

А.В. Глазачев
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

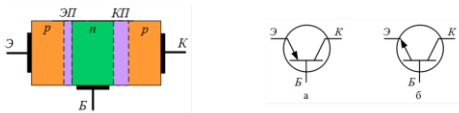


Биполярные транзисторы

Структура и основные режимы работы

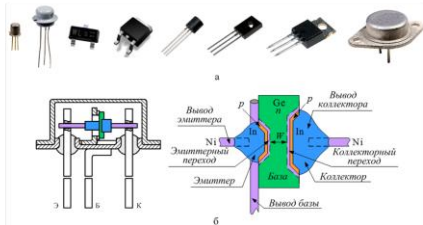
Биполярный транзистор – полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими электрическими переходами и тремя (или более) выводами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции и экстракции неосновных носителей заряда.

Схематическое изображение р-п-р структуры биполярного транзистора и условные обозначения транзисторов:
а – транзистор р-п-р типа; б – транзистор п-р-п типа



Э – эмиттер, Б – база, К – коллектор,
ЭП – эмиттерный р-п-переход, КП – коллекторный р-п-переход.

Конструктивное оформление биполярных транзисторов

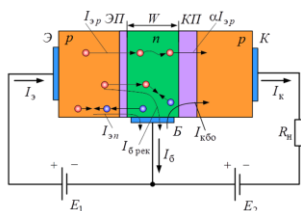


Режимы работы биполярного транзистора

Включение p-n-перехода		Режим работы
Эмиттерный переход	Коллекторный переход	
Прямое	Обратное	Активный, усилительный
Прямое	Прямое	Насыщение
Обратное	Обратное	Отсечки
Обратное	Прямое	Инверсный

Физические процессы в транзисторе при активном (усилительном) режиме

Движение носителей заряда и токи в биполярном транзисторе при активном режиме работы



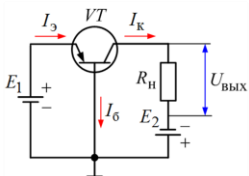
Схемы включения транзистора

Различают три схемы включения:

- **схема с общей базой;**
- **схема с общим эмиттером;**
- **схема с общим коллектором.**

Схема с общей базой

Включение транзистора по схеме с общей базой:



Основные параметры, характеризующие схему с общей базой:

1. Коэффициент передачи по току:

$$k_{I\delta} = \alpha = \frac{I_K}{I_3} \quad \approx 0,95 \dots 0,99$$

2. Входное сопротивление:

$$R_{вх\delta} = \frac{E_1}{I_3} \quad \text{Составляет единицы – десятки Ом}$$

3. Коэффициент передачи по напряжению:

$$k_{U\delta} = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = \frac{I_K R_H}{E_1} = \frac{I_K R_H}{I_3 R_{вх\delta}} = \alpha \frac{R_H}{R_{вх\delta}}$$

Составляет десятки – сотни единиц

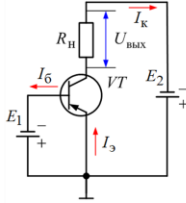
4. Коэффициент передачи по мощности:

$$k_{P\delta} = k_{I\delta} k_{U\delta} = \alpha^2 \frac{R_H}{R_{вх\delta}}$$

Составляет десятки – сотни единиц

Схема с общим эмиттером

Включение транзистора по схеме с общим эмиттером



1. Коэффициент передачи по току:

$$k_{I_э} = \beta = \frac{I_к}{I_б} = \frac{I_к}{I_э - I_к} = \frac{\frac{I_к}{I_э}}{\frac{I_э - I_к}{I_э}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Составляет десятки – сотни единиц

2. Входное сопротивление:

$$R_{вх_э} = \frac{E_1}{I_б} = \frac{E_1}{I_э - I_к} = \frac{\frac{E_1}{I_э}}{\frac{I_э - I_к}{I_э}} = \frac{R_{вх_б}}{1 - \alpha}$$

$$R_{вх_э} \gg R_{вх_б}$$

Составляет сотни Ом – единицы КОм

3. Коэффициент передачи по напряжению:

$$K_{U_э} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{I_к R_н}{E_1} = \frac{I_к R_н}{I_э R_{вх_э}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{R_н}{R_{вх_э}} = \alpha \frac{R_н}{R_{вх_б}}$$

Составляет десятки – сотни единиц

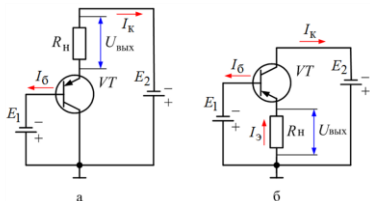
4. Коэффициент передачи по мощности:

$$K_{P_э} = K_{I_э} K_{U_э} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \frac{R_н}{R_{вх_э}}$$

Составляет сотни – десятки тысяч единиц

Схема с общим коллектором

Включение транзистора по схеме с общим коллектором



1. Коэффициент передачи по току:

$$k_{I_K} = \gamma = \frac{I_3}{I_6} = \frac{I_3}{I_3 - I_K} = \frac{I_3}{I_3 - I_3 \alpha} = \frac{1}{1 - \alpha}$$

$\gamma \approx \beta$

Составляет десятки – сотни единиц

2. Входное сопротивление:

$$R_{вх\ K} = \frac{E_1 + I_3 R_H}{I_6} = \frac{I_3 \left(\frac{E_1}{I_3} + R_H \right)}{I_3 (1 - \alpha)} = \frac{R_{вх\ б} + R_H}{1 - \alpha}$$

Составляет десятки – сотни кОм

3. Коэффициент передачи по напряжению:

$$k_{U_K} = \frac{I_3 R_H}{I_6 R_{вх\ K}} = \frac{R_H}{(1 - \alpha) R_{вх\ K}} = \frac{R_H}{R_{вх\ б} + R_H}$$

$k_{U_K} \approx 1$

4. Коэффициент передачи по мощности:

$$k_{P_K} = k_{I_K} k_{U_K} = \frac{1}{1 - \alpha} \frac{R_H}{R_{вх\ б} + R_H}$$

Составляет десятки – сотни единиц

Параметры схем включения биполярного транзистора

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 – десятки кОм	Десятки – сотни кОм
Выходное сопротивление $R_{вых}$	Сотни кОм – единицы МОм	Сотни кОм – единицы МОм	Единицы – десятки кОм
Фазовый сдвиг между $U_{вх}$ и $U_{вых}$	0°	180°	0°

Статические характеристики биполярного транзистора

Статическими характеристиками называются зависимости между входными и выходными токами и напряжениями транзистора при отсутствии нагрузки.

1. **Входные характеристики** – зависимость входного тока от входного напряжения при постоянстве напряжения на выходе:

$$I_{вх} = f(U_{вх}) \Big|_{U_{вых} = \text{const}}$$

2. **Выходные характеристики** – зависимость выходного тока от выходного напряжения при фиксированном значении входного тока:

$$I_{вых} = f(U_{вых}) \Big|_{I_{вх} = \text{const}}$$

3. **Характеристики обратной связи по напряжению:**

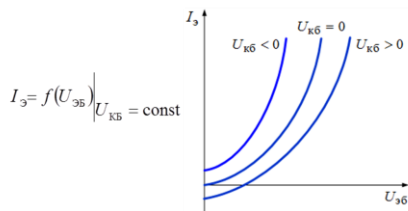
$$U_{вх} = f(U_{вых}) \Big|_{I_{вх} = \text{const}}$$

4. **Характеристики передачи по току:**

$$I_{вых} = f(I_{вх}) \Big|_{U_{вых} = \text{const}}$$

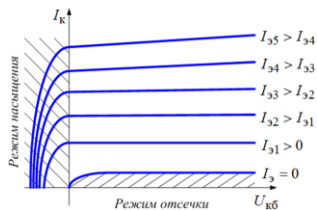
Статические характеристики для схемы с общей базой

Семейство входных статических характеристик представляет собой зависимость:



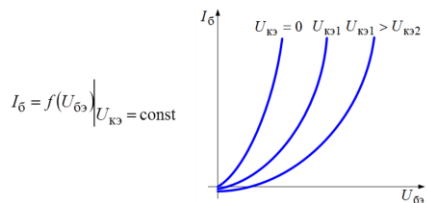
Семейство выходных статических характеристик представляет собой зависимость:

$$I_к = f(U_{кб}) \Big|_{I_3 = \text{const}}$$

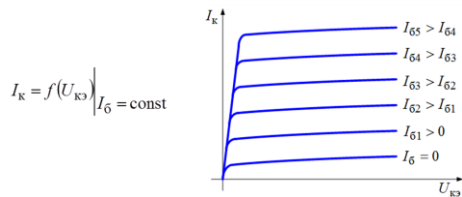


Статические характеристики для схемы с общим эмиттером

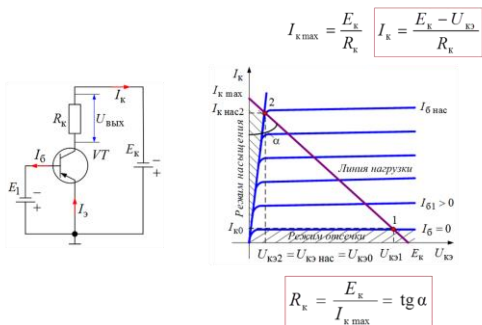
Входные характеристики схемы с общим эмиттером



Выходные характеристики схемы с общим эмиттером



Режимы работы транзистора



Предельные режимы работы транзистора

Предельно допустимая мощность рассеивания транзистора

$P_{K \text{ доп}} = U_{KЭ} I_{K \text{ доп}}$

$I_{K \text{ доп1}} = \frac{P_{K \text{ доп}}}{U_{KЭ1}}; \quad I_{K \text{ доп2}} = \frac{P_{K \text{ доп}}}{U_{KЭ2}}$ и т.д.

Гипербола допустимых мощностей рассеяния

