**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

По учебным планам студенты должны выполнить по курсу "Основы электроники" одну контрольную работу, которая должна быть выполнена в сроки, установленные учебным графиком, и сдана в учебную часть для рецензирования до начала экзаменационной сессии.

Задачи для контрольной работы приведены ниже. Данные для решения каждой задачи приведены в двух таблицах. Номер варианта определяется двумя последними цифрами учебного шифра студента: по предпоследней цифре шифра выбирается для данной задачи строка в таблице, имеющей нечетный номер, по последней цифре шифра для этой задачи выбирается строка в таблице, имеющей четный номер.

Перечень теоретических вопросов приведен в приложении 1. Номер варианта определяется по последней цифре учебного шифра студента.

**ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

**Вариант 04**

**Задача № 2**

**Расчет трехфазного выпрямителя**

Трехфазный выпрямитель с полупроводниковыми диодами, включенными по простой трехфазной схеме с нейтральным выводом, питает энергией постоянного тока потребитель, имеющий сопротивление Rн.

Известны постоянная составляющая (среднее значение) напряжения на нагрузке Uно, постоянная составляющая тока в сопротивлении нагрузки Iно и линейное напряжение питающей трехфазной сети Uс. Частота f=50 Гц. Параметры диодов приведены в приложении 1.

Необходимо:

1. Вычертить принципиальную схему выпрямителя и показать на ней заданные и расчетные токи и напряжения.
2. Выбрать тип диода.
3. Определить расчетную мощность трансформатора и его коэффициент трансформации.
4. Построить графики зависимости от времени:

- фазных напряжений вторичной обмотки трансформатора Ua(t), Ub(t) и Uc(t);

- напряжения на нагрузке Uн(t);

- тока, протекающего через диод iд(t);

- обратного напряжения Uобр(t) на диоде, включенном в фазу вторичной обмотки трансформатора, указанную для вашего варианта в таблице 2.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Н**омер строки** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| **Uс, В** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 380 |
| **I**н**о, А** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 80 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Н**омер строки** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Uно, В |  |  |  | 48 |  |  |  |  |  |  |
| Фаза вторичной обмотки |  |  |  | А |  |  |  |  |  |  |

**Методические указа**н**ия к задаче № 2**

Для питания относительно мощных потребителей постоянного тока, таких как гальванические установки, зарядные устройства аккумуляторов и т.п., используют трехфазные схемы выпрямления переменного тока. Одной из таких схем является показанная на рис.2 однополупериодная схема трехфазного выпрямителя с нейтральным выводом трансформатора. В такой схеме выводы фаз вторичной обмотки трансформатора соединяются звездой, а первичной - могут быть соединены или звездой, как показано на рисунке, или треугольником.

## IД1

## UН

## -

## o

## RН

## n

## A

## B

## C

## UAB

## VD1

## Ua

## Ub

## Uc

## k

## VD2

## IД2

## IД3

## p

## m

## VD3

## +

Рис.2. Принципиальная схема трехфазного однополупериодного выпрямителя с выводом нейтральной точки.

На рисунке обозначены: **UAB-**векторлинейного напряжение в первичной обмотке трансформатора**; Ua, Ub, Uc-** векторыфазных напряжений на вторичной обмотки трансформатора; VD1, VD2, VD3 -полупроводниковые диоды; I Д1, I Д2, I Д3 -векторы токов, протекающих через диоды; Rн-сопротивление нагрузки; Uн-вектор выпрямленного напряжения на нагрузке.

На рис.3 приведены временные диаграммы трехфазных напряжений **Ua,Ub, Uc** на вторичной обмотке трансформатора; временная диаграмма выпрямленного напряжения **Uн** (вторя строка); также временная диаграмма токов id2, протекающих через диод VD2. На этом же рисунке (строка 4) приведена диаграмма изменения обратного напряжения на диоде VD1. Диаграммы построены для случая одинаковых чисто активных нагрузок в фазах.

На 1, 3,и 4 строках рисунка по оси абсцисс откладывается время t. На оси времени в первой строке рисунка нанесены точки,**: t**0=T/12,**t**1 =5Т/12,**t**2=9Т/12и**t**3 =13Т/12, в которых равны между собой положительные значения напряжений **U2a,U2b, U2c.** Здесь буквой Т обозначен период колебания напряжения в сети, равный 0,02 с, при частоте колебаний напряжении сети - 50 Гц.

Во второй строки рисунка по оси абсцисс откладывается не время, а значение текущей фазы колебаний (ωt), измеряемой в градусах. При этом полному периоду колебаний напряжения (Т) соответствует значение ωt = 360◦, половине периода - ωt=180◦; четверти периода –ωt=90◦ и т.д.

Из рассмотрения временных диаграмм видно, что полупроводниковые диоды VD1, VD2, VD3 открываются поочередно в те интервалы времени, когда соответствующее фазное напряжение на вторичной обмотке трансформатора больше, чем напряжения в других фазах. Например, диод VD1открывается в интервале времени t0 до t1.В это время диоды VD2иVD3оказываются закрытыми, так как напряжение на их катодах, равно напряжению на нагрузке выпрямителя (Uа- UД1 ), (где UД1-падение напряжения на диоде VD1 ) и оказывается все это время больше чем напряжения на их анодах. При этом через сопротивление нагрузки протекает только ток iд1(t).На интервале времени от t1 до t2 открывается диод VD2, через который протекает токiд2(t),показанный в третей строчке рис.6. На интервале времени от t2 до t3 открывается диод VD3 и т.д. Таким образом, токи диодов последовательно протекают через сопротивление нагрузки Rн. Зависимость выпрямленного тока от времени iн(t) будет иметь такую же форму как зависимость Uн(t), т.к.

.

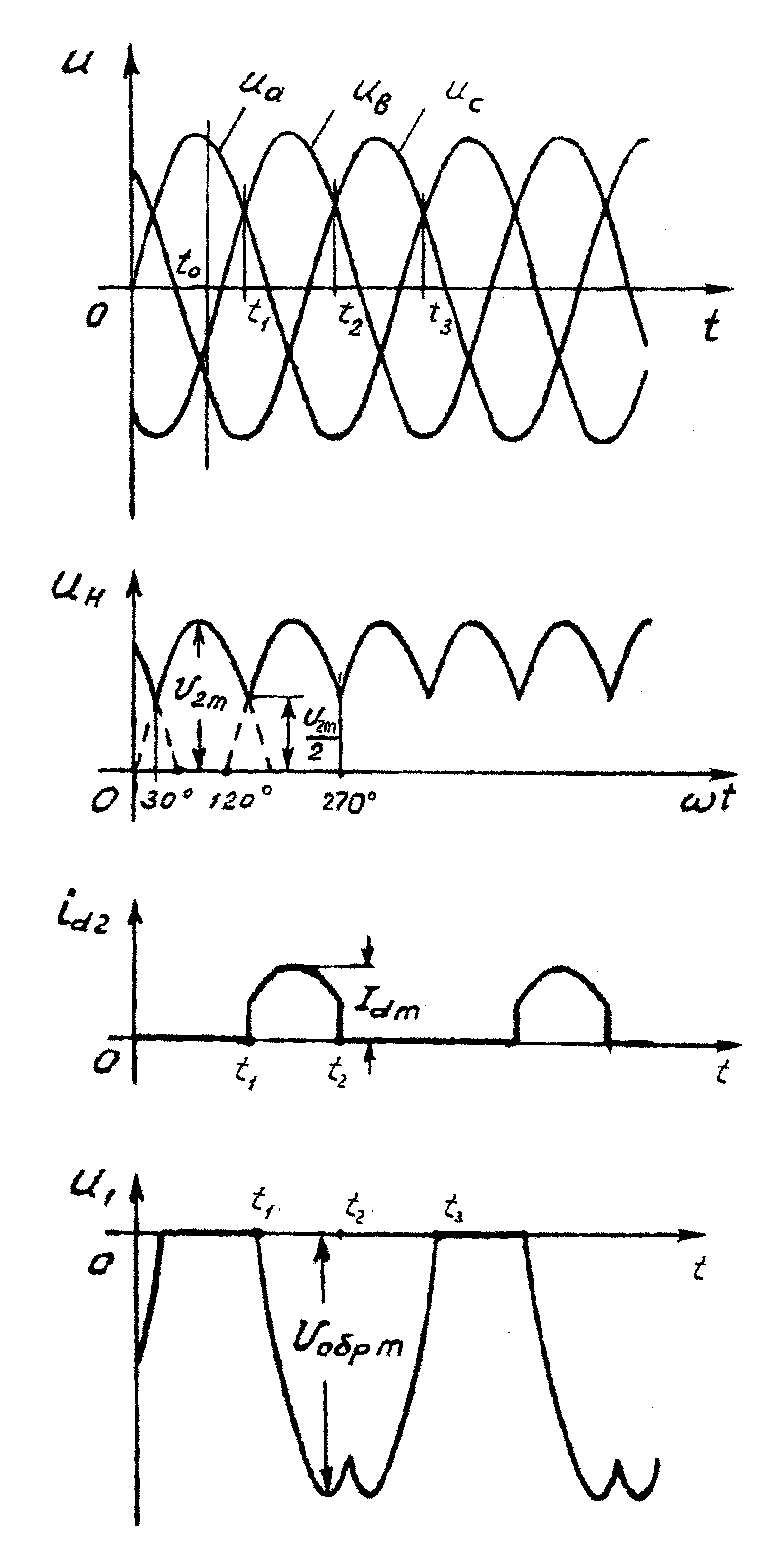


Рис. 3.Временные диаграммы, иллюстрирующие изменения напряжений и токов выпрямителя.

Из диаграммы видно, что напряжение на выходе выпрямителя оказыва­ется не постоянным, а пульсирующим. Глубину пульсаций можно определить из следующих соображений. Известно, что напряжения в фазах сдвинуты между собой на 1200.Соответственно, точки пересечения кривых фазных напряжений соответствуют углам 300  , 1500 , 2700. Но sin300 =1/2, следовательно, пульсации выпрямленного напряжения, равны, примерно, половине максимального значения напряжения на нагрузке,.

Обратное напряжение U1обр на диоде VD1 в интервале времени t1 – t2 может быть определено по второму закону Кирхгофа для контура o-k-n-p-o с учетом того, что падение напряжения на открытом диоде VD2 в рассматриваемом уравнении можно приближенно считать равным нулю из вектроного уравнениия:

**U1обр= Ub -Ua= Uab ,**

т.е. обратное напряжение равно линейному напряжению Uab вторичной обмотки трансформатора. На интервале времени t2 – t3 обратное напряжение **U1обр** найдем, рассмотрев контур o-k-n-m-o

**U1обр= Ua -Uc= Uaс ,**

т.е. и в этом случае обратное напряжение равно линейному напряжению Uaс вторичной обмотке трансформатора. Соответственно максимальное значение обратного напряжения на диоде VD1 - **U1обр.m.** равно максимальному значению линейного напряжения вторичной обмотки трансформатора. На рис. 3 (строка 4) показана зависимость от времени напряжения на диоде VD1, включенном в фазу А.

При выборе диодов для конкретных условий их работы исходят из двух требований:

* допустимый ток Iдоп (т.е. максимальный выпрямленный ток, проходящий через диод) должен быть больше или в крайнем случае равен наибольшему току диода idm, который протекает через него при работе схемы выпрямления:.

idm ≤ Iдоп

где idm - амплитуда тока, протекающего через диод;

* допустимое обратное напряжение **Uобр.max.**(максимальное обратное напряжение, которое выдерживает полупроводниковый диод без пробоя в непроводящий период) должен быть больше или в крайнем случае равен максимальному значению обратного напряжения, которое получается на диоде при работе схемы выпрямления.
* **Uобр.m.** ≤ **Uобр.max.**

По условию задачи задана постоянная составляющая (среднее значение) напряжения на нагрузке Uно. Эта величина связана с амплитудным значением фазного напряжения вторичной обмотки трансформатора U2m соотношением:



Поэтому максимальное значение обратного напряжения на диоде



Максимальное значение выпрямленного тока, проходящего через диод



По найденным значениям idm и Uобр m из справочной литературы выбирается тип диода. В контрольной работе нужно указать электрические параметры выбранного диода.

Коэффициент трансформации трансформатора - это отношение линейных (или фазных) напряжений первичной и вторичной обмоток



В трехфазных сетях под напряжением питающей сети понимается линейное напряжение, оно в  раз больше фазного



Действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора в  раз меньше амплитудного



Поэтому коэффициент трансформации



Трансформатор, используемый в выпрямительной установке, характеризуют расчетной мощностью.

Нельзя путать ток в нагрузке с током во вторичной обмотки трансформатора и с током диода. Ток в нагрузке протекает непрерывно, а во вторичной обмотке трансформатора только в течение 1/3 части периода, а в остальную часть периода он равен нулю. Действующее значение тока фазы вторичной обмотки трансформатора I = 0,587 Iн , но ток в фазе первичной обмотки трансформатора не будет отличаться от него на коэффициент трансформации. Дело в том, что ток вторичной обмотки содержит постоянную составляющую, а по закону электромагнитной индукции трансформироваться может только переменная составляющая тока.

Условия работы сердечника трансформатора, питающего выпрямитель, достаточно сложные. В результате подмагничивания сердечника постоянной составляющей тока колебания магнитного потока практически всегда выходят на насыщенную часть кривой намагничивания. Это вызывает появление пиков в кривой намагничивающего тока, и, следовательно, в кривой первичного тока. За счет увеличения мощности потерь сердечник будет перегреваться. Для уменьшения потерь приходится увеличивать сечение сердечника, что эквивалентно увеличению мощности трансформатора.

Для схемы выпрямления, показанной на рис.2, расчетная мощность трансформатора, равна:



Это значит, что трансформатор мог бы в условиях нагрузки синусоидальным током преобразовывать на 37 % большую мощность по сравнению с выпрямленной мощностью на выходе выпрямителя.

В других схемах выпрямления это недоиспользование мощности трансформатора доходит до 300 - 400 %.

**Задача № 4**

**Расчет электронного усилителя**

В соответствии с заданием необходимо рассчитать каскад дифференциального усилителя постоянного тока на транзисторах. Исходными данными типового усилительного каскада на биполярном транзисторе будут являться: напряжение источника питания En, амплитудное значение выходного напряжения усилителя Uвых.м, сопротивление нагрузки Rн, амплитудное значение входного напряжения дифференциального усилителя Uвх.м, температура окружающей среды Токр.

Необходимо:

1. Выбрать тип транзистора.
2. Определить режим работы транзистора.
3. Определить сопротивление коллекторной нагрузки и сопротивление в цепи эмиттера.
4. Определить сопротивления в цепи коллектора.
5. Определить коэффициент усиления каскада по напряжению.
6. По приведенной схеме пояснить значения элементов.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Н**омер строки** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| **En, В** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 7 |
| **Uвых.м, В** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3,5 |
| **Rн, Ом** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 800 |

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Н**омер строки** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Uвх.м, мВ |  |  |  | 95 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 20 |  |  |  |  |  |  |

**Методические указа**н**ия к задаче № 4**

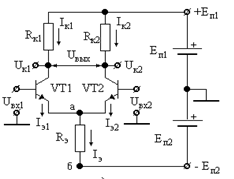


Рис. 5. Типовой усилительный каскад на биполярном транзисторе

Исходные данные типового усилительного каскада на биполярном транзисторе:

- напряжение источника питания 



- амплитудное значение выходного напряжения усилителя. 



- сопротивление нагрузки 



- амплитудное значение входного напряжения дифференциального усилителя 



- температура окружающей среды. 



1. Выбор типа транзистора.

По заданному напряжению источника питания  из справочной литературы выбирается транзистор с максимально допустимыми напряжением и током коллектора и возможно малым обратным коллекторным током .







 [В]





 [А]

Для каскадов усилителей постоянного тока применяют маломощные транзисторы p-n-p или n-p-n проводимостей, типа: КТ315, КТ316, КТ342, КТ203, КТ208, КТ3102, КТ3107.

Из справочной литературы для n-p-n транзистора КТ315Г:

Iк.макс.доп=0,1 А - допустимый ток коллектора

Uкэ макс.доп=35 В - допустимое напряжение коллектор-эмиттер

Pк.макс=0,15 Вт - наибольшая рассеиваемая мощность на транзисторе

Uкэ.нас=(0,3÷0,4) В - коллекторное напряжение в режиме насыщения транзистора



Рис. 6. Входные и выходные характеристики транзистора КТ315Г

1. Определение режима работы транзистора.

На выходных характеристиках транзистора определяют и отмечают режим покоя, который характеризуется током покоя и напряжением покоя при  . Этот режим выбирают исходя из заданного значения амплитуды выходного напряжения и связанной с ней амплитудой тока .



Координаты точки покоя должны удовлетворять условиям:

 и 



 и 



[B] и [B]

1. Определение сопротивления коллекторной нагрузки и сопротивление в цепи эмиттера.

1. Определение сопротивления в цепи коллектора  и 





1. Определение коэффициента усиления каскада по напряжению 



Где - эквивалентное сопротивление одного плеча дифференциального усилителя с симметричным выходом:





 - входное сопротивление усилителя, которое при симметричном входе определяют выражением







1. По приведенной схеме пояснить значения элементов.
2. .

### Рекомендованная литература

1. Б. С. Гершунский.Основы электроники и микроэлектроники . К. : Вища школа, 1987. — 422 с.
2. Д.В.Игумнов. Основы микроэлектроники. - М.: Высш. шк., 1991. - 254 с.
3. Руденко В.С. та ін. Промислова електроніка: Підручник.— К.: Либідь, 1993. — 432 с.
4. М.С.Будіщев. Електротехніка. Електроніка та мікропроцесорна техніка.- Львів: Афіша, 2001. — 424 с.
5. Р.М.Терещук Полупроводниковые приемно – усилительные устройства. Справочник. 1988
6. Дж. Кар. Проектирование и изготовление электронной аппаратуры Пер. с англ.— 2-е изд., стереотип., — М.: Мир, 1986.— 387 с.
7. И.П.Жеребцов. Основы электроники.- Л.: Энергоатомиздат. ,1989. —352 с.
8. А.М. Гуржій. Електротехніка з основами промислової електроніки. К., Форум,2002
9. М.В.Гальперин. Электронная техника. К.: Форум, , 2005 – 352с
10. С.П.Миклашевский. Промышленная электроника. М., «Высш. школа», 1973. 351 с.
11. А.Н.Чекваскін. Основи автоматики. М., «Энергия», 1977. 448 с.
12. Л.П. Поспелов. Рудничная автоматика и телемеханіка. М. Недра 1972г. 304с