



060301. Исследование однофазных выпрямителей

Цель работы:

1. Изучение устройства и принципа работы однофазных выпрямителей.
2. Определение внешних характеристик выпрямителей.

Требуемое оборудование:

Модульный учебный комплекс: МУК-ОЭ1* или МУК-ОЭ2.

Приборы:

- | | |
|---|-------|
| 1. Амперметр-вольтметр АВ1 | 1 шт. |
| 2. Стенд с объектами исследования СЗ-ОЭ01 | 1 шт. |
| 3. Комплект проводников | 1 шт. |
| 4. Осциллограф АСК-1021 | 1 шт. |

* Для обеспечения выполнения лабораторной работы требуется дополнительно осциллограф с полосой пропускания не менее 20 МГц

Краткое теоретическое введение

Выпрямительное устройство или *выпрямитель* предназначен для преобразования переменного напряжения источника электроэнергии (сети) в постоянное. Выпрямленное постоянное напряжение в основном используется для питания всевозможных электронных устройств.

Выпрямитель состоит из согласующего трансформатора Tr , вентильной группы $BГ$ и сглаживающего фильтра $СФ$ (рис.1).

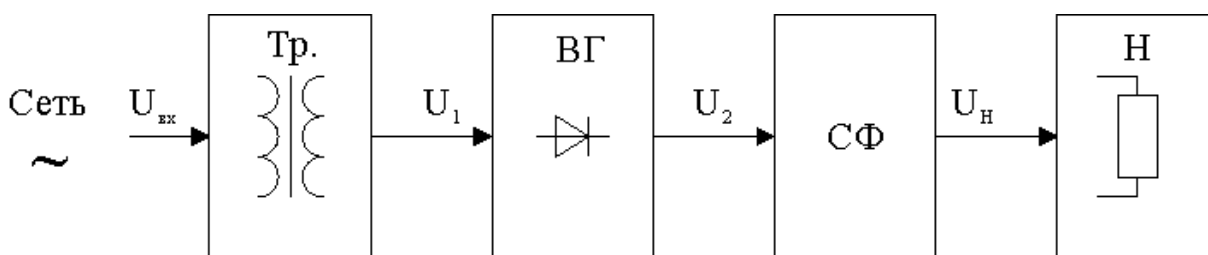


Рис. 1

Трансформатор выполняет несколько функций: изменяет напряжение сети $U_{кк}$ до значения U_1 , необходимого для выпрямления, гальванически разделяет нагрузку H от сети.

Вентильная группа $BГ$ состоит из набора вентилях – нелинейных двухполюсников, пропускающих ток преимущественно в одном (прямом) направлении. Вентиль, обладающий нулевым сопротивлением для прямого тока и имеющий бесконечно большое сопротивление для обратного тока, называют *идеальным*. Вольтамперные характеристики реальных вентилях приближаются к в.а.х. идеального вентиля. В качестве вентилях используют обычно полупроводниковые диоды.

Сглаживающий фильтр $СФ$ уменьшает пульсации выпрямленного напряжения (тока) до значения, допустимого для работы нагрузки H . Трансформатор Tr и сглаживающий фильтр $СФ$ не

являются обязательными элементами схемы выпрямителя.

Основными параметрами, характеризующими качество работы выпрямителя, являются:

1. *Средние значения выпрямленного (выходного) напряжения U_0 и тока I_0*

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T U_H dt, \quad I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T I_H dt, \quad (1)$$

где T – период изменения выходного напряжения (тока);

$U_{\text{вых}}$ – выходное напряжение;

$I_{\text{вых}}$ – выходной ток.

2. *Частота пульсаций f_n выходного напряжения (тока)*

$$f_n = 1/T; \quad (2)$$

3. *Коэффициент пульсаций p* равен отношению амплитуды первой гармоники выходного напряжения U_{Hm1} к его среднему значению:

$$p = U_{Hm1}/U_0; \quad (3)$$

4. *Внешняя характеристика* — зависимость среднего значения выпрямленного напряжения от среднего значения, выпрямленного тока: $U_0 = f(I_0)$;

По этой характеристике для любого выпрямителя может быть определено его выходное сопротивление при номинальных значениях выпрямленного тока $I_{0н}$ и напряжения $U_{0н}$

выражению $R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0}$

Схемы выпрямителей с активной нагрузкой.

Однополупериодная схема.

При подаче переменного синусоидального напряжения u_{ex} на первичную обмотку согласующего трансформатора (рис. 2) на зажимах его вторичной обмотки будет переменное синусоидальное напряжение:

$$u_1 = u_{1m} \sin(\omega t)$$

Диод проводит электрический ток только в течение одной половины периода переменного напряжения. В положительный полупериод, когда на аноде диода VD положительный потенциал, он открывается, все напряжение прикладывается к нагрузке R_H . В отрицательный полупериод диод закрыт, ток через него равен нулю, а все напряжение вторичной обмотки трансформатора прикладывается к диоду (рис. 3).

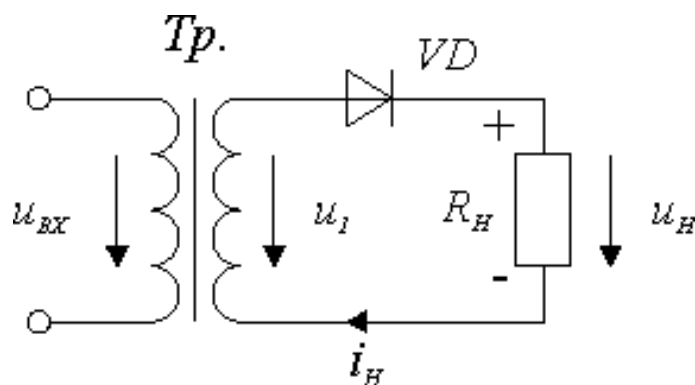


рис. 2

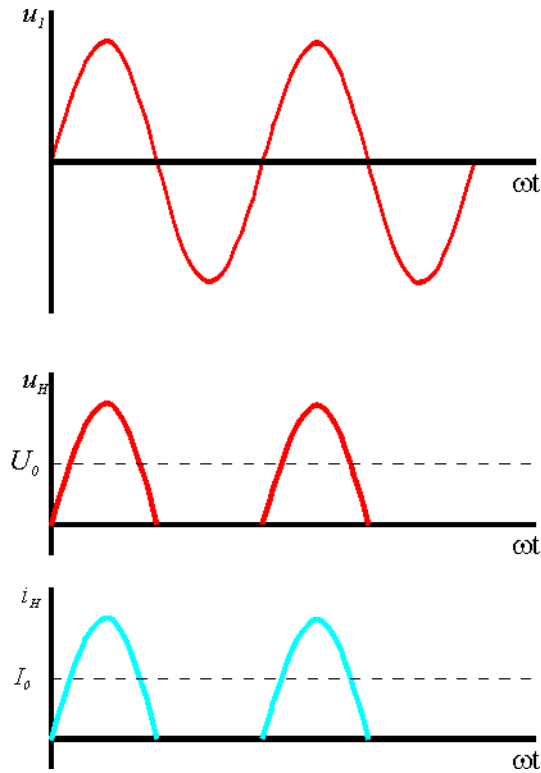


рис. 3

Ток в цепи нагрузки является пульсирующим (неизменным по направлению, но изменяющимся по значению). При этом амплитудное значение тока

$$I_{Hm} = \frac{U_{Hm}}{R_H} \quad (4)$$

Кривая получаемого в процессе однополупериодного выпрямления пульсирующего тока может быть разложена в гармонический ряд Фурье

$$i_H = I_{Hm} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{3\pi} \cos 2\omega t - \dots \right) \quad (5)$$

Т.е. пульсирующий ток при однополупериодном выпрямлении, кроме переменных составляющих различных амплитуд и частот, содержит также и постоянную составляющую (среднее значение)

$$I_0 = \frac{I_{Hm}}{\pi} \quad (6)$$

Среднее значение выпрямленного напряжения с учетом выражения для тока определяют из соотношения

$$U_0 = R_H I_0 = \frac{U_{Hm}}{\pi} \quad (7)$$

Коэффициент пульсаций тока (напряжения) p равен:

$$p = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)I_{Hm}}{\left(\frac{1}{\pi}\right)I_{Hm}} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57 \quad (8)$$

Напряжение, воспринимаемое диодом в непроводящий полупериод – обратное напряжение при этом определяется значением напряжения на вторичной обмотке трансформатора. Т.е., максимальное значение обратного напряжения, приложенное к диоду в данной схеме, равно амплитудному значению напряжения на вторичной обмотке трансформатора U_{1m} , что необходимо учитывать при выборе диода для схемы однополупериодного однофазного выпрямителя.

Двухполупериодная схема

Схема двухполупериодного выпрямителя (рис. 4) представляет собой сочетание двух однополупериодных выпрямителей с общей нагрузкой. При этом напряжение на каждой половине вторичной обмотки трансформатора (1-2 и 1-3) можно рассматривать как два независимых синусоидальных напряжения, сдвинутых относительно друг друга по фазе на угол 180° . При таком включении диоды будут находиться в проводящем состоянии в различные полупериоды напряжения на обмотках трансформатора. В результате диаграммы выпрямленного тока и напряжения на выходе выпрямительного устройства рис.4. будут иметь вид, представленный на рис. 5.

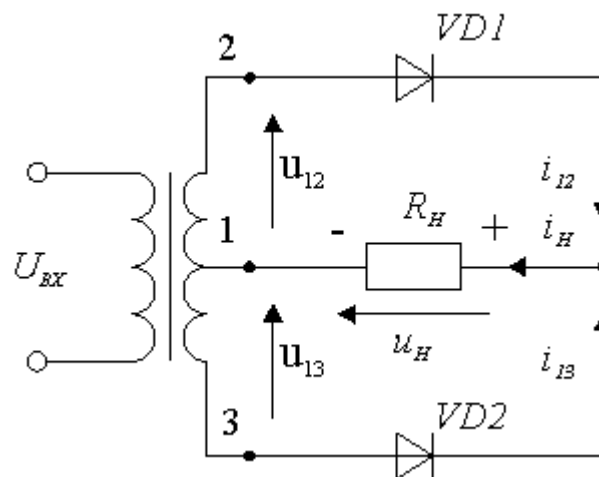


Рис. 4

Кривую выпрямленного тока при двухполупериодном выпрямлении можно разложить в гармонический ряд Фурье:

$$i_H = I_{Hm} \left(\frac{2}{\pi} - \frac{4}{3\pi} \cos 2\omega t - \frac{4}{15\pi} \cos 4\omega t - \dots \right) \quad (9)$$

При этом наряду с переменными составляющими гармонический ряд содержит и постоянную составляющую тока

$$I_0 = \frac{2I_{Hm}}{\pi} \quad (10)$$

Среднее значение выпрямленного напряжения:

$$U_0 = R_H I_0 = \frac{2U_{Hm}}{\pi} \quad (11)$$

Коэффициент пульсаций тока (напряжения) p равен:

$$p = \frac{\left(\frac{4}{3\pi}\right)I_{Hm}}{\left(\frac{2}{\pi}\right)I_{Hm}} = \frac{2}{3} \approx 0,667 \quad (12)$$

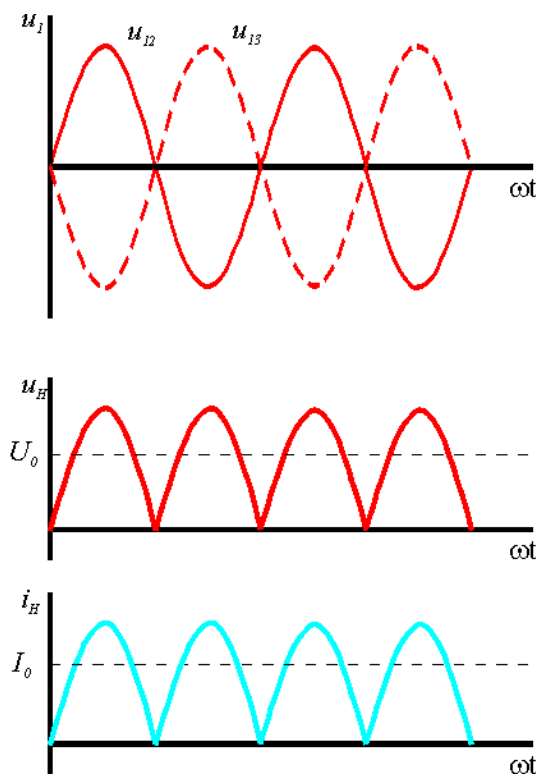


Рис. 5

Как следует из выражения (12) и рис. 5, пульсации тока в двухполупериодной схеме значительно уменьшаются по сравнению со схемой однополупериодного выпрямления.

Мостовая схема

Выпрямитель, выполненный по мостовой схеме (рис. 6), позволяет получить двухполупериодное выпрямление переменного тока при использовании трансформатора, не имеющего среднего вывода от вторичной обмотки. В этой схеме в течение одного полупериода ток пропускают диоды VD1 и VD3, при этом диоды VD2 и VD4 - закрыты. В следующий полупериод будут проводить ток соответственно диоды VD2 и VD4, а диоды VD1 и VD3 будут находиться в непроводящем состоянии. Причем направление тока в цепи нагрузки в течение обоих полупериодов переменного напряжения при этом не меняется.

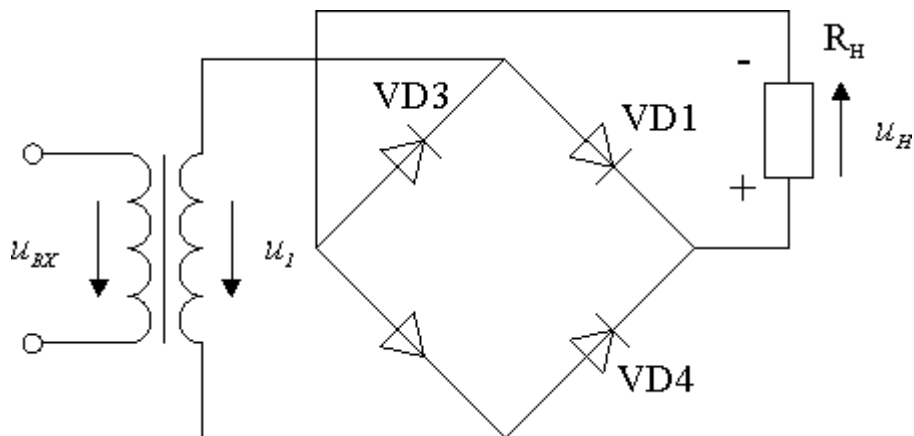


Рис. 6

Значения среднего выпрямленного напряжения и тока на нагрузке и коэффициента пульсации для выпрямителя с мостовой схемой определяются так же, как и для двухполупериодного выпрямителя (выражения 10-12).

Данная схема выпрямления позволяет получить заданное выпрямленное напряжение при числе витков вторичной обмотки трансформатора, вдвое меньшем, чем в двухполупериодной схеме выпрямления при прочих равных условиях. Так как во вторичной обмотке трансформатора протекает не пульсирующий, а синусоидальный переменный ток, это позволяет уменьшить габариты трансформатора по сравнению с трансформатором, необходимым для питания двухполупериодного выпрямителя, рассчитанного на ту же мощность, приблизительно в 1,5 раза.

Рекомендуемое задание к работе

1. Соберите схему однополупериодного выпрямителя.
2. Зарисуйте осциллограмму напряжения на нагрузке.
3. С помощью амперметра-вольтметра АВ1 найдите амплитудное и среднее значение напряжения и тока. Найдите отношения U_0/U_{Hm} и I_0/I_{Hm} .
4. Постройте выходную характеристику $U_0 = f(I_0)$.
5. Соберите схему двухполупериодного выпрямителя. Выполните п.п. 2-4.
6. Соберите мостовую схему. Выполните п.п. 2-4.
7. Сравните полученные результаты и сделайте выводы.