

Лекция №8

Биполярный транзистор. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Способы включения и ВАХ биполярного транзистора.

Bipolar transistor. Device and principle of operation of a bipolar transistor. Methods for switching on and VAC of a bipolar transistor.



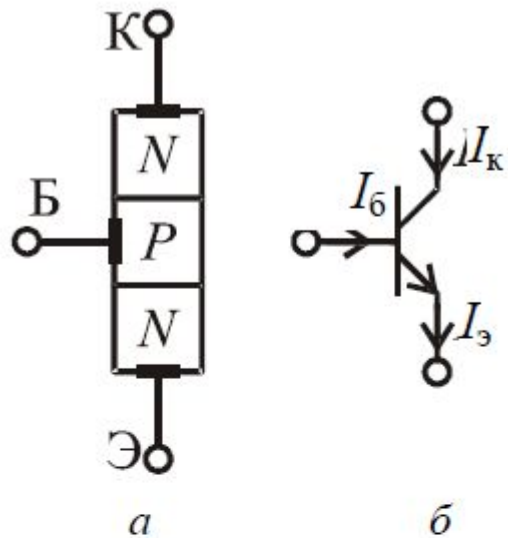
- Биполярные были разработаны в 1948 г. американскими учеными Бардиным, Шокле, Браттенем.
- **Транзистор** – это электронный прибор с двумя взаимодействующими *p-n* переходами и с тремя выводами. Они были разработаны с тремя выводами: **эмиттер, база, коллектор.**
- *Bipolar transistors were developed in 1948 by the American scientists Bardin, Shokle, Bratten.*
- *A transistor is an electronic device with two interacting p-n junctions and three terminals. They were developed by three conclusions: emitter, base, collector.*



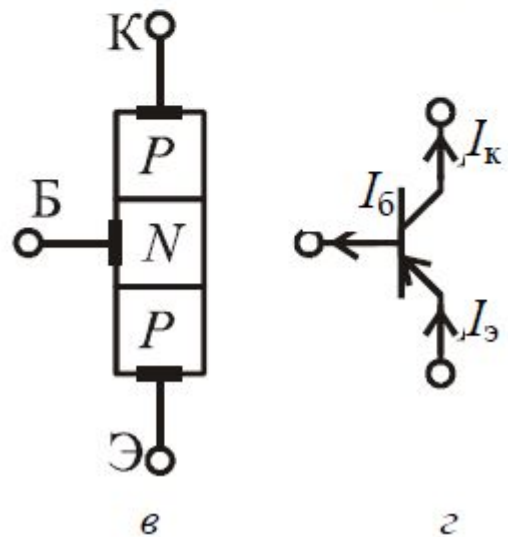
Биполярный транзистор – трехполюсный полупроводниковый прибор с двумя р-n-переходами. Он состоит из чередующихся областей полупроводника, имеющих электропроводность различных типов.

Bipolar transistor is a three-pole semiconductor device with two p-n-junctions. It consists of alternating regions of a semiconductor having electrical conductivity of various types.





- В зависимости от последовательности чередования n- и p-областей различают транзисторы n-p-n- и p-n-p-типов.
- *Depending on the sequence of alternation of n - and p-regions distinguish transistors n-p-n - and p-n-p-types.*



- Центральная область транзистора, называемая базой (Б), заключена между коллектором (К) и эмиттером (Э).
- *The central region of the transistor called by base (B) is concluded between a collector (K) and the emitter (E).*



□Каждый из p-n-переходов транзистора может быть смещен либо в прямом, либо в обратном направлениях. В зависимости от этого различают четыре режима работы транзистора:

□Each of the p-n transitions of the transistor can be shifted either in the forward or reverse directions. Depending on this, there are four modes of operation of the transistor:

1

- **Активный (усиления) режим.** Эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный – в обратном.
- *Active (gain) mode.* The emitter junction is shifted in the forward direction, and the collector – in the opposite.

2

- **Режим отсечки.** Оба перехода смещены в обратном направлении.
- *Cut-off mode.* Both transitions are offset in the opposite direction.

3

- **Режим насыщения.** Оба перехода смещены в прямом направлении
- *Saturation mode.* Both transitions are offset in the forward direction.

4

- **Инверсный режим.** Эмиттерный переход смещён в обратном направлении, а коллекторный – в прямом.
- *The inverse mode.* The emitter junction is shifted in the opposite direction, and the collector – in the forward direction.

Принцип работы биполярного транзистора

The principle of operation of a bipolar transistor

Полный ток коллектора:
Full header current:

$$I_K = \alpha I_{\text{Э}} + I_{K0}$$

Во многих случаях $I_{\text{Э}} \gg I_{K0}$, и можно считать, что ток коллектора определяется выражением. Разность между эмиттерным и коллекторным токами в соответствии с первым законом Кирхгофа представляет собой ток базы:

In many cases $I_E \gg I_{C0}$, and it can be assumed that the collector current is determined by the expression. The difference between the emitter and collector currents in accordance with the first Kirchhoff law is the current base:

$$I_B = I_{\text{Э}} - I_K$$

$$I_B = \frac{I_K}{\alpha} - I_K = \frac{1 - \alpha}{\alpha} I_K$$



- Токи транзистора, работающего в активном режиме, связаны соотношениями:
- *Currents of the transistor operating in the active mode are connected by relations:*

$$I_{\text{э}} = I_{\text{к}} + I_{\text{б}}$$

$$I_{\text{к}} = \alpha I_{\text{э}}$$

$$I_{\text{к}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_{\text{б}} = \beta I_{\text{б}}$$



- При чрезмерном коллекторном токе может возникать тепловой пробой без предварительного электрического пробоя, то есть без повышения напряжения на коллекторном переходе до пробивного. Это явление, связанное с перегревом коллекторного перехода в какой-то его части, называется *вторичным пробоем*.
- *With excessive collector current, thermal breakdown can occur without preliminary electrical breakdown, that is, without increasing the voltage at the collector junction to the breakdown. This phenomenon, associated with overheating of the collector junction in some part of it, is called a secondary breakdown.*



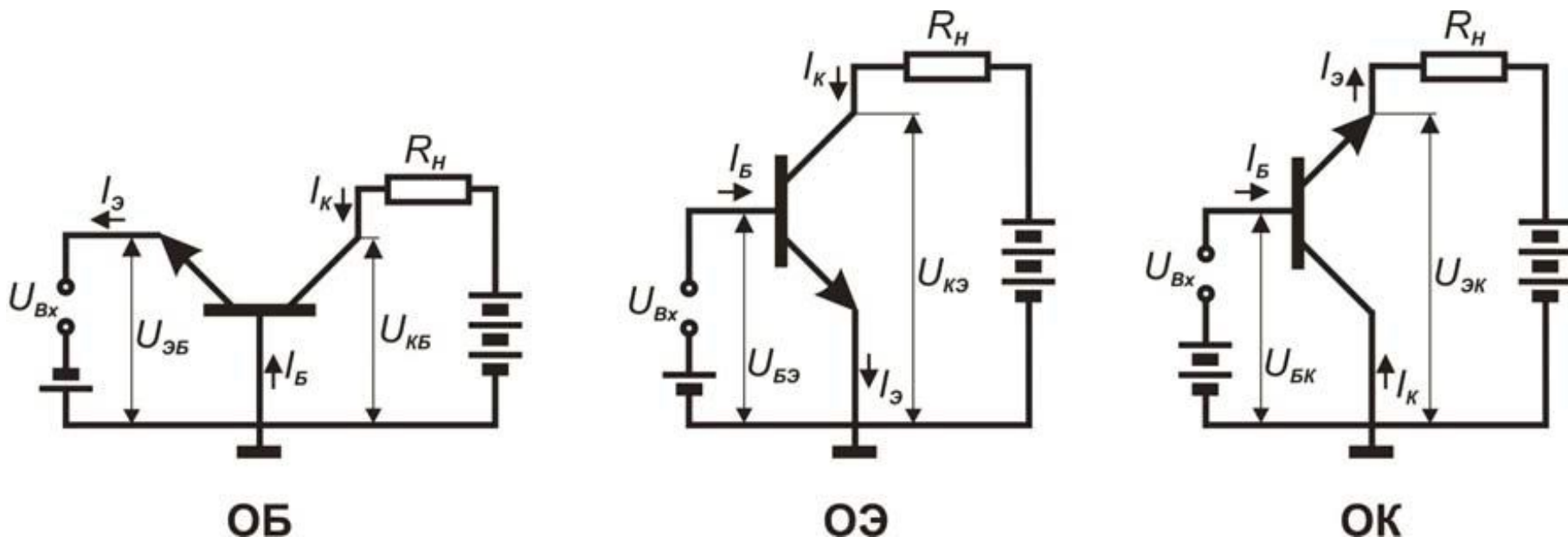
- Изменение напряжений на коллекторном и эмиттерном переходах сопровождается изменением толщины этих переходов. В результате изменяется толщина базы. Такое явление называют *модуляцией толщины базы*.
- При очень тонкой базе может произойти *эффект смыкания* («прокол» базы) – соединение коллекторного перехода с эмиттерным. В этом случае область базы исчезает, и транзистор перестает нормально работать.
- *The change in the voltages at the collector and emitter junctions is accompanied by a change in the thickness of these transitions. As a result, the thickness of the base changes. This phenomenon is called the **modulation of the thickness of the base**.*
- *With a very thin base, the **effect of closing** ("puncturing" the base) - the connection of the collector junction with the emitter one - can occur. In this case, the base area disappears, and the transistor stops working normally.*

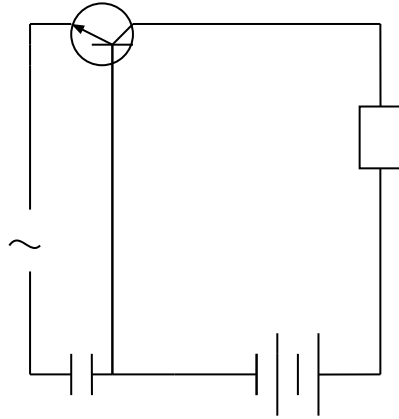


Схемы включения

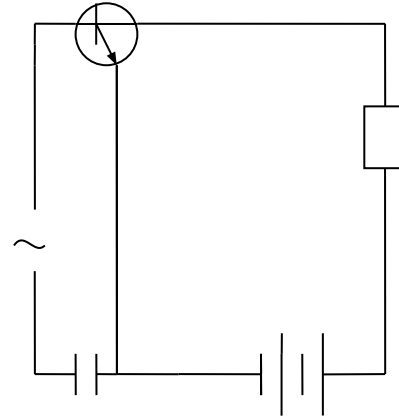
Switching circuits

- Различают три возможные схемы включения: *с общей базой, общим эмиттером, общим коллектором.*
- There are three possible schemes of inclusion: *with a common base, a common emitter, a common collector.*

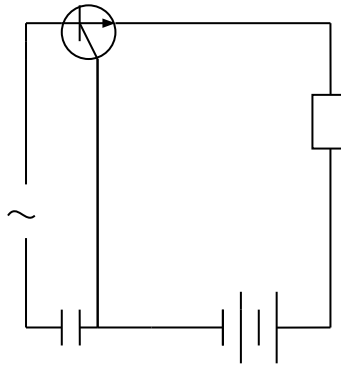




Общая база
Common base



Общий эмиттер
Common emitter

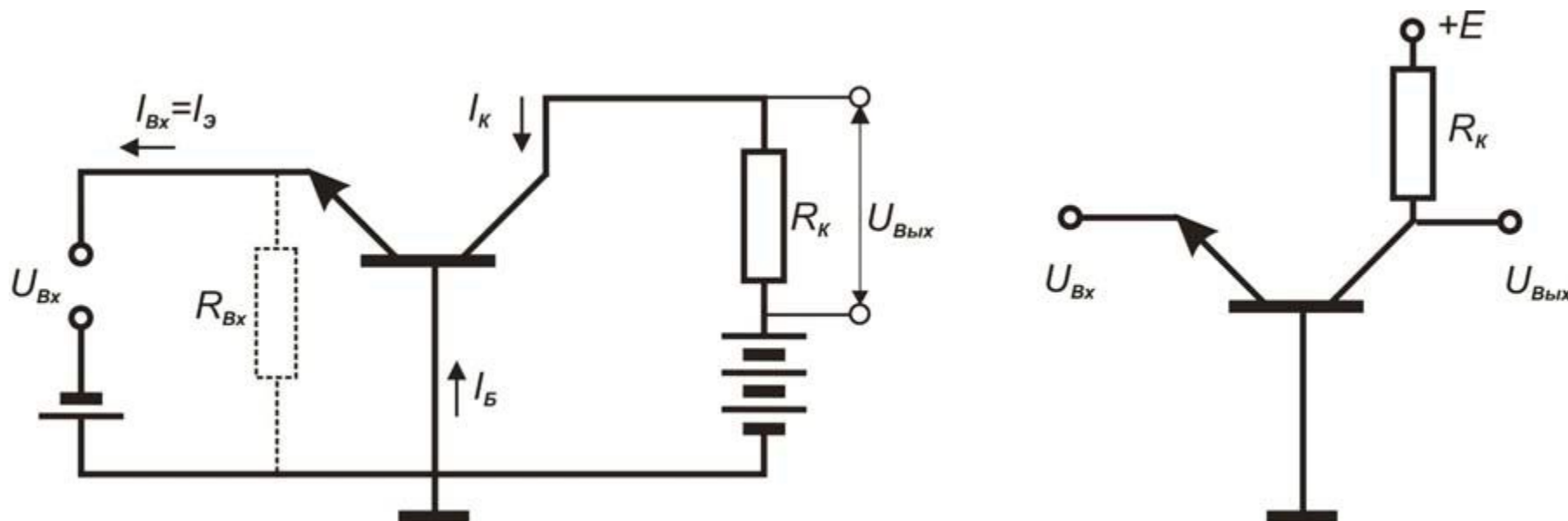


Общий коллектор
Common collector



Схема с общей базой (ОБ)

The scheme with a common base (CB)



- В этом случае для токов:
- *In this case, the currents:*

$$I_{Bx} = I_{\varepsilon}$$

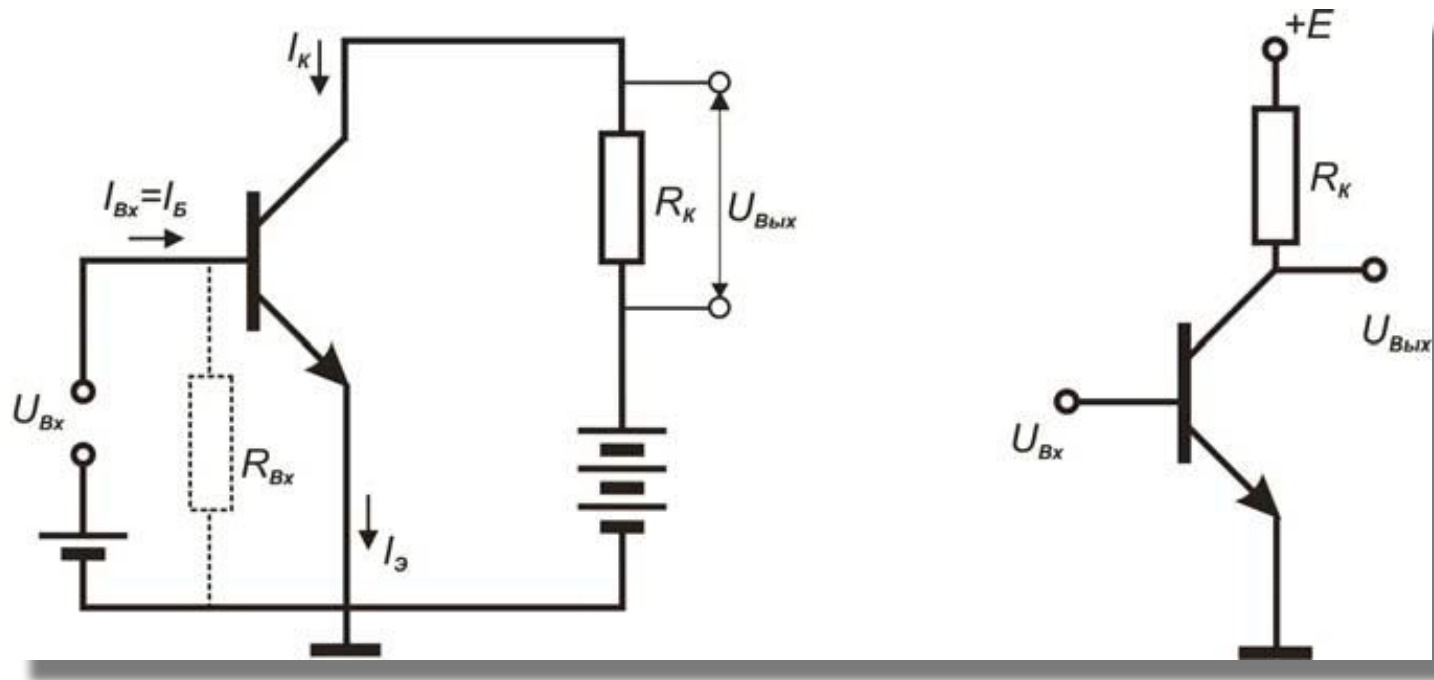
$$I_{Bыx} = I_K$$

$$I_{Bx} \approx I_{Bыx}$$



Схема с общим эмиттером (ОЭ)

The circuit with common emitter (CE)

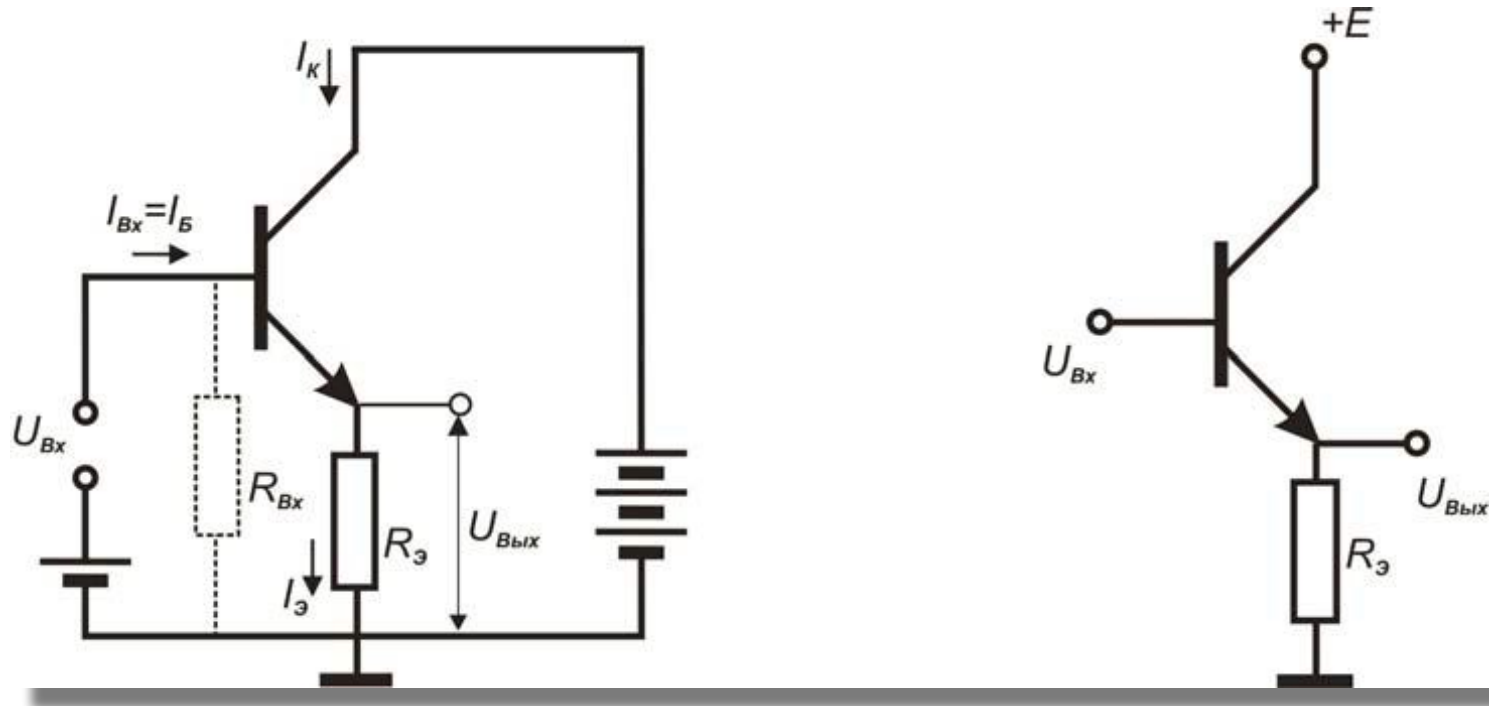


$$K_I = \frac{I_{Вых}}{I_{Bx}} = \frac{I_{\text{Э}}}{I_B} = \beta$$



Схема с общим коллектором (ОК)

The common collector circuit (CC)



В данном случае входной сигнал подается на базу транзистора, а выходная нагрузка находится в цепи эмиттера.

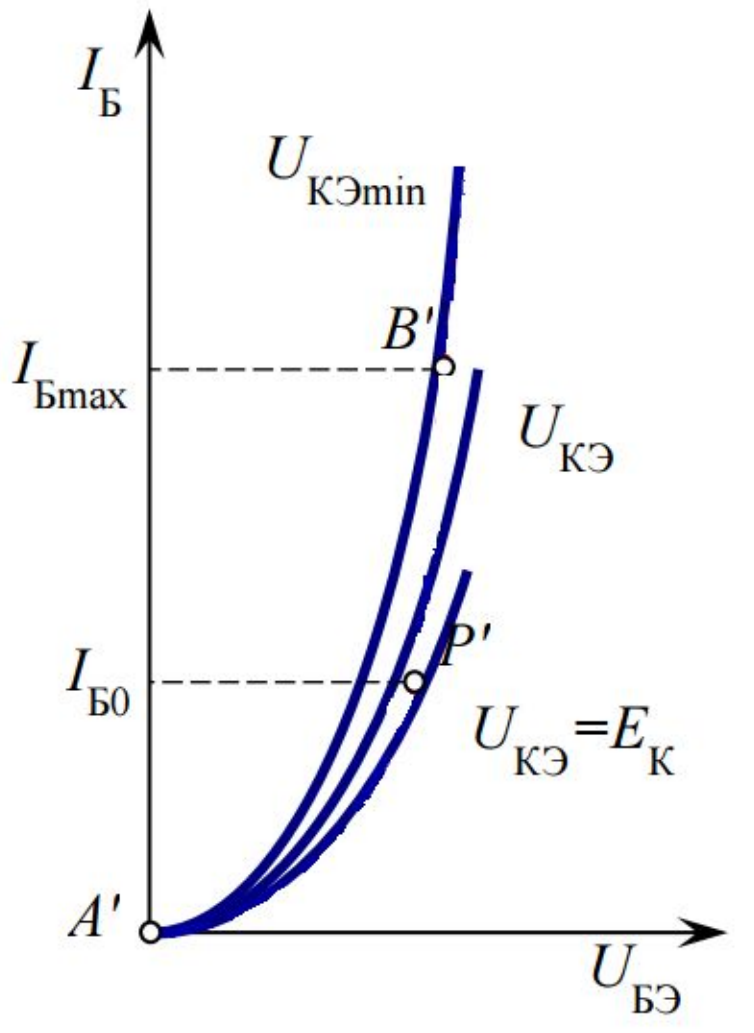
In this case, the input signal is fed to the transistor base, and the output load is in the emitter circuit.

$$I_{Вх} = I_B$$

$$I_{Вых} = I_э$$

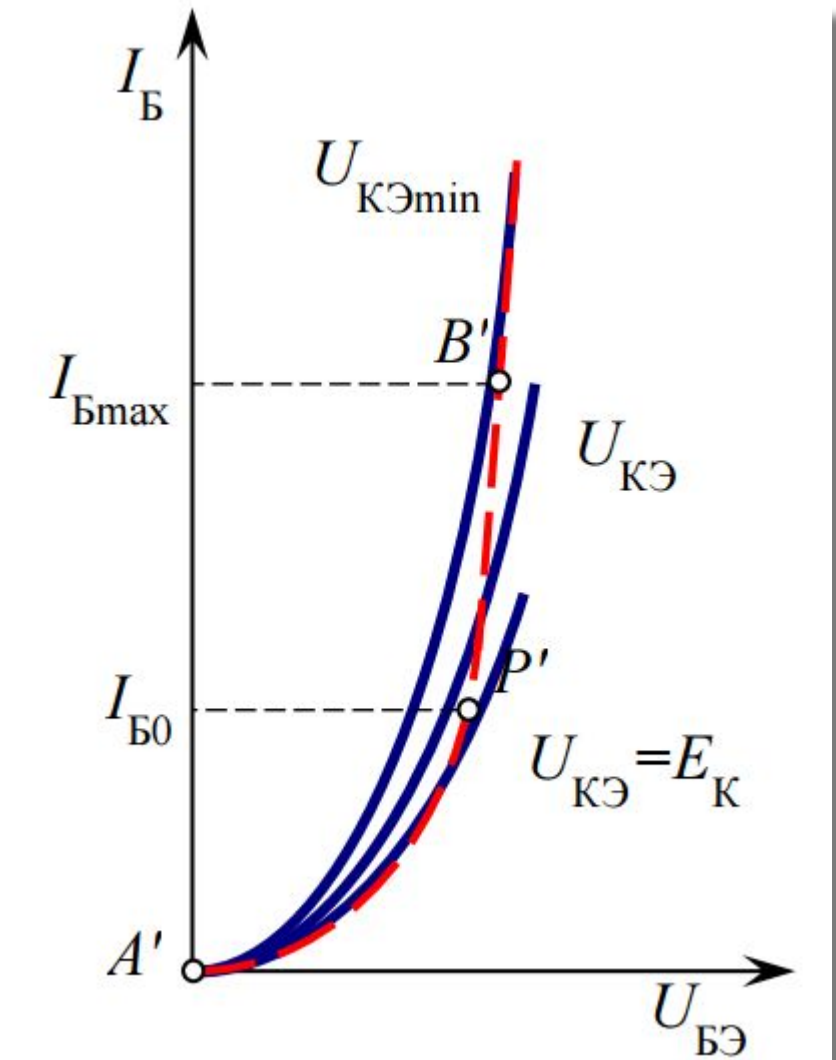
Построение ВАХ транзистора в динамическом режиме

The construction of the VАН characteristics of transistor in dynamic mode



- Что бы построить входную динамическую характеристику, нужно для каждого напряжения на коллекторе, для которого имеется статическая входная характеристика, определить по выходной динамической характеристике ток базы.
- *To construct the output dynamic characteristic, it is necessary for each voltage on the collector, for which there is a static input characteristic, to determine the output dynamic characteristic current base.*

- Затем на входных статических характеристиках следует отметить точки, которые соответствуют найденным значениям токов базы ($A' P' B'$). Соединив эти точки плавной кривой (штрихпунктирная красная линия) получим входную динамическую характеристику транзистора.
- *Then on the input static characteristics it is necessary to mark the points that correspond to the found values of the base currents ($A' P' B'$). By connecting these points of the smooth curve (dash-dot red line) we obtain the input dynamic characteristic of the transistor.*



| Слово | Транскрипция | Перевод |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| переход | 'dʒʌŋkʃn | junction |
| полупроводник | 'semɪkəndʌktər | semiconductor |
| проводимость | kən'dʌkʃn | conduction |
| вольт-амперная характеристика | vəʊlt-'am,pɪr ,kærəktə'rɪstɪk | volt-ampere characteristic |
| электрон | ɪ'lektrɔ:n | electron |
| запирающий слой | 'bærɪər 'leɪər | barrier layer |
| область | fi:ld | field |
| обратное напряжение | rɪ'vɜ:rs 'vəʊltɪdʒ | reverse voltage |
| прямое напряжение | 'fɔ:rwərd 'vəʊltɪdʒ | forward voltage |
| дырки | həʊls | holes |
| направление | ru:t | route |
| замыкание | 'lɑ:kɪŋ | locking |
| интегральная микросхема | 'ɪntɪgreɪtɪd 'sɜ:rki:t | integrated circuit |
| цепь транзистора | træn'zɪstər tʃeɪn | transistor chain |
| концентрация | ,kɑ:nsn'treɪʃn | concentration |