

2.8. Исследование однофазных выпрямителей

Цель работы: Исследование работы одно- и двухполупериодного выпрямителя переменного тока, работающего на активную нагрузку при отсутствии фильтрации выпрямленного напряжения и с применением простейших пассивных фильтров.

2.8.1. Теоретическая часть

Выпрямителем называют устройство, предназначенное для преобразования переменного тока в постоянный или пульсирующий ток одного направления. В подавляющем большинстве случаев речь идет о выпрямлении синусоидального напряжения промышленной частоты, поступающего потребителю по проводам сети (в нашей стране параметры сети 220 В и 50 Гц).

С точки зрения электротехники выпрямители следует отнести к вторичным источникам электропитания инверторного типа. Однако для получения напряжения нужной величины и гальванической развязки от сети применяют трансформаторы (конвертеры). Простейший трансформатор состоит из замкнутого магнитопровода и двух обмоток — первичной и вторичной (рис. 2.8.1).

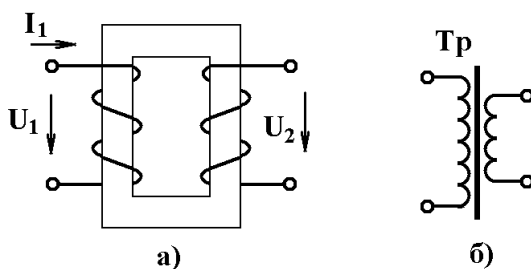


Рис. 2.8.1. Устройство (а) и условное графическое обозначение (б) трансформатора

Первичная обмотка подключается к источнику переменного напряжения U_1 . Действие трансформатора основано на том, что переменный ток I_1 , пропускаемый по первичной обмотке, вызывает изменение магнитного потока в сердечнике, которое приводит к возникновению во вторичной обмотке ЭДС индукции. При подключении к зажимам вторичной обмотки нагрузки эта ЭДС будет создавать в ней ток I_2 , благодаря чему энергия из первичной цепи будет передаваться в цепь вторичной обмотки.

Основным элементом выпрямителя является вентиль — нелинейный элемент, обладающий практически односторонней проводимостью. Именно вентиль преобразует переменный ток в пульсирующий ток одного направления, в котором присутствует «полезная» постоянная составляющая (которой не было на входе выпрямителя) и «вредная» переменная составляющая (пульсации).

В качестве вентилях обычно применяют полупроводниковые приборы — диоды (неуправляемые вентили) либо тиристоры (управляемые вентили). Включение вторичной обмотки трансформатора, а также вентилях и нагрузки определяется схемой выпрямителя (рис. 2.8.2).

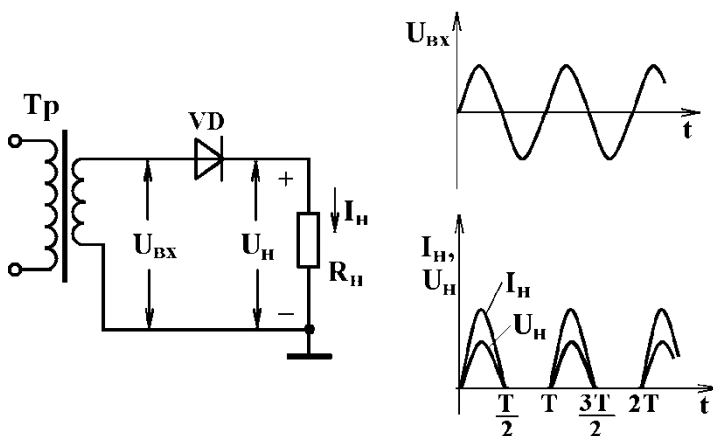


Рис. 2.8.2. Однополупериодный выпрямитель: принципиальная схема, идеализированные временные диаграммы токов и напряжений

Схема простейшего однополупериодного выпрямителя, работающего на активную нагрузку, приведена на рис. 2.8.2. Из приведенных на рисунке идеализированных временных диаграмм можно сделать вывод, что через нагрузку течёт ток, пульсирующий с частотой сети. При этом выпрямленный ток и напряжение сравнительно невелики. Так, среднее значение тока в цепи нагрузки

$$\langle I \rangle = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} i \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t \cdot dt = \frac{I_m}{\pi} \approx 0,32 I_m.$$

Действующее значение тока через нагрузку $I_o = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T/2} i^2 dt} = 0,5 I_m.$

Действующее значение постоянной составляющей напряжения на нагрузке:

$$U_{\delta} = I_{\delta} \cdot R_{н} = 0,5U_{м}.$$

Существенно повысить эффективность выпрямителя позволяет двухполупериодная схема (рис. 2.8.3). Здесь ток через нагрузку течёт на протяжении всего периода, в результате чего среднее значение тока вдвое выше, а действующие значения тока и напряжения на нагрузке достигают уровня 0,7 от амплитудного.

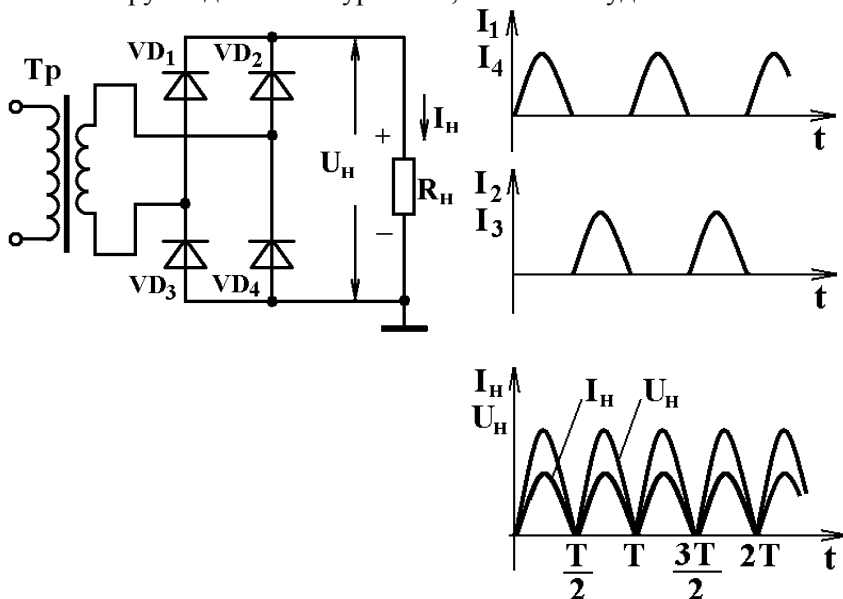


Рис. 2.8.3. Двухполупериодный мостовой выпрямитель: принципиальная схема, временные диаграммы токов и напряжений

Как правило, в дальнейшем выходное напряжение выпрямителя сглаживается с помощью фильтра, в результате чего пульсации на нагрузке уменьшаются до приемлемого уровня. Наиболее часто применяемые схемы сглаживающих фильтров приведены на рис. 2.8.4.

Сглаживающий фильтр включается между системой вентилей и нагрузкой и оказывает существенное влияние и на режим работы вентилей и на параметры выходного напряжения. Легко понять, что если подключить параллельно нагрузке конденсатор достаточно большой ёмкости C (при условии $\tau = CR_n \gg T$), то он будет заряжаться через вентиль практически до амплитудного значения напряжения.

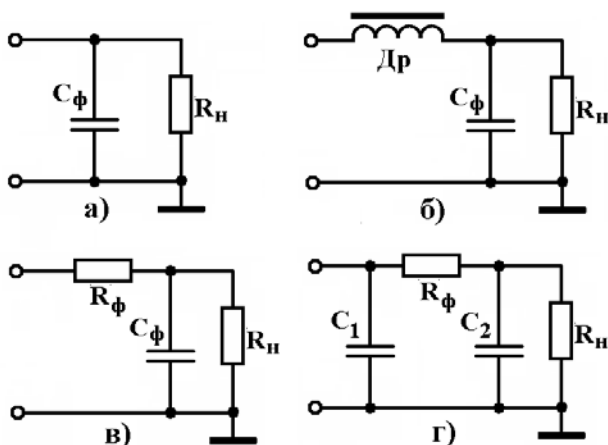


Рис. 2.8.4. Сглаживающие фильтры: ёмкостный (а), Г-образный LC-фильтр (б), Г-образный RC-фильтр, П-образный RC-фильтр

Но не будет успевать разряжаться через нагрузку до начала следующего полупериода. В результате напряжение на нагрузке существенно возрастет, а пульсации уменьшатся. При этом ток через вентили будет протекать только в те промежутки времени, когда мгновенное значение напряжения будет превышать напряжение на конденсаторе, что значительно облегчит их тепловой режим. Описанный механизм наглядно демонстрирует рис. 2.8.5.

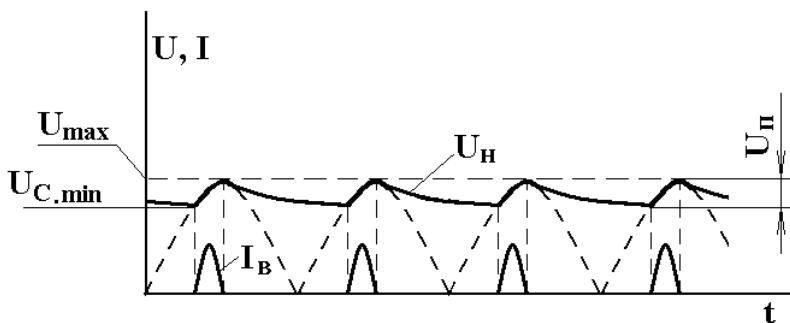


Рис. 2.8.5. Временные диаграммы токов через вентили и напряжения на нагрузке двухполупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром

Качество фильтра можно характеризовать величиной коэффициента сглаживания $K_{стл}$, равного отношению коэффициента пульсаций на входе к коэффициенту пульсаций на выходе фильтра.

Практически $K_{\text{сгл}}$ можно рассчитать по формуле:

$$K_{\text{сгл}} = \frac{K_{\text{вх}}^n}{K_{\text{вых}}^n} = \frac{U_{\text{н=}}}{U_0} \cdot \frac{U_{\text{вых}\sim}}{U_{\text{н}\sim}},$$

где $U_{\text{вых}}$ — переменное напряжение на выходе выпрямителя (без фильтра);

U_0 — постоянное напряжение на выходе выпрямителя (без фильтра);

$U_{\text{н=}}$ — постоянное напряжение на нагрузке;

$U_{\text{н}\sim}$ — переменное напряжение на нагрузке.

2.8.2. Исследование однополупериодного выпрямителя

1. Соберите схему однополупериодного выпрямителя на диоде типа 1ВН62, представленную на рис. 2.8.6.

2. Установите параметры V1 и R1 в соответствии с вашим номером варианта (табл. 2.8.1). Мощность резистора R1 выберите такой величины, чтобы при работе схемы не возникало перегрузки.

Таблица 2.8.1

Вариант	V1, В	R1, Ом		
1	6	750		
2	24	1000		
3	36	1200		
4	12	920		
5	9	680		
6	8	1100		
7	10	1800		
8	15	820		
9	6	820		
10	24	1800		
11	36	1100		
12	12	680		
13	9	920		
14	8	1200		
15	10	1000		
16	15	750		
17	36	1000		
18	12	820		
19	9	750		
20	10	1200		

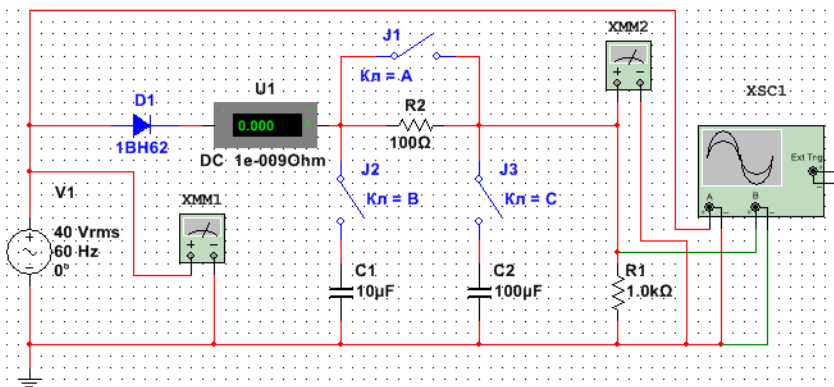


Рис. 2.8.6. Схема исследования однополупериодного выпрямителя

3. Для сопротивления нагрузки R1 посредством мультиметра, используемого в режиме измерения постоянного и переменного тока, а также осциллографа, выполните измерения, необходимые для заполнения табл. 2.8.2.

4. Подключение элементов фильтра, указанных в табл. 2.8.2, производите с помощью соответствующих ключей.

5. Размах пульсаций напряжения на нагрузке (это разность между максимальным U_{\max} и минимальным U_{\min} значениями напряжения) определяется с помощью осциллографа.

6. Перед заполнением последней строки табл. 2.8.2 предварительно установите $C1=C2=100$ мкФ.

7. Для каждого режима работы выпрямителя скопируйте с экрана осциллограммы напряжения на нагрузке.

8. Уменьшите вдвое сопротивление нагрузки и повторите действия, указанные в пунктах 2...7. Результаты исследования занесите в новую таблицу, аналогичную табл. 2.8.2.

Таблица 2.8.2

Режим работы	Регистрируемые параметры								
	$U_{\text{вх}\sim}$	$U_{\text{вых}\sim}$	U_0	$U_{\text{н}=\text{}}$	$U_{\text{н}\sim}$	U_{\max}	U_{\min}	$U_{\text{п}}$	$K_{\text{сгл}}$
Без фильтра									-
C1									
C2									
R2; C2									
C1=C2									

9. Сохраните модель с именем **Исследование однополупериодного выпрямителя.**

10. Сохраните эту же модель с именем **Исследование двухполупериодного выпрямителя.**

2.8.3. Исследование двухполупериодного выпрямителя

1. Соберите схему исследования двухполупериодного выпрямителя согласно рис. 2.8.7, используя открытую схему исследования однополупериодного выпрямителя.

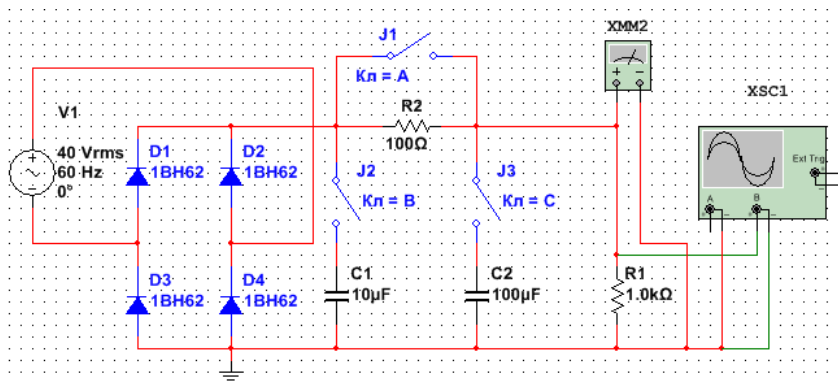


Рис. 2.8.7. Схема исследования двухполупериодного выпрямителя

2. Повторите действия, указанные в пунктах 2...8 исследования однополупериодного выпрямителя. Результаты исследования занесите в новую таблицу, аналогичную табл. 2.8.2.

Обозначения измеряемых параметров:

$U_{вх\sim}$ — переменное напряжение на входе выпрямителя;

$U_{вых\sim}$ — переменное напряжение на выходе выпрямителя (без фильтра);

U_0 — постоянное напряжение на выходе выпрямителя (без фильтра);

$U_{н=}$ — постоянное напряжение на нагрузке;

$U_{н\sim}$ — переменное напряжение на нагрузке;

U_{max} — максимальное напряжение на нагрузке;

U_{min} — минимальное напряжение на нагрузке;

$U_{п}$ — размах пульсаций напряжения на нагрузке;

$K_{сгл}$ — коэффициент сглаживания пульсаций.

2.8.4. Содержание отчета по работе

1. Название и цель работы.
2. Номер варианта, необходимые формулы.
3. Принципиальные схемы, подлежащие исследованию.
4. Полученные в ходе выполнения исследования осциллограммы с обязательным указанием масштаба по обеим осям.
5. Результаты исследований (4 варианта табл. 2.8.1) и расчетов по каждому из заданий с обязательной записью формул и хода вычислений.
6. Сформулировать обоснованные выводы по результатам работы, отражающие влияние типа выпрямителя, величины нагрузки и параметров исследованных фильтров на величину пульсаций выходного напряжения.