

# Характеристики биполярного транзистора

Рочев Алексей гр.21303

# Устройство биполярного транзистора

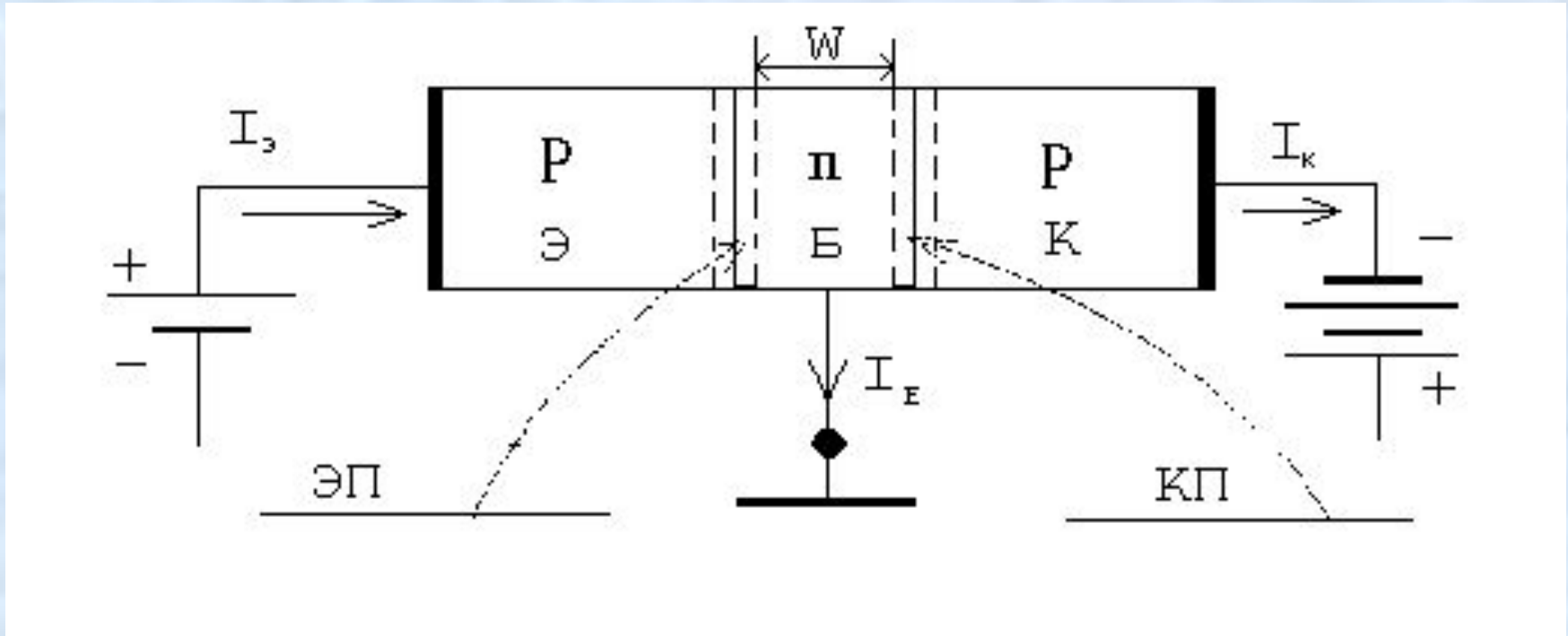
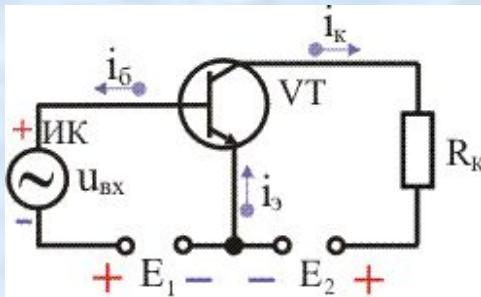


Рис.1. Схематическое изображение транзистора типа р-п-р.

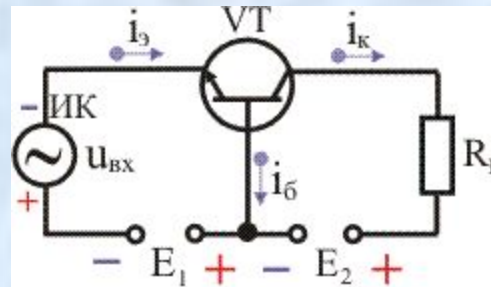
Э - эмиттер, Б - база, К - коллектор, W- толщина базы, ЭП - эмиттерный переход, КП - коллекторный переход.

# Схемы включения БТ



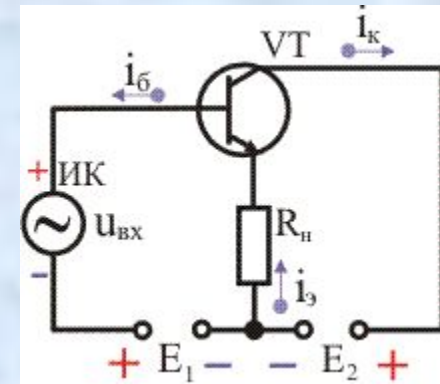
С общим эмиттером эта схема является наиболее распространенной, т. к. дает наибольшее усиление по мощности.

$$\beta = \frac{\Delta i_k}{\Delta i_b}$$



С общей базой Такая схема включения не дает значительного усиления, но обладает хорошими частотными и температурными свойствами. Применяется она не так часто, как схема ОЭ. Коэффициент усиления по току схемы ОБ всегда немного меньше единицы:

$$K_i = \frac{I_{ик}}{I_{иэ}} = 1$$



С общим коллектором Особенность этой схемы в том, что входное напряжение полностью передается обратно на вход, т. е. очень сильна отрицательная обратная связь.

$$\alpha = \frac{\Delta i_k}{\Delta i_b}$$

# Характеристики БТ в схеме с ОЭ

1. Выходные характеристики - зависимость тока коллектора  $I_k$  от напряжения на коллекторе  $U_k$  при постоянном токе базы  $I_b$  (рис.9а).

$$I_k = f(U_k); \quad I_b = \text{const}, \quad I_{b3} > I_{b2} > I_{b1}.$$

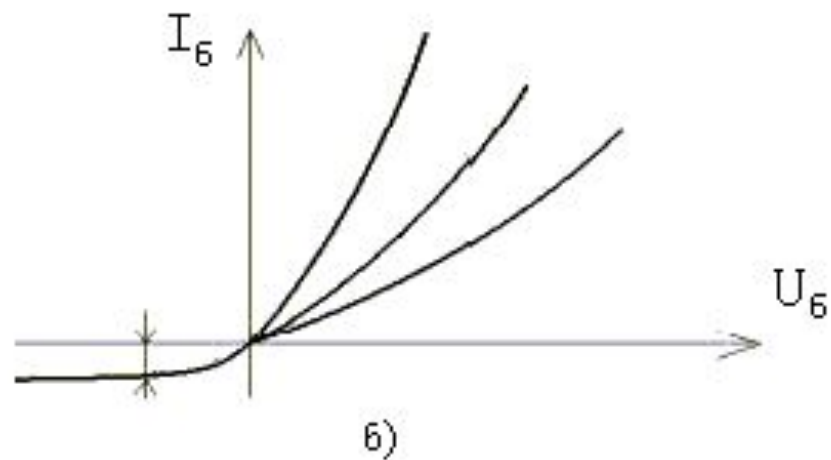
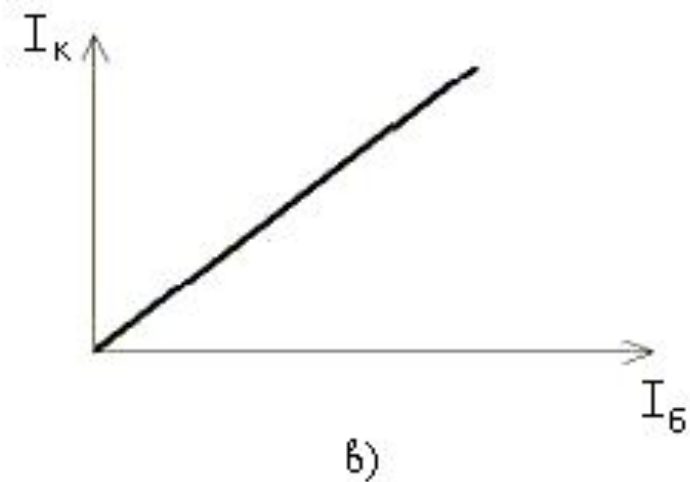
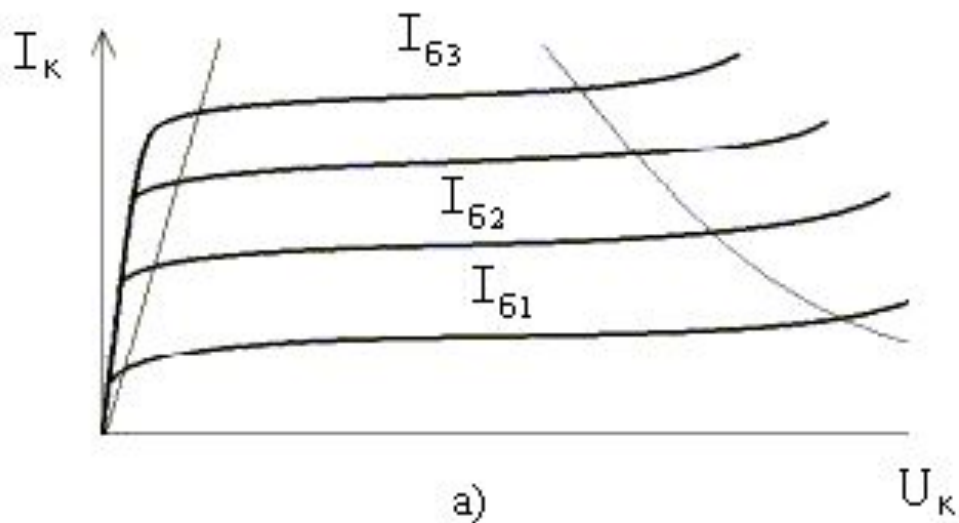
2. Входная характеристика - зависимость тока базы  $I_b$  от напряжения на базе  $U_b$  при постоянном напряжении на коллекторе  $U_k$  (рис.9б):

$$I_b = f(U_b); \quad U_k = \text{const}.$$

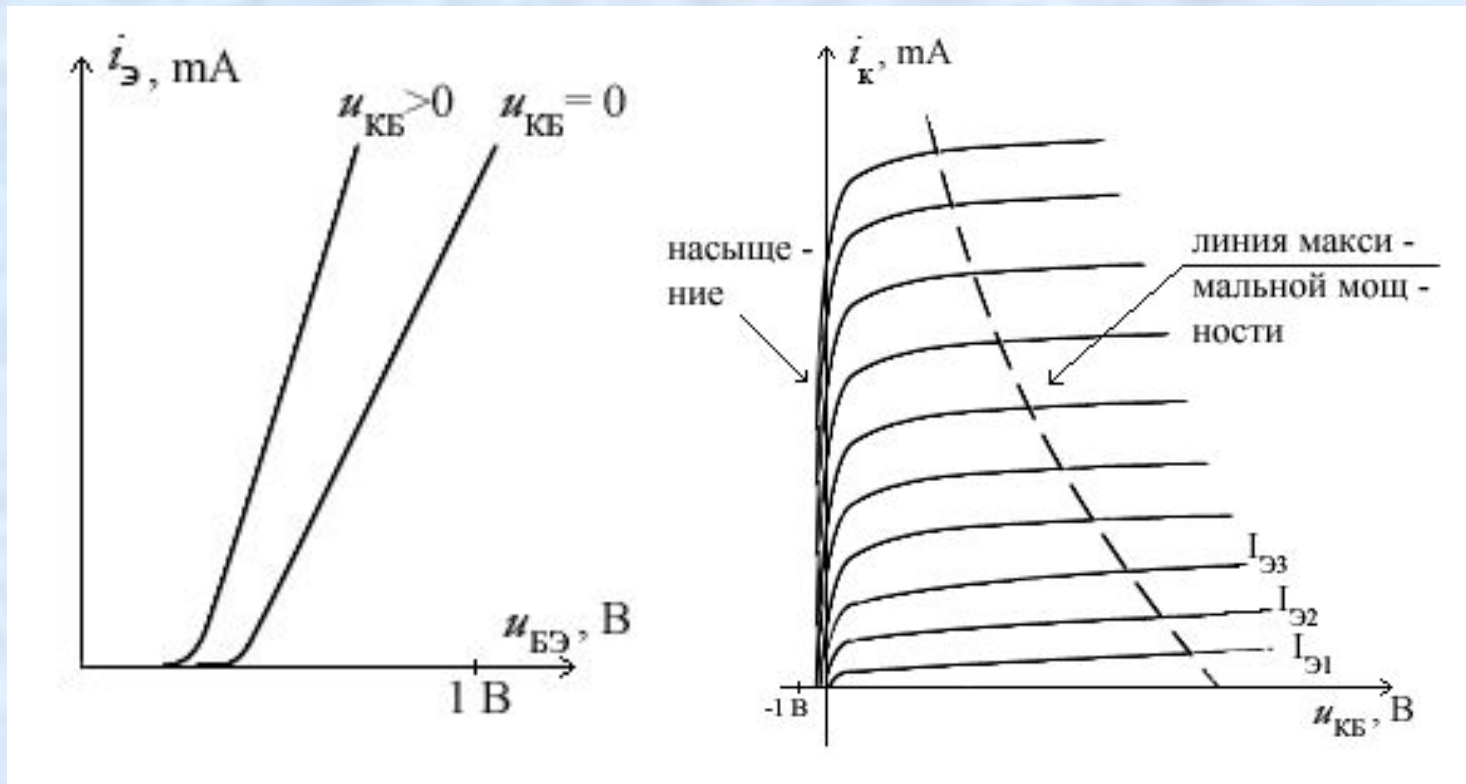
3. Переходная характеристика - зависимость тока коллектора  $I_k$  от тока базы  $I_b$  при постоянном напряжении на коллекторе  $U_k$  (рис.9в):

$$I_k = f(I_b); \quad U_k = \text{const}.$$

# Характеристики БТ в схеме с ОЭ



# Характеристики БТ в схеме с ОБ



# Дифференциальные параметры биполярного транзистора.

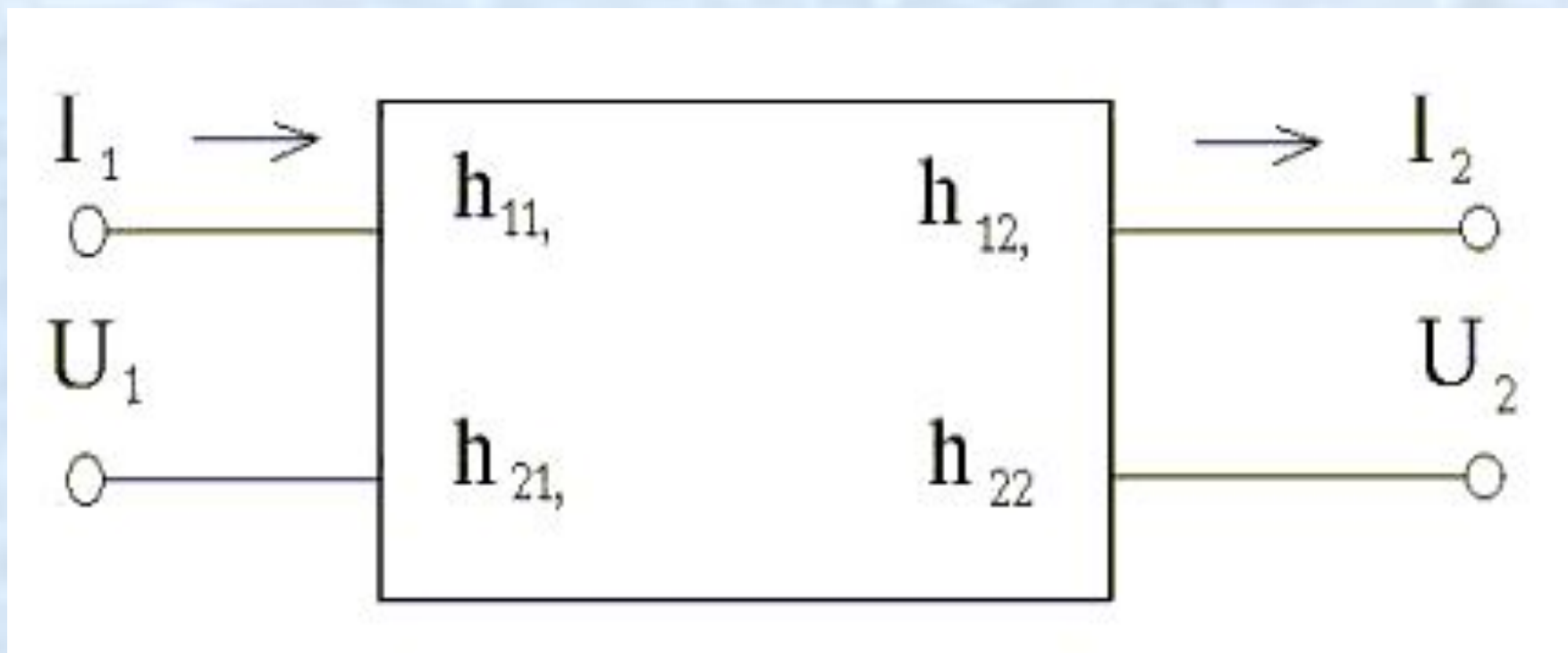
- 1. Дифференциальный коэффициент передачи тока  $\alpha = \frac{dI_K}{dI_Э} \Big|_{u_K=const}$
- 2. Сопротивление эмиттерного перехода  $r_Э = \frac{dU_Э}{dI_Э} \quad (I_K=const)$
- 3. Сопротивление коллекторного перехода  $r_K = \frac{dU_K}{dI_K} \quad (I_Э=const)$
- 4. Коэффициент обратной связи  $\mu_{ЭК} = \frac{dU_K}{dU_Э} \quad (I_Э=const)$
- 5. Дифференциальный коэффициент передачи тока  $\beta = \frac{dI_K}{dI_B} \Big|_{u_K=const}$
- (для схемы с общим эмиттером)

# Характеристики БТ как четырехполюсника.

- Свойства транзистора характеризуются параметрами, которые делятся на:
- 1) физические - коэффициент усиления по току  $\alpha$ , сопротивления  $r_{э}$ ,  $r_{б}$ ,  $r_{к}$ ; эти параметры характеризуют свойства самого транзистора, независимо от схемы включения;
- 2) схемотехнические - имеют различные значения для разных схем включения. Существуют несколько систем схемотехнических параметров, но все они основаны на том, что транзистор как элемент схемы на малом переменном сигнале рассматривается в виде линейного активного четырехполюсника.



# Характеристики БТ как четырёхполюсника.



# Характеристики БТ как четырехполюсника.

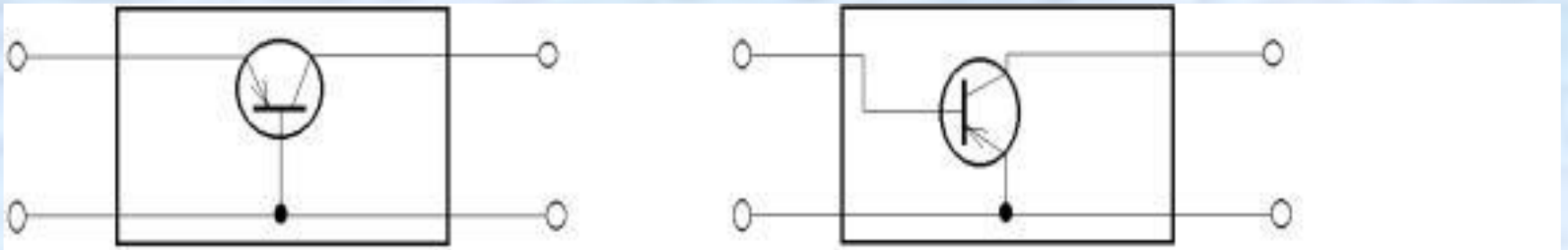
- Основной для БТ является система h-параметров. 
$$\left. \begin{aligned} U_1 &= h_{11}I_1 + h_{12}U_2 \\ I_2 &= h_{21}I_1 + h_{22}U_2 \end{aligned} \right\}$$

Каждый из h-параметров имеет определенный физический смысл.

- 1) Параметр  $h_{11}$  представляет собой величину входного сопротивления транзистора  $g_{вх}$  при коротком замыкании на выходе ( $U_2=0$ ) и измеряется в Омах.  $h_{11} = U_1/I_1$ ; при  $U_2=0$
- 2) Параметр  $h_{12}$  называется коэффициентом обратной связи и равен отношению входного напряжения  $U_1$  к выходному  $U_2$  при разомкнутой входной цепи ( $I_1=0$ ).  $h_{12} = U_1/U_2$ ; при  $I_1=0$
- 3) Параметр  $h_{22}$  представляет собой выходную проводимость транзистора при разомкнутом входе ( $I_1=0$ ) и измеряется в микросимменсах ( $1 \text{ мкСм} = 10^{-6} \text{ См} = 1 \text{ мкА/В}$ ).  $h_{22} = I_2/U_2$ ; при  $I_1=0$
- 4) Параметр  $h_{21}$  - коэффициент прямой передачи тока при коротком замыкании на выходе.  $h_{21} = I_2/I_1$ ; при  $U_2=0$

# Характеристики БТ как четырехполюсника.

- Поскольку транзистор имеет три электрода и используется как четырехполюсник, то один из его электродов является общим для входной и выходной цепи. При этом значения  $h$ -параметров отличаются в зависимости от схемы включения биполярного транзистора:  $h_b$  для схемы с общей базой или  $h_e$  для схемы с общим эмиттером.



- $h$  - параметры можно определить с помощью статических характеристик методом измерения их на постоянном токе. Тогда роль малого переменного тока и напряжения будут играть малые приращения постоянных токов  $\Delta I_b$ ,  $\Delta I_k$ , и напряжений  $\Delta U_k$ ,  $\Delta U_b$ . Для схемы с общим эмиттером.

$$\left. \begin{aligned} h_{11э} &= \Delta U_{\bar{o}} / \Delta I_{\bar{o}} \cong r_{\bar{o}}, & npu U_k &= const \\ h_{12э} &= \Delta U_{\bar{o}} / \Delta U_k \cong \mu_{\bar{o}k}, & npu I_{\bar{o}} &= const \\ h_{21э} &= \Delta I_k / \Delta I_{\bar{o}} \cong \beta, & npu U_k &= const \\ h_{22э} &= \Delta I_k / \Delta U_k \cong 1/r_k, & npu I_{\bar{o}} &= const \end{aligned} \right\}$$

$$h_{11б} \approx \frac{h_{11э}}{1 + h_{21э}}$$

$$h_{12б} \approx \frac{h_{11э} h_{22э} - h_{12э} (1 + h_{21э})}{1 + h_{21э}}$$

$$h_{21б} \approx -\frac{h_{21э}}{1 + h_{21э}}$$

$$h_{22б} \approx \frac{h_{22э}}{1 + h_{21э}}$$

- В справочниках чаще указаны  $h$ -параметры для схемы с ОБ ( $h_b$ ), которые можно найти путем пересчета, если известны  $h$ -параметры для схемы с ОЭ ( $h_{\bar{e}}$ ):

- Между физическими параметрами и h-параметрами для биполярного транзистора в схеме с общей базой существует взаимосвязь:

$$h_{11\bar{o}} = r_{\bar{o}} + r_{\bar{b}}(1 - \alpha) \approx r_{\bar{o}}$$

$$h_{11\bar{o}} = \frac{r_{\bar{b}}}{r_{\kappa}},$$

$$h_{21\bar{o}} \approx -\alpha,$$

$$h_{11\bar{o}} \approx \frac{1}{r_{\kappa}},$$

Благодарим за внимание

