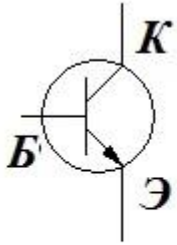
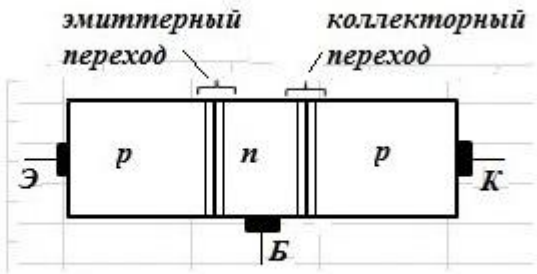
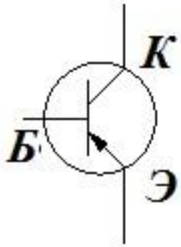
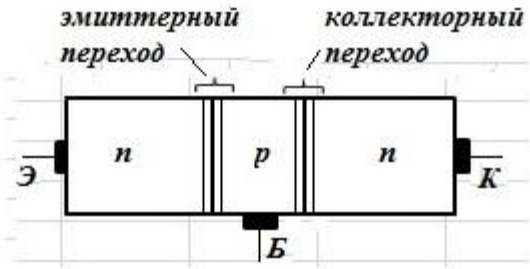
Биполярные транзисторы
БТ

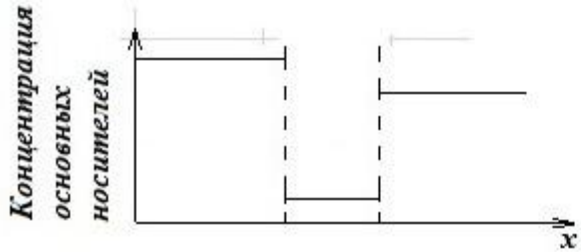
УГО и структура БТ











Режимы работы транзистора

- в *активном режиме* - на эммитерный переход подано прямое напряжение, на коллекторный переход – обратное. Этот режим является основным режимом работы транзистора.
- в *режиме отсечки* (или запирания) – на оба перехода подается обратное напряжение. Через переходы проходит незначительный обратный ток, обусловленный движением неосновных носителей заряда. Практически транзистор в этом режиме заперт.
- в *режиме насыщения* – на оба перехода подается прямое напряжение. Ток в выходной цепи транзистора максимален и практически не регулируется током входной цепи. Транзистор полностью открыт.
- в *инверсном* режиме – на эмиттерный переход подано обратное напряжение, на коллекторный переход – прямое. Эмиттер и коллектор меняются своими ролями.

- Схема включения транзистора содержит две цепи: *входную* и *выходную*.
- Входной характеристикой называют зависимость входного тока от входного напряжения при постоянном выходном напряжении:

$$I_{вх} = f(U_{вх}) \text{ при } U_{вых} = \text{const}$$

- Выходной характеристикой называют зависимость выходного тока от выходного напряжения при постоянном входном токе:

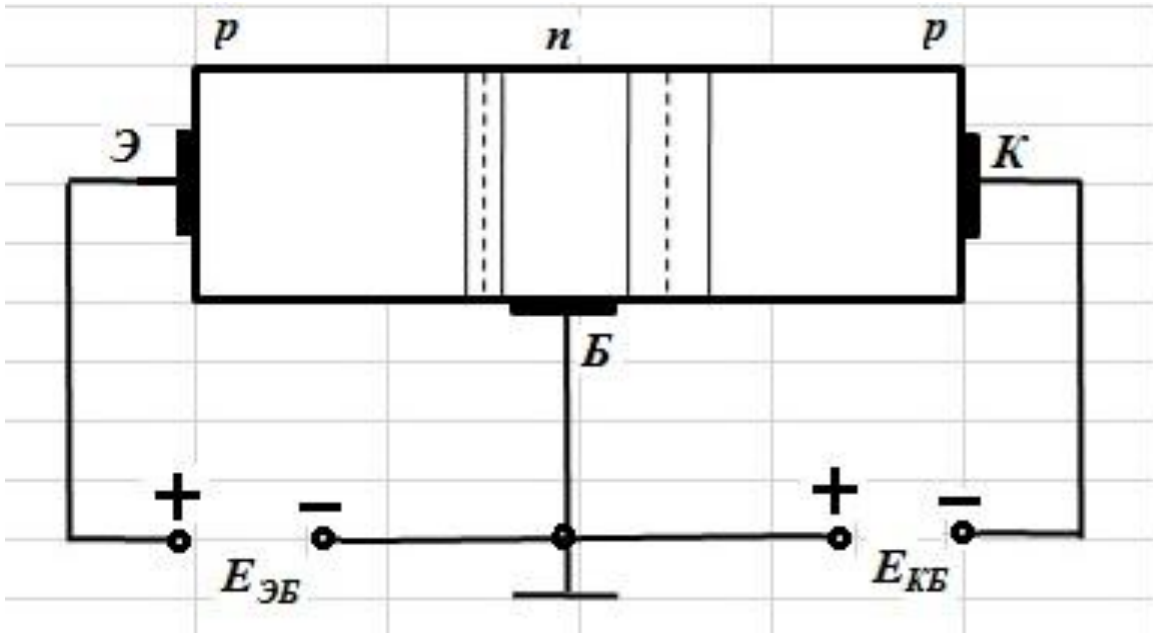
$$I_{вых} = f(U_{вых}) \text{ при } I_{вх} = \text{const}$$

-Характеристики, снятые без нагрузки, т.е. когда на вход и выход транзистора поданы только напряжения от источников питания, называют *статическими*.

- Характеристики снятые с нагрузкой, т.е. когда на вход транзистора, кроме напряжений, поданных от источника питания подается усиливаемый сигнал, а на выходе - кроме напряжения, поданного от источника питания, включено сопротивление нагрузки, называют *динамическими*

- Транзисторы разделяют на типы в зависимости от их назначения по граничной частоте усиливаемого сигнала и по мощности, рассеиваемой на коллекторе.
- По частотным свойствам транзисторы делятся на низкочастотные ($f \leq 3 МГц$), средней частоты ($3 < f \leq 30 МГц$), высокочастотные ($30 < f \leq 300 МГц$) и СВЧ ($f > 300 МГц$).
- По максимально допустимой мощности, рассеиваемой коллектором, различат транзисторы малой мощности ($P_{Кмакс} \leq 0{,}3$ Вт), средней мощности ($0{,}3 < P_{Кмакс} \leq 1{,}5$ Вт) и большой мощности ($P_{Кмакс} > 300$МГц). Для улучшения теплоотвода транзисторов используют радиаторы охлаждения.

Принцип работы БТ



$$I_{диф} = I_{диф\,p} + I_{диф\,n}$$

$$I_Б = I_Э - I_К$$

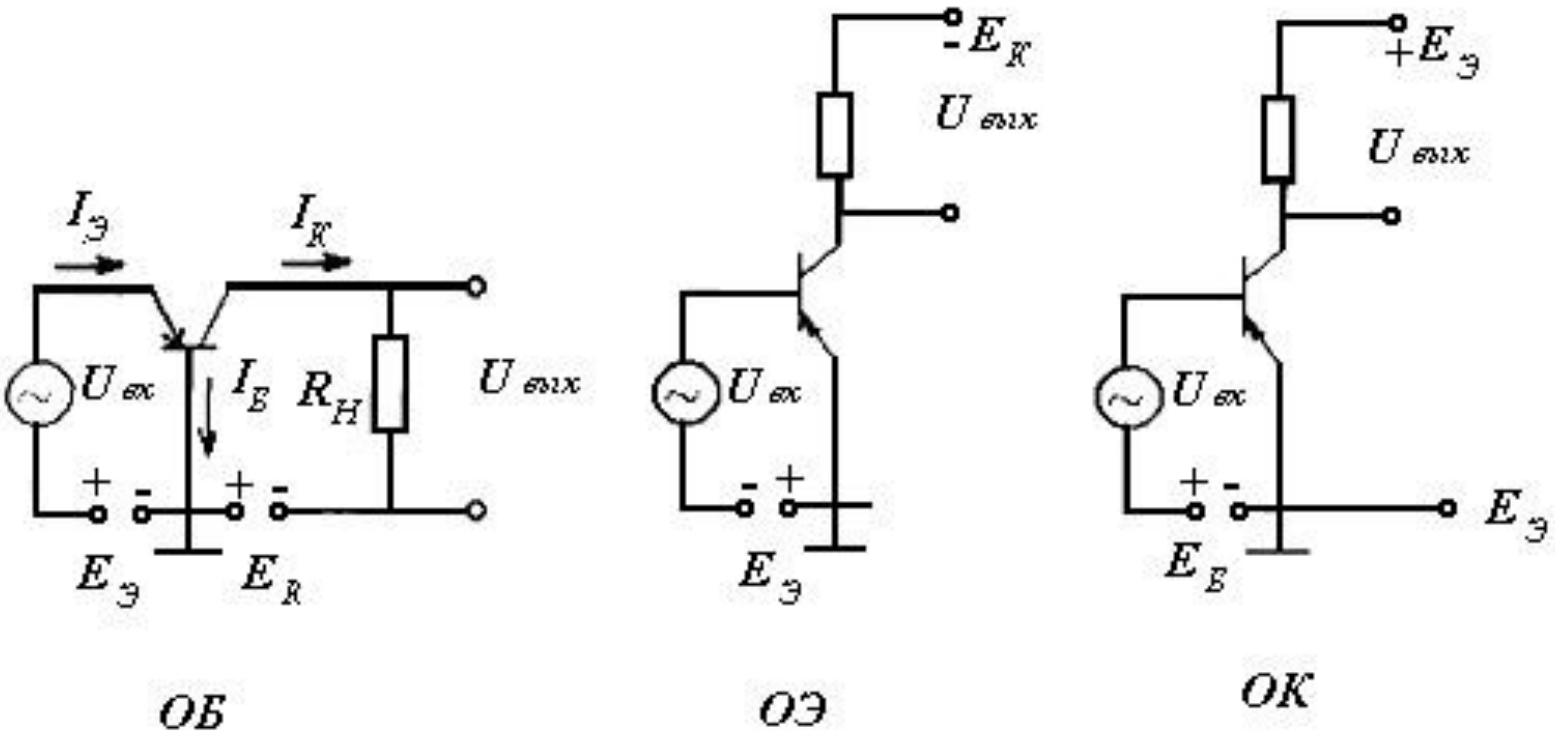
$$I_{диф\,n} << I_{диф\,p}$$

$$I_Э = I_{Эp} + I_{Эn}$$

$$I_К \approx I_Э$$

$$I_Э = I_Б + I_К$$

Схемы включения БТ

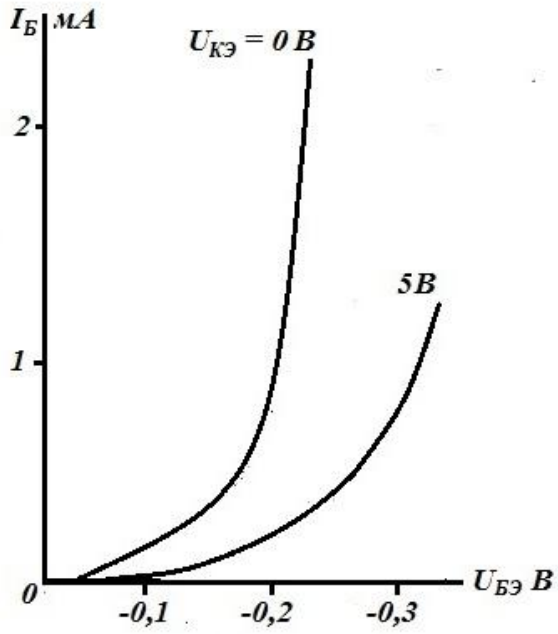


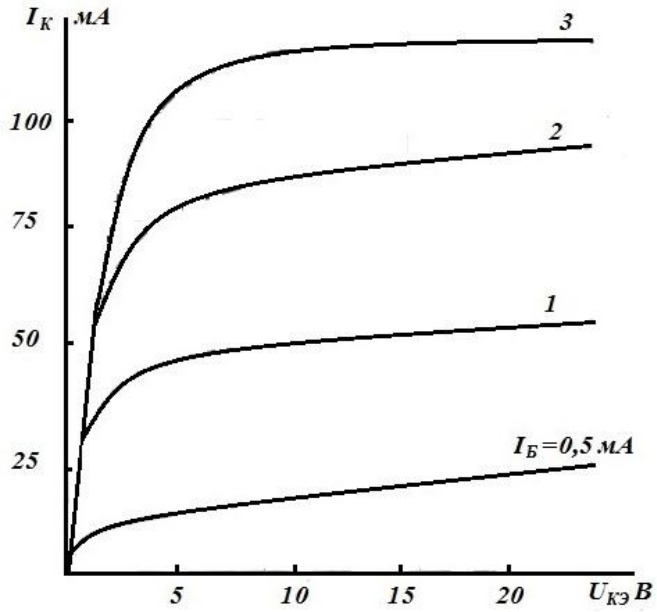
- В зависимости от выбранной схемы включения в расчетах удобней пользоваться коэффициентом прямой передачи тока
- для схемы с общей базой $$\alpha = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_э}$$
- для схемы с общим эмиттером $$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}$$
- для схемы с общим коллектором $$\gamma = \frac{\Delta I_э}{\Delta I_б}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}; \quad \gamma = \frac{1}{1-\alpha}$$

Характеристики БТ по схеме с ОЭ

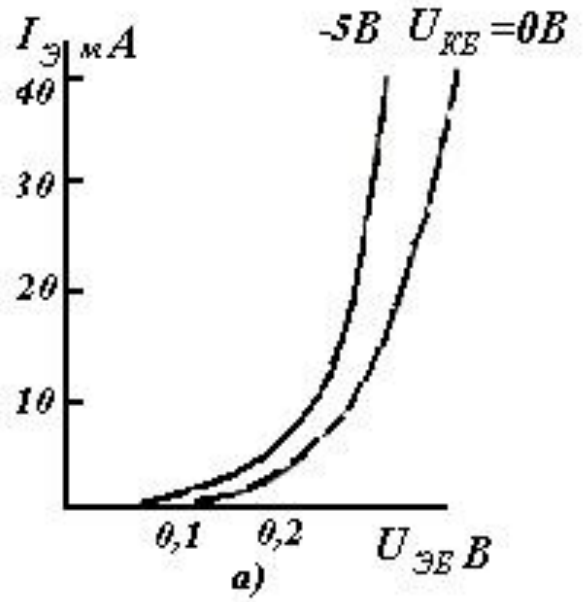
- Входная статическая характеристика $I_Б = f(U_{БЭ})$ при $U_{КЭ} = \text{const}$
- Выходная статическая характеристика $I_К = f(U_{КЭ})$ при $I_Б = \text{const}$

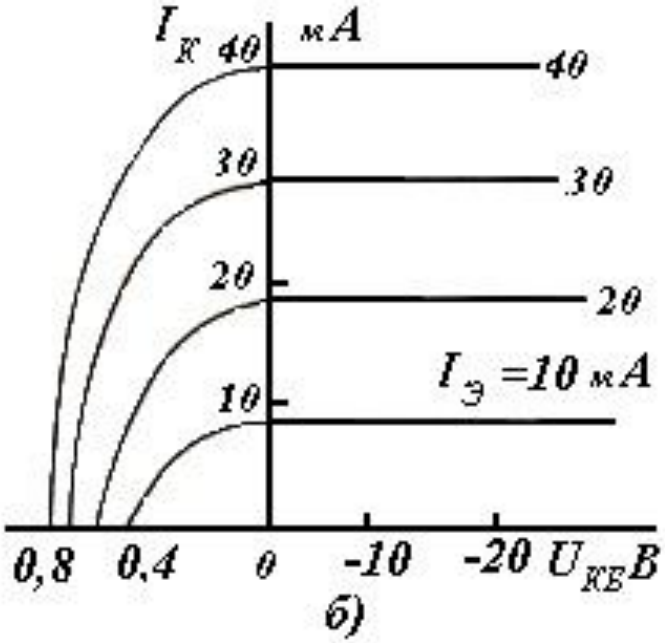




Характеристики БТ по схеме с ОБ

- входная характеристика $I_Э = f(U_Э)$ при $U_К = const$
- Выходна
- я характеристика транзистора $I_К = f(U_К)$ при $I_Э = const$

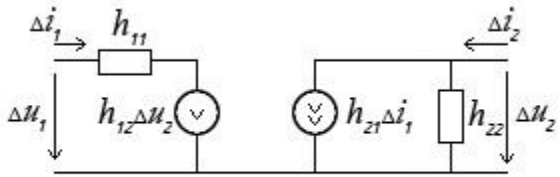




Характеристики БТ по схеме с ОБ

Параметр	Схема с ОБ	Схема с ОЭ	Схема с ОК
Коэффициент усиления по току K_I	*Немного меньше единицы*	*Десятки – сотни единиц*	*Десятки – сотни единиц*
Коэффициент усиления по напряжению K_U	*Десятки – сотни единиц*	*Десятки – сотни единиц*	*Немного меньше единицы*
Коэффициент усиления по мощности K_P	*Десятки – сотни единиц*	*Сотни – десятки тысяч единиц*	*Десятки – сотни единиц*
Входное сопротивление $R_{вх}$	*Единицы – десятки Ом*	*Сотни Ом – единицы кОм*	*Десятки – сотни кОм*
Выходное сопротивление $R_{вых}$	*Сотни кОм – единицы МОм*	*Единицы – десятки кОм*	*Сотни Ом – единицы кОм*
Фазовый сдвиг между $U_{вых}$ и $U_{вх}$	0°	180°	0°

Система параметров транзистора как четырехполюсника



Характеризуется двумя уравнениями для входной и выходной цепей. Взаимосвязь между входной и выходной цепями устанавливается с помощью *h* – параметров.

Для данного четырехполюсника справедливо соотношение

$$u_1 = h_{11}i_1 + h_{12}u_2 \quad i_2 = h_{21}i_1 + h_2u_2$$

$$h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \qquad h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \qquad h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \qquad h_{22} = \frac{i_2}{u_2}$$

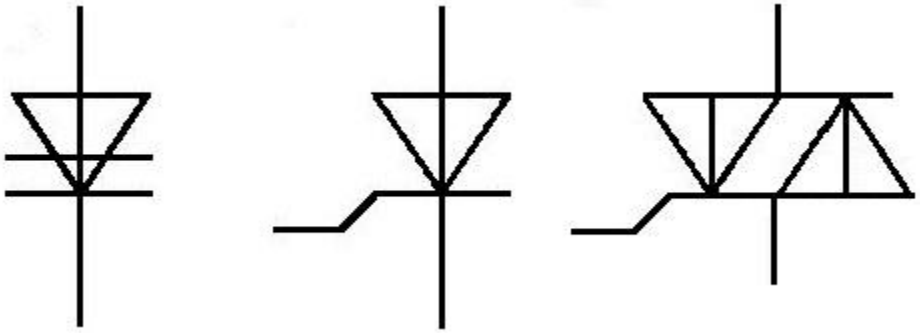
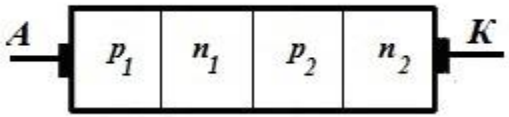
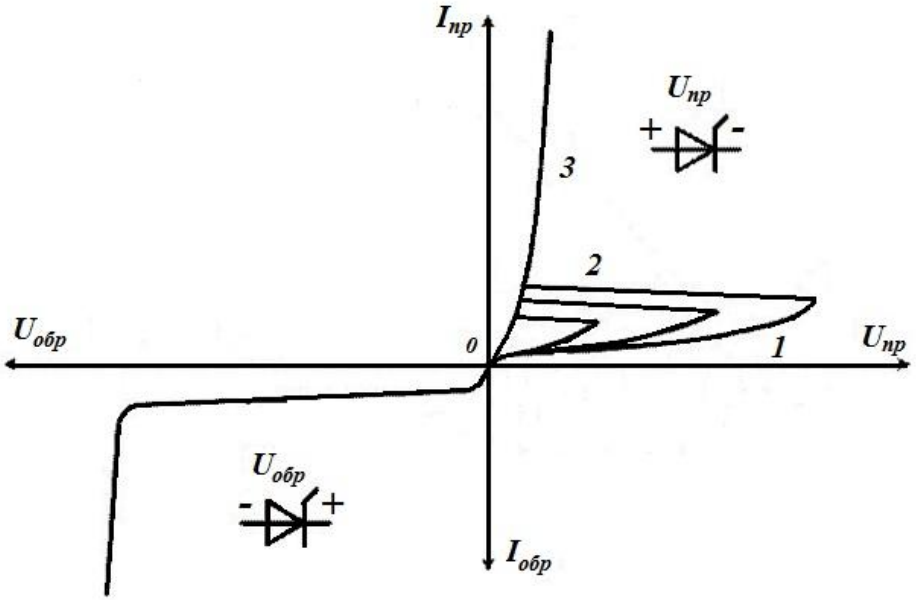
$$h_{11} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_Б}$$ при $U_{КЭ} = const$ – входное сопротивление (Ом)

$$h_{12} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}}$$ при $I_Б = const$ – коэффициент обратной связи по напряжению

$$h_{21} = \frac{\Delta I_К}{\Delta I_Б}$$ при $U_{КЭ} = const$ – коэффициент по току

$$h_{22} = \frac{\Delta I_К}{\Delta U_{КЭ}}$$ при $I_Б = const$ – выходная проводимость (См)

Полупроводниковый тиристор



-динистор - тринистор - симистор