

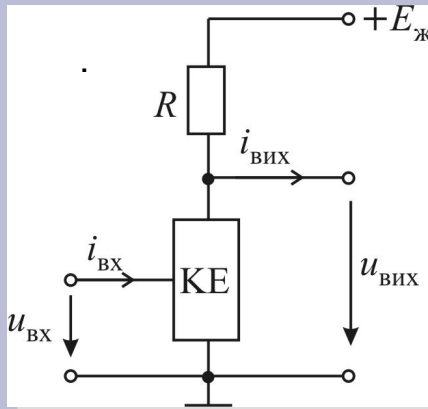


Електроніка

ПІДСИЛЮВАЧІ

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

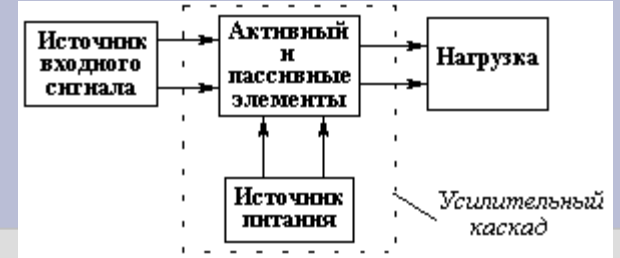
Загальні відомості і параметри підсилювачів



Структурна схема підсилювального каскаду

Вхідний електричний сигнал $u_{вх}$ за допомогою керуючого елемента КЕ може впливати на роботу джерела електричної енергії (джерело живлення $E_{ж}$), відтворюючись завдяки цьому на вищому енергетичному рівні

- коефіцієнт підсилення за напругою
- коефіцієнт підсилення за струмом
- коефіцієнт підсилення за потужністю



$$K_U = U_{вих} / U_{вх}$$

$$K_I = I_{вих} / I_{вх}$$

$$K_P = \frac{P_{вых}}{P_{вх}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \frac{I_{вых}}{I_{вх}} = K_U K_I$$

коефіцієнти в логарифмічних одиницях – децибелах (дБ).

$$K_{P,дБ} = 10 \lg K_P \quad P \sim I^2 \text{ или } U^2 \quad K_{U,дБ} = 20 \lg K_U \quad K_{I,дБ} = 20 \lg K_I$$

$$K_U = 10^{\frac{K_{U,дБ}}{20}} \quad \text{Якщо } K_{U,дБ} = 1 \text{ дБ, то } K_U = 10^{1/20} = 1,12, \text{ тобто підсилення на } 12 \%$$

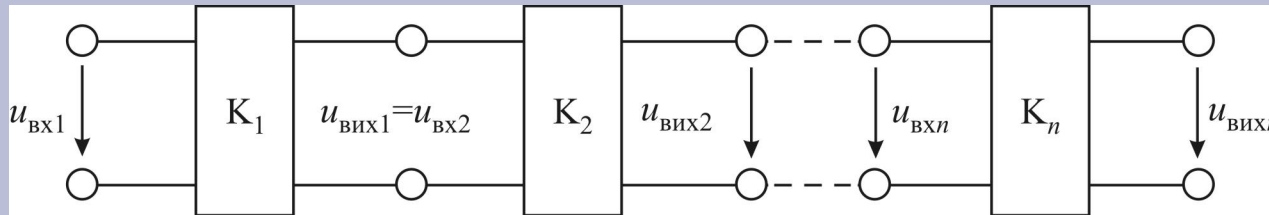
- Вихідна напруга $P_{вых} = \frac{U_{вых}^2}{R_H} = \frac{U_{т\text{ в}ых}^2}{2R_H}$

- Номінальна вхідна напруга

- ККД $\eta = \frac{P_{вых}}{P_0} 100\%$

- Діапазон посилюваних частот або полоса пропускання

Структурна схема багатокаскадного підсилювача



$$K_U = U_{\text{ВИХ}n} / U_{\text{ВХ}1}$$

$$K = \frac{U_{\text{вих}1}}{U_{\text{вх}1}} \cdot \frac{U_{\text{вих}2}}{U_{\text{вх}2}} \cdot \frac{U_{\text{вих}3}}{U_{\text{вх}3}} = \frac{U_{\text{вих}3}}{U_{\text{вх}1}}$$

$$U_{\text{ВИХ}1} = U_{\text{ВХ}2} \quad U_{\text{ВИХ}2} = U_{\text{ВХ}3} \quad U_{\text{ВИХ}n-1} = U_{\text{ВХ}n}$$

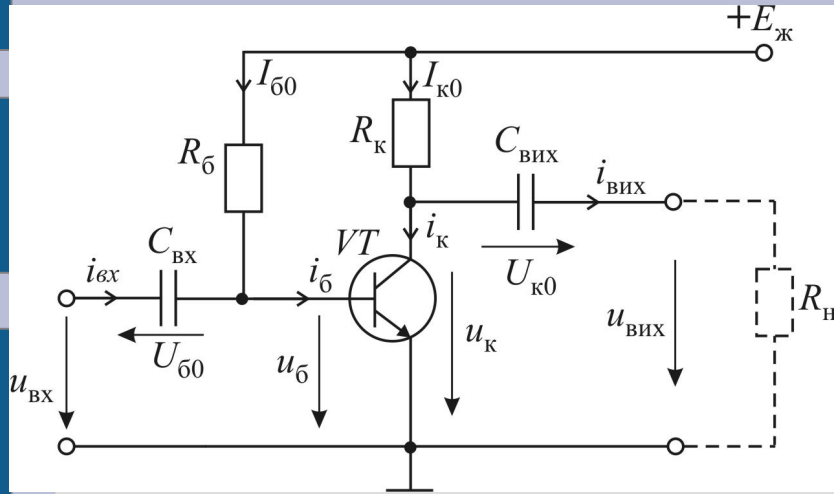
$$K_U = U_{\text{ВИХ}n} / U_{\text{ВХ}1} = K_1 K_2 \dots K_n$$

$$K_{\text{дБ}} = K_{1,\text{дБ}} + K_{2,\text{дБ}} + K_{3,\text{дБ}} = \sum_{i=1}^n K_{i,\text{дБ}}$$

Залежно від діапазону частот вхідних сигналів розрізняють:

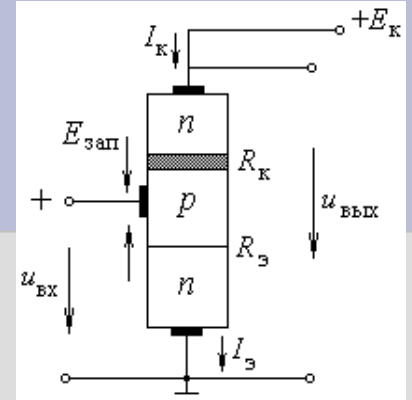
- підсилювачі постійного струму (ППС) для підсилювання сигналів, які змінюються повільно (від 0 Гц і вище);
- підсилювачі низької частоти (ПНЧ) для підсилювання в діапазоні від звукових частот і вище (від десятків герц до 10... 15 МГц);
- підсилювачі високої частоти (ПВЧ) для підсилювання в діапазоні частот від десятків кілогерц до сотень мегагерц;
- широкосмугові підсилювачі (ШСП) для підсилювання імпульсних сигналів, що мають спектр частот від десятків герц до сотень мегагерц;
- вузько смугові (вибірні) підсилювачі (ВСП) для підсилювання сигналів у вузькому діапазоні частот.

Будова і принцип дії підсилювального каскаду



$$E_K > U_{б0} \quad I_K \approx I_{э}$$

$$R_K \gg R_{э} \quad U_{вх} = I_{э} R_{э} \ll U_{ввих} = I_K R_K$$



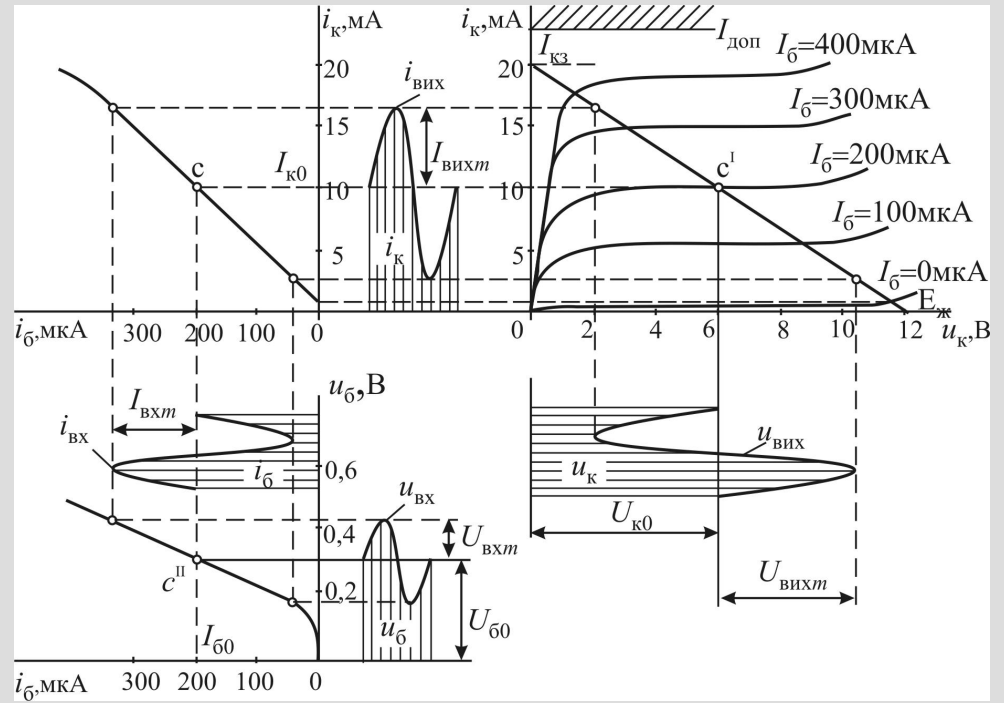
$$E_K = U_{кэ} + I_K R_K$$

$$U_{кэ} = E_K - I_K R_K$$

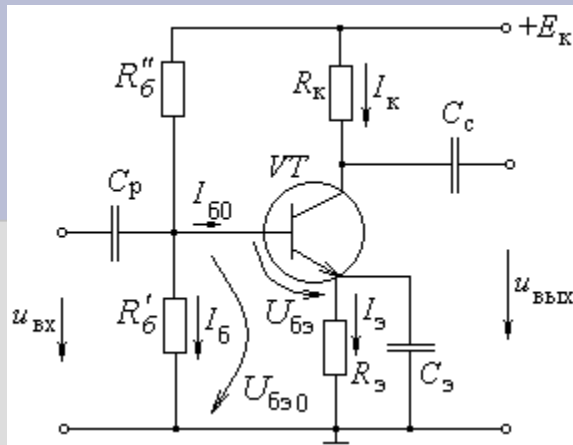
$$I_K = 0; \Rightarrow U_{кэ} = E_K$$

$$U_{кэ} = 0 \Rightarrow I_K = \frac{E_K}{R_K}$$

$$E_K = U_{б0} + I_{б0} R_{б} \quad R_{б} = \frac{E_K - U_{б0}}{I_{б0}}$$



Температурна стабілізація підсилювального каскаду



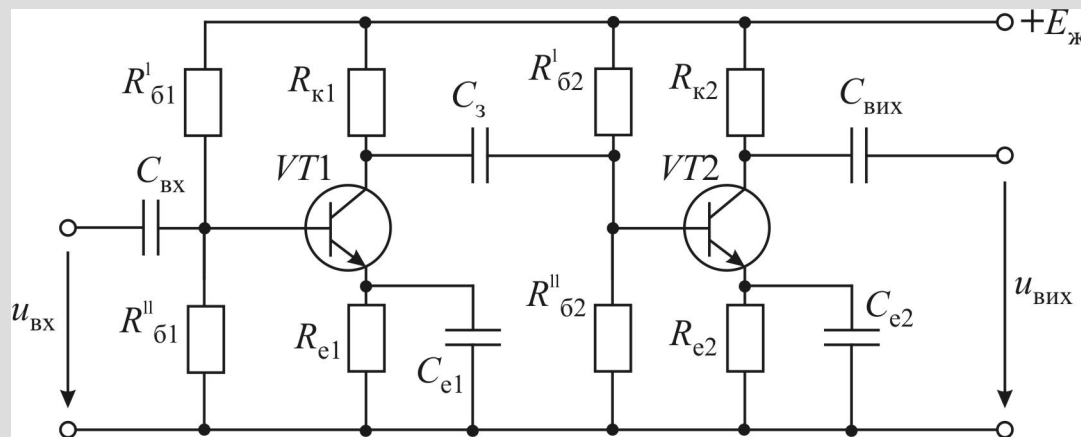
$$U_{бэ0} = I_{б0} R'_б = \frac{E_k R'_б}{R'_б + R''_б}$$

$$U_{бэ} = U_{бэ0} - I_э R_э = \frac{E_k R'_б}{R'_б + R''_б} - I_э R_э$$

$$I_э = I_{б0} + I_к \quad T \uparrow \Rightarrow I_к \uparrow \Rightarrow I_э \uparrow \Rightarrow I_э R_э \uparrow \Rightarrow U_{бэ} \downarrow \Rightarrow I_б \downarrow \Rightarrow I_к \downarrow$$

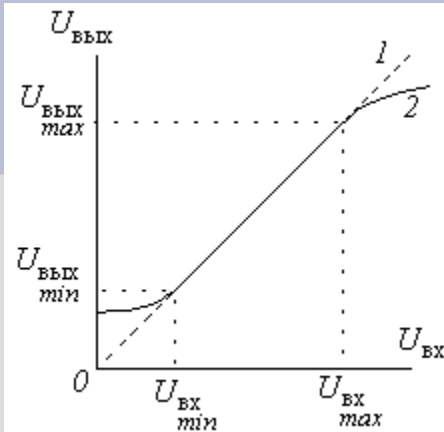
$$u_{бэ} = u_{вх} - i_э R_э \quad X_э = \frac{1}{\omega C_э} \ll R_э \quad u_{бэ} \approx u_{вх}$$

Каскадні підсилювачі напруги з резистивно-ємнісним зв'язком



Амплітудна характеристика підсилювача

$$U_{\text{вих}}(U_{\text{вх}})$$



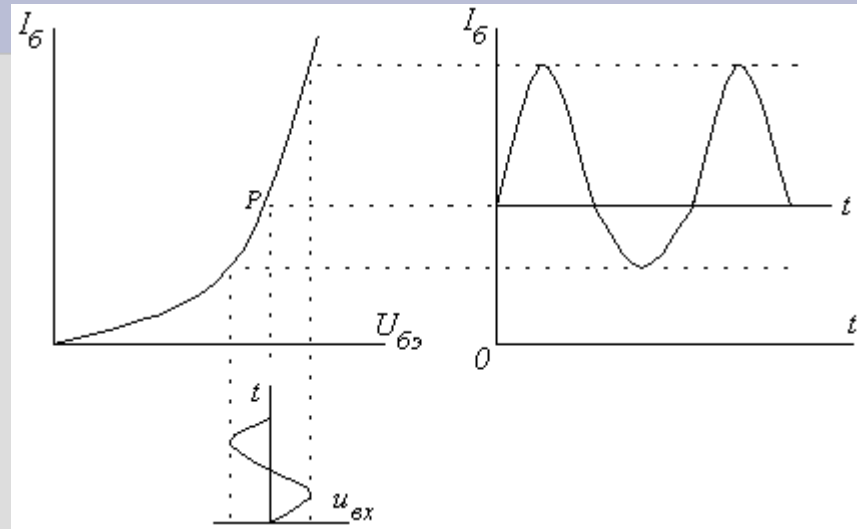
$$U_{\text{вх}} < U_{\text{вх min}}$$

$$U_{\text{вх}} > U_{\text{вх max}}$$

$$D_{\text{дБ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}}$$

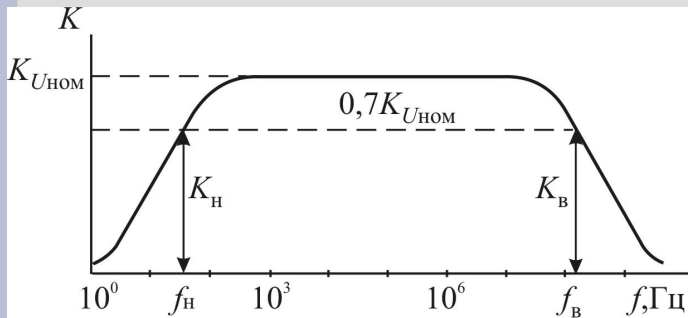
Викривлення в підсилювачах

Нелінійні викривлення



Частотні викривлення

$$K(f) \quad U_{\text{вих}}(f)$$



$$M(\omega) = \frac{K_0}{K(\omega)}$$

Фазові викривлення



Зворотні зв'язки в підсилювачах

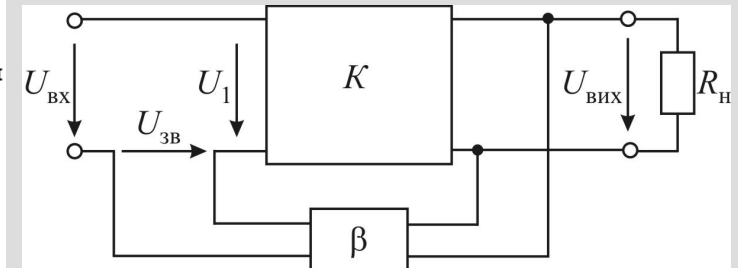
Використання вхідної напруги підсилювача (або її частини) задля впливу на вхідний сигнал називається *зворотним зв'язком*.



Коефіцієнт передачі або коефіцієнт зворотного зв'язку

$$\beta = \frac{U_{OC}}{U_{вых}} \quad |\beta| < 1$$

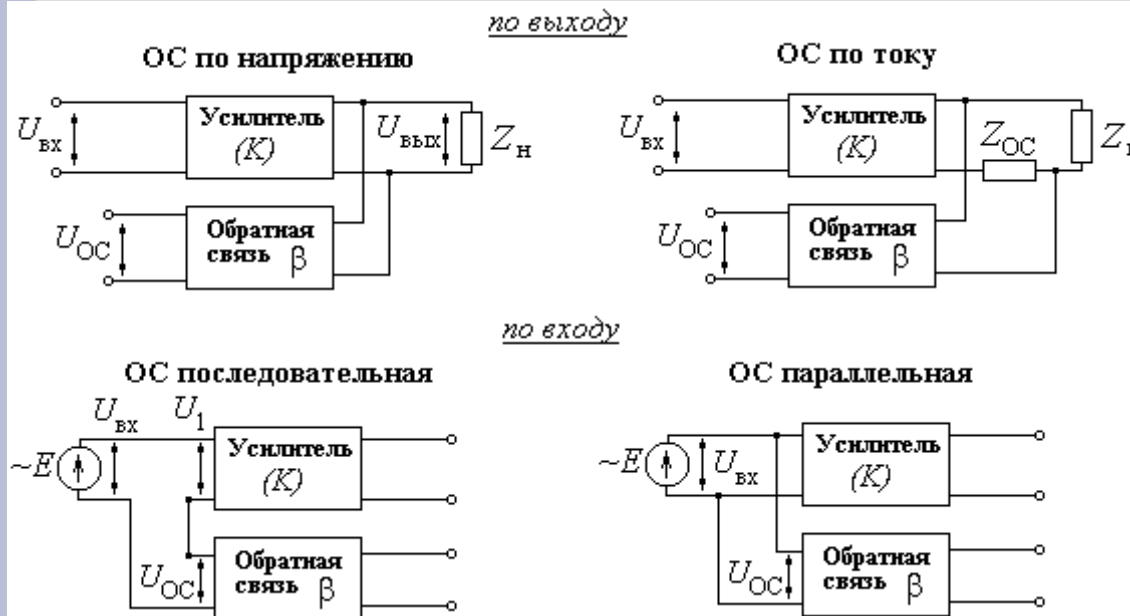
Структурна схема підсилювача зі зворотним зв'язком



$$U_{OC} = \beta U_{вых} \quad U_1 = U_{вх} - U_{OC} = U_{вх} - \beta U_{вых}$$

$$U_{вх} = U_1 + \beta U_{вых}$$

$$\text{Без 33:} \quad K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{U_{вых}}{U_1}$$



$$K_{оос} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{U_{вых}}{U_1 + \beta U_{вых}} \quad \cdot \frac{1}{U_1} = \frac{\frac{U_{вых}}{U_1}}{1 + \beta \frac{U_{вых}}{U_1}} = \frac{K}{1 + \beta K} \quad K_{оос} = \frac{K}{1 + \beta K}$$

Thanks for your attention