

Министерство образования и науки Челябинской области
ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания
по выполнению практических работ**

по дисциплине: **ОП.12 Электронная техника**
по специальности **13.02.03 Электрические станции, сети и системы**

г. Троицк, 2023 г.

Методические указания для выполнения практических работ разработаны на основе рабочей программы по дисциплине «Электронная техника» по специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы.

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла высшей квалификационной категории.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 6 от «30» мая 2023 г.

Содержание:

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ
3. Тематика и содержание практических работ
4. Список используемой литературы.

1. Пояснительная записка

Целью проведения практических работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебному плану и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение практических работ составляет 6 часов.

2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по практической работе должен включать в себя:

1. Название практической работы.
2. Цель работы..

3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.

4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с расчетными данными.

5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую практическую работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

3. Тематика и содержание практических работ

Перечень практических работ

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Тема
1	Определение режима работы полупроводникового диода с использованием ВАХ.	2	1.2
2	Расчет h-параметров транзисторов по ВАХ	2	1.4
3	Расчет однофазного выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки.	2	2.3

Практическая работа №1

Тема работы: Определение режима работы диода с использованием ВАХ.

Цель работы: изучить метод расчета режима работы диода, выполнить графический анализ режима работы диода по ВАХ.

Оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Краткие теоретические сведения

Рабочий режим – это режим работы диода с нагрузкой. Если бы диод обладал линейным сопротивлением, то расчет тока в подобной схеме не представлял бы затруднений, т.к. общее сопротивление цепи равно сумме сопротивления диода постоянному току и сопротивления резистора R . Но диод обладает нелинейным сопротивлением, и значение сопротивления у него изменяется при изменении тока. Поэтому расчет тока делают графически, используя вольтамперную характеристику диода. Уравнение для R – это уравнение первой степени относительно I и U . Его графиком является прямая линия, называемая линией нагрузки.

U_e – напряжение источника питания. Запишем уравнение по 2-му закону Кирхгофа для контура указанного на рис.1

$$U_e = U_R + U_D \text{ или } U_e = I_D R + U_D$$

$$\text{Отсюда } I_D = (U_e - U_D)/R \quad (1)$$

Линия нагрузки строится по двум точкам на осях координат.

При $I = 0$, из (1) $U_e = U_D$, получим $(\cdot) C$.

Если $U = 0$, то $I = U_e / R_h$, получим $(\cdot) B$.

Через $(\cdot) C$ и $(\cdot) B$ проводим прямую, которая является линией нагрузки.

Пересечение линии нагрузки с ВАХ называется рабочей точкой A

Координаты точки A дают решение поставленной задачи. Все остальные точки прямой CB не соответствуют каким-либо рабочим режимам диода.

Задание:

1. Выполнить графическое построение ВАХ диода и линии нагрузки.

2. Определить:

1). Положение рабочей точки:

- ток, протекающий через диод I_D ;

- напряжение на диоде U_D ;

2). Напряжение на резисторе U_R ;

(Алгоритм выполнения показан в примере)

Данные варианта таблице 1.

№ варианта	Обозн. диода	Напряжение источника питания U_e , В	Сопротивление R , Ом	Температура T , $^{\circ}\text{C}$
1	Д206	1,5	20	25
2	Д223А	1,2	24	25
3	МД226	2,0	8,0	25
4	Д237	1,5	20	25
5	2Д101А	3,0	20	25
6	КД105Б	3,0	10	25
7	2Д106А	3,0	1,5	25
8	КД116А-1	2,0	80	25
9	2Д216А	3,6	0,4	25
10	КД116Б-1	3,0	30	25

Вольт-амперные характеристики диодов на листе 4

Пример:

В схеме, изображённой на рис.1, необходимо определить ток I_d , напряжение U_d и напряжение U_R .

Дано: диод Д229А, $U_e = 3\text{ В}$, $R = 10 \Omega$.

ВАХ диода изображена на рис.2

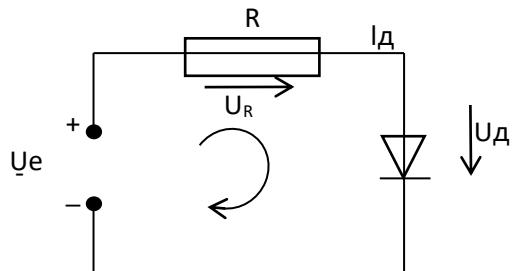


Рис. 1

Решение:

При $U_d=0$, $I_{dc} = U_e/R$, т.е. $I_{dc} = 0,3\text{ А} = 300\text{ мА}$ - координаты $(\cdot) \text{ С}$

Выполняем построение линии нагрузки (СВ), значение в $(\cdot) \text{ В}$ $-U_e = 3\text{ В}$

Линия нагрузки пересекается с характеристикой диода в $(\cdot) \text{ А}$.

Проекции $(\cdot) \text{ А}$ на оси координат: $I_d = 230 \text{ mA}$, $U_d = 0,7\text{ В}$

Легко заметить, что отрезок АВ - это напряжение U_R на резисторе R , т.е. $U_R = U_e - U_g = 2,3\text{ В}$

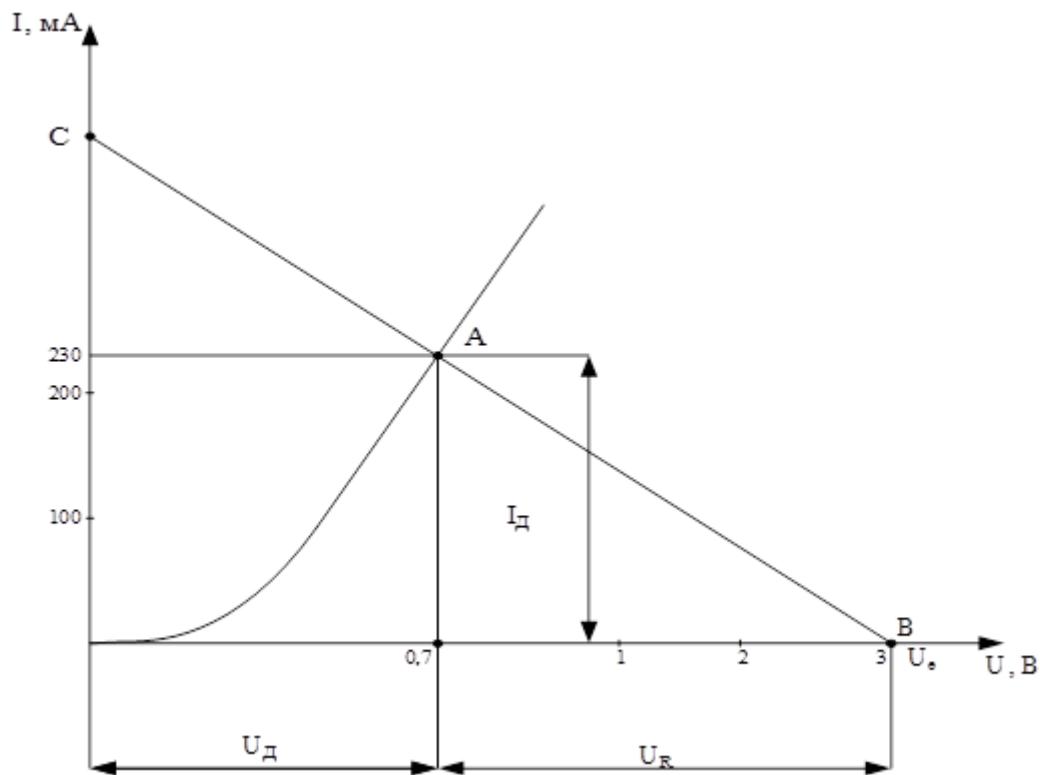


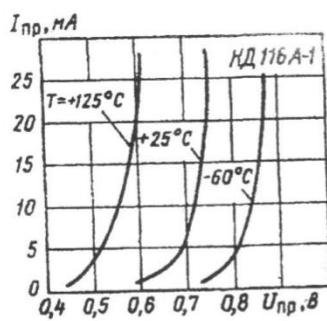
Рис.2

Контрольные вопросы

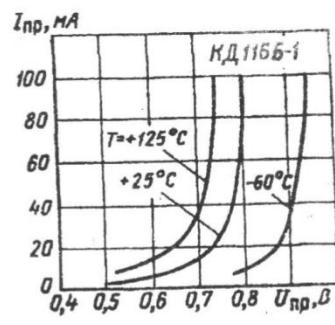
1. Что такое p-n переход, каким основным свойствам он обладает?
2. Дайте определение полупроводниковому диоду.
3. Какова структура полупроводникового диода?
4. В чем заключается основное свойство выпрямительного диода?
5. Что собой представляет вольт-амперная характеристика диода?
6. Перечислите основные параметры выпрямительного диода?
7. Как строится нагрузочная прямая при графическом расчёте схемы?

Содержание отчета

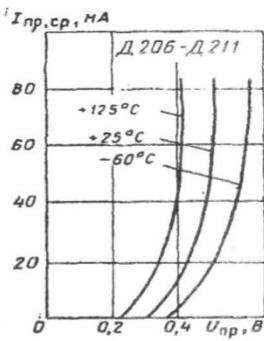
1. Тема, цель работы.
2. Задание по варианту, схема.
3. ВАХ с линией нагрузки, расчеты.
4. Контрольные вопросы и ответы.



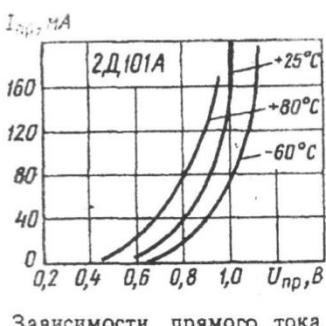
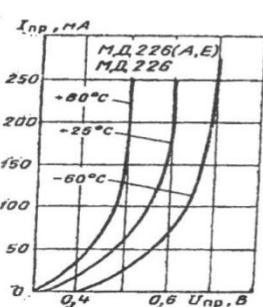
Зависимости прямого тока от напряжения



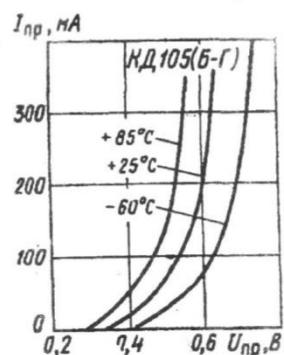
Зависимости прямого тока от напряжения



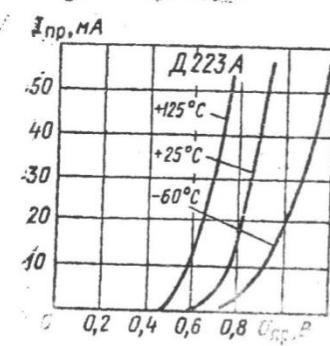
Зависимости прямого тока от напряжения



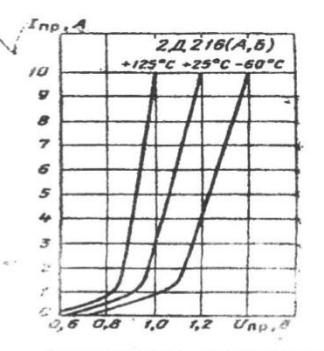
Зависимости прямого тока от напряжения



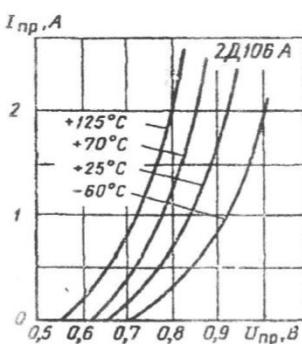
Зависимости прямого тока от напряжения



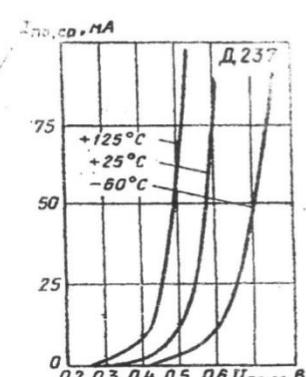
Зависимости прямого тока от напряжения



Зависимости прямого тока от напряжения



Зависимости прямого тока от напряжения



Зависимости прямого тока от напряжения

Практическая работа № 2

Тема работы: Расчет h-параметров транзисторов по ВАХ.

Цель работы: Изучить метод расчёта h-параметров биполярного транзистора в схеме ОЭ по входным и выходным характеристикам.

Оснащение: Методические указания.

Краткие теоретические сведения.

Свойства транзисторов характеризуются их параметрами, с помощью которых можно сравнить качество транзисторов, решать задачи, связанные с применением транзисторов в различных схемах, и рассчитывать эти схемы. h-параметры транзистора определяют, рассматривая транзистор как четырёхполюсник, т.е. прибор имеющий два входных и выходных зажима. Они связывают входные и выходные токи и напряжения, справедливы только для нормального режима работы транзистора и могут быть определены экспериментально или по входным и выходным характеристикам. h-параметры транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером:

-*входное сопротивление транзистора* (между базой и эмиттером, при коротком замыкании на выходе)

$$h_{11} = \Delta U_{B\bar{E}} / \Delta I_B (\text{Ом}) \text{ при } U_{K\bar{E}} = \text{const}$$

-*коэффициент обратной связи по напряжению* (в режиме холостого хода со стороны входа)

$$h_{12} = \Delta U_{B\bar{E}} / \Delta U_{K\bar{E}} (\text{Ом}) \text{ при } I_B = \text{const}$$

-*коэффициент усиления по току* (при коротком замыкании на выходе)

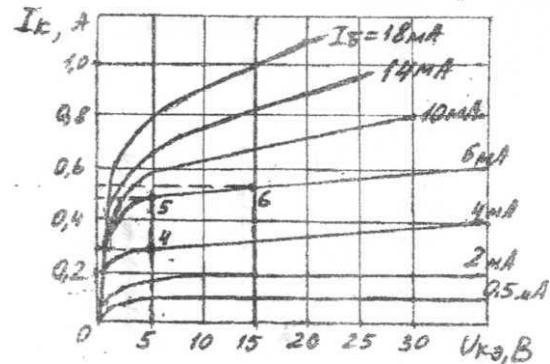
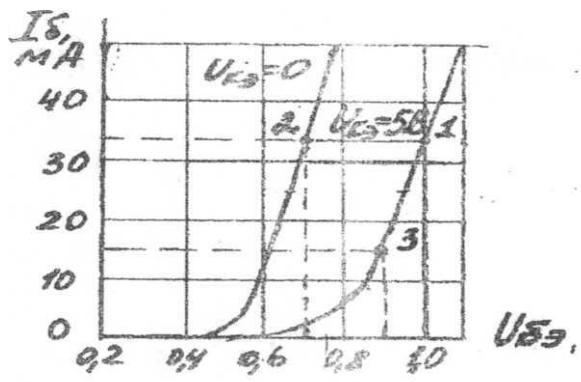
$$h_{21} = \Delta I_K / \Delta I_B \text{ при } U_{K\bar{E}} = \text{const};$$

- *выходная проводимость* (определяется в режиме холостого хода со стороны входа)

$$h_{22} = \Delta I_K / \Delta U_{K\bar{E}} (\text{A/B или См}) \text{ при } I_B = \text{const}$$

Все параметры рассчитываются на линейных (или близких к линейным) участках входных и выходных характеристик транзистора.

Пример: Определить h-параметры транзистора **КТ639** в схеме ОЭ, используя ВАХ, если: $U_{6\bar{E}}=1\text{В}$; $U_{K\bar{E}}=5\text{В}$; $I_B=6\text{mA}$; $I_K=100\text{mA}$



1. Для определения h_1 на входной характеристике $U_{KЭ}=5\text{В}$ отметим точку 1 с координатой $U_{BЭ}=1\text{ В}$. Проведём линию, перпендикулярную оси I_B , получим точку 2.

$$h_{11}=(U_{BЭ1}-U_{BЭ2})/(I_{B1}-I_{B2})=(1-0,7)/(0,033-0,015)=5,56\text{Ом при } U_{KЭ}=5\text{В}$$

2. Для определения h_{11} отметим точку 3 на прямолинейном участке входной ВАХ, опустив перпендикуляры на оси I_B и $U_{BЭ}$, получим значение этих величин.

$$h_{11}=(U_{BЭ1}-U_{BЭ3})/(I_{B1}-I_{B3})=(1-0,9)/(0,033-0,015)=5,56\text{Ом при } U_{KЭ}=5\text{В}$$

3. Для определения h_{21} проведём на выходных ВАХ через координату $U_{KЭ}=5\text{В}$ линию, перпендикулярную оси напряжения, получим точки 4 и 5.

$$h_{21}=(I_{K5}-I_{K4})/(I_{B5}-I_{B4})=(470-270)/(6-4)=100\text{при } U_{KЭ}=5\text{В}$$

4. Для определения h_{22} на прямолинейном участке ВАХ выберем точку 6.

$$h_{22}=(I_{K6}-I_{K5})/(U_{KЭ6}-U_{KЭ5})=(0,53-0,47)/(15-5)=0,006\text{A/V или См при } I_B=6\text{mA}$$

Контрольные вопросы

Задание:

Определить h -параметры транзистора по вольтамперным характеристикам. Данные по вариантам выбрать из таблицы.

Вольтамперные характеристики транзисторов на

№ варианта	Серия и группа транзисторов	$U_{BЭ}, \text{В}$	$U_{KЭ}, \text{В}$	I_B, mA	I_K, mA
1	КТ3107А	1	5	1	120
2	КТ3107Б	1	5	0,4	90
3	КТ3102Д	0,7	5	0,04	15
4	КТ3102Г	0,7	5	0,001	10
5	КТ835А	0,9	5	10	50

1. Какую зависимость выражает входная характеристика транзистора по схеме с ОЭ?
2. Какую зависимость выражает выходная характеристика транзистора по схеме с ОЭ?
3. Какие режимы работы транзистора используются для определения h-параметров?

Содержание отчета

1. Тема, цель работы.
2. ВАХ транзисторов, расчеты.
3. Контрольные вопросы и ответы.

KT3107A KT3107B

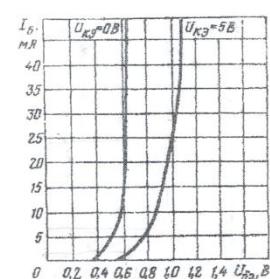
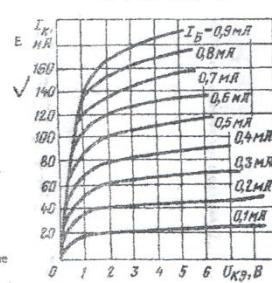
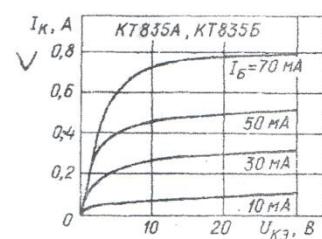
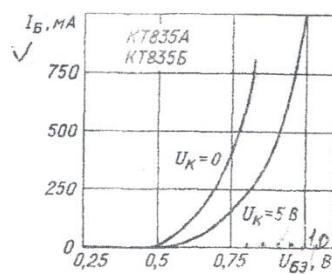
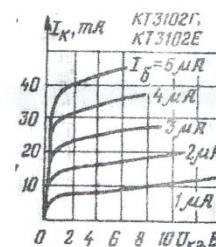
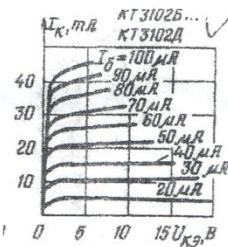
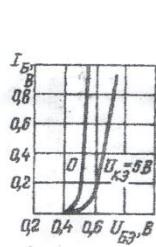
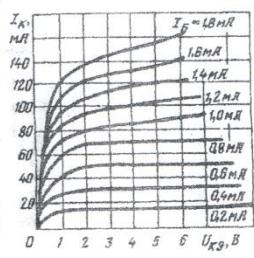


Рис. 2. Типовые входные характеристики в схеме с общим эмиттером

KT3107B



KT3107A



Практическая работа №3

Тема работы: Расчет однофазного выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки.

Цель работы: Совершенствовать навыки в расчете однофазного мостового выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки.

Оборудование и оснащение: методические указания по выполнению практических работ.

Задание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. На основании исходных данных для своего варианта рассчитать выпрямитель и построить векторные диаграммы
3. Составить отчет по работе.

Краткие теоретические сведения.

Однофазная мостовая схема состоит из трансформатора с двумя обмотками и четырех диодов $VD1 - VD4$, соединенных по схеме моста (рисунок 1). К одной диагонали моста присоединяется вторичная обмотка, а в другую включается нагрузка R_H .

Вентили в этой схеме работают парами поочередно. В положительный полупериод напряжения u_2 проводят ток вентили $VD1$ и $VD3$, а к вентилям $VD2$ и $VD4$ прикладывается обратное напряжение, и они закрыты. В отрицательный полупериод напряжения u_2 будут проводить ток вентили $VD2$ и $VD4$, а вентили $VD1$ и $VD3$ закрыты и выдерживают обратное напряжение $U_{обр} = U_2$. Далее указанные процессы периодически повторяются.

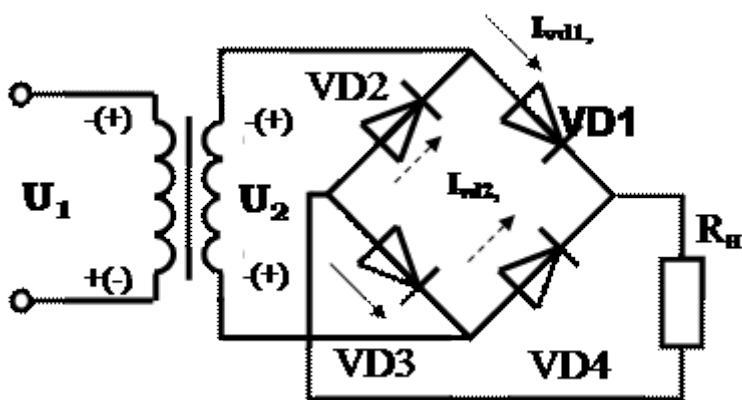


Рис. 1

Ток I_d в нагрузке проходит все время в одном направлении. Ток I_2 во вторичной обмотке трансформатора меняет свое направление каждые полпериода и будет синусоидальным. Постоянной составляющей тока во вторичной обмотке нет. Следовательно, не будет подмагничивания сердечника трансформатора постоянным магнитным потоком. Ток i_1 в первичной обмотке трансформатора также синусоидальный.

Для однофазной мостовой схемы справедливы следующие соотношения между напряжениями, токами и мощностями в отдельных элементах выпрямителя.

Среднее значение выпрямленного напряжения

$U_d = 0,9U_2$, где U_2 - действующее значение напряжения на вторичной обмотке. $U_2 = 1,11 U_d$

Среднее значение выпрямленного тока в нагрузке $I_d = U_d/R_H$

Среднее значение тока через каждый вентиль в 2 раза меньше тока I_d , проходящего через нагрузку, т.е. $I_{v,cr} = 0,5I_d$

Обратное напряжение, приложенное к закрытым вентилям, определяется напряжением U_2 вторичной обмотки трансформатора, так как не работающие в данный полупериод вентили оказываются присоединенными ко вторичной обмотке трансформатора через два других работающих вентиля, падением напряжения в которых можно пренебречь. Следовательно,

$$U_{obr,max} = \sqrt{2}U_2 = 1,57U_d$$

Токи во вторичной и первичной обмотках трансформатора определяются по формулам $I_2 = U_2/R_H$ $I_1 = I_2/k$

Ток в нагрузке протекает в течение обоих полупериодов переменного напряжения, как и ток во вторичной обмотке трансформатора имеющий форму синусоиды. Действующее значение тока вторичной обмотки трансформатора

$$I_2 = \pi/2\sqrt{2}I_d$$

Типовая мощность трансформатора $S_T = 1,23P_d$

Качество выпрямленного напряжения количественно оценивается величиной коэффициента пульсаций, для двухполупериодного $K_p \approx 0,67$. Чем меньше K_p , тем выше качество выпрямленного напряжения.

Достоинства мостовой схемы:

- 1) Амплитуда обратного напряжения на вентилях в 2 раза меньше, чем в нулевой схеме.

- 2) Вдвое меньше напряжение (число витков) вторичной обмотки трансформатора при одинаковых значениях напряжения U_d
- 3) Трансформатор имеет обычное исполнение, так как нет вывода средней точки на вторичной обмотке.

Пример

Задание: Рассчитать однофазный мостовой выпрямитель, работающий на активную нагрузку по следующим исходным данным и нарисовать временные диаграммы основных токов и напряжений.

Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора $U_2 = 200\text{В}$. Сопротивление нагрузки $R_d = 10 \Omega$. Потери в выпрямителе отсутствуют. Напряжение первичной обмотки трансформатора $U_1 = 220\text{В}$, 50Гц

Рассчитать выпрямитель - это значит найти все перечисленные величины, которые обозначают соответственно:

U_d и I_d - среднее значение выпрямленного напряжения и тока;

P_d - мощность выпрямленного тока; K_t - коэффициент трансформации;

I_2 - действующее значение тока вторичной обмотки;

P_1 , P_2 , P_{tp} - габаритная (типовая) мощность соответственно первичной, вторичной обмоток и трансформатора в целом;

I_{vcp} , I_v , I_{bm} - ток вентиля (диода) - соответственно среднее значение, действующее значение и максимальное.

U_{obr} - обратное максимальное напряжение, прикладываемое к вентилю.

Решение:

1. Выпрямленное напряжение из соотношения $U_2/U_d = 1,11$

$$U_d = U_2/1,11 = 200/1,11 = 180 \text{ В}$$

2. Выпрямленный ток (среднее значение)

$$I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{180}{10} = 18 \text{ А.}$$

3. Мощность выпрямленного тока

$$P_d = U_d \cdot I_d = 180 \cdot 18 = 3240 \text{ Вт.}$$

4. Коэффициент трансформации

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{200} = 1,1$$

5. Действующее значение тока вторичной обмотки трансформатора найдем из табличного соотношения (таблица 2)

$$\frac{I_2}{I_d} = 1,11 \\ I_2 = 1,11 I_d = 1,11 \cdot 18 = 20 \text{ A.}$$

6. Действующее значение тока первичной обмотки трансформатора из таблицы

$$\frac{I_1 \cdot k_T}{I_d} = 1,11 \\ I_1 = \frac{1,11 \cdot I_d}{k_T} = \frac{1,11 \cdot 18}{1,1} = 18,2 \text{ A.}$$

7. Габаритные мощности первичной и вторичной обмоток трансформатора для мостовой схемы

$$\frac{P_1}{P_d} = \frac{P_2}{P_d} = \frac{P_{tp}}{P_d} = 1,23$$

$$P_1 = P_2 = P_{tp} = 1,23 \cdot P_d = 1,23 \cdot 3240 = 3986 \text{ ВА.}$$

Рассчитанных данных достаточно, чтобы выбрать подходящий трансформатор по каталогу или составить техническое задание на его проектирование.

8. Для выбора диодов выпрямителя рассчитаем максимальное обратное напряжение, которое прикладывается к выключенному диоду

$$\frac{U_{обр.m}}{U_d} = 1,57 \\ U_{обр.m} = 1,57 \cdot 180 = 283 \text{ В.}$$

Допустимое обратное напряжение, которое должен выдержать диод, выбирается с некоторым запасом:

$$U_{обр.зап} = \frac{U_{обр.m}}{k_{зп}},$$

где $k_{зп} = 0,5 \div 0,9$ - некоторый коэффициент запаса по напряжению, причем меньшее значение берется для более надежного преобразователя.

9. Среднее значение тока диода:

$$\frac{I_{Bop}}{I_d} = 0,5 \quad I_{Bop} = I_d \cdot 0,5 = 18 \cdot 0,5 = 9 \text{ A.}$$

10. Действующее значение тока вентиля (диода):

$$\frac{I_B}{I_d} = 0,785 \quad I_B = 0,785 \cdot I_d = 0,785 \cdot 18 = 14,1 \text{ A.}$$

11. Максимальное значение тока вентиля:

$$\frac{I_{Bm}}{I_d} = 1,57 \quad I_{Bm} = 1,57 \cdot I_d = 1,57 \cdot 18 = 28,3 \text{ A.}$$

Временные диаграммы основных токов и напряжений, к которым относятся U_1 , U_2 , U_d , I_d , i_1 , i_B , U_B , представлены на рис. 2.

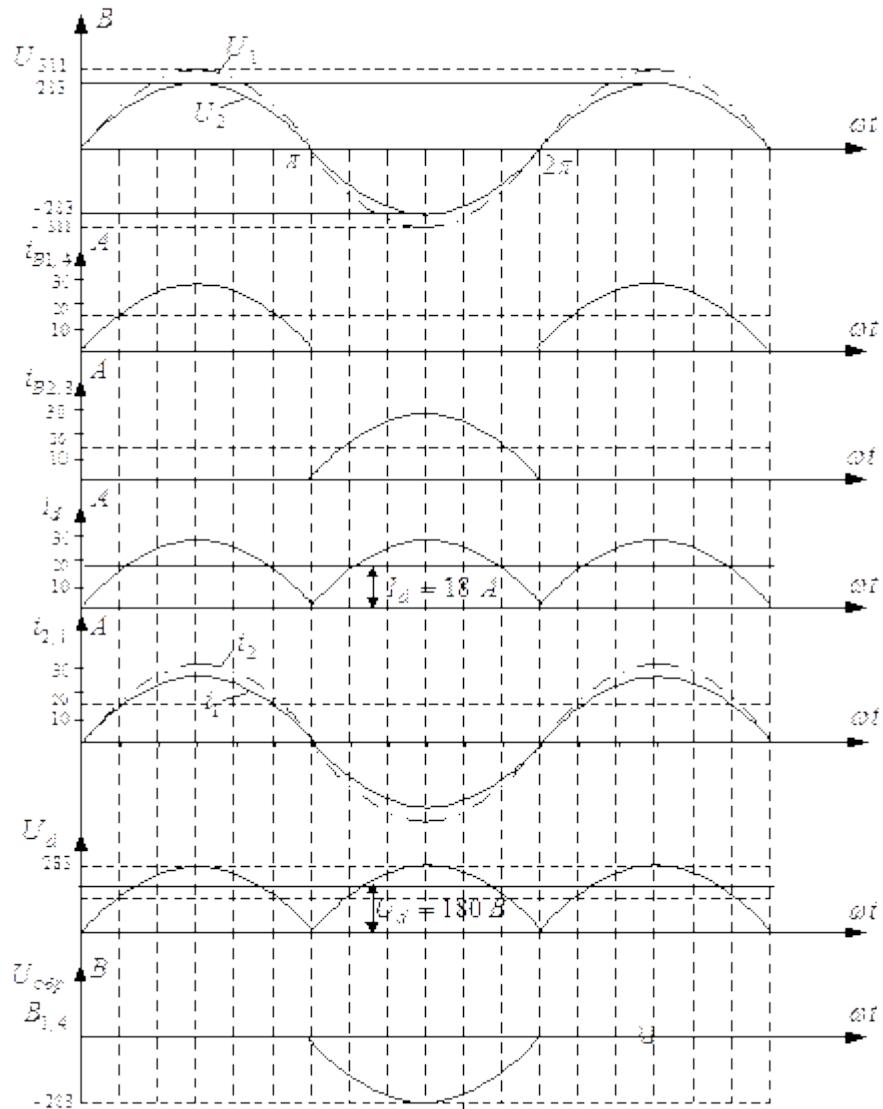


Рис. 2

Задание и порядок выполнения работы

1. Записать задание: Рассчитать однофазный мостовой выпрямитель, работающий на активную нагрузку.

Определить следующие параметры: P_d , U_2 , I_2 , I_1 , k_T , P_1 , P_2 , P_{tr} , U_{obrp} , U_{obrdop} , I_{Bcp} , I_B , I_{Bm}

2. Изобразить схему рис.1. Записать исходные данные по варианту—таблица 1

4. Расчеты и временные диаграммы выполнить согласно примеру.

Таблица 1

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_d, В$	5	9	15	27	18	12	27	42	24	27
I_d, A	0,71	0,52	0,56	0,6	0,52	0,67	0,56	0,64	0,54	0,6
$U_1, В$	127	110	127	220	220	127	110	110	127	220

Таблица 2.

Основные характеристики схем выпрямителей при работе на резистивную нагрузку

Характеристика	Тип выпрямителя			
	Однофазный со средней точкой	Однофазный мостовой	Трехфазный с нулевой точкой	Трехфазный мостовой
Действующее напряжение вторичной обмотки (фазное) U_2	$2 \times 1,11 U_n$	$1,11 U_n$	$0,855 U_n$	$0,43 U_n$
Действующий ток вторичной обмотки I_2	$0,785 I_n$	$1,11 I_n$	$0,58 I_n$	$0,82 I_n$
Действующий ток первичной обмотки I_1	$1,11 I_n/n$	$1,11 I_n/n$	$0,48 I_n/n$	$0,82 I_n/n$
Расчетная мощность трансформатора P_{tr}	$1,48 P_n$	$1,23 P_n$	$1,35 P_n$	$1,045 P_n$
Обратное напряжение на диоде U_{obrp}	$3,14 U_n$	$1,57 U_n$	$2,1 U_n$	$1,05 U_n$
Среднее значение тока диода $I_{d,ср}$	$0,5 I_n$	$0,5 I_n$	$0,33 I_n$	$0,33 I_n$
Действующее значение тока диода I_d	$0,785 I_n$	$0,785 I_n$	$0,587 I_n$	$0,58 I_n$
Амплитудное значение тока диода I_{dm}	$1,57 I_n$	$1,57 I_n$	$1,21 I_n$	$1,05 I_n$
Частота основной гармоники пульсации	$2f_c$	$2f_c$	$3f_c$	$6f_c$
Коэффициент пульсаций выходного напряжения K_n	0,67	0,67	0,25	0,057

Контрольные вопросы:

1. Каким параметром оценивается качество выпрямителя?

2. Какие достоинства имеет мостовой выпрямитель?

3. По каким параметрам выбирается диод для выпрямителя?

Содержание отчета

1. Тема работы, цель, задание.
2. Схема, расчеты, временные диаграммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Список используемой литературы

1. Берикашвили, В.Ш. Основы электроники. Учебное пособие для СПУ. Академия, 2020.
2. Немцов, М.В., Немцова, М.А. Электротехника и электроника. Учебник для СПО. Академия, 2029.
3. Конспекты лекций.