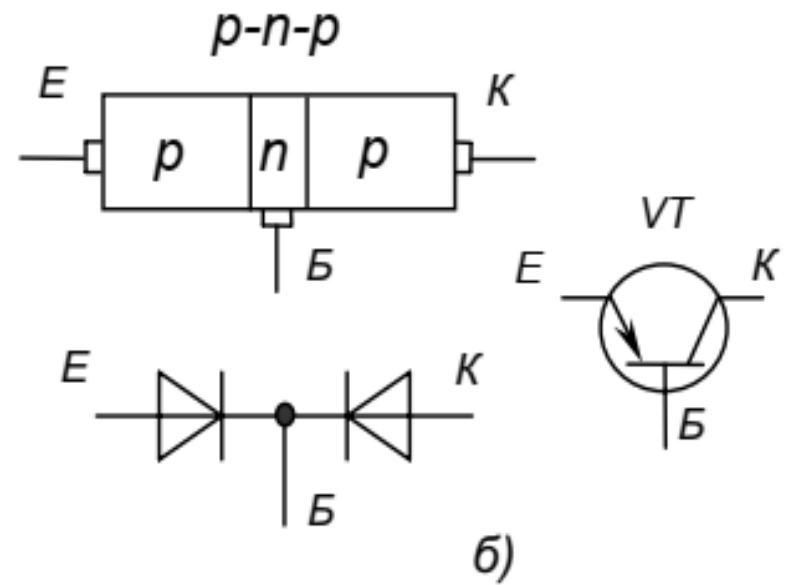
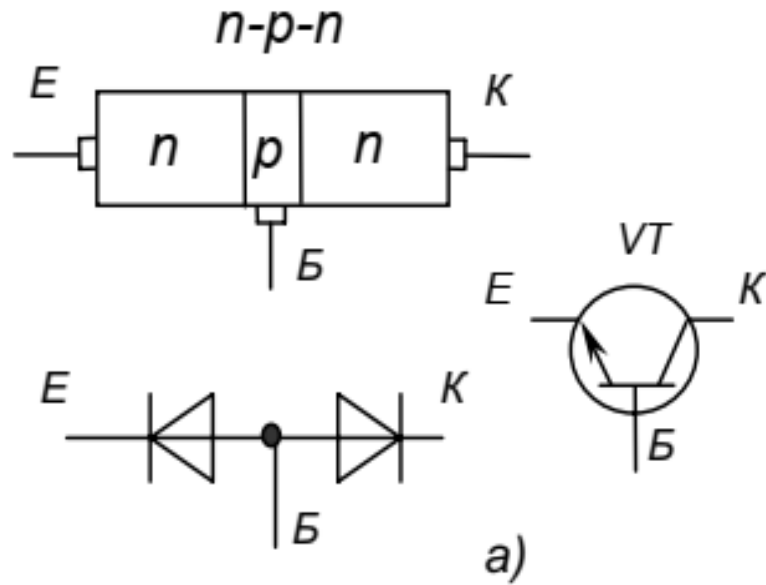
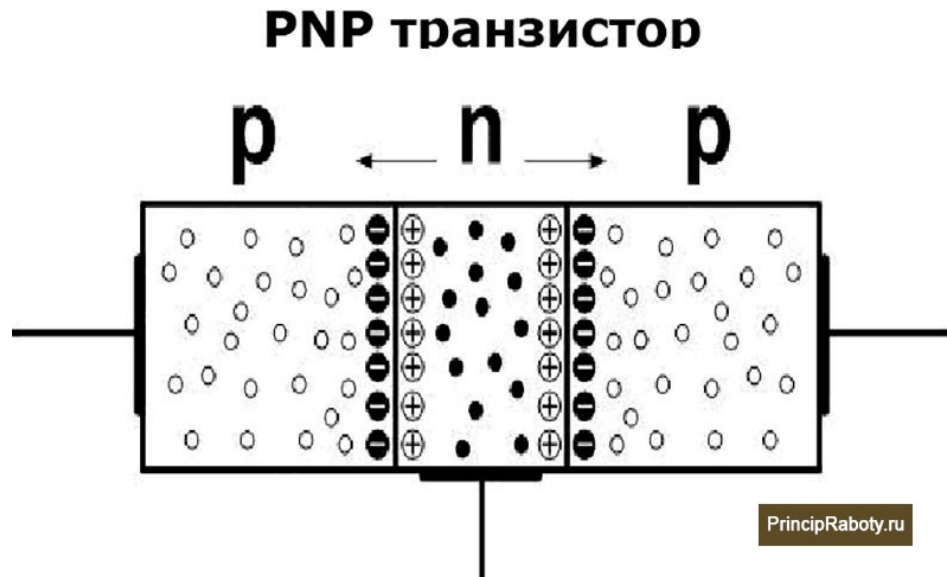


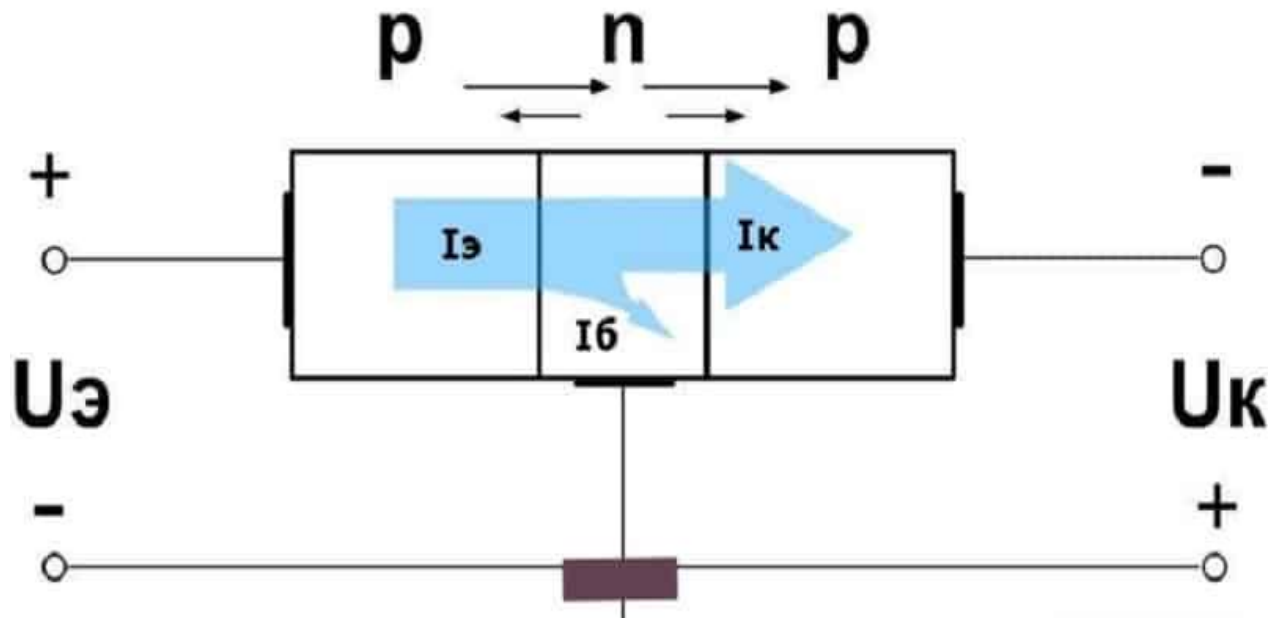
# Будова та принцип роботи біполярних транзисторів.



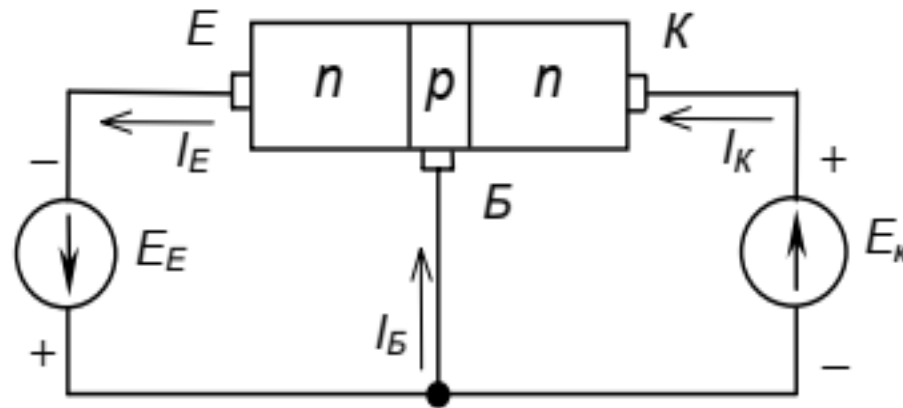
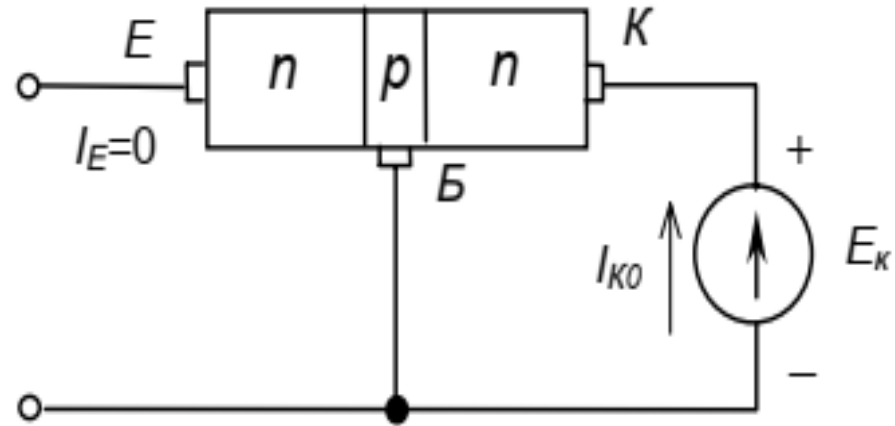
# Будова та принцип роботи біполярних транзисторів.



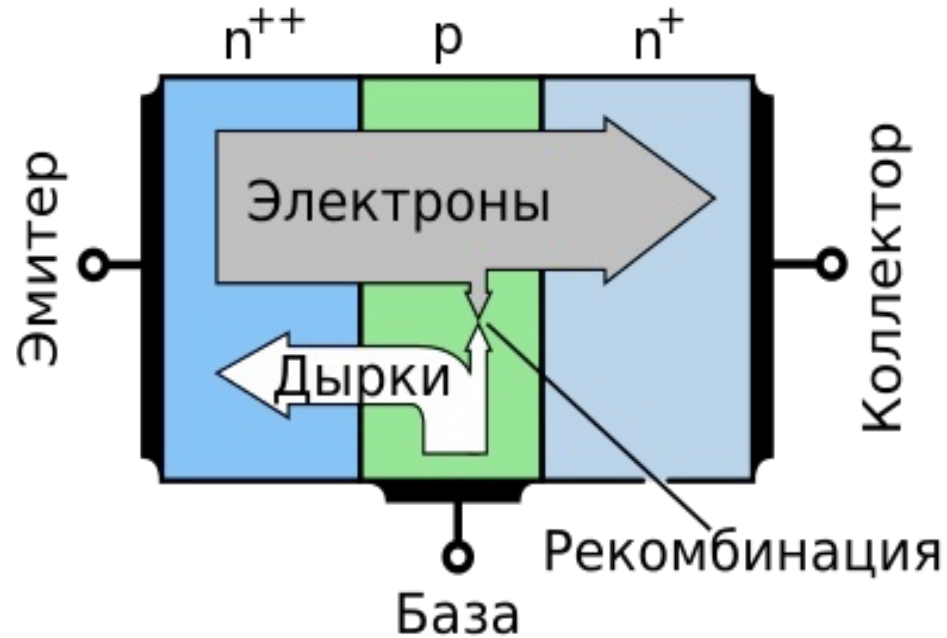
# Будова та принцип роботи біполярних транзисторів.



# Будова та принцип роботи біполярних транзисторів.



# Будова та принцип роботи біполярних транзисторів.

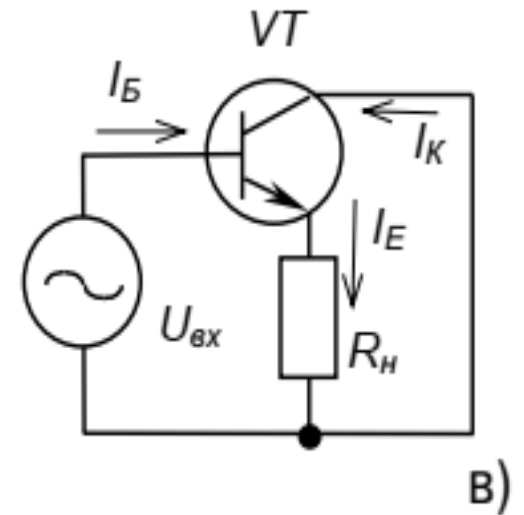
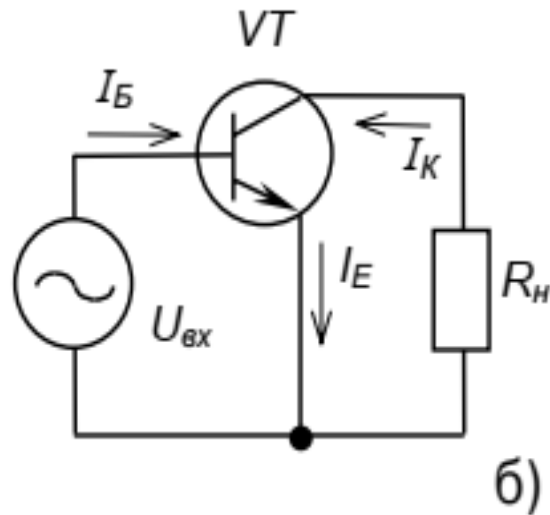
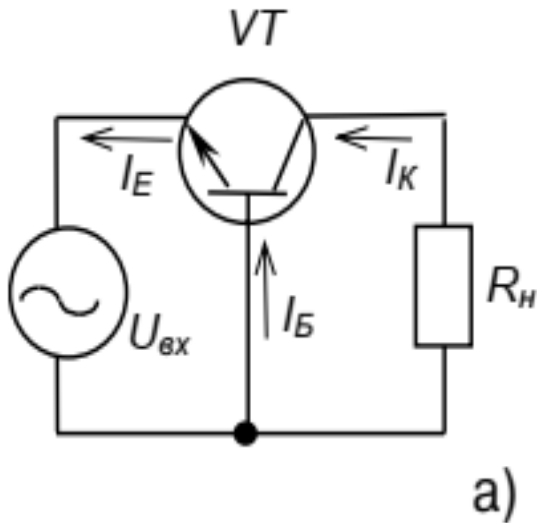


$$I_E = I_B + I_K.$$

$$\alpha = \frac{I_K}{I_E}.$$

$$\alpha = 0,9 \text{ , } 0,995.$$

# Основні схеми вмикання біполярного транзистора. Статичні характеристики.



# Основні схеми вмикання біполярного транзистора. Статичні характеристики.

У схемі з СБ:  $I_E$  – вхідний струм,  $I_K$  – вихідний, передатність струму:

- статична –  $\alpha = \frac{I_K}{I_E}$ ;
- динамічна –  $\alpha_{дин} = \left. \frac{dI_K}{dI_E} \right|_{U_{КБ} = const}$ .

У схемі з СЕ:  $I_B$  – вхідний струм,  $I_K$  – вихідний, передатність струму:

- статична –  $\beta = \frac{I_K}{I_B} = \frac{I_K : I_E}{(I_E - I_K) : I_E} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ ;
- динамічна –  $\beta_{дин} = \left. \frac{dI_K}{dI_B} \right|_{U_{КБ} = const}$ .

У схемі з СК:  $I_B$  – вхідний струм,  $I_E$  – вихідний,  $\frac{I_E}{I_B} = \frac{1}{1 - \alpha} = 1 + \beta$ .

# Сімейства статичних вольт-амперних характеристик

сім'я вхідних характеристик  $i_{ex} = f(U_{ex}) \Big|_{U_{six} = const}$ .

сім'я вихідних характеристик  $i_{six} = f(U_{six}) \Big|_{I_{ex} = const}$

сім'я характеристик керування (характеристик прямої передачі)

$$i_{six} = f(i_{ex}) \Big|_{U_{six} = const} ;$$

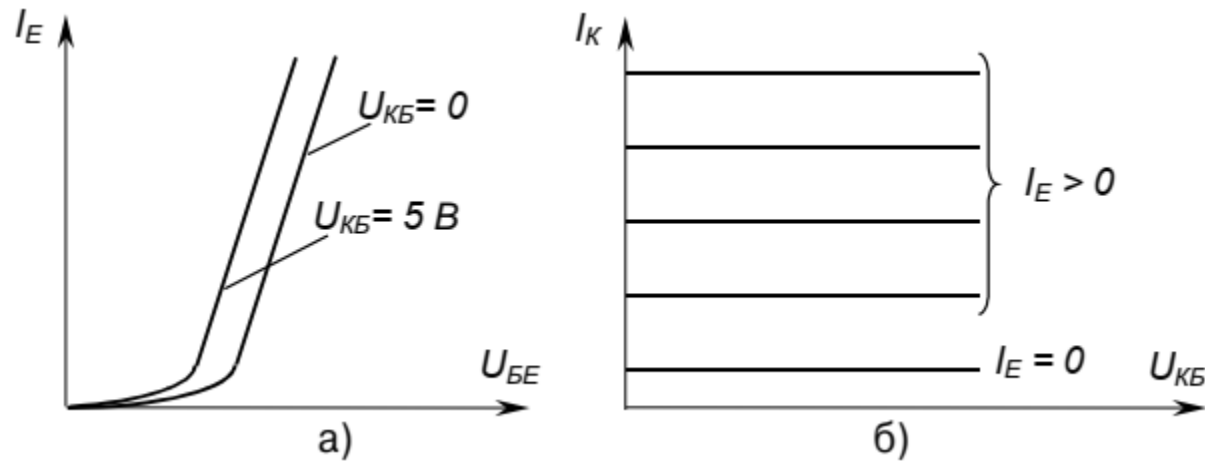
сім'я перехідних характеристик (характеристик зворотного зв'язку)

$$U_{ex} = f(U_{six}) \Big|_{I_{ex} = const} .$$



## Статичні ВАХ для схеми із СБ:

- вхідні –  $I_E = f(U_{BE}) \Big|_{U_{KB} = const}$
- вихідні –  $I_K = f(U_{KB}) \Big|_{I_E = const}$

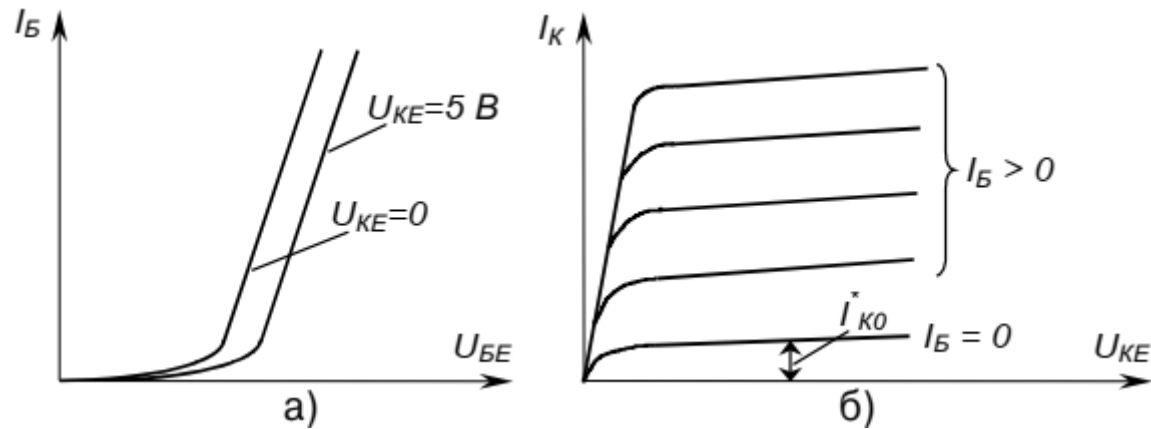


$$I_K = \alpha I_E + I_{K0} + \frac{U_{KB}}{r_K},$$

## Статичні ВАХ для схеми із СЕ:

● вхідні –  $I_B = f(U_{BE}) \Big|_{U_{KE} = const}$

● вихідні –  $I_K = f(U_{KE}) \Big|_{I_B = const}$



$$I_K = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{I_{K0}}{1-\alpha} + \frac{U_K}{r_K(1-\alpha)}$$

$$I_K = \beta I_B + I_{K0}^* + \frac{U_K}{r_K^*},$$

$$I_{K0}^* = I_{K0}(\beta + 1); \quad r_K^* = \frac{r_K}{(\beta + 1)}.$$

## Статичні ВАХ для схеми із СК:

- вхідна –  $I_B = f(U_{BE}) \Big|_{U_{KE} = const}$  ;
- вихідна –  $I_E = f(U_{KE}) \Big|_{I_B = const}$  .

# Біполярний транзистор як активний чотирьополіусник (h-параметри)



$$\begin{cases} u_1 = f(i_1, u_2) \\ i_2 = f(i_1, u_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} du_1 = \frac{\partial u_1}{\partial i_1} di_1 + \frac{\partial u_1}{\partial u_2} du_2 \\ di_2 = \frac{\partial i_2}{\partial i_1} di_1 + \frac{\partial i_2}{\partial u_2} du_2 \end{cases} \cdot$$

$$\begin{cases} \Delta U_1 = h_{11} \Delta I_1 + h_{12} \Delta U_2 \\ \Delta I_2 = h_{21} \Delta I_1 + h_{22} \Delta U_2 \end{cases} \cdot$$

# Біполярний транзистор як активний чотириполюсник (h-параметри)

Значення коефіцієнтів  $h$  знаходять при створенні режимів холостого ходу (Х.Х.) на вході чотириполюсника і короткого замикання (К.З.) на виході за змінною складовою струму.

Із режиму Х.Х. на вході, коли  $I_1 = 0$ ,  $\Delta I_1 = 0$ , можуть бути визначені:

$$h_{12} = \left. \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \right|_{I_1 = 0} \text{ – коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою;}$$

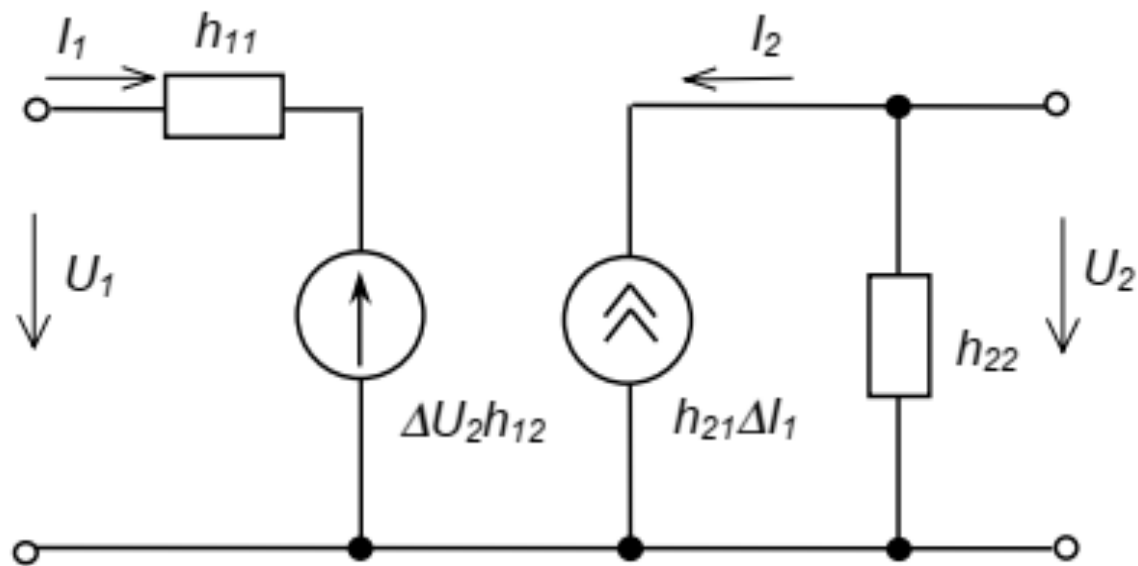
$$h_{22} = \left. \frac{\Delta I_2}{\Delta U_2} \right|_{I_1 = 0} \text{ – вихідна провідність транзистора.}$$

Із режиму К.З. на виході, коли  $U_2 = 0$ , можна визначити:

$$h_{11} = \left. \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} \right|_{U_2 = 0} \text{ – вхідний опір транзистора;}$$

$$h_{21} = \left. \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \right|_{U_2 = 0} \text{ – коефіцієнт передачі за струмом.}$$

# Схема заміщення транзистора за h-параметрами.



## Схема заміщення транзистора за $h$ -параметрами.

Існує зв'язок між фізичними та  $h$ -параметрами. Так, для схеми з СЕ маємо

$$h_{12E} = \frac{r_E}{r_{K(E)}} (\beta + 1);$$

$$h_{22E} = \frac{1}{r_{K(E)}} (\beta + 1);$$

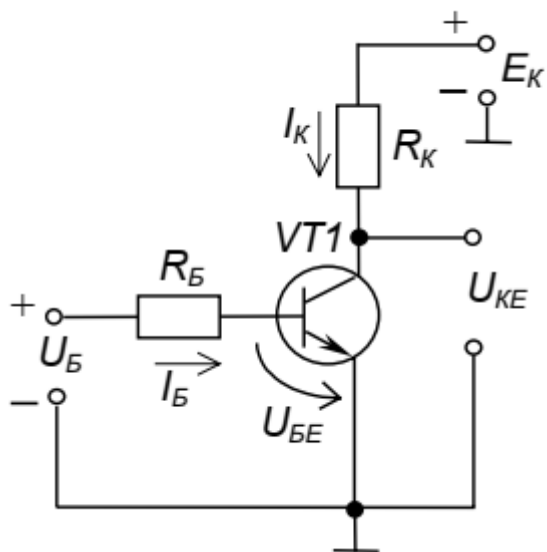
$$h_{11E} = r_B + r_E (\beta + 1);$$

$$h_{21E} \approx \beta.$$

# Основні режими роботи біполярного транзистора.

- режим відтинання ( $U_E < 0, U_K < 0$ );
- активний режим ( $U_E > 0, U_K < 0$ );
- режим насичення ( $U_E > 0, U_K > 0$ ).

## Схема вмикання транзистора із СЕ



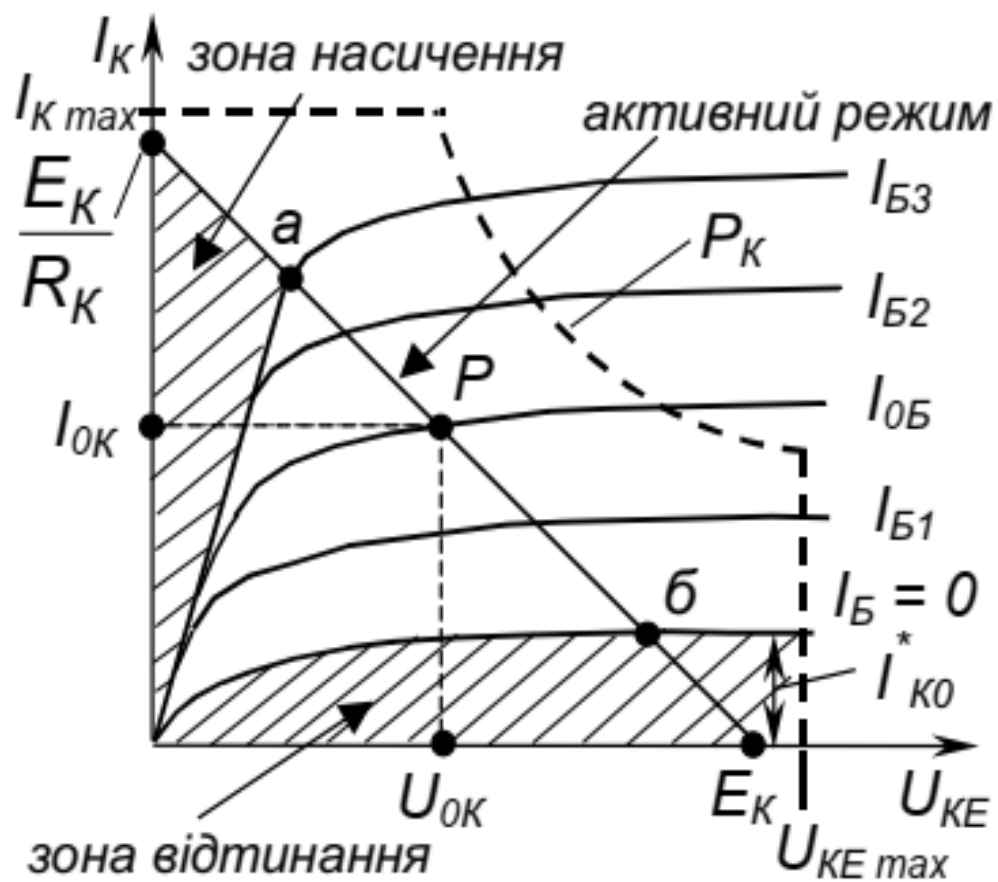
$$I_B = \frac{U_B - U_{BE}}{R_B};$$

$$I_K = \beta I_B;$$

$$U_{вих} = U_{KE} = E_K - I_K R_K$$

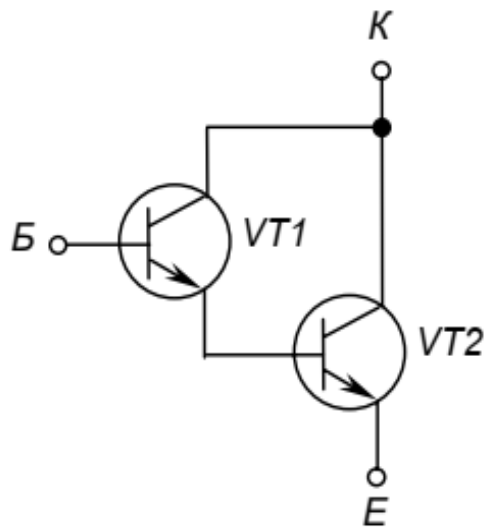


# Вихідна динамічна характеристика транзистора

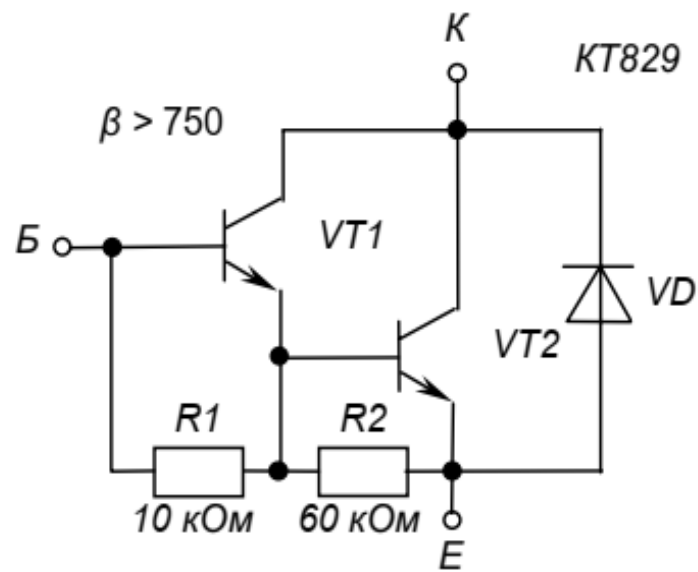


# Складені транзистори

Складений транзистор за схемою Дарлінгтона



а)



б)

$$\beta = \beta_1 * \beta_2$$

# Складений транзистор за схемою Шиклаї

