

# Диод и триод

Бояринцева Н.А.

Можаров А.Р.

24 декабря 2023

## Теоретическая часть

### Диод

При постоянной температуре анодный ток зависит только от анодного напряжения. Данная зависимость ( $I_a(U_a)$ ) называется *анодной характеристикой диода*.

Зависимость анодного тока от напряжения накала  $I_a(U_n)$  лампы называется *температурной характеристикой диода*.

*Вольт-амперной характеристикой (ВАХ)* элемента называется зависимость  $U(I)$  напряжения на элементе от тока на нём.

*Внутренним сопротивлением  $R_i$*  элемента называется отношение приращения напряжения на элементе приращению тока:

$$R_i = \frac{dU_a}{dI_a}$$

(т.е. производная от ВАХ). Т.к. ВАХ диода, вообще говоря, не линейна, то внутреннее сопротивление зависит от анодного тока (или анодного напряжения — в зависимости от задаваемого параметра).

Обратной величиной к внутреннему сопротивлению является *крутизна ВАХ  $S$* , которая, в свою очередь, также зависит от анодного тока или анодного напряжения:

$$S = \frac{dI_a}{dU_a}$$

Заметим, что построение зависимостей внутреннего сопротивления и крутизны ВАХ при знании самой ВАХ не составляют особой сложности.

### Триод

У триода, ввиду особенностей его внутреннего строения — наличия сетки, анодный ток является функцией как анодного напряжения, так и сеточного.

Крутизна ВАХ триода:

$$S = \frac{\partial I_a}{\partial U_c} = \left. \frac{dI_a}{dU_c} \right|_{U_a=const}$$

Крутизна имеет смысл тангенса угла наклона касательной к сеточной характеристике.

Внутреннее сопротивление триода:

$$R_i = \frac{\partial U_a}{\partial I_a} = \left. \frac{dU_a}{dI_a} \right|_{U_c=const}$$

Внутреннее сопротивление имеет смысл котангенса угла наклона касательной к анодной характеристике.

Статический коэффициент усиления триода:

$$\mu = \left. \frac{dU_a}{dU_c} \right|_{I_a = \text{const}}$$

Найдём связь между крутизной и внутренним сопротивлением. Для этого вычислим полный дифференциал анодного тока  $I_a(U_c, U_a)$ .

$$dI_a = \frac{\partial I_a}{\partial U_c} dU_c + \frac{\partial I_a}{\partial U_a} dU_a$$

Если изменять  $U_a$  и  $U_c$  так, чтобы  $I_a = \text{const}$  (а следовательно  $dI_a = 0$ ), то, учитывая также, что изменение сеточного и анодного напряжений имеют различный знак, получим:

$$\frac{\partial I_a}{\partial U_c} dU_c - \frac{\partial I_a}{\partial U_a} dU_a = 0$$

Поделим на  $dU_c$  и получим:

$$\frac{\partial I_a}{\partial U_c} - \frac{\partial I_a}{\partial U_a} \frac{dU_a}{dU_c} = 0$$

И т.к.  $I_a = \text{const}$ :

$$\mu = SR_i$$

Нетрудно показать, что связь крутизны триода в статическом  $S_s$  и динамическом  $S_d$  режимах выглядит следующим образом:

$$S_d = \frac{S_s}{1 + \frac{R_i}{R_a}}$$

Выражение для коэффициента усиления триода имеет вид:

$$K = \frac{dU_a}{dU_c}$$

Тогда, заметив, что  $dU_a = R_a \cdot dI_a$ , получим:

$$K = R_a \frac{dI_a}{dU_a} = R_a S_d = \frac{R_a S_s}{1 + \frac{R_i}{R_a}} = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_a}}$$

где  $R_a$  — сопротивление нагрузки,  $\mu$  — коэффициент усиления,  $R_i$  — внутреннее сопротивление триода.

## Практическая часть

1. Снята воль-амперная характеристика диода (рис. 1).  
Построим зависимость крутизны ВАХ диода от напряжения (рис. 2).
2. Снято семейство сеточных (рис. 3) и анодных (рис. 4) характеристик триода.
3. Снята зависимость коэффициента усиления от частоты (рис. 5)
4. Снята зависимость коэффициента усиления от нагрузки (рис. 6)

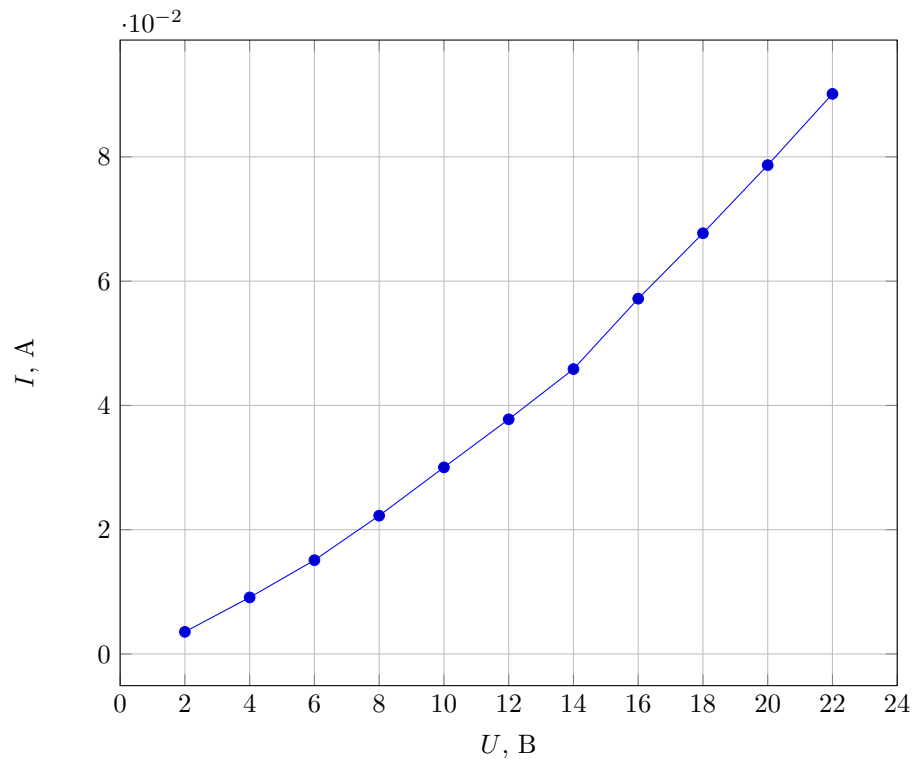


Рис. 1: ВАХ диода

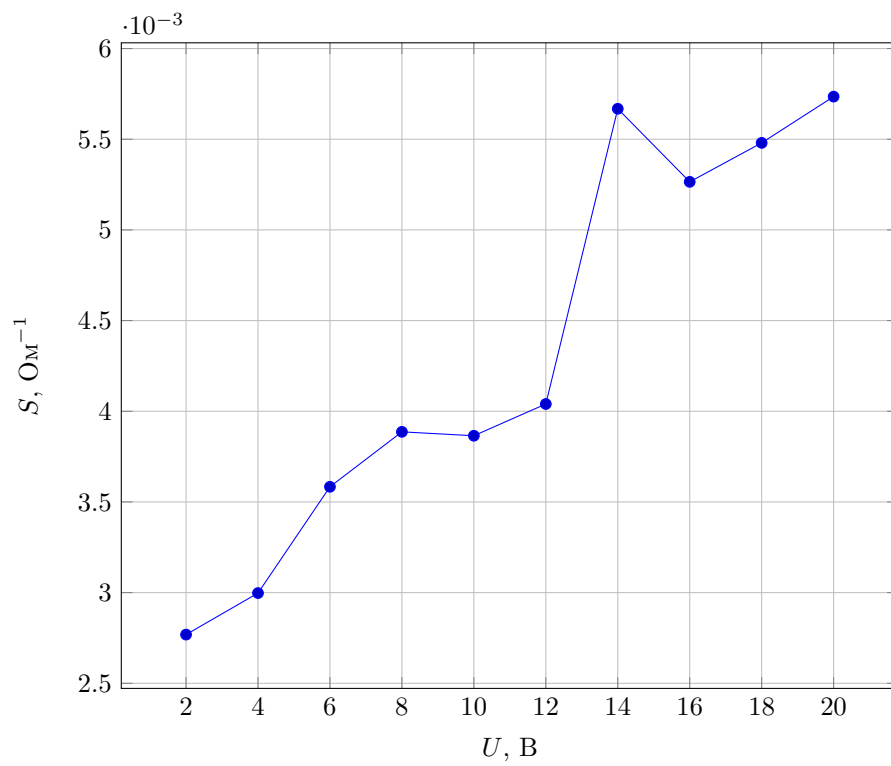


Рис. 2: Крутизна ВАХ диода

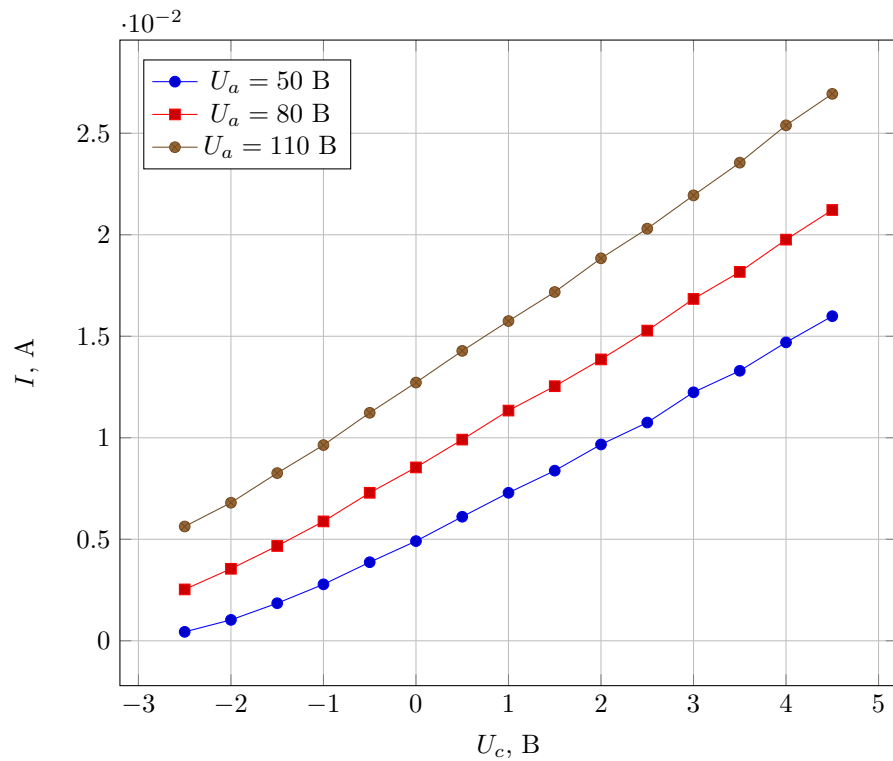


Рис. 3: Семейство сеточных характеристик триода

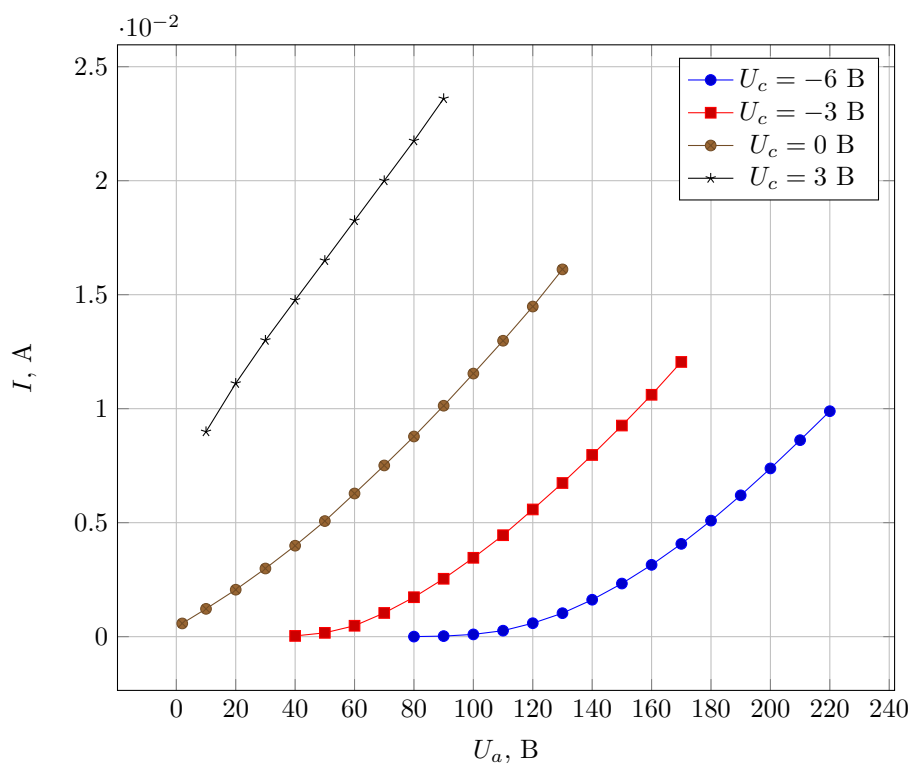


Рис. 4: Семейство анодных характеристик триода

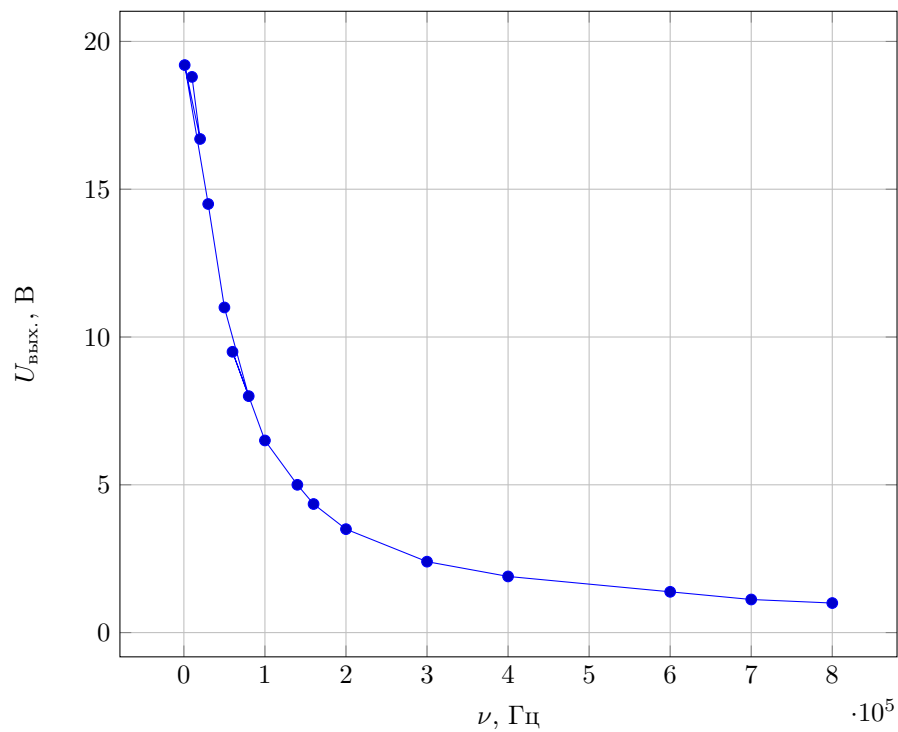


Рис. 5: Зависимость коэффициента усиления триода от частоты входного сигнала

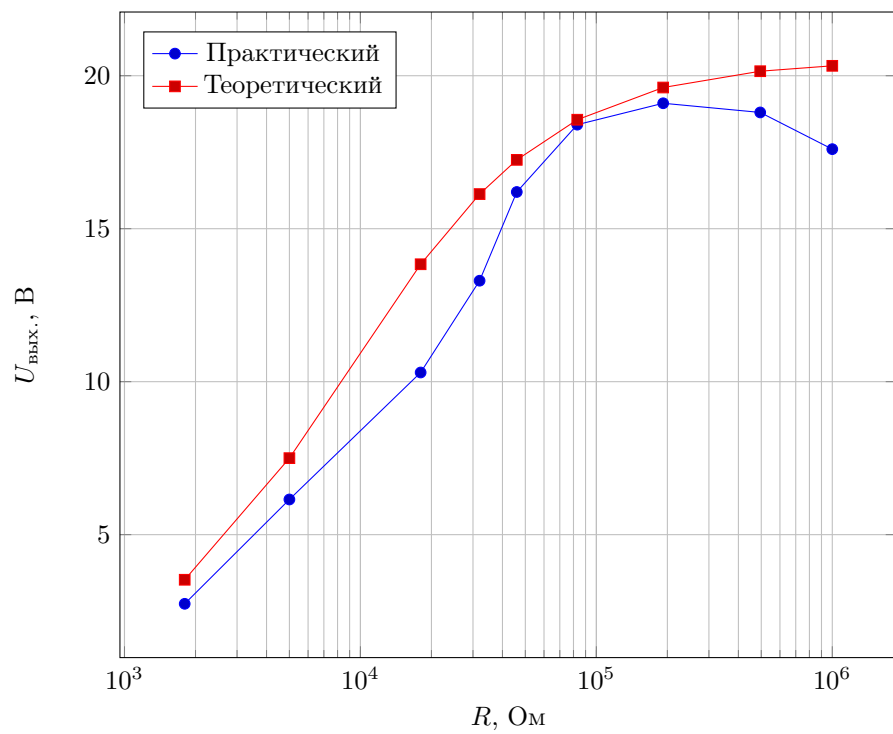


Рис. 6: Зависимость коэффициента усиления триода от сопротивления нагрузки