

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 вентильные свойства электронных и полупроводниковых приборов, является преобразование переменного напряжения в постоянное. 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 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).

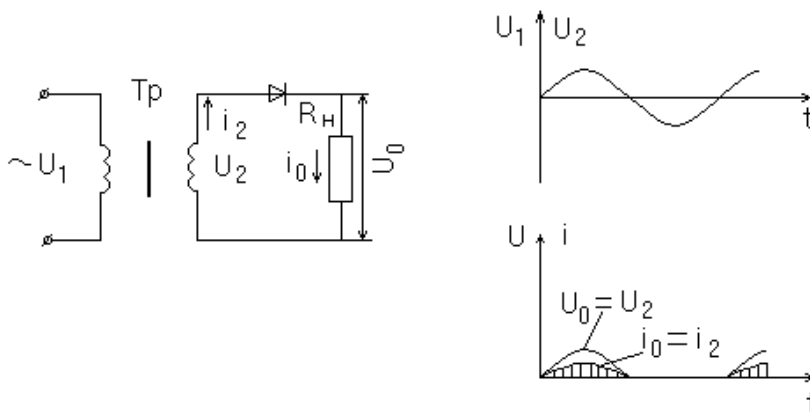


Рис.1.

Рис.2.

Рассмотрим работу схемы. Предположим, 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_1 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 $i_0 = U_2 / R_n$ 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.

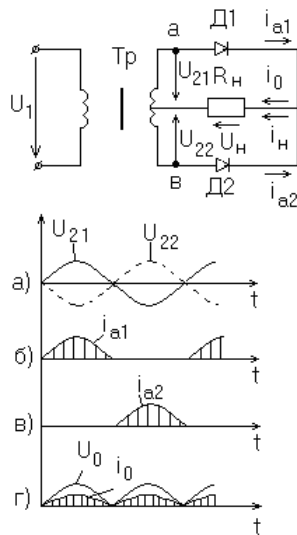


Рис.3.

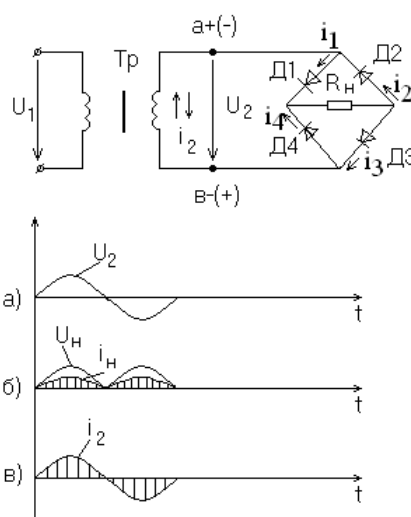


Рис.3а.

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). Наиболее распространен мостовой выпрямитель, в котором Д1 – Д2 включены по мостовой схеме (рис.3а). К одной из диагоналей моста подводится переменное напряжение, а к другой – нагрузочный резистор 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.3а.

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 групп вентилей. 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, вследствие этого перед нагрузкой на выходе выпрямителя включается сглаживающий фильтр.

Сглаживающий фильтр представляет собой сочетание реактивных элементов и применяется для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения на нагрузке.

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.4). Диод Д1 пропускает ток, когда напряжение $U_{2a} > U_c$. В это время конденсатор заряжается (рис.4А). 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 R_n становится незначительным (рис.5).

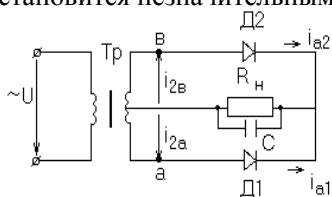


Рис.4

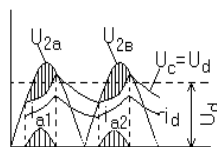


Рис.4А

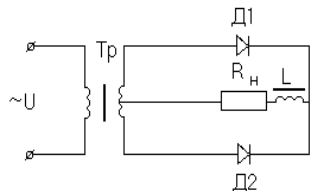


Рис.5

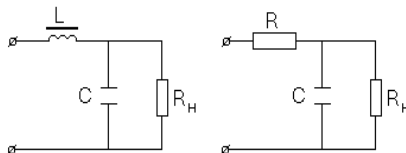


Рис.6

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.6).

Γ – 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 нагрузке для переменной составляющей тока. В отличие от Γ – 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 Π – 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 Π – образные или многозвенные фильтры, которые состоят из последовательно включенных звеньев (рис.7).

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 $S_1 = S_2 = S_3$.

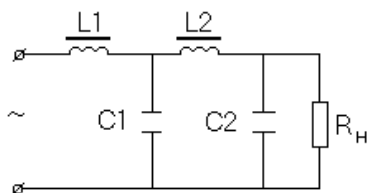


Рис.8

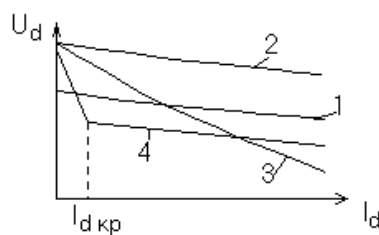


Рис.7

3. Внешняя характеристика выпрямителя.

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.

Внешняя характеристика выпрямителя, имеющего чисто активную нагрузку, показана на рис.8 (кривая 1). Напряжение на нагрузке с ростом I_d мало снижается, т.к. внутреннее сопротивление диодов меняется с изменением тока. При подключении фильтра к выходу выпрямителя изменяется ход нагрузочной характеристики. При подключении емкостного фильтра при холостом ходе конденсатор заряжается до амплитудного напряжения вторичной обмотки трансформатора. При уменьшении R_n увеличивается скорость разряда конденсатора и среднее значение выпрямленного напряжения уменьшается. Наклон нагрузочной характеристики получается больше (кривая 2). Напряжение на нагрузке уменьшается еще быстрее в случае подключения RC – фильтра (кривая 3), т.к. увеличивается падение напряжения от постоянной составляющей выпрямленного тока на сопротивлении. При подключении LC – фильтра нагрузочная характеристика имеет излом (кривая 4) при $I_{d\text{кр}}$.

Содержание отчета

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