

### Практическая работа №3. Изучение схем выпрямителей

Цель работы – изучение характеристик однополупериодных и двухполупериодных схем полупроводниковых выпрямителей с различными видами сглаживающих фильтров.

1. Назначение, элементы, работа выпрямителей при активной нагрузке.

Во многих электрических устройствах, к числу которых относятся радиотехнические устройства, используется энергия постоянного тока. Назначением выпрямителя, использующего вентиляльные свойства электронных и полупроводниковых приборов, является преобразование переменного тока (напряжения) в постоянный(ое). Выпрямление переменного тока можно осуществить с помощью цепи, содержащей нелинейный элемент с малым сопротивлением для одного направления тока и с большим – для другого. Роль такого элемента обычно выполняет полупроводниковый германиевый или кремниевый **диод**.

***Направление тока, соответствующее малому сопротивлению диода, называется прямым направлением, а соответствующее большому сопротивлению – обратным. При прохождении переменного тока через нелинейный элемент получается импульсный ток одного направления.***

Основными элементами выпрямителя являются:

- **трансформатор, согласующий напряжение на входе выпрямителя с напряжением сети;**
- выпрямитель, преобразующий переменное напряжение в постоянное;
- фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного напряжения;
- нагрузка.

Кроме перечисленных элементов выпрямитель может иметь устройство для стабилизации выпрямленного напряжения.

По числу фаз первичной обмотки трансформатора различают выпрямители однофазного и трехфазного тока. Выпрямители малой мощности обычно являются однофазными, а средней и большей – трехфазными. Основные схемы выпрямителей однофазного тока –

однополупериодная, двухполупериодная с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора, мостовая.

Простейшей схемой выпрямителя является однополупериодная схема (рис.1).

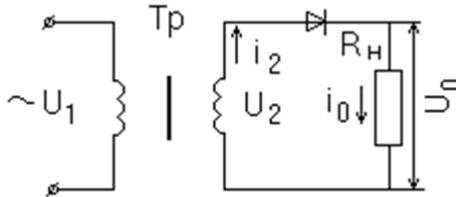


Рис.1. Однополупериодный выпрямитель

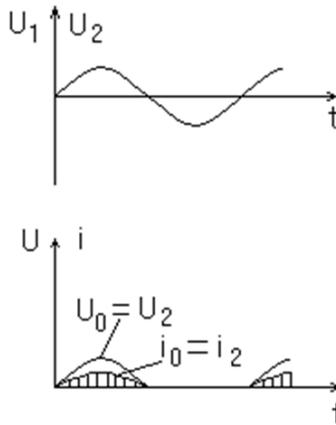


Рис. 2. Входное и выходное напряжение

Рассматривая работу этой схемы, будем считать, что трансформатор и диод - идеальны, то есть:

а) индуктивное и активное сопротивление обмоток трансформатора и сопротивление диода в прямом направлении равны нулю;

б) обратное сопротивление диода стремится к бесконечности, следовательно, ток вторичной обмотки трансформатора равен нулю.

Если напряжение  $U_i$  на первичной обмотке трансформатора изменяется по синусоидальному закону, то  $U_2$  на концах вторичной обмотки изменяется так же. При положительной полуволне напряжения в нагрузке будет протекать ток, мгновенное значение

которого будет равно (закон Ома)  $i_0 = U_2 / R_n$  и к нагрузке прикладывается напряжение  $U_0 = i_0 \cdot R_n = U_2$ .

А при отрицательной полуволне диод будет иметь бесконечно большое сопротивление, и ток в нагрузке протекать не будет.

Таким образом, ток в нагрузке протекает только в одном направлении (рис.2), т.е. схема обладает выпрямляющими свойствами.

К недостаткам данной схемы можно отнести: высокий уровень **пульсаций**, а также подмагничивание сердечника трансформатора постоянным током. В связи с этим однополупериодная схема при работе на активную нагрузку применяется крайне редко.

Двухполупериодная схема выпрямителя с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора является сочетанием двух однополупериодных схем, работающих на общую нагрузку. В ней используются оба полупериода напряжения сети (рис.3).

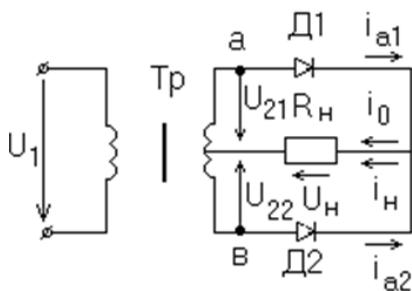


Рис. 3. Двухполупериодный выпрямитель

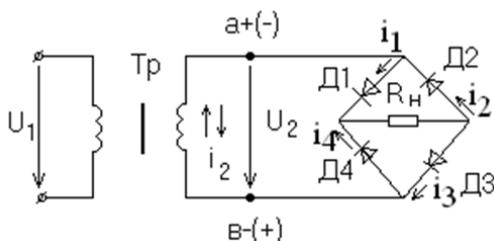


Рис. 4. Двухполупериодный выпрямитель с мостовой схемой

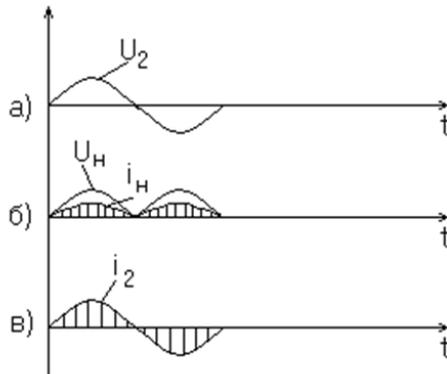


Рис. 5. Кривые тока и напряжения

Наиболее распространен мостовой выпрямитель, в котором Д1 – Д2 включены по мостовой схеме (рис.4). К одной из диагоналей моста подводится переменное напряжение, а к другой – подключена нагрузка (на схеме обозначена резистором  $R_n$ ).

В этом выпрямителе в течение первого полупериода синусоиды напряжения  $U_2$ , когда точка «а» вторичной обмотки трансформатора имеет положительный потенциал, ток протекает через диод Д1, сопротивление нагрузки  $R_n$ , диод Д3, а диоды Д2, Д4 находятся под обратным напряжением и тока не пропускают. В следующий полупериод, когда потенциал точки «а» отрицателен, ток протекает через диод Д4, сопротивление нагрузки  $R_n$  и диод Д2, а диоды же Д1 и Д3 в этот полупериод закрыты. В цепи нагрузки ток проходит в одном направлении в течение всего периода. Форма кривых тока и напряжения на нагрузке показаны на рис.5.

Ток вторичной обмотки трансформатора протекает в течение всего периода и направление его меняется каждый полупериод, обеспечивая хорошее использование трансформатора в схеме.

К недостаткам мостовой схемы можно отнести наличие четырех диодов. Однако, двухполупериодные выпрямители более эффективны: средние значения выпрямленных токов и напряжений у них в два раза больше, чем у однополупериодных, а пульсации значительно меньше.

## 2. Сглаживающие фильтры.

На практике выпрямители работают крайне редко на чисто активную нагрузку, так как большие пульсации на выходе ухудшают работу потребителей. Для сглаживания пульсаций перед нагрузкой на выходе выпрямителя включается сглаживающий фильтр.

Сглаживающий фильтр представляет собой сочетание реактивных элементов. Пульсации напряжения на выходе выпрямителя определяются коэффициентом пульсации  $q$ :

$$q = \frac{U_{o.z.}}{U_o},$$

где  $U_{o.z.}$  - амплитуда основной гармоники пульсирующего выходного напряжения;

$U_o$  - среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке.

Допустимый коэффициент пульсаций на нагрузке  $q_1$  зависит от характера нагрузки, изменение которой влияет на форму токов и напряжений вентилей и трансформатора. Отношение коэффициента пульсаций на выходе выпрямителя  $q$  к коэффициенту пульсаций на нагрузке  $q_1$  называется коэффициентом сглаживания фильтра  $S$ :

$$S = \frac{q}{q_1}.$$

Один из способов сглаживания пульсаций – включение параллельно нагрузке конденсатора (рис.6). Диод Д1 пропускает ток, когда напряжение  $U_{2a} > U_c$ . В это время конденсатор заряжается. При прохождении тока происходит падение напряжения на активных сопротивлениях обмоток трансформатора и диоде. Когда напряжение  $U_{2a}$  становится меньше  $U_c$ , диод закрывается и конденсатор начинает разряжаться через нагрузку  $R_n$ . Ток через нагрузку течет непрерывно и определяется кривыми заряда и разряда конденсатора.

Применение емкостных фильтров эффективно в маломощных выпрямителях.

Индуктивный фильтр включается последовательно с нагрузкой и представляет большое сопротивление для переменной составляющей тока. Вследствие этого переменная составляющая выпрямителя значительно уменьшается и падение напряжения от этой составляющей на сопротивлении нагрузки становится незначительным.

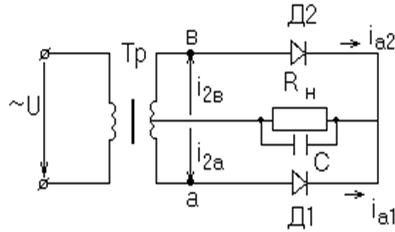


Рис. 6. Сглаживающий фильтр

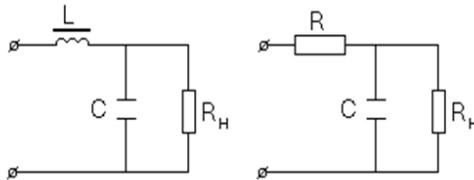


Рис. 7. Сглаживающие фильтры типа LC и RC

В системах питания обычно применяются однозвенные  $LC$  – или  $RC$  – фильтры (низкочастотные фильтры), которые пропускают постоянную составляющую. Для переменной же составляющей они представляют собой барьер, который тем эффективнее действует, чем выше частота переменной составляющей (рис.7).

$\Gamma$  – образный  $RC$  – фильтр состоит из активного сопротивления  $R$ , включенного последовательно с нагрузкой  $R_n$ , и емкостью  $C$ , включенной параллельно нагрузке. Сопротивление ограничивает переменную составляющую выпрямленного тока. Емкость  $C$  шунтирует сопротивление нагрузки для переменной составляющей тока. В отличие от  $\Gamma$  – образного  $RC$  – фильтра в фильтре  $RC$  за счет падения напряжения на сопротивлении  $R$  выпрямленное напряжение на нагрузке уменьшается, вследствие чего  $RC$  – фильтр целесообразно применять только в выпрямителях на малые токи.  $RC$  – фильтры могут применяться в  $\Pi$  – образных и многозвенных фильтрах. Преимущество  $RC$  – фильтров – небольшие размеры, вес и стоимость, а также простота исполнения в связи с отсутствием сглаживающего дросселя. Недостаток этих фильтров – потери мощности на сопротивлении  $R$ .

Если при включении одного фильтра на выходе выпрямителя коэффициент сглаживания недостаточно высок, применяются  $\Pi$  –

образные или многозвенные фильтры, которые состоят из последовательно включенных звеньев (рис.8).

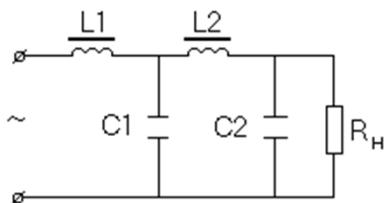


Рис. 8. Многозвенный фильтр

Коэффициент сглаживания многозвенного фильтра определяется произведением коэффициентов сглаживания отдельных звеньев.

$$S_{\phi} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3.$$

Обычно коэффициенты сглаживания отдельных звеньев выбираются равными друг другу:  $S_1 = S_2 = S_3$ .

Зависимость среднего значения выпрямленного напряжения от среднего значения выпрямленного тока называется внешней (или нагрузочной) характеристикой выпрямителя.

С увеличением тока растет падение напряжения на диодах и в обмотках трансформатора и выпрямленное напряжение уменьшается.

Содержание отчета

1. Электрические схемы.
2. Графики внешних характеристик выпрямителей.
3. Выводы.

### Контрольные вопросы.

1. Какое свойство диода используется при создании выпрямителей?
2. Чем двухполупериодный выпрямитель отличается от однополупериодного (достоинства и недостатки)?
3. Какую роль в приведённых схемах выпрямителей играет трансформатор?

4. Какой недостаток схемы выпрямителя нивелируется при помощи сглаживающего фильтра?
5. Какие схемы сглаживающих фильтров вы знаете?
6. Какое основное свойство конденсатора используется в сглаживающих фильтрах?