

# Лабораторная работа №1. «Диоды в источниках питания»

## Цель работы.

Исследование характеристик и параметров выпрямительных схем и стабилизаторов напряжения.

## Теоретическая часть.

Электронные приборы и устройства требуют для своего питания стабильного напряжения постоянного тока. В большинстве практических случаев такое напряжение получают из переменного напряжения сети с помощью вторичных источников питания, включающих выпрямитель сетевого напряжения, сглаживающий фильтр и стабилизатор напряжения (рис. 1).

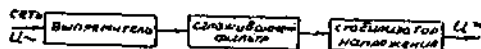


Рис. 1. Структурная схема вторичного источника питания

В состав выпрямителя обычно входят: силовой трансформатор, предназначенный для получения необходимых величин переменного напряжения из напряжения сети, а также для гальванической развязки с сетью; вентильная группа (чаще всего полупроводниковые диоды), преобразующая напряжение переменного тока в пульсирующее напряжение постоянного тока, и емкостная нагрузка вентильной группы, представляющая собой конденсатор относительно большой емкости, который можно также рассматривать как простой емкостный сглаживающий фильтр. Сглаживающий фильтр, подключаемый к выходу выпрямителя, уменьшает пульсации выходного напряжения.

Если к выходному напряжению предъявляются высокие требования по стабильности при колебаниях напряжения сети и тока нагрузки, то в источник питания вводится стабилизатор напряжения.

На рис. 2а представлена схема однополупериодного выпрямителя с полупроводниковым выпрямительным диодом V1. Как известно, вольт-амперная характеристика (ВАХ) выпрямительного диода имеет вид, представленный на рис. 3. Для упрощения практических расчетов ее часто представляют на основе кусочно-линейной аппроксимации двумя участками прямых АВ и ВС, причем АВ идет по оси абсцисс, а наклон ВС определяется средним, прямым сопротивлением диода

$$\alpha = \arctg \left( \frac{U_{дс} - U_{дн}}{I_{дс}} \right) = \arctg \left( \frac{1}{R_{np,cp}} \right)$$

С целью дальнейшего упрощения иногда принимают  $U_{дн} = 0$  и тогда точка В смещается в начало координат. Как следует из такой аппроксимации ВАХ, диод представляют элементом с односторонней проводимостью, его внутреннее сопротивление на участке ВА стремится к бесконечности, а на участке ВС сравнительно мало.

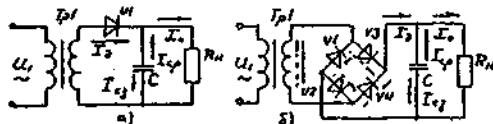


Рис. 2. Схемы выпрямителей: а - однополупериодного, б - двухполупериодного (мостового)

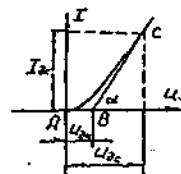


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика диода

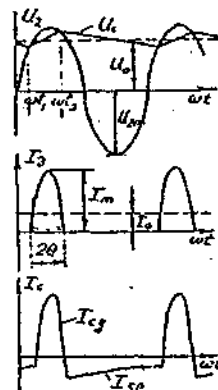


Рис. 4. Временные диаграммы, отражающие работу однополупериодного выпрямителя.

На рис. 4 приведены временные диаграммы напряжений и токов в выпрямителе, работающем на емкостную нагрузку. В интервале времени  $(t_2 - t_1)$ , соответствующему изменению фазового угла  $\omega t_2 - \omega t_1$ , диод открыт и через него протекает ток нагрузки и заряда конденсатора С. Постоянная времени заряда  $t_{зар} = C(R_{н||}R_{пот})$ , где сопротивление потерь  $R_{пот} = R_{np,cp} + R_{тр}$  ( $R_{тр}$  - активное сопротивление потерь трансформатора). Практически всегда  $R_{пот} \ll R_{н}$  и  $t_{зар} \approx CR_{пот}$ . В остальную часть периода диод закрыт.

В течение этого времени конденсатор разряжается  $t_{раз} = C(R_{н||}(R_{обр} + R_{np}))$ .

Поскольку у правильно выбранных диодов их обратное сопротивление  $R_{обр} \gg R_{np} + R_{н}$ , постоянная времени разряда  $t_{раз} \approx R_{н}$  и  $t_{зар} \ll t_{раз}$ , т.е. процессы заряда и разряда конденсатора С идут с разной скоростью. Следовательно, появляется постоянная составляющая напряжения  $U_0$ , на диоде обратное напряжение может достигать величины  $U_{обр} = 2U_{2m}$ . Поэтому диод выбирают с  $U_{обр,макс} > 2U_{2m}$ .

Фазовый угол, в течение которого диод открыт обозначается  $2\theta = \omega t_2 - \omega t_1$ , где  $\theta$  - угол отсечки. Чем меньше  $\theta$ , тем больше  $U_0$  и меньше пульсация. Поэтому  $\theta$  нежелательно уменьшать.

В установившемся режиме площади под кривыми тока заряда конденсатора  $I_c$  и тока заряда  $I_{cp}$  одинаковы. Основными расчетными параметрами выпрямителя являются функции коэф-та  $A(\theta) = (2\theta - \sin 2\theta) / (m R_{ном})$ , где  $m=1$  для однополупериод и  $m=2$  для двухполупериод. выпрямителей. С помощью этого пар-ра определяют необходимые значения:

$I_{m\max}$  - макс-го импульса тока через диод;

$I_2$  - действующего значения тока вторичной обмотки трансформатора;

$E_2$  - действующего значения ЭДС вторичной обмотки.

С помощью коэф.  $A(\theta)$  при расчетах определяют и коэффициент пульсаций, равный отношению амплитуды напряжения первой гармоники к постоянной составляющей

$$\text{выпрямленного напряжения } U_0: K_p = \frac{U_1}{U_0}.$$

Выходное сопротивление  $R_{вых} = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0}$ , где  $\Delta U_0$  и  $\Delta I_0$  находят по нагрузочной характеристике источника  $U_0 = f(I_0)$ ;  $U_0$  и  $I_0$  - напряжение и ток нагрузки.

На рис. 2 б приведена схема двухполупериодного мостового выпрямителя. Ее особенностью является то, что за период через диоды протекают два импульса тока. В одном полупериоде ток течет через диоды V2 и V3 (пунктирные стрелки), в другом - через диоды V1 и V4. Частота пульсации выпрямленного тока выше в два раза, а величина их меньше. Обратное напряжение на диодах ниже в два раза сравнению с однополупериодной схемой, поэтому необходимо обеспечить  $U_{обр. макс} > U_{2m}$ . Еще одной особенностью этой схемы является отсутствие в трансформаторе постоянного подмагничивания, так как ток вторичной обмотки в полупериодах протекает в противоположных направлениях.

Для уменьшения пульсации выходного напряжения между выпрямителем и нагрузкой часто включают сглаживающий фильтр. Качество сглаживания определяется коэффициентом сглаживания, равным отношению коэффициента пульсации на входе фильтра к коэффициенту пульсации на его выходе

$$K_{сгл} = \frac{K_{п вх}}{K_{п вых}}$$

Например, простой LC-фильтр, представляющий собой последовательно с нагрузкой включенный дроссель и параллельно с нагрузкой включенный конденсатор, существенно уменьшает пульсации, поскольку для постоянной составляющей  $U_0$  сопротивление дросселя близко к 0, а конденсатора - к бесконечности, для переменной - наоборот, поэтому постоянная составляющая проходит через фильтр практически без изменений, а переменная существенно уменьшается.

Использование электронного стабилизатора позволяет значительно уменьшить  $K_p$ ,  $R_{вых}$ , а также зависимость  $U_0$  от колебаний напряжения в сети и тока нагрузки. Качество стабилизации оценивается коэф. стабилизации при пост. токе нагрузки

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх.ном}} \bigg/ \frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых.ном}}$$

где  $\Delta U_{вых}$  - приращение  $U_0$  при изменении  $U_{вх}$  на величину  $\Delta U_{вх}$ ;  $U_{вх.ном}$ ,  $U_{вых.ном}$  - номинальные значения напряжений.

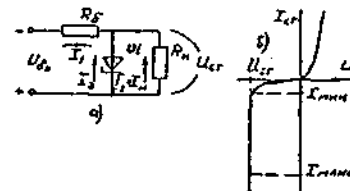


Рис. 5. Параметрический стабилизатор (а) и вольт-амперная характеристика стабилитрона (б)

Простейшим электронным стабилизатором является параметрический стабилизатор (рис. 5а), состоящий из балластного сопротивления  $R_0$  и стабилитрона. Он устанавливается в источнике питания между нагрузкой и выпрямителем со сглаживающим фильтром, если таковой имеется. В этой схеме используется свойство обратного смещенного стабилитрона сохранять напряжение в области пробоя практически неизменным при значительных изменениях протекающего через него тока (рис. 5 б, обратная ветвь ВАХ стабилитрона в области  $U_{ст}$ ). При отклонении  $U_{вх}$  от номинального значения почти все приращение входного напряжения падает на  $R_0$ , а выходное напряжение практически не меняется. При изменении тока нагрузка  $I_x (U_{вх} = \text{const})$  происходит перераспределение тока между стабилитроном и нагрузкой (изменяется  $I_{ст}$ ) почти без изменения общего тока  $I_0$ . Следовательно, напряжение на нагрузке остается практически постоянным. Коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора определяется по формуле

$$K_{ст} = \left( \frac{R_0}{r_d} + 1 \right) \frac{U_{вых.ном}}{U_{вх.ном}}$$

где  $r_d$  - динамическое сопротивление стабилитрона.

Выходное сопротивление стабилизатора  $R_{вых} = R_0 \parallel r_d \approx r_d$ , так как  $r_d \ll R_0$

Описание макета.

Макет схема которого представлена на рис. 6, включает в себя:

- выпрямитель, который в зависимости от положения переключателя (контакты 5,6) может работать по однополупериодной или мостовой схеме
- LC-фильтр (L1, C2);
- параметрический стабилизатор (R2, V6);
- контрольно-измерительные приборы (I1, V2);
- дискретно-изменяющуюся нагрузку (R3, R4, R5, R6);
- емкостную нагрузку. (C1)

В схеме установлены детали со следующими параметрами:

J1 - КД102А	U2 - U5 - диодная сборка КД906А			
R1=10 Ом	R2=820 Ом	R3=4 кОм	C1=200 мкФ	C2=200 мкФ
R4=2 кОм	R5=1,3 кОм	R6=1 кОм	L1=1,3 Гн	U6 - КС175А

G1 - регулируемый стабилизированный источник напряжения)

