

# **Лекции №5\_6**

**Усилительные устройства.  
Основные параметры и  
технические характеристики.  
Обратная связь в усилителях.**

# Определение

**Усилитель электрических сигналов это устройство, увеличивающее (усиливающее) мощность подводимых к нему электрических сигналов путем управления ими энергией собственного источника питания усилителя при помощи усилительных элементов (УЭ), обладающих управляющими свойствами.**

# Функциональная схема усилительного тракта

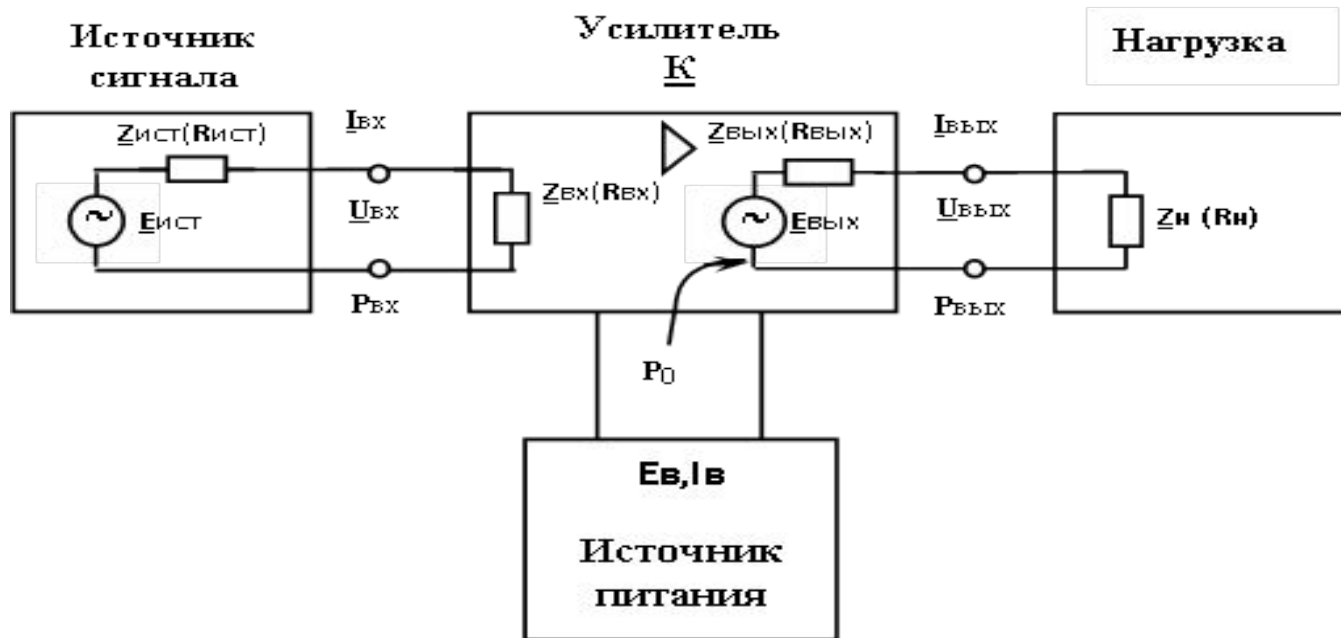
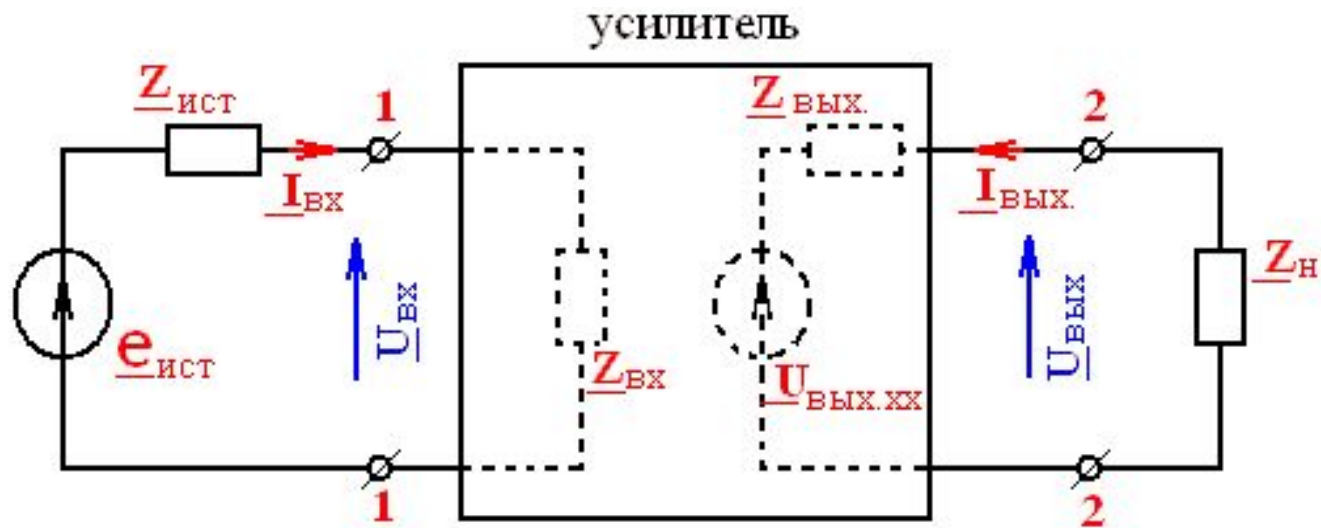


Рис. 1

# Параметры усилителей



# Коэффициент усиления по напряжению

$$\underline{K} = \frac{\underline{U}_{\text{ВЫХ}}}{\underline{U}_{\text{ВХ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \cdot e^{j\varphi_k} = Ke^{j\varphi_k}$$

# Сквозной коэффициент усиления по напряжению

$$\underline{K}^* = \underline{K}_E = \frac{\underline{U}_{\text{ВЫХ}}}{\underline{E}_{\text{ИСТ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{E_{\text{ИСТ}}} \cdot e^{j\varphi_{k^*}} = K^* \cdot e^{j\varphi_{k^*}}$$

$$\underline{K}_{\text{ВХ ц.}} = \frac{\underline{U}_{\text{ВХ}}}{\underline{E}_{\text{ИСТ}}} = \frac{\underline{Z}_{\text{ВХ}}}{\underline{Z}_{\text{ИСТ}} + \underline{Z}_{\text{ВХ}}}$$

# Сквозной коэффициент усиления по напряжению

$$\underline{K}^* = \frac{\underline{U}_{\text{ВЫХ}}}{\underline{E}_{\text{ИСТ}}} = \frac{\underline{U}_{\text{ВЫХ}}}{\underline{U}_{\text{ВХ}}} \cdot \frac{\underline{U}_{\text{ВХ}}}{\underline{E}_{\text{ИСТ}}} = \underline{K} \cdot \underline{K}_{\text{ВХ.Ц}} = K \cdot e^{j\varphi_K} \cdot K_{\text{ВХ.Ц}} \cdot e^{j\varphi_{\text{ВХ.Ц}}} = K^* \cdot e^{j\varphi_{K^*}}$$

# Сквозной коэффициент усиления по напряжению

$$\underline{K}_{\text{ВХ ц.}} = \frac{\underline{U}_{\text{ВХ}}}{\underline{E}_{\text{ИСТ}}} = \frac{\underline{Z}_{\text{ВХ}}}{\underline{Z}_{\text{ИСТ}} + \underline{Z}_{\text{ВХ}}}$$



# Коэффициент усиления по току

$$\underline{K}_T = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}} \cdot e^{j\varphi_{KT}} = K_T \cdot e^{j\varphi_{KT}}$$

# Коэффициент усиления по МОЩНОСТИ

$$K_M = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}}$$

$$K_{M_{\text{НОМ}}} = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ.НОМ}}}$$

$$P_{\text{ВХ.НОМ}} = \frac{E_{\text{ИСТ}}^2}{4R_{\text{ВХ}}}$$

# Единицы измерения децибелы

Обычно коэффициенты усиления выражаются в относительных значениях (в раз), но нередко их выражают и в логарифмических единицах – децибелах:

$$K(\text{дБ}) = 20 \lg K ; \quad K^*(\text{дБ}) = 20 \lg K^* ;$$
$$K_T(\text{дБ}) = 20 \lg K_T ; \quad K_M(\text{дБ}) = 10 \lg K_M$$

# Единицы измерения (разы)

$$K = 10^{\frac{K(\text{дБ})}{20}}$$

$$K^* = 10^{\frac{K^*(\text{дБ})}{20}}$$

$$K_T = 10^{\frac{K_T(\text{дБ})}{20}}$$

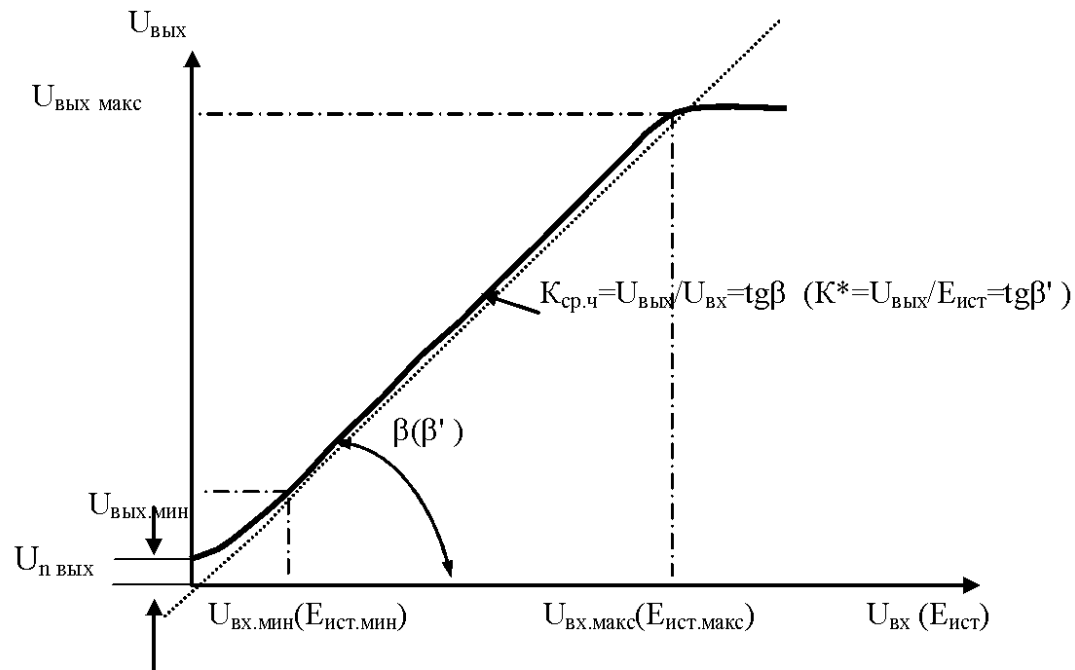
$$K_M = 10^{\frac{K_M(\text{дБ})}{10}}$$

# Расчет общего коэффициента усиления

$$K_{\text{общ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

$$K_{\text{общ(дБ)}} = K_{1(\text{дБ})} + K_{2(\text{дБ})} + \dots + K_{n(\text{дБ})}$$

# Амплитудная (сквозная амплитудная) характеристики усилителя



# Динамический диапазон усилителя

$$D_y = \frac{U_{\text{ВХ.МАКС}}}{U_{\text{ВХ.МИН}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ.МАКС}}}{U_{\text{ВЫХ.МИН}}}$$

$$D_y(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{U_{\text{ВХ.МАКС}}}{U_{\text{ВХ.МИН}}} = 20 \lg \frac{U_{\text{ВЫХ.МАКС}}}{U_{\text{ВЫХ.МИН}}}$$

# Динамический диапазон сигналов

$$D_c = \frac{E_{m.\text{ист.макс}}}{E_{m.\text{ист.мин}}} = \frac{E_{\text{ист.макс}}}{E_{\text{ист.мин}}}$$

$$D_c \text{ (дБ)} = 20 \lg D_c$$

$$D_y \geq D_c$$



# Амплитудно-частотная характеристика



# Собственные помехи усилителей

Причинами появления этого напряжения являются:

- наводки,
- фон,
- шумы микрофонного эффекта,
- тепловые шумы,
- шумы УЭ,
- дрейф.

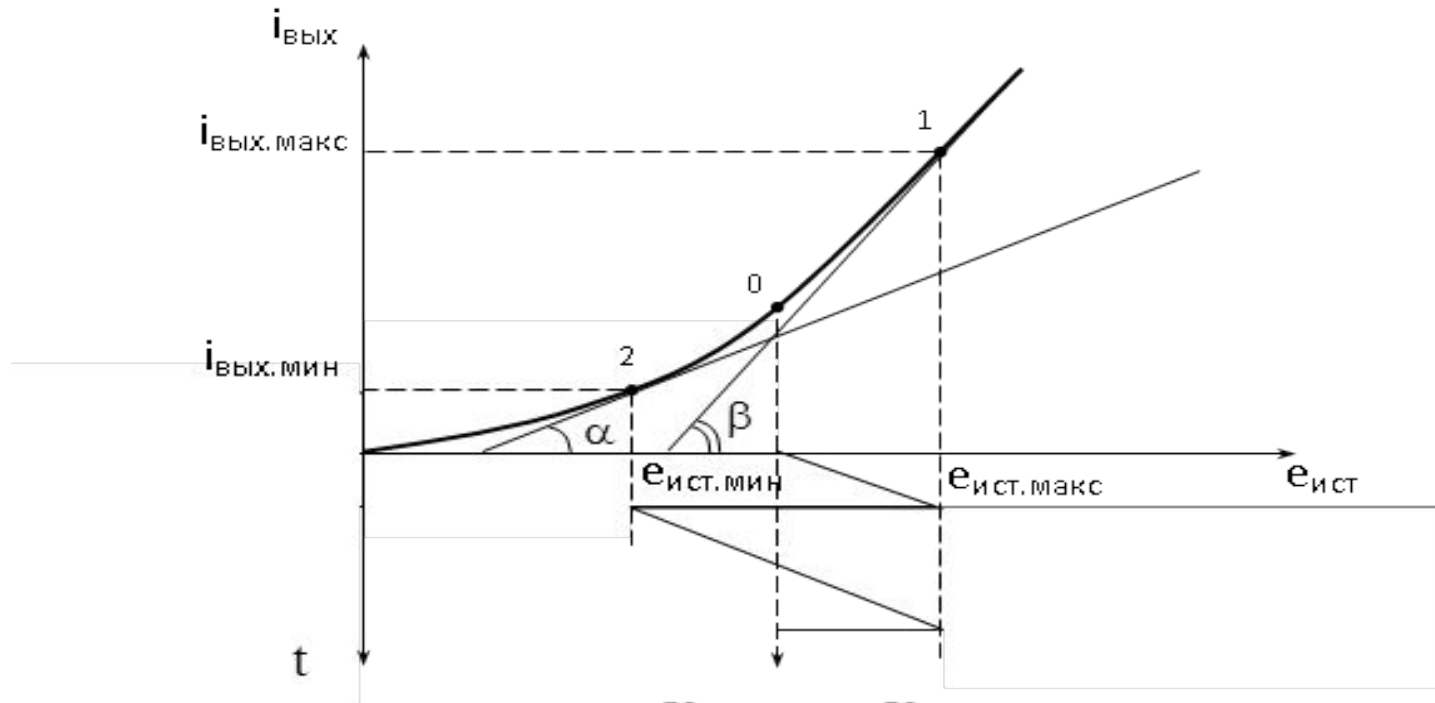
# Нелинейные искажения гармонических сигналов

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{U_{\text{ВЫХ} 2}^2 + U_{\text{ВЫХ} 3}^2 + U_{\text{ВЫХ} 4}^2 + \dots}}{U_{\text{ВЫХ} 1}} = \frac{\sqrt{I_{\text{ВЫХ} 2}^2 + I_{\text{ВЫХ} 3}^2 + I_{\text{ВЫХ} 4}^2 + \dots}}{I_{\text{ВЫХ} 1}}$$

$$K_{\Gamma 2} = \frac{I_{\text{ВЫХ} 2}}{I_{\text{ВЫХ} 1}} = \frac{I_{\text{т.ВЫХ} 2}}{I_{\text{т.ВЫХ} 1}}$$

$$K_{\Gamma 3} = \frac{I_{\text{ВЫХ} 3}}{I_{\text{ВЫХ} 1}} = \frac{I_{\text{т.ВЫХ} 3}}{I_{\text{т.ВЫХ} 1}}$$

# Нелинейные искажения импульсных сигналов



$$K_{\text{нл}} = \frac{K_{\text{нл макс}} - K_{\text{нл мин}}}{K_{\text{нл макс}}}$$

Рис. 5

# Линейные искажения гармонических сигналов

$$M = \frac{1}{Y} = \frac{K_{\text{ср.ч}}}{K}$$

$$Y = \frac{K}{K_{\text{ср.ч}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ВЫХ ср.ч}}/U_{\text{ВХ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВЫХ ср.ч}}}$$

$$M(\text{дБ}) = 20 \lg M$$

# Линейные искажения импульсных сигналов

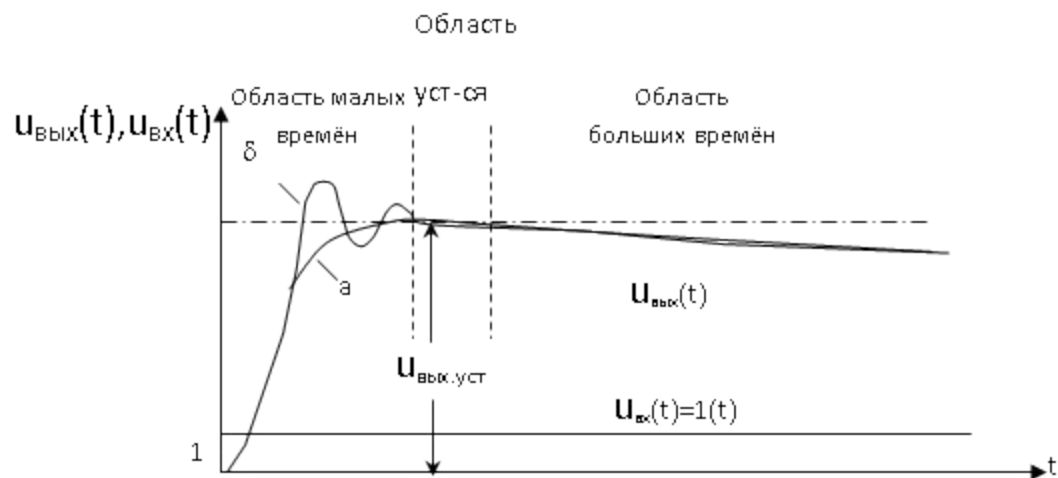


Рис.1.4

# Оценка линейных искажений в области малых времен

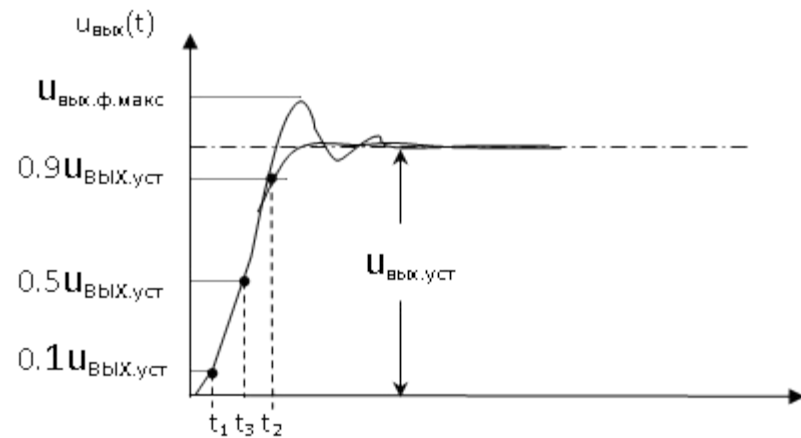


Рис.1.5

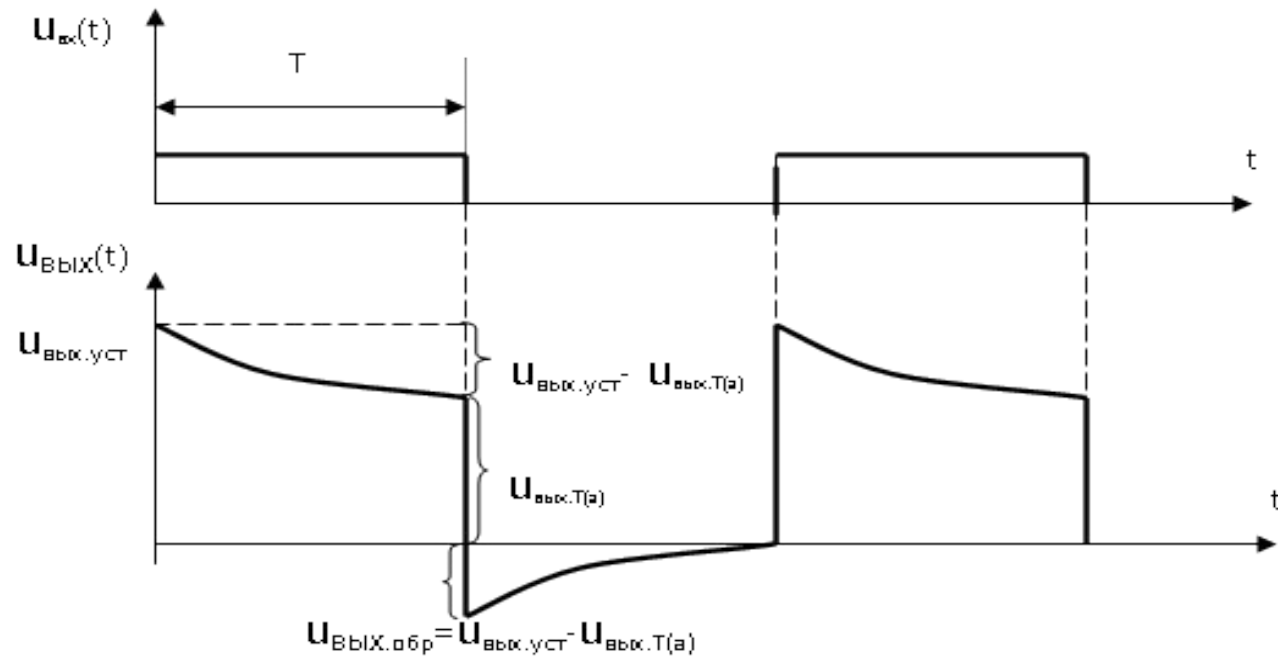
# Оценка линейных искажений в области малых времен

$$t_y = t_2 - t_1$$

$$\delta = \frac{u_{\text{вых.}\phi.\text{макс}} - u_{\text{вых.уст}}}{u_{\text{вых.уст}}}$$



# Оценка линейных искажений в области больших времен

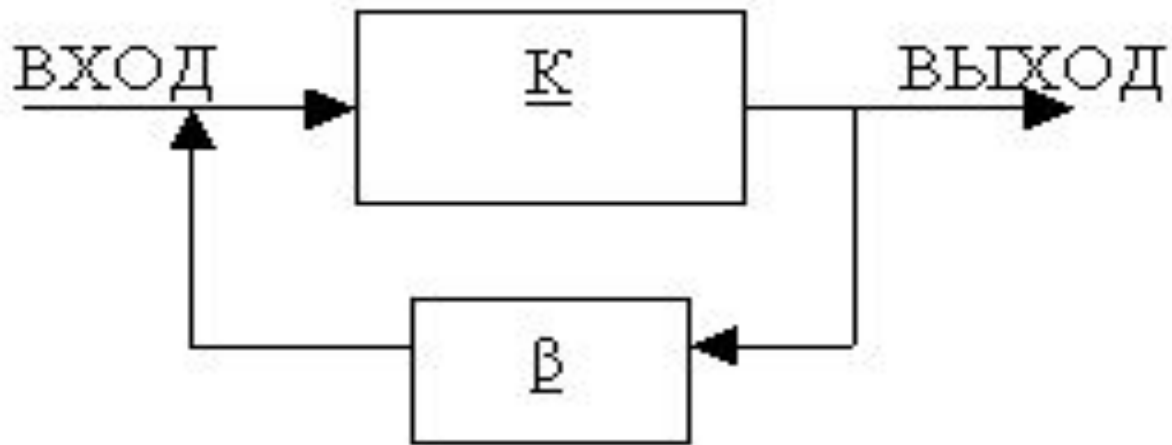


$$\Delta_{\text{обр}} = \frac{u_{\text{вых.обр}}}{u_{\text{вых.уст}}} \cdot 100 = \frac{u_{\text{вых.уст}} - u_{\text{вых.T(a)}}}{u_{\text{вых.уст}}} \cdot 100 = \Delta$$

# Обратная связь в усилителях

Обратной связью называют связь между электрическими цепями, при которой часть энергии выходного сигнала передаётся на вход, т.е. из цепи с более высоким уровнем сигнала в цепь с более низким его уровнем.

# Обратная связь в усилителях



# Основные определения

- 

$$k = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}$$

$$\beta = \frac{U_{\text{ОС}}}{U_{\text{ВЫХ}}}$$

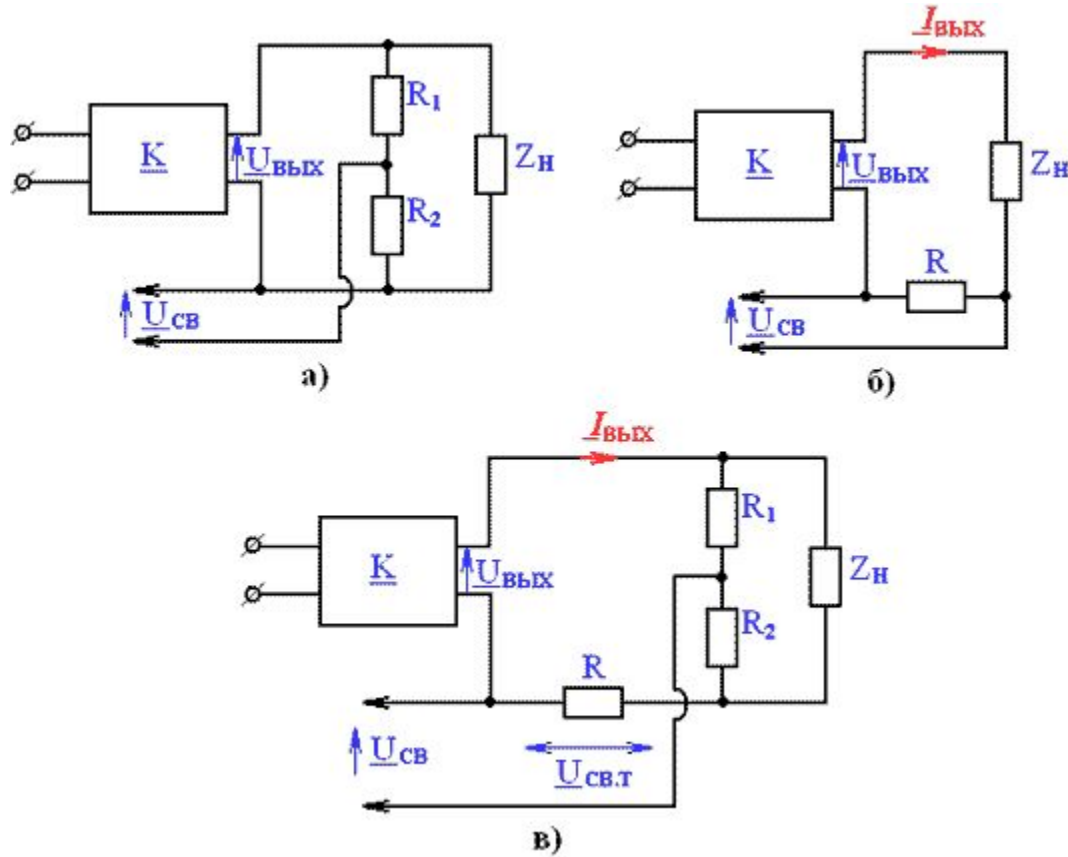
$$T = \beta k$$

$$T_B = -T$$

$$F = 1 - \beta k$$

$$F = 1 + \beta k$$

# Способы снятия обратной СВЯЗИ



# Способы подачи обратной связи

## СВЯЗИ

