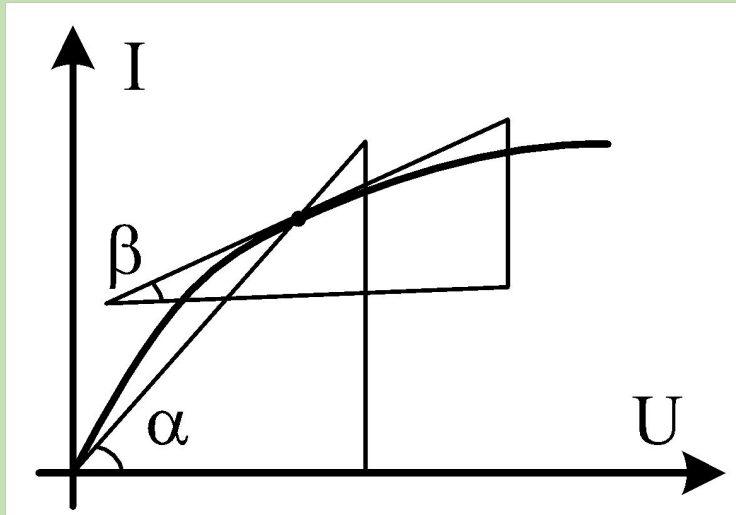
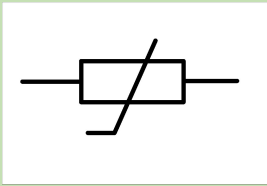


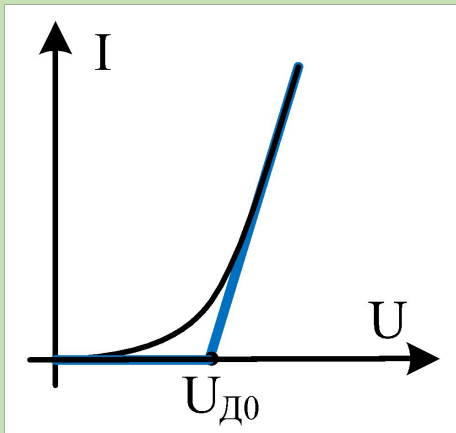
Расчет нелинейных электрических цепей



$$r_D = \frac{dU}{dI} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_U}{m_I} \operatorname{tg} \beta$$

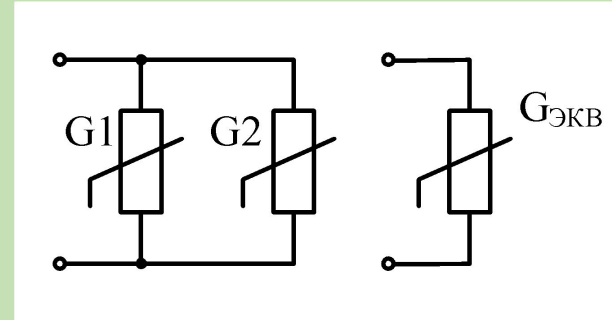
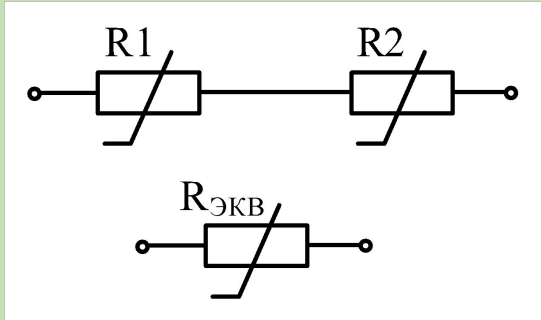
$$R = \frac{U}{I} = \frac{m_U}{m_I} \operatorname{tg} \alpha$$

Метод линеаризации (метод кусочно-линейной аппроксимации)



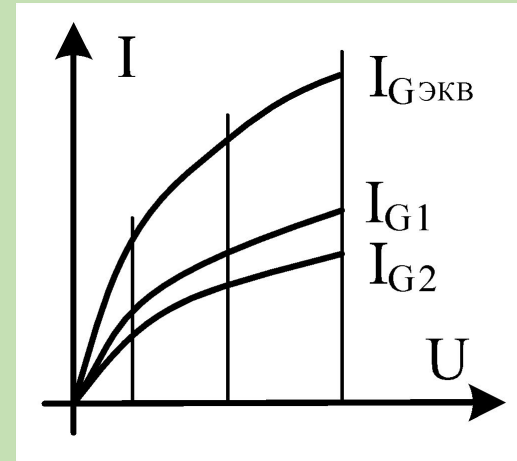
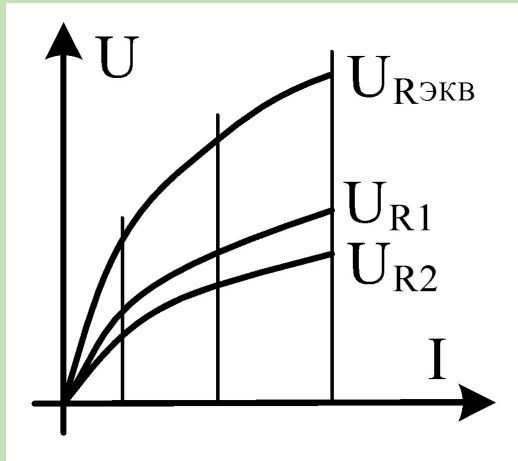
$$\begin{cases} I = 0 \text{ где } 0 \leq U < U_{D0} \\ I = \frac{U - U_{D0}}{r_D} \text{ где } U > U_{D0} \end{cases}$$

Метод эквивалентных преобразователей

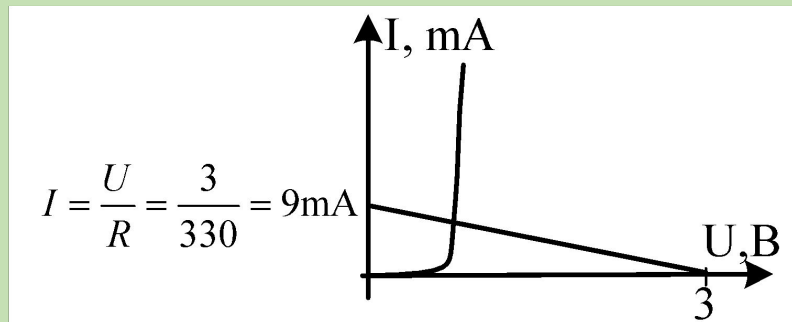
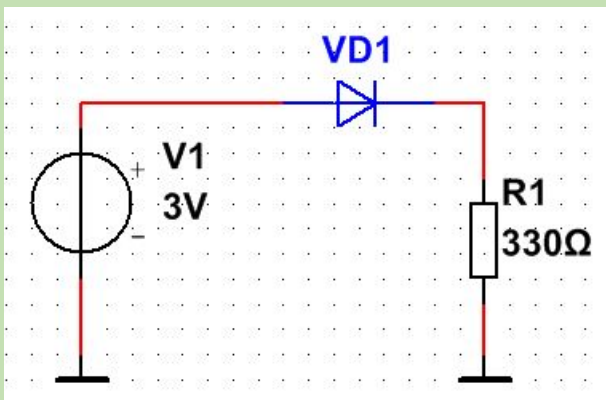
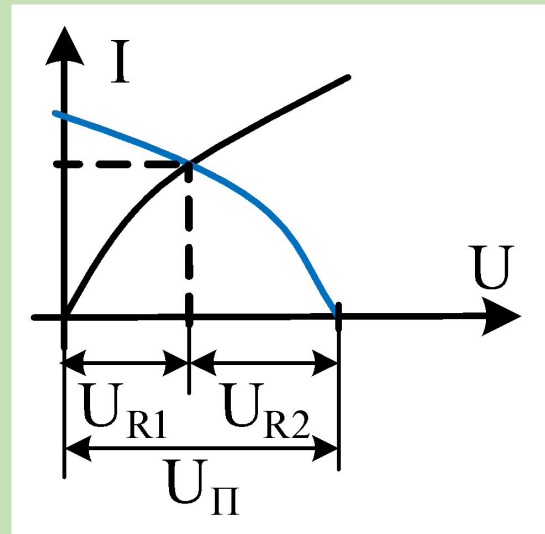
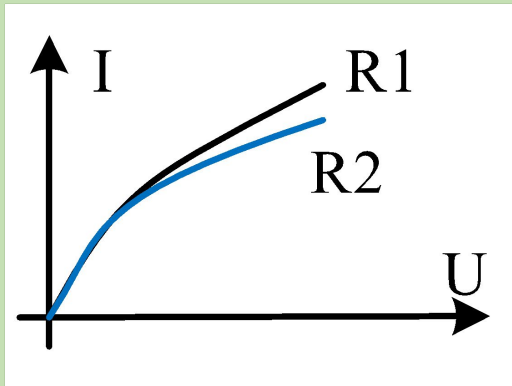
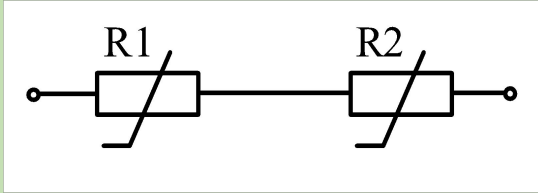


$$U_{R_{\text{ЭКВ}}} = U_{R1} + U_{R2}$$

$$I_{G_{\text{ЭКВ}}} = I_{G1} + I_{G2}$$



Метод пересечения характеристик

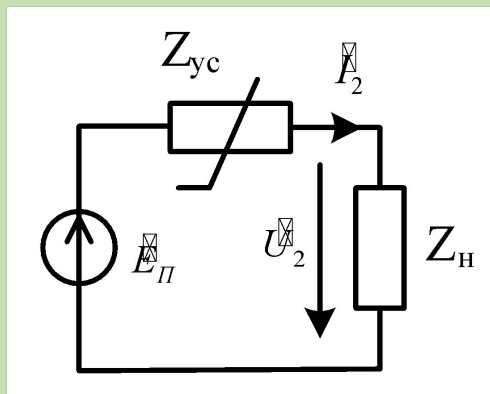


Усилительные устройства на базе транзистора

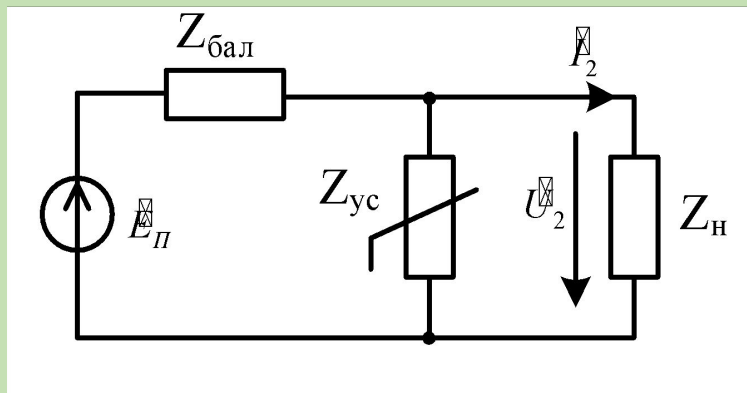
Структурные схемы

1. Последовательная

$$\dot{U}_2 = \frac{E_{\Pi} Z_{\text{н}}}{Z_{\text{н}} + Z_{\text{yc}}}$$



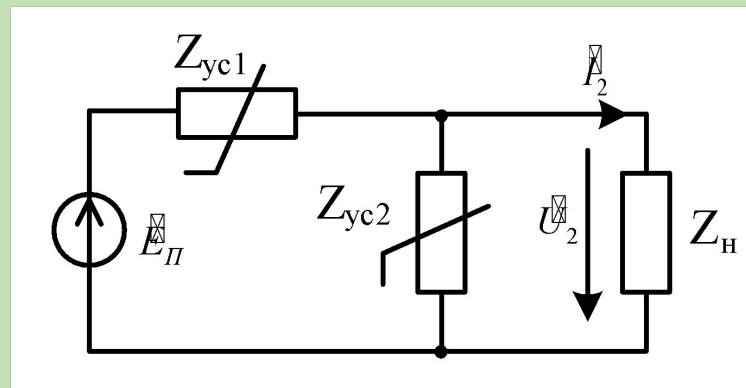
2. Параллельная



$$\dot{U}_2 = \frac{E_{\Pi} \frac{1}{\left(\frac{1}{Z_{\text{yc}}} + \frac{1}{Z_{\text{н}}}\right)}}{Z_{\text{бал}} + \frac{1}{\left(\frac{1}{Z_{\text{yc}}} + \frac{1}{Z_{\text{н}}}\right)}} = \frac{E_{\Pi}}{1 + \left(\frac{1}{Z_{\text{yc}}} + \frac{1}{Z_{\text{н}}}\right) Z_{\text{бал}}}$$

3. Последовательно-параллельная

$$\dot{U}_2 = \frac{E_{\Pi}}{1 + \left(\frac{1}{Z_{\text{yc}2}} + \frac{1}{Z_{\text{н}}}\right) Z_{\text{yc}1}}$$



Классификация усилителей по виду усиливаемого сигнала

- гармонические;
- импульсные;

по типу усиливаемой величины

- напряжения;
- тока;
- мощности;

по диапазону усиливаемых частот

- усилители постоянного тока (УПТ);
- усилители переменного тока;
- ✓ усилители нижней (низкой) частоты (до сотен кГц);
- ✓ усилители верхней (высокой) частоты (свыше сотен кГц);
- ✓ широкополосные усилители;
- ✓ избирательные (резонансные) усилители;

Классификация усилителей по виду соединительных цепей усилительных каскадов

- с непосредственной связью;
- с резистивно-емкостной цепью;
- с индуктивной связью;

по виду нагрузки

- с активной
- с активно-индуктивной
- с емкостной нагрузкой.

Основные характеристики усилителя

1. Коэффициент усиления

- по напряжению

$$K_U = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} \quad \text{дБ} [\quad] = 20 \lg \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$$

- по току

$$K_I = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \quad \text{дБ} [\quad] = 20 \lg \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1}$$

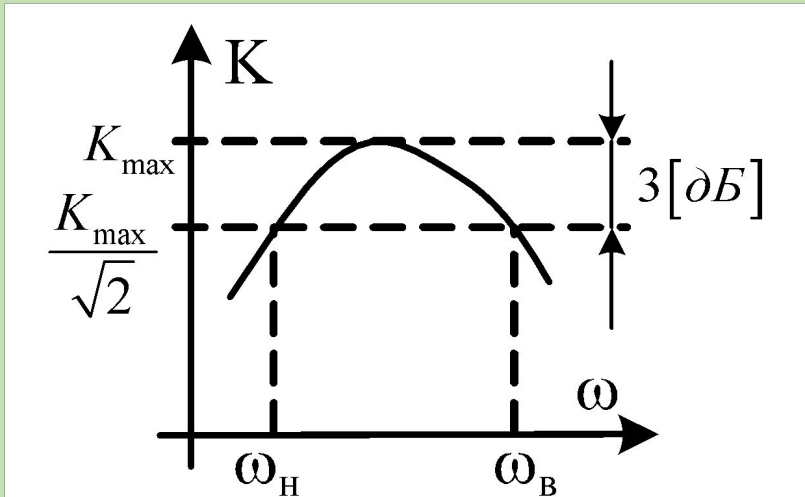
- по мощности

$$K_P = \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} \quad K_P = K_U K_I \quad \text{дБ} [\quad] = 10 \lg \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}$$

Для усилителя, состоящего из n последовательно соединенных каскадов

$$K_{\text{общ}} = K_1 K_2 \dots K_n \quad \text{дБ}_{\text{общ}} [K] = \text{дБ}_1 [K] + \text{дБ}_2 [\quad] + \dots + \text{дБ}_n [\quad]$$

2. Полоса пропускания



$$\Delta\omega = \omega_B - \omega_H$$

3. Входное и выходное сопротивления $R_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}}$ $R_{\text{вых}} = \frac{|\Delta U_{\text{вых}}|}{|\Delta I_{\text{вых}}|}$

4. Выходная мощность усилителя $P_{\text{вых}} = I_2^2 R_n$

5. Амплитудная характеристика $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$

6. Искажение сигналов в усилителе

- коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник)

$$K_n = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}}{A_1}$$

- коэффициент частотных искажений

$$M = \frac{K_{\text{вп}}(\omega)}{K_U(\omega)}$$

7. Переходная характеристика

8. Коэффициент полезного действия (КПД) $\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вст}}}$

9. Передаточная функция

$$W(p) = \frac{U_{\text{вых}}(p)}{U_{\text{вх}}(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0} = \frac{b_m \prod_{i=1}^m (p - p_{0i})}{a_n \prod_{i=1}^n (p - p_{pi})} \quad p^i = \frac{d^i}{dt^i}$$

10. Амплитудно-фазовая характеристика

$$W(p) \Big|_{p \rightarrow jw} = W(jw) = \text{Re}[W(jw)] + j \text{Im}[W(jw)] = P(w) + jQ(w)$$

11. Амплитудно-частотная характеристика

$$K(w) = |W(jw)| = \sqrt{P^2(w) + Q^2(w)}$$

12. Фазо-частотная характеристика

$$\varphi(w) = \arg(W(jw)) = \text{arctg} \frac{Q(w)}{P(w)}$$