Занятие № 71-72

Тема: Практическое занятие «Исследование работы выпрямителя».

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА АКТИВНУЮ НАГРУЗКУ

Цель работы: Снятие нагрузочной характеристики выпрямителя и определение коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения, исследование влияния параметров нагрузки на форму и параметры выпрямленного напряжения.

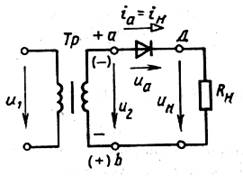
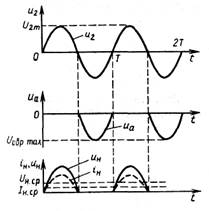
Указание мер безопасности: Правила техники безопасности выполнять в соответствии с данным техническим описанием и инструкцией действующей в лаборатории.

Оборудование: ЛСПЭ– 11, работа№6, ламповый вольтметр, лабораторный стенд 87Л-01, осциллограф.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Однофазные неуправляемые выпрямители. Для выпрямления переменного напряжения однофазных цепей широко применяют два типа однофазных выпрямителей: однополупериодный и двухполупериодный.

Схема однополупериодного выпрямителя с трансформатором приведена на рисунок 1, а. Диод *Д*включен последовательно с на­грузочным устройством (резистором) Rн и вторичной обмоткой трансформатора *Тр.*

а) б)

Рисунок 1 - Однополупери­одный выпрямитель,

а) схема выпрямителя, б) временные диаграммы токов и напряжений

Анализ работы выпрямителей проводят при допущении, что диод идеален. Это означает, что:

1) сопротивление диода в прямом направлении равно нулю;

2) обратное сопротивление диода бесконечно велико.

Работу выпрямителей удобно рассматривать с помощью временных диаграмм. На рисунок 1, б изображена временная диа­грамма однополупериодного выпрямителя. В течение первого полупериода напряжения U2, когда потенциал точки a положи­телен по отношению к потенциалу точки b, диод открыт и в на­грузочном резисторе появляется ток. Если считать, что сопро­тивление диода в прямом направлении равно нулю, то все напряжение будет приложено к нагрузочному резистору, т. е. UН = U2. Во второй полупериод полярность напряжения U2 на вторичной обмотке трансформатора изменяется на противопо­ложную, т. е. потенциал точки а становится отрицательным по отношению к потенциалу точки b. При такой полярности диод включен в обратном направлении. Если считать, что сопротив­ление закрытого диода равно бесконечности, то все напряжение U2 вторичной обмотки трансформатора будет приложено к за­крытому диоду, т. е. Ua = U2, и его максимальное значение

https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image008.gif .

Из временных диаграмм видно, что ток iк в нагрузочном резисторе и напряжение UН на нем имеют пульсирующий харак­тер и значительно отличаются от постоянных.

Эффективность работы любого выпрямителя определяется коэффициентом пульсаций

https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image010.gif ,

где UmП - амплитуда переменной составляющей напряжения, изменяющегося с частотой повторения импульсов выпрямленного тока,

U0 – величина пульсаций выпрямленного напряжения.

Широкое применение нашли двухполупериодные выпрямите­ли, в которых в отличие, от однополупериодных выпрямителей выпрямленное напряжение UН создается в оба полупериода на­пряжения сети.

Двухполупериодные выпрямители. Двухполупериодные схемы выпрямления бывают двух типов, схема с выведенной средней точкой вторичной обмотки силового трансформатора и мостовая схема.

Двухполупериодная схема с выводом средней точки (рисунок 2) состоит из трансформатора Тр, вторичная обмотка которого имеет дополнительный вывод от средней точки, двух диодов VД1 и VД2. Данная схема представляет собой сочетание двух однополупериодных схем, работающих на общую нагрузку. В этой схеме в течение первого полупериода (интервал 0-π) диод VД1 будет открыт, так как к аноду диода приложен положительный потенциал с верхней точки вторичной обмотки трансформатора, а катод через нагрузку подключен к среднему выводу вторичной обмотки, который имеет отрицательный потенциал.

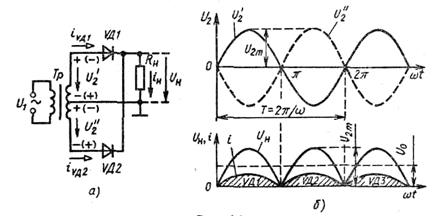


Рисунок 2 - Двухполупери­одный выпрямитель,

а) схема выпрямителя, б) временные диаграммы токов и напряжений.

Через нагрузку Rн будет проходить ток *i*VД1 первого диода (см. рисунок 2). На этом же отрезке времени к диоду VД2 будет приложено обратное напряжение (с другой половины вторичной обмотки трансформатора) и он окажется закрытым. В течение следующего полупериода (интервал π - 2π) прямое напряжение окажется приложенным ко второму дио­ду, а обратное—к первому диоду, поэтому откры­тым будет диод VД2 и по нагрузке проходит ток *i*VД2. Таким образом, ток в нагрузке в течение всего периода переменного напряжения протекает в одном и том же направлении. Этот ток вызывает на нагрузке пульсирующее напряжение Uн.

Постоянная составляющая напряжения на нагруз­ке Uо за период будет в 2 раза больше, чем при однополупериодном выпрямлении, и тогда :

https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image014.jpg (\*)

где U2—действующее значение напряжения на одной из полуобмоток трансформатора.

Максимальное обратное напряжение на диоде, например на VД1 (см. рисунок 2, а), определяется максимальным напряжением между концами вторич­ной обмотки, так как к аноду диода VД1 приложено напряжение верхнего конца вторичной обмотки, в данный момент отрицательное, а к катоду через диод VД2, который проводит ток, приложено положитель­ное напряжение нижнего конца вторичной обмотки. Используя (\*), получим

https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image016.jpg

Следовательно, в двухполупериодной схеме макси­мальное обратное напряжение на диоде более чем в 3 раза превышает выпрямленное напряжение.

Если в данной схеме ток через каждый диод проходит только в течение половины периода, то в это же время через нагрузку он идет в течение всего периода. Это означает, что среднее значение тока через диод в 2 раза меньше, чем среднее значение тока через нагрузку I0. Обозначив среднее значение тока через диод Iпрср, получим

Iпрср = 0,5 I0.

Действующее значение тока, проходящего через вторичную обмотку трансформатора, для двухполупериодиой схемы равно

I2 = 0,785 I0,

т. е. в 2 раза меньше, чем в однополупериодной схеме.

Из временных диаграмм (рисунок 2, 6) видно, что напряжение на нагрузке достигает максимума дважды за период напряжения сети. Поэтому частота основ­ной гармоники пульсирующего напряжения равна удвоенной частоте напряжения сети.

Для двухполупериодной схемы коэффициент пуль­саций k = 0,67.

Следовательно, рассмотренная схема дает более сглаженное выпрямленное напряжение, чем однополупериодная.

Сердечник трансформатора в схеме двухполупериодного выпрямления не подмагничивается, так как во время четных полупериодов постоянная составляю­щая тока, проходя по нижней части вторичной обмотки трансформатора, размагничивает сердечник трансформатора, который намагнитился во время нечетных полупериодов. Ток первичной обмотки синусоидален. Так как для получения выпрямленного напряжения необходим трансформатор с средним выводом вторичной обмотки и каждая из половин вторичной обмотки работает только полпериода, то вторичная обмотка в этой схеме выпрямления ис­пользуется не полностью и коэффициент использова­ния обмоток трансформатора ниже.

Для двухполупериодной схемы выпрямления с выводом от средней точки трансформатора S1 = =1.23 P0; S2 =1.74 P0; Sтр = 1.48 P0; kтр = 0,685.

Сравнивая двухполупериодную схему выпрямле­ния с однополупериодной, можно сделать следующие выводы: среднее значение тока диода уменьшается в 2 раза при одном и том же токе нагрузки; меньше коэффициент пульсаций (0,67), лучше используется трансформатор; обратное напряжение в обоих схемах одинаково. Однако есть и недостатки: необходимость вывода средней точки вторичной обмотки трансфор­матора, а также наличие двух диодов вместо одного.

Наибольшее распространение получил мостовой двухполупериодный выпрямитель (рисунок 3, а), в состав которо­го входят трансформатор *Тр,*диоды Д1—Д4, включенные по мостовой схеме, и нагрузочный резистор Rн.

В один из полупериодов напряжения сети Uc, когда вывод *а*вторичной обмотки трансформатора имеет положительный по­тенциал по отношению к выводу *b,*диоды *Д1, Дз* открыты, а диоды *Д2, Д4*закрыты. Ток в этот полупериод имеет направле­ние: вывод *а*вторичной обмотки трансформатора, диод Д1 на­грузочный резистор Rн*,*диод Д3 и вывод *b.*

В другой полупериод, когда вывод *а*имеет отрицательный потенциал по отношению к выводу *b,*диоды *Д1, Дз*закрыты, а диоды *Д2, Д4*открыты, ток имеет направление от вывода *b*через диод Д4, нагрузочный резистор Rн*,*диод Д2 к выводу *а*вторичной обмотки трансформатора. При этом в течение всего периода ток *IН*в нагрузочном резисторе Rн и напряжение Uн на нем имеют одно и то же направление (рисунок 3, *б*)*.* Кп≈0,67.

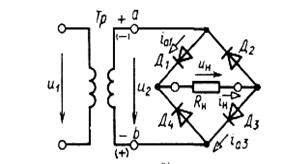
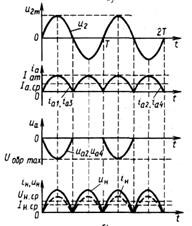
 

Рисунок 3 - Схема (а) и временные диаграммы токов и напряжений (б) мостового выпрямителя.

Выходное напряжение выпрямителя зависит от нагрузочного тока. График зависимости среднего значения выпрямленного напряжения от среднего значения нагрузочного тока называется *внешней характеристикой выпрямителя*.

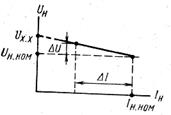


Рисунок 4 - Внешняя характеристика выпрямителя

Как следует из приведенной зависимости, выходное напряжение выпрямителя уменьшается с ростом нагрузочного тока. Это обусловле­но тем, что с ростом тока увеличивается падение напря­жения на активных сопро­тивлениях обмоток транс­форматора и последователь­но включенных элементах сглаживающего фильтра, а также возрастают внутренние падения напряжений на вентилях (диодах). Таким представляет собой выходное сопротивление выпрямите­ля, которое можно определить по его внешней характе­ристике по формуле:

https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image024.gif ,

где ΔUн — изменение выходного напряжения выпрями­теля, соответствующее изменению тока нагрузки на величину ΔIн.

Коэффициентом полезного действия η выпрямителя называют отношение мощности Р0 постоянного тока, по­требляемой нагрузкой, к мощности Р~ переменного тока, потребляемой выпрямителем от сети, т. е.

η = (P0 / P~) \* 100%

Основными показателями работы выпрямителей являются:

- среднее значение напряжения на нагрузочном устройстве (резисторе) - Uн.ср..

- среднее значение тока в нагрузочном устройстве Iн.ср;

- максимальное обратное напряжение на запертом диоде Uобр.max;

- максимальные выпрямленные ток Iн.mах и напряжение Uн.mах;

- коэффициентом пульсаций

- условия эксплуатации (диапазон изменения температуры окружающей среды, влажность, вибрации и т. д.);

- КПД выпрямителя;

- габариты и масса выпрямителя.

Условия работы выпрямительных устройств и предъявляемые к ним требования определяют выбор диодов.

Выбор диодов для выпрямительных устройств производят так, чтобы основные параметры соответствовали основным показателям работы выпря­мительного устройства.

Основные параметры диодов подразделяются на электрические и предель­ные эксплуатационные.

К электрическим параметрам относятся:

- средний ток при прямом включении диода Iпр.ср;

- среднее падение напряжения на диоде при прямом включении Uпр.ср(эти два параметра определяют коэффициент полезного действия выпрями­теля; чем меньше Uпр.ср при заданном Iпр.ср, тем выше КПД);

- средний обратный ток диода Iобр.ср.

- Предельными эксплуатационными параметрами, характеризующими пре­дельный электрический режим работы диода, являются:

- допустимое обратное напряжение Uобр.доп;

- допустимый (максимальный) прямой (выпрямленный) ток Iпр.доп.

Кроме указанных параметров часто нужно знать диапазон рабочих тем­ператур, относительную влажность, постоянные и ударные ускорения, виб­рационные ускорения в определенном диапазоне частот.

Сравнение двух типов выпрямителей при одинаковых значе­ниях U2 и Rнпозволяет выявить их преимущества и недостатки. Мостовой выпрямитель более эффективен: среднее значение выпрямленного тока и напряжения у него в два раза больше, а пульсации значительно меньше, чем у однополупериодного выпрямителя. Недостатком мостового выпрямителя является применение четырех диодов.

В настоящее время в мостовых выпрямителях часто приме­няют кремниевые диффузионные блоки КЦ402—КЦ405 (от А до И), которые рассчитаны на токи Iпр.ср от 0,6 до 1 А и напря­жения Uобр.доп от 100 до 600 В. Они выпускаются в пластмассо­вом корпусе с размерами, не превышающими нескольких санти­метров, и массой от 7 до 20г.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Подключить приборы стенда к исследуемой работе согласно схемы (рисунок 5). Подключить к исследуемой работе вольтметр. Ручку “Rн” установить в крайнее левое положение. Переключатель “Лаб. работа” установить в положение “6”.

Схема исследования:

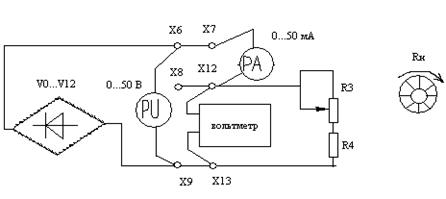


Рисунок 5 - Схема подключения приборов

2 Снятие нагрузочной характеристики Uвыпр=f(Iвыпр)

Вольтметр включить на предел 0-50В, миллиамперметр РА на 0-50мА. Вращением ручки”Rн” вправо изменить значение выпрямленного тока Iвыпр. от минимального до максимального через 2мА. Показания приборов занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Показания приборов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| IВЫПР,мА |  |  |  |  |
| UВЫПР,В |  |  |  |  |

3 Определение коэффициента пульсации выпрямленного напряжения

К гнёздам Х12 и Х13 подключить ламповый вольтметр, которым измеряют напряжение пульсации Un. Если шкала вольтметра проградуирована в действующих значениях переменного напряжения, то измеренное напряжение пульсации надо умножить на https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image028.gif .

Установить ручку ”Rн” в в крайнее левое положение и занести показания приборов в таблицу 2.

Установить ручку ”Rн” в в крайнее правое положение и занести показания приборов в таблицу 2.

Коэффициент пульсаций Кn определить по формуле:

Кп= https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image030.gif 100%

Где UМП– амплитуда напряжения пульсаций (измеряется ламповым вольтметром)

U0 – постоянная составляющая выпрямленного напряжения (измеряется вольтметром PU)

Таблица 2 – Результаты измерений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| U0, В | Un, В | UМП= https://konspekta.net/megalektsiiru/baza1/670818952747.files/image028.gif Un, В | Кn,% |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

К гнёздам Х12 и Х13 можно подключить электронный осциллограф, с помощью которого наблюдается форма выпрямленного напряжения.

4 По данным таблицы 1.1 построить нагрузочную характеристику выпрямителя.

По данным таблицы 1.2 вычислить коэффициент пульсаций для крайних значений сопротивления.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- наименование и цель работы.

- перечень контрольно – измерительной аппаратуры

- схема исследования

- таблицы и графики

- краткие выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы достоинства и недостатки исследуемых схем выпрямителей?

2. Как экспериментально определить внутреннее сопротивление источника напряжения?

3. По каким критериям выбирают диоды для выпрямителя?