗНАЧЕНИЕ ТОКА. РАСЧЕТ ПРЕКРАЩАЕТСЯ": PRINT
720 PRINT TAB(24); "ПРИ ВВОДЕ 999.": PRINT :PRINT
730 PRINT, "ТОК НАГРУЗКИ, А: НАПРЯЖЕНИЕ, В:"
740 PRINT TAB(17); " "; INPUT I: IF I=999 THEN 660
750 IF I<0 OR I>1.8*I0 THEN GOSUB 680: GOTO 740
760 IF I<.1*I0 AND I>0 THEN GOSUB 680: GOTO 740
770 O2=32: OD2=32
780 UM=U2*SQR(2)/K2
790 IF I=0 THEN O2=0:O3=0: GOTO 880
800 A1=I*R/(M*E0)
801 A1=A1*3.14159
810 O3=O2*3.14159/180
820 A2=TAN(O3)-O3
830 DA2=(A2-A1)/A1: S2=SGN(DA2): AD2=ABS(DA2)
840 IFAD2<=.01 THEN 880
850 OD2=.5*OD2
860 O2=O2-S2*OD2
870 GOTO 810
880 U3=UM*COS(O3)
890 PRINT CHR$(25); TAB(19); I: TAB(39); INT(U3*100)/100
900 GOTO 740

```

#### ПРИМЕР РАСЧЕТА ВЫПРЯМИТЕЛЯ

ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

ТИП ВЫПРЯМИТЕЛЯ:

ОДНОПОЛУПЕРИОДНЫЙ -"1"

ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫЙ -"2"

МОСТОВОЙ -"3"

С УДВОЕНИЕМ -"4" ? 3

ВЫПРЯМЛЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, В ? 8

ТОК НАГРУЗКИ, А ?3

ТИП СЕРДЕЧНИКА:

ШЛ - "1", ОЛ - "2", ПЛ - "3" ?3

КОЭФФИЦИЕНТ ПУЛЬСАЦИИ, % ?10

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

НАПРЯЖЕНИЕ ОБМОТКИ 8.53709 В.

ТОК ОБМОТКИ 4.492 А.

ТОК ВЕНТИЛЯ: (ДИОДА)

МАКСИМАЛЬНЫЙ 8.454 А.

СРЕДНИЙ 1.5 А.

ЭФФЕКТИВНЫЙ 3.176 А.

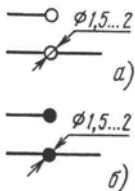
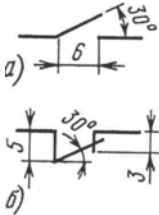
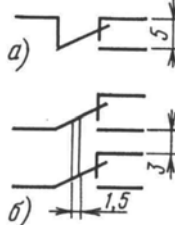
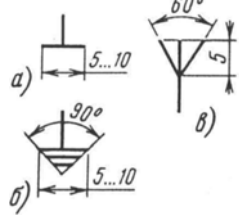
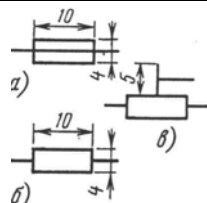
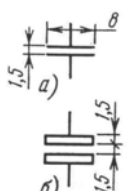
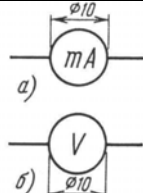
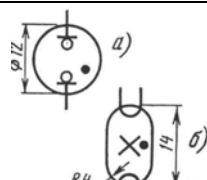
ЕМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА ФИЛЬТРА 1442 мкФ.

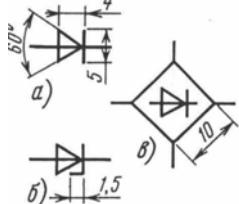
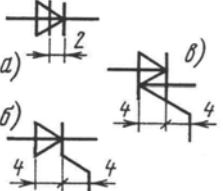
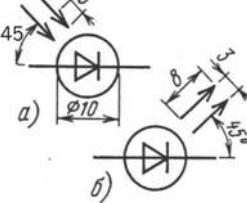
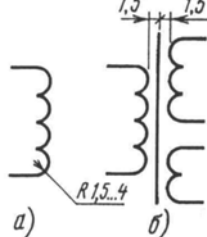
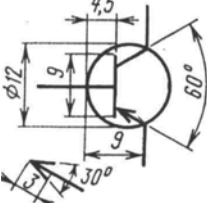
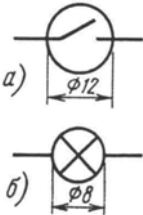
ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
(ХОЛОСТОГО ХОДА И ОТ 0.1 ДО 1.5 Iном) ВВЕДИТЕ  
ЗНАЧЕНИЕ ТОКА. РАСЧЕТ ПРЕКРАЩАЕТСЯ ПРИ ВВОДЕ "999"  
ТОК НАГРУЗКИ, А: НАПРЯЖЕНИЕ, В:

? 0	12.07
? .5	10.57
? 1	9.79
? 3	8
? 4	7.39
? 5	
Н Е Л Ъ З Я!!!	
? 4.5	7.13
? 999	

РАБОТА ЗАКОНЧЕНА.

**Условные графические обозначения электронных элементов**

Условное графическое обозначение	Наименование элемента
1	2
	<p>Контакт соединения разборного (а) и неразборного (б)</p>
	<p>Выключатель с одной группой замыкающих (а) или размыкающих (б) контактов</p>
	<p>Переключатель с одной (а) и с двумя (б) группами переключающих контактов</p>
	<p>Общий провод (а), заземление (б), антенна (в)</p>
	<p>Предохранитель (а), постоянный резистор (б), подстроечный резистор (в)</p>
	<p>Конденсатор постоянной емкости (а), оксидный неполярный конденсатор (б)</p>
	<p>Стрелочный индикатор: миллиамперметр (а) и вольтметр (б)</p>
	<p>Неоновая индикаторная (а) и люминесцентная осветительная (б) лампы</p>

1	2
	<p>Полупроводниковый диод (а), стабилитрон (б) и диодный мост (в)</p>
	<p>Динистор (а), тиристор (б), симистор (в)</p>
	<p>Фотодиод (а), светодиод (б)</p>
	<p>Катушка индуктивности (а), трансформатор (б)</p>
	<p>Биполярный транзистор</p>
	<p>Геркон (а), лампа накаливания (б)</p>

