

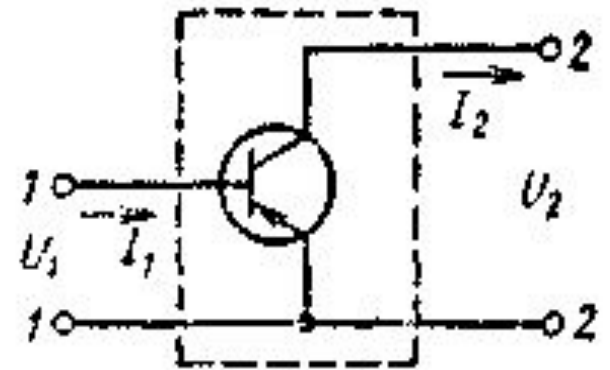
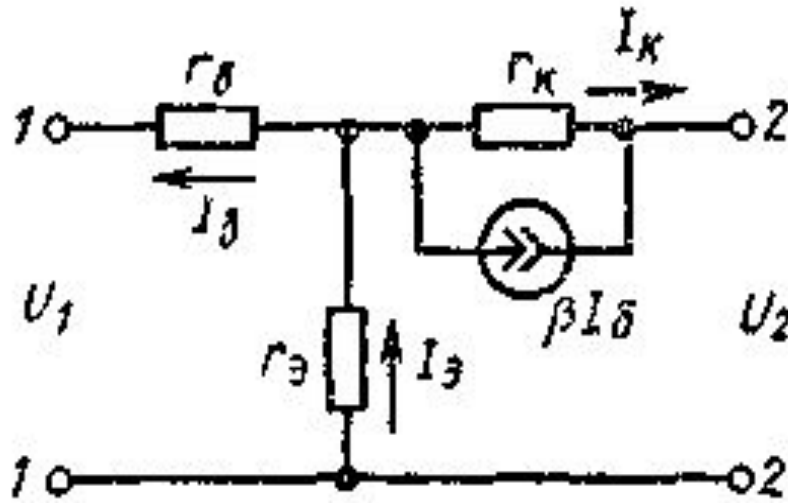
# Статические параметры

## транзистора

Статические параметры характеризуют свойства транзистора. При определении статических параметров используют семейства статических характеристик.

Статические параметры делят на параметры малых сигналов и физические (собственные). При малых сигналах транзистор можно рассматривать как линейный активный четырехполюсник. Напряжения и токи четырехполюсника связаны между собой системами уравнений. Коэффициенты этих уравнений отражают свойства транзистора и являются его параметрами.

# Определение статических параметров транзистора



$$\begin{aligned} U_1 &= h_{11} I_1 + h_{12} U_2 \\ I_2 &= h_{21} I_1 + h_{22} U_2 \end{aligned}$$

# Статические параметры транзистора

В системе уравнений в качестве независимых переменных выбраны входной ток и выходное напряжение.

Коэффициенты  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  имеют определенный физический смысл и являются параметрами транзистора. Решая систему уравнений, нетрудно определить ее коэффициенты-параметры:

$h_{11} = U_1 / I_1$  при  $U_2 = 0$  – входное сопротивление при коротком замыкании на выходе;

# Статические параметры

## транзистора

$h_{12} = U_1 / U_2$  при  $I_1 = 0$  – коэффициент обратной передачи при холостом ходе на входе;

$h_{21} = I_2 / I_1$  при  $U_2 = 0$  – коэффициент усиления на входе при коротком замыкании на выходе;

$h_{22} = I_2 / U_2$  при  $I_1 = 0$  – выходная проводимость при холостом ходе на входе, где  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$

являются входными и выходными параметрами.

Параметры малых сигналов зависят от схемы включения транзистора, поэтому они для различных схем включения в справочниках обозначаются индексом «б» для схемы с общей базой, «э» — для схемы с общим эмиттером.

В ряде случаев оказывается более удобно пользоваться не параметрами четырехполюсника, а физическими параметрами транзистора, которые не зависят от схемы его включения.

# Физические параметры

## транзистора

$r_{\text{э}}$  - сопротивление эмиттерного перехода с учетом объемного сопротивления эмиттерной области (несколько десятков омов);  $r_{\text{к}}$  — сопротивление коллекторного перехода (несколько сотен килоом до мегаома);  $r_{\text{б}}$  — объемное сопротивление базы (сотни омов).

# Предельно-допустимые параметры транзисторов

Предельная температура переходов  $T_{n\max}$ . У германиевых транзисторов значение  $T_{n\max}$  лежит в пределах  $50-100^\circ\text{C}$ , а у кремниевых — в пределах  $120-200^\circ\text{C}$ ;

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором:

$$P_{k\max} = U_{k\max} (T_{n\max} - T_{окр}) / R_{Токр}$$

где  $T_{окр}$  - температура окружающей среды;

Предельное напряжение коллекторного перехода  $U_{k\max}$  - максимальное напряжение, при котором отсутствует лавинный пробой.

# Температурные свойства транзисторов

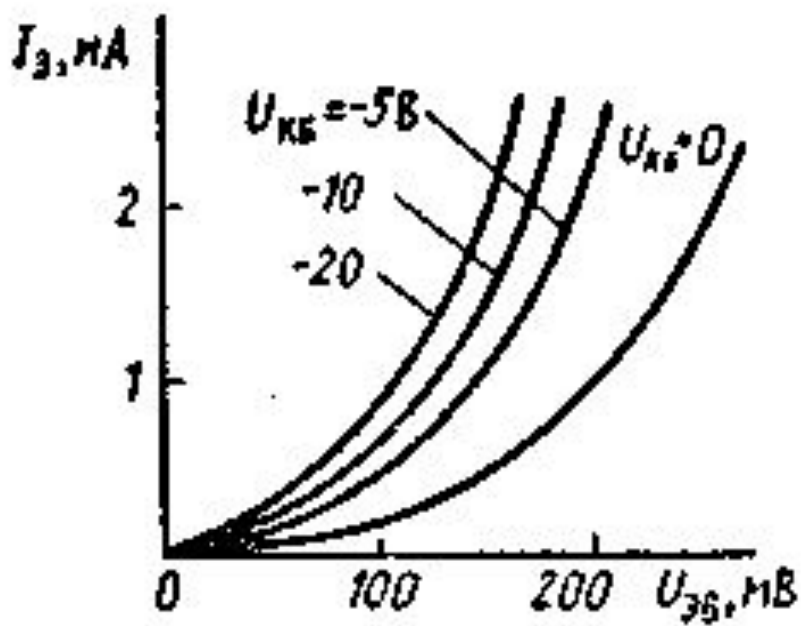
Повышение и понижение окружающей температуры изменяют положение входных, выходных характеристик, а также параметры транзистора. Основной причиной температурной нестабильности является зависимость обратного тока коллектора от температуры. При повышении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  ток увеличивается примерно в 2 раза. Увеличение обратного тока приводит к смещению статических характеристик в сторону больших токов, что нарушает выбранный режим работы транзистора. Для обеспечения термостабильности транзистора используют термостойкие материалы, например кремний и его соединения, а также различные схемы температурной стабилизации режима работы транзистора.

# Частотные свойства транзисторов

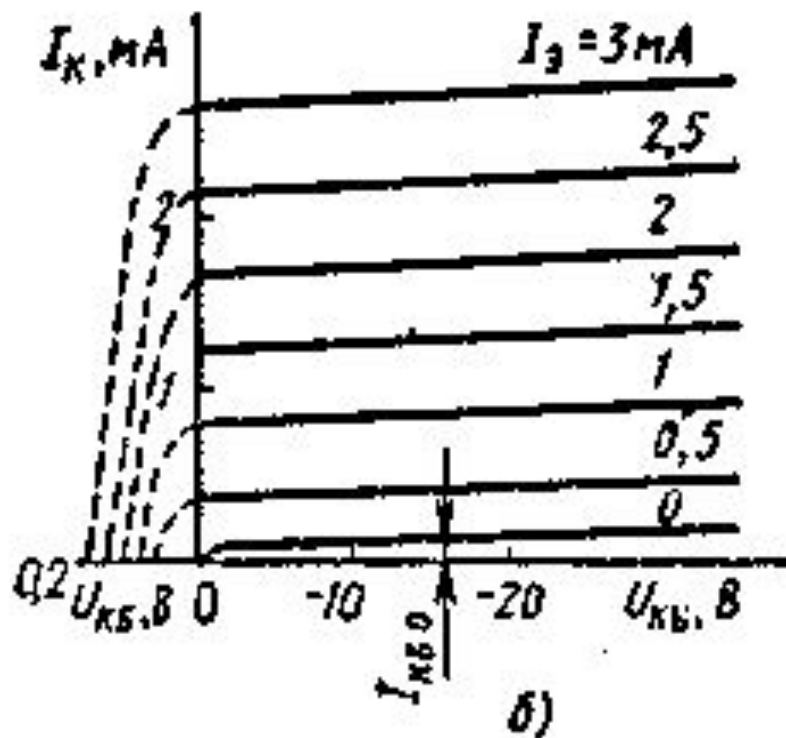
Частотные свойства транзисторов обусловлены наличием емкостей эмиттерного и коллекторного переходов, а также подвижностью инжектированных эмиттером носителей зарядов в области базы. С повышением рабочей частоты реактивное сопротивление емкости электронно-дырочных переходов уменьшается и оказывает шунтирующее действие на сопротивление перехода. Существенное влияние оказывает емкость коллекторного перехода, так как ее реактивное сопротивление велико. Поскольку емкость коллекторного перехода для схемы с общим эмиттером примерно в  $h_{21э}$  раз больше емкости коллекторного перехода для схемы с общей базой, то частотные свойства схемы с общим эмиттером хуже, чем схемы с общей базой.



# Статические вольт-амперные характеристики для схемы с общей базой

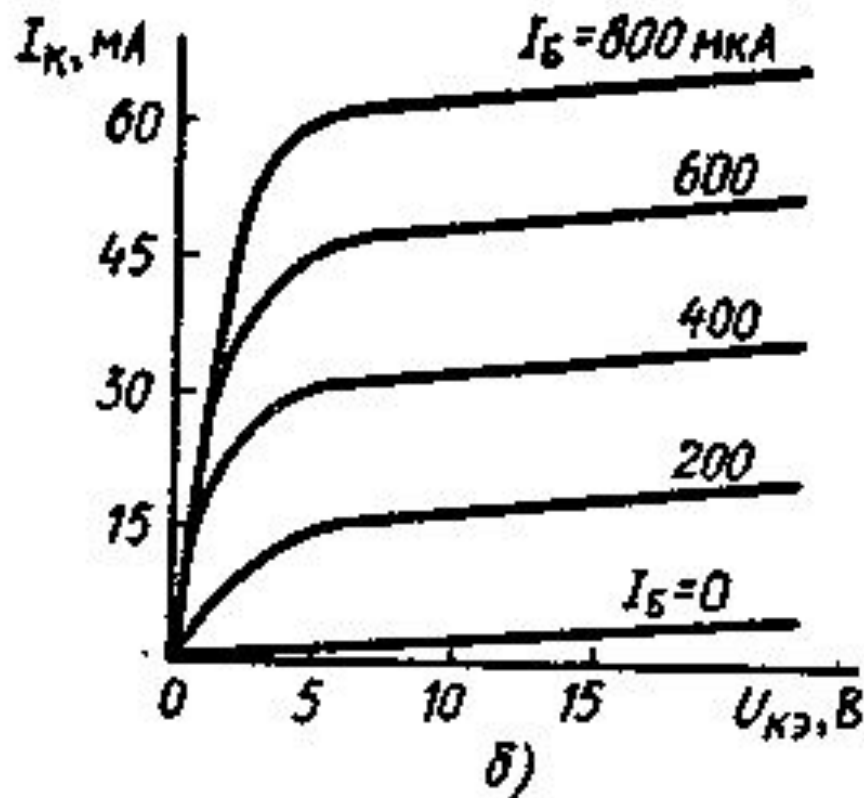
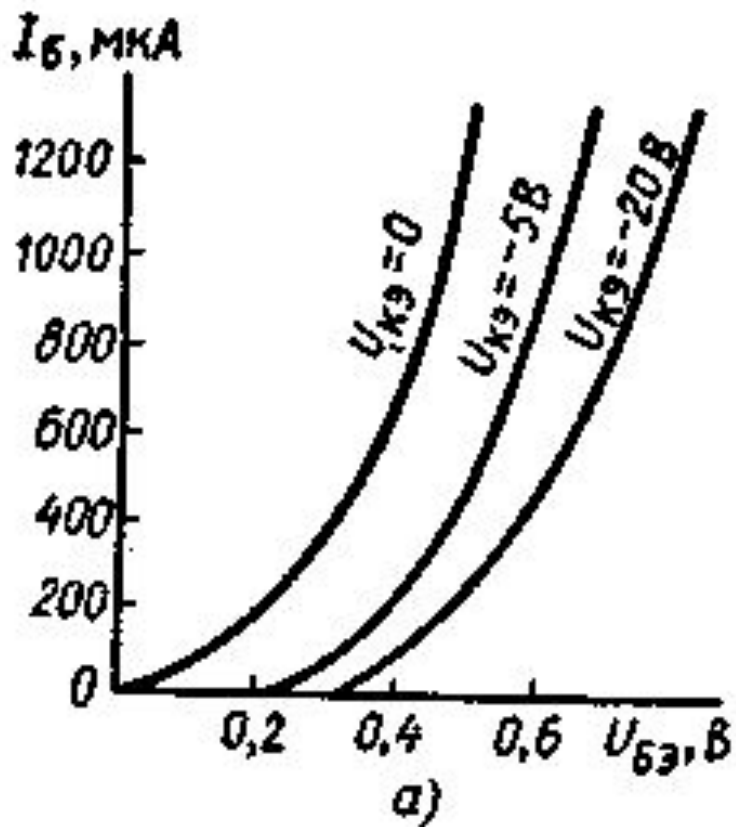


а)



б)

# Статические вольт-амперные характеристики для схемы с общим эмиттером



# Динамический режим транзистора

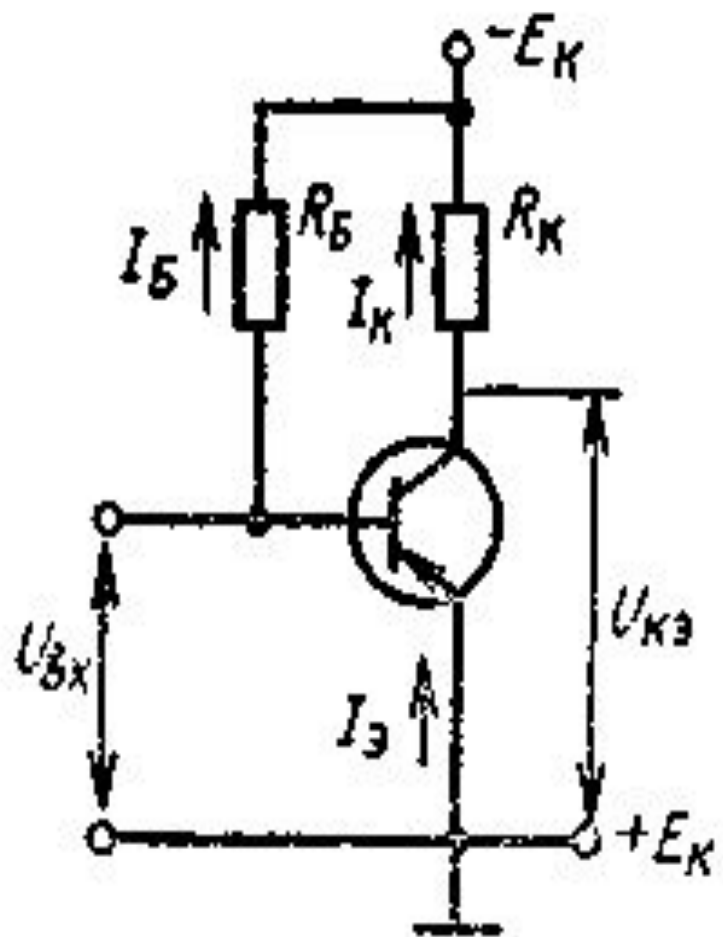
В практических устройствах электроники наиболее широкое распространение получила схема с общим эмиттером, обладающая наибольшим усилением по мощности. В выходную (коллекторную) цепь включена нагрузка  $R_K$ , а во входную (базовую) цепь — источник входного сигнала с напряжением  $U_{BX}$ . В этой схеме увеличение тока базы вызывает возрастание тока в цепи коллектора и уменьшение напряжения на коллекторе. Ток и напряжение на коллекторе связаны между собой уравнением

$$U_{KЭ} = E_K - I_K R_K$$

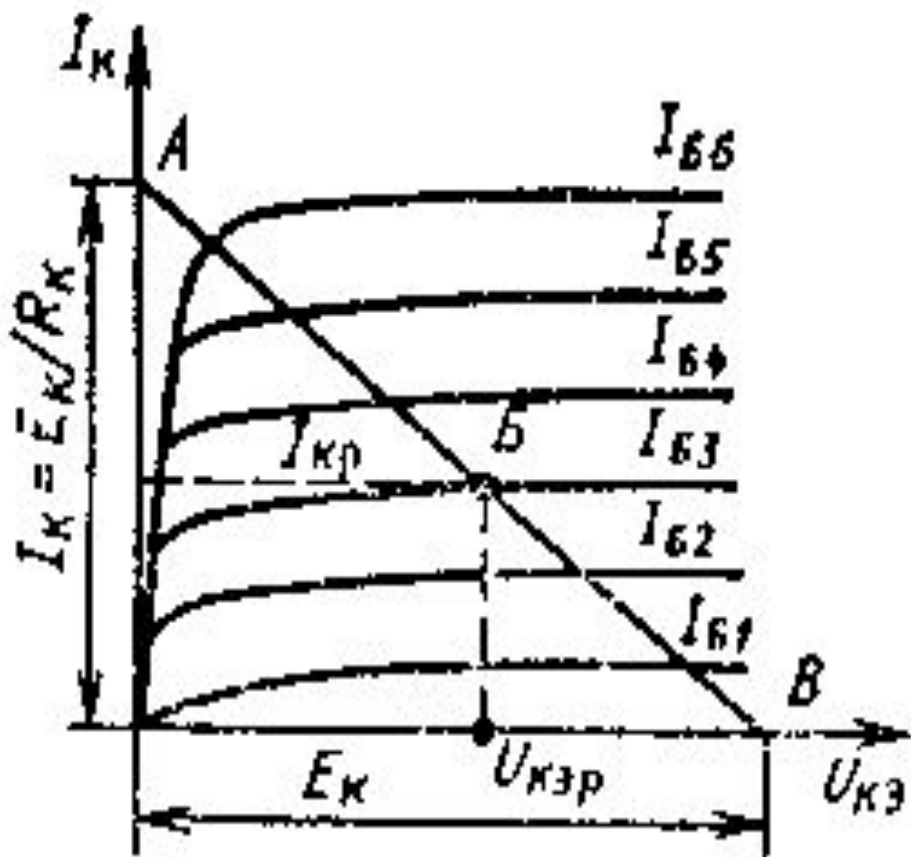
Такой режим работы транзистора называют *динамическим*, а характеристики, определяющие связь между токами и напряжениями транзистора при наличии сопротивления нагрузки, — динамическими характеристиками. Динамические характеристики строят на семействе статических при заданных значениях напряжения источника питания коллекторной цепи  $E_K$  и сопротивления нагрузки  $R_K$ . Для построения выходной (коллекторной) динамической характеристики используют уравнение динамического режима, которое представляет собой уравнение прямой.

Поэтому достаточно найти отрезки, отсекаемые прямой на осях координат. При  $I = 0$   $U_{KЭ} = E_K$  и при  $U_{KЭ} = 0$   $I_K = E_K / R_K$

# Выходная динамическая характеристика



а)



б)