

### **Выводы:**

1. В отличие от схемы с общей базой схема с общим эмиттером наряду с усилением по напряжению даёт также усиление по току. Транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером, усиливает ток базы в десятки – сотни раз. Усиление по напряжению в данной схеме остается таким же, как в схеме с общей базой. Поэтому усиление по мощности в схеме с общим эмиттером значительно больше, чем в схеме с общей базой.
2. Схема с общим эмиттером имеет более приемлемые значения входного и выходного сопротивлений – входное больше, а выходное сопротивление меньше, чем в схеме с общей базой.
3. Благодаря указанным преимуществам схема с общим эмиттером находит наибольшее применение на практике.
4. Схема с общей базой хоть и имеет меньшее усиление по мощности и имеет меньшее входное сопротивление, все же ее иногда применяют на практике, т.к. она имеет лучшие температурные свойства.
5. Схема с общим коллектором дает усиление по току и по мощности, но не дает усиления по напряжению.
6. Схему с общим коллектором очень часто применяют в качестве входного каскада усиления из-за его высокого входного сопротивления и способности не нагружать источник входного сигнала, а также данная схема имеет наименьшее выходное сопротивление.

### **3.4 Статические характеристики биполярного транзистора**

*Статическими характеристиками* называются зависимости между входными и выходными токами и напряжениями транзистора при отсутствии нагрузки. Каждая из схем включения транзистора характеризуется четырьмя семействами статических характеристик:

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

$$I_{\text{вх}} = f(U_{\text{вх}}) \Big|_{U_{\text{вых}} = \text{const}} . \quad (3.22)$$

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

$$I_{\text{вых}} = f(U_{\text{вых}}) \Big|_{I_{\text{вх}} = \text{const}} . \quad (3.23)$$

### 3. Характеристики обратной связи по напряжению:

$$U_{\text{эс}} = f(U_{\text{эблх}}) \Big|_{I_{\text{эс}} = \text{const}} . \quad (3.24)$$

### 4. Характеристики передачи по току:

$$I_{\text{эблх}} = f(I_{\text{эс}}) \Big|_{U_{\text{эблх}} = \text{const}} . \quad (3.25)$$

Наиболее часто на практике используют входные и выходные характеристики, которые обычно приводятся в справочной литературе и представляют собой усредненные зависимости большого числа однотипных транзисторов. Две последние характеристики применяют реже и, к тому же, они могут быть построены из входных и выходных характеристик.

#### 3.4.1 Статические характеристики для схемы с общей базой

1. Семейство входных статических характеристик (рисунок 3.8) представляет собой зависимость  $I_{\text{э}} = f(U_{\text{эб}}) \Big|_{U_{\text{кб}} = \text{const}}$

При  $U_{\text{кб}} = 0$  входная характеристика представляет собой прямую ветвь вольт-амперной характеристики эмиттерного перехода. При  $U_{\text{кб}} < 0$  данная характеристика смещается немного выше оси абсцисс, т. к. при отсутствии входного сигнала ( $E_1 = 0$ ) через запертый коллекторный переход протекает маленький обратный ток  $I_{\text{к0}}$ , который создает на объемном сопротивлении базовой области  $r_{\text{б}}$  падение напряжения, приложенное к эмиттерному переходу в прямом направлении (рисунок 3.8, а).

Это падение напряжения и обуславливает протекание через эмиттерный переход маленького прямого тока и смещение вверх входной характеристики (рисунок 3.8, б).

При  $U_{\text{кб}} > 0$  коллекторный переход смещается в прямом направлении, через него протекает прямой ток, и следовательно падение напряжения на сопротивлении базы  $r_{\text{б}}$  изменит полярность на противоположную, что вызовет при отсутствии входного сигнала протекание через эмиттерный переход маленького обратного тока и, следовательно, смещение входной характеристики вниз (рисунок 3.8, б).

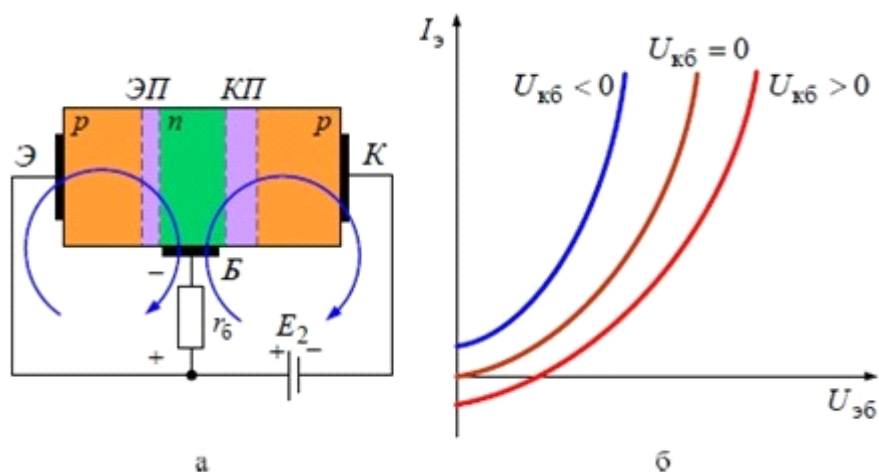


Рисунок 3.8 – Входные характеристики схеме с общей базой

2. Семейство выходных статических характеристик (рисунок 3.9) представляет собой зависимость  $I_{\kappa} = f(U_{\kappa\delta}) \Big|_{I_{\text{э}} = \text{const}}$ .

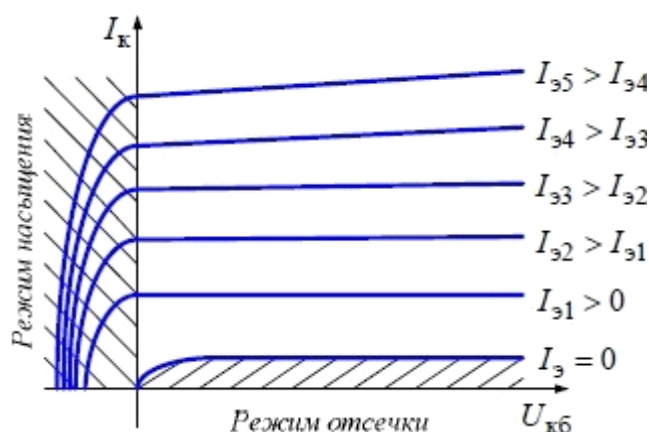


Рисунок – 3.9 Входные характеристики схемы с общей базой

Если  $I_{\text{э}} = 0$ , то выходная характеристика представляет собой обратную ветвь вольт-амперной характеристики коллекторного перехода. При  $I_{\text{э}} > 0$  ток в коллекторной цепи будет протекать даже при отсутствии источника коллекторного питания ( $E_2 = 0$ ) за счет экстракции инжектированных в базу носителей полем коллекторного перехода. При увеличении напряжения  $U_{\kappa\delta}$  коллекторный ток практически не меняется, т. к. количество инжектированных в базу носителей не меняется ( $I_{\text{э}} = \text{const}$ ), а возрастает только скорость их перемещения через коллекторный переход. Чем больше уровень тока  $I_{\text{э}}$ , тем больше и коллекторный ток  $I_{\kappa}$ .

При изменении полярности  $U_{\kappa\delta}$  на противоположную меняется и включение коллекторного перехода с обратного на прямое. Поэтому ток  $I_{\kappa}$  вначале очень быстро снижается до нуля, а затем изменяет свое направление на противоположное.

### 3.4.2 Статические характеристики для схемы с общим эмиттером

1. Семейство входных статических характеристик представляет собой зависимость  $I_{\text{б}} = f(U_{\text{бэ}}) \Big|_{U_{\text{кэ}} = \text{const}}$ . Вид этих характеристик показан на рисунке 3.10.

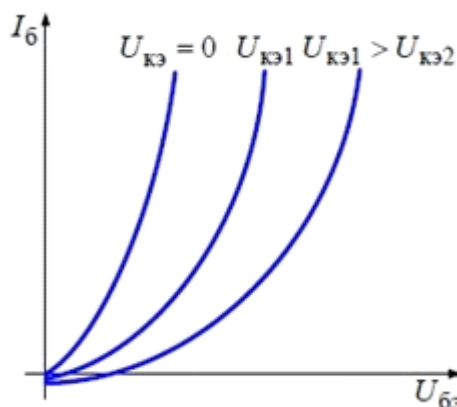


Рисунок – 3.10 Входные характеристики схемы с общим эмиттером

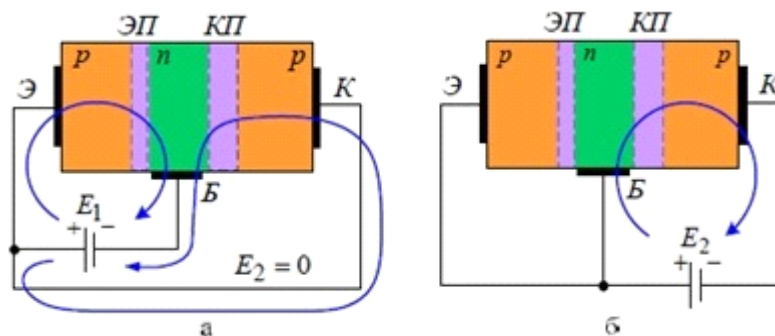


Рисунок 3.11 – Схема включения транзистора, поясняющие особенность входных характеристик с общим эмиттером

При  $U_{\text{кэ}} = 0$  эта характеристика представляет собой прямую ветвь вольт-амперной характеристики эмиттерного перехода. При этом коллекторный переход оказывается включенным в прямом направлении на напряжение источника  $E_1$  (рисунок 3.11, а).

При включении источника  $E_2$  ( $U_{\text{кэ}} < 0$ ) характеристика пойдет несколько ниже предыдущей, т. к. в случае  $U_{\text{бэ}} = 0$  (рисунок 3.11, б) источник  $E_1$  отсутствует и через коллекторный переход протекает маленький обратный ток  $I_{\text{к0}}$  под действием источника  $E_2$ , направление которого в базе противоположно тому, когда включен источник  $E_1$ .

При включении  $E_1$  ( $U_{\text{бэ}} > 0$ ) этот ток будет уменьшаться, т. к. в цепи его протекания  $E_1$  и  $E_2$  будут включены встречно, а затем он перейдет через ноль и будет возрастать в положительном направлении под действием  $E_1$ . Однако в справочной литературе этим малым значением тока пренебрегают, и входные характеристики представляют исходящими из начала координат.

3. Выходные статические характеристики (рисунок 3.12) представляют собой зависимости  $I_K = f(U_{кэ})|_{I_6 = const}$ .

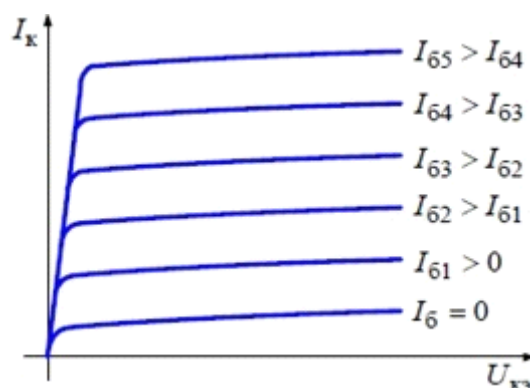


Рисунок 3.12 – Выходные характеристики схемы с общим эмиттером

При  $I_6 = 0$  эта характеристика представляет собой обратную ветвь вольт-амперной характеристики коллекторного перехода. При  $I_6 > 0$  характеристики имеют большую крутизну в области малых значений  $U_{кэ}$ , т. к. при условии  $E_2 < E_1$  (рисунок 3.11, а), коллекторный переход включен в прямом направлении; поэтому сопротивление его незначительно и достаточно небольшого изменения напряжения на нем, чтобы ток  $I_K$  изменился значительно. Более того, при  $U_{кэ} = 0$  все характеристики кроме начальной ( $I_6 = 0$ ), исходят не из начала координат, а ниже (рисунок 3.13), так как ток коллекторного перехода в этом случае является прямым и имеет направление противоположное по отношению к обычному току коллектора.

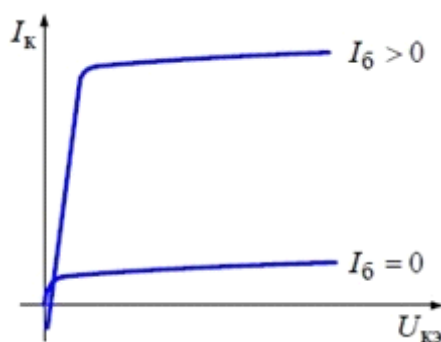


Рисунок 3.13 – Особенность выходных характеристик с общим эмиттером

Но этим маленьким смещением характеристик пренебрегают и в справочниках представлены характеристики, исходящие из начала координат. При больших значениях  $U_{кэ}$  характеристики идут значительно выше, так как практически все носители, инжектированные из эмиттера в базу, принимают уча-

ствие в образовании коллекторного тока и дальнейшее увеличение  $U_{кэ}$  не приводит к пропорциональному росту тока  $I_к$ . Однако небольшой наклон характеристики все же имеется, так как с увеличением  $U_{кэ}$  увеличивается ширина коллекторного перехода, а ширина базовой области, с учетом ее и без того малой величины, уменьшается. Это приводит к уменьшению числа рекомбинаций инжектированных в базу носителей и, следовательно, к увеличению количества носителей, переброшенных в область коллектора. Кроме того, по этой же причине несколько снижается базовый ток  $I_б$ , а поскольку характеристики снимаются при условии  $I_б = const$ , то при этом необходимо несколько увеличивать напряжение  $U_{бэ}$ , что приводит к некоторому возрастанию тока эмиттера  $I_э$  и, следовательно, тока коллектора  $I_к$ . Еще одной причиной некоторого роста  $I_к$  является то, что с увеличением  $U_{кэ}$  возрастает и та его часть, которая приложена к эмиттерному переходу в прямом направлении. Это тоже приводит к некоторому увеличению тока эмиттера  $I_э$  и, следовательно, тока коллектора  $I_к$ .

Статические характеристики транзистора, включенного по схеме с общим коллектором, аналогичны характеристикам транзистора с общим эмиттером.

Две оставшиеся статические характеристики – характеристика обратной связи по напряжению (3.24) и характеристика передачи по току (3.25) могут быть построены для всех схем включения транзистора из его входных и выходных характеристик. Пример такого построения для схемы с общим эмиттером для транзистора КТ201Б представлен на рисунке 3.14.

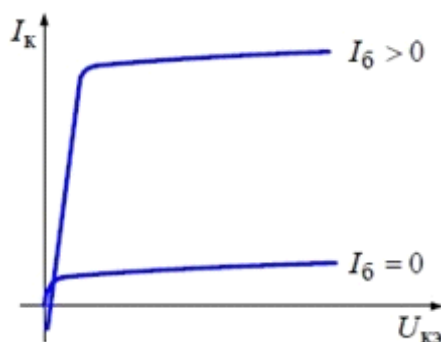


Рисунок 3.13 – Это повтор рисунка.....

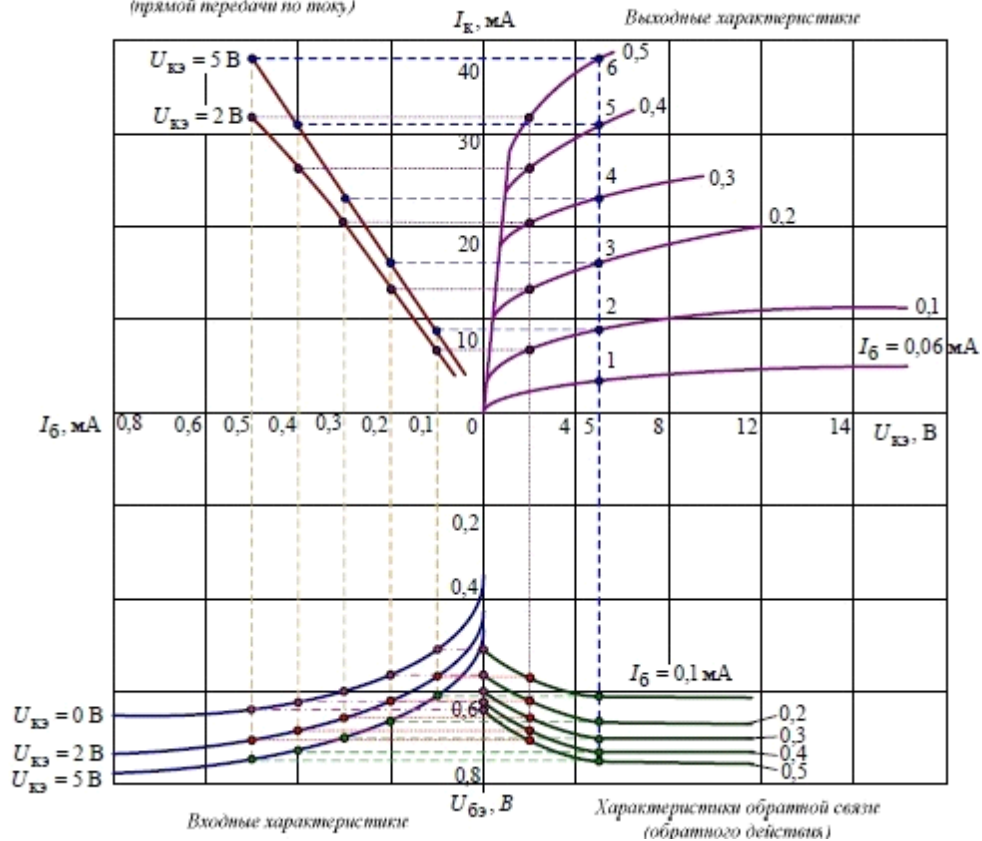


Рисунок 3.14 – Семейство статических характеристик биполярного транзистора

В первом квадранте размещаются выходные статические характеристики транзистора  $I_k = f(U_{кэ}) \Big|_{I_б = const}$ . В третьем квадранте размещено семейство входных характеристик  $I_б = f(U_{бэ}) \Big|_{U_{кэ} = const}$ , снятые для фиксированных значений напряжения  $U_{кэ} \neq 0$ . В справочниках чаще всего даются эти характеристики для значений  $U_{кэ} = 0$ ,  $U_{кэ} = 5$  В. Тогда, откладывая влево от начала координат по оси абсцисс тока базы  $I_б$ , можно построить характеристику передачи по току  $I_k = f(I_б) \Big|_{U_{кэ} = 5 В}$ . Для этого из точки  $U_{кэ} = 5$  В восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с выходными характеристиками (точки 1, 2, 3, 4, 5, 6), а затем проецируем эти точки до пересечения с перпендикулярами, соответствующими базовым токам, при которых сняты выходные характеристики ( $I_б = 0,06; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$  мА). По этим точкам пересечения и строим искомую характеристику  $I_k = f(I_б) \Big|_{U_{кэ} = 5 В}$ .

Аналогично для  $U_{кэ} = 2 \text{ В}$ . А теперь можно построить характеристики обратной связи по напряжению:  $U_{бэ} = f(U_{кэ}) \Big|_{I_{бэ} = const}$ . Для этого, задавая дискретные значения напряжений  $U_{кэ}$  на оси абсцисс и восстанавливая из этих точек перпендикуляры, переносим точки пересечения с соответствующими выходными характеристиками в четвертый квадрант, используя при этом в качестве переходной характеристику  $I_{кэ} = f(I_{бэ})$  и характеристику входную  $I_{бэ} = f(U_{бэ})$ . При этом считаем, что при  $U_{кэ} > 5 \text{ В}$  все входные характеристики идут настолько близко друг к другу, что практически сливаются с характеристикой при  $U_{кэ} = 5 \text{ В}$ .

### 3.5 Эквивалентные схемы транзистора

Реальный транзистор при расчете электронных схем можно представить в виде эквивалентной схемы (рисунок 3.15). Здесь оба электронно-дырочных перехода, эмиттерный и коллекторный, представлены диодами  $VD1$  и  $VD2$ , а их взаимодействие учитывается генераторами токов, которые генерируют токи:  $\alpha_N I_1$  – в нормальном включении ( $\alpha_N$  – коэффициент передачи транзистора в нормальном включении);  $\alpha_I I_1$  – в инверсном включении ( $\alpha_I$  – коэффициент передачи по току в инверсном включении).

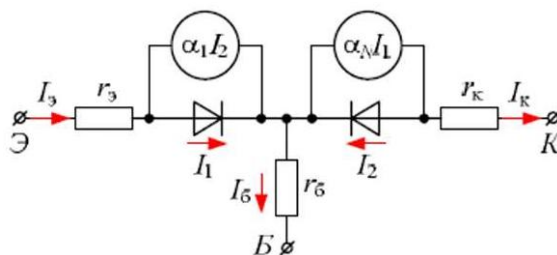


Рисунок 3.15 – Эквивалентная схема транзистора по постоянному току

Собственные сопротивления различных областей транзистора учитываются сопротивлениями:

$r_э$  – сопротивление эмиттерной области,

$r_б$  – сопротивление базы,

$r_к$  – сопротивление коллектора.

Рассмотренная схема, является эквивалентной схемой транзистора по постоянному току, так как не учитывает ряда факторов, оказывающих существенное влияние на переменную составляющую.



Поскольку транзистор в большинстве случаев усиливает сигналы переменного тока, то в этом случае его эквивалентная схема будет несколько иной (рисунок 3.16).

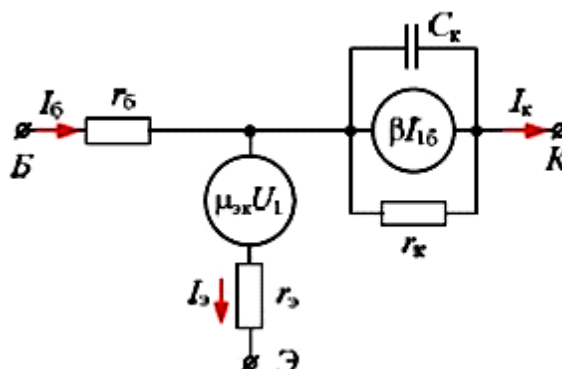


Рисунок 3.16 – Эквивалентная схема транзистора по переменному току

Здесь  $\beta = \left. \frac{dI_{\kappa}}{dI_{\vartheta}} \right|_{U_{\kappa} = const}$  – динамический коэффициент передачи по току;

$r_{\vartheta} = \left. \frac{dU_{\vartheta}}{dI_{\vartheta}} \right|_{U_{\kappa} = const}$  – динамическое сопротивление эмиттера;

$r_{\kappa} = \left. \frac{dU_{\kappa}}{dI_{\kappa}} \right|_{I_{\vartheta} = const}$  – динамическое сопротивление коллектора;

$\mu_{\vartheta\kappa} = \left. \frac{dU_{\vartheta}}{dI_{\kappa}} \right|_{I_{\vartheta} = const}$  – динамический коэффициент внутренней обратной связи по напряжению;

$r_{\bar{o}}$  – объемное сопротивление базы;

$C_{\kappa}$  – ёмкость коллекторного перехода.

### 3.6 Транзистор как линейный четырехполюсник

Транзистор с его внутренними параметрами, определяемыми эквивалентной схемой, можно представить в виде линейного четырехполюсника (рисунок 3.17) – «черного ящика» с произвольной, но неизменной структурой, которая определяет соответствующие зависимости между входными и выходными параметрами ( $U_1, I_1, U_2, I_2$ ).



Рисунок 3.17 – Схема четырехполюсника

В зависимости от того, какие из этих величин взять за независимые переменные, а какие – зависимые, линейный четырехполюсник можно описать шестью различными системами уравнений. Однако, наибольшее распространение получила система, где за независимые переменные принимаются входной ток  $I_1$  и выходное напряжение  $U_2$ , а за зависимые – выходной ток  $I_2$  и входное напряжение  $U_1$ . Тогда система уравнений, связывающая между собой зависимые и независимые переменные, выглядит так:

$$\begin{aligned} U_1 &= h_{11} \cdot I_1 + h_{12} \cdot U_2 \\ I_2 &= h_{21} \cdot I_1 + h_{22} \cdot U_2 \end{aligned} \quad (3.26)$$

Физический смысл коэффициентов  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$ , называемых  $h$ -параметрами, установим следующим образом.

Если в первом уравнении положить  $U_2 = 0$  (короткое замыкание на выходе), то параметр  $h_{11}$ , можно найти:  $h_{11} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{U_2=0}$  – входное сопротивление транзистора при коротком замыкании на выходе.

Если в этом же уравнении положить  $I_1 = 0$  (холостой ход на входе), то параметр  $h_{12}$  равен:  $h_{12} = \frac{U_1}{U_2} \Big|_{I_1=0}$  – коэффициент внутренней обратной связи транзистора по напряжению при холостом ходе во входной цепи.

Аналогичным образом из второго уравнения находим:  $h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{U_2=0}$  – коэффициент передачи транзистора по току при коротком замыкании на выходе;  $h_{22} = \frac{I_2}{U_2} \Big|_{I_1=0}$  – выходная проводимость транзистора при холостом ходе во входной цепи.

С учетом  $h$ -параметров эквивалентная схема транзистора выглядит следующим образом (рисунок 3.18).

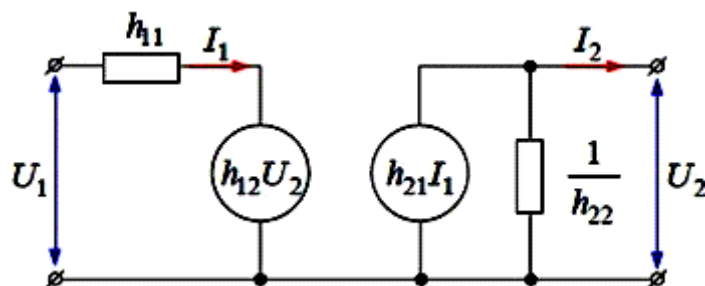


Рисунок 3.18 – Схема замещения транзистора

Здесь во входной цепи транзистора включен генератор напряжения  $h_{12}U_2$ , который учитывает взаимовлияние между коллекторным и эмиттерным переходом в результате модуляции ширины базы, а генератор тока  $h_{21}I_1$  в выходной цепи учитывает усилительные свойства транзистора, когда под действием входного тока  $I_1$ , в выходной цепи возникает пропорциональный ему ток  $h_{21}I_1$ . Параметры  $h_{11}$  и  $h_{22}$  – это соответственно, входное сопротивление и выходная проводимость транзистора. Для различных схем включения транзистора  $h$ -параметры будут различны.

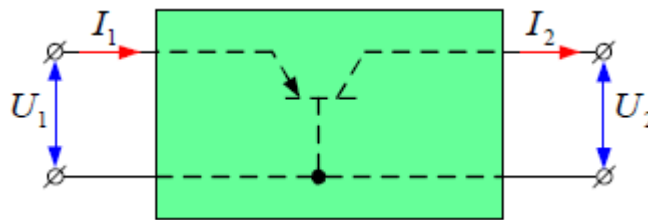


Рисунок 3.19 – Эквивалентная схема четырехполюсника для схемы

Так, для схемы с общей базой входными и выходными величинами являются (рисунок 3.19):

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{эб}; & I_1 &= I_э; \\ U_2 &= U_{кэ}; & I_2 &= I_к. \end{aligned}$$

Так как транзистор чаще усиливает сигнал переменного тока, то и  $h$ -параметры по переменному току должны определяться не как статические, а как динамические (дифференциальные). Для схемы с общей базой они определяются по выражениям:

$$h_{11б} = \left. \frac{\Delta U_{эб}}{\Delta I_э} \right|_{U_{кб} = const} \quad (3.27)$$

$$h_{12б} = \left. \frac{\Delta U_{эб}}{\Delta U_{кб}} \right|_{I_э = const} \quad (3.28)$$

$$h_{21б} = \left. \frac{\Delta I_к}{\Delta I_э} \right|_{U_{кб} = const} \quad (3.29)$$

$$h_{22б} = \left. \frac{\Delta I_к}{\Delta U_{кб}} \right|_{I_э = const} \quad (3.30)$$

Индекс «б» говорит о принадлежности этих параметров к схеме с общей базой.

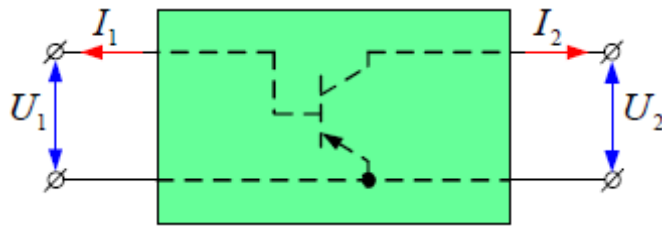


Рисунок 3.20 – Эквивалентная схема четырехполюсника для схемы с общим эмиттером

Для схемы с общим эмиттером входными и выходными величинами являются (рисунок 3.20):  $U_1 = U_{бэ}$ ;  $I_1 = I_{б}$ ;  $U_2 = U_{кэ}$ ;  $I_2 = I_{к}$ .

Для схемы с общим эмиттером  $h$ -параметры определяются из соотношений:

$$h_{11э} = \left. \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta I_{б}} \right|_{U_{кэ} = const} \quad (3.31)$$

и составляет от сотен Ом до единиц кОм

$$h_{12э} = \left. \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta U_{кэ}} \right|_{I_{б} = const} \quad (3.32)$$

и обычно равен  $10^{-3} \dots 10^{-4}$ , т. е. напряжение передаваемое с выхода на вход за счет обратной связи, составляет тысячные или десятитысячные доли выходного напряжения;

$$h_{21э} = \left. \frac{\Delta I_{к}}{\Delta I_{б}} \right|_{U_{кэ} = const} \quad (3.33)$$

и составляет десятки – сотни единиц;

$$h_{22э} = \left. \frac{\Delta I_{к}}{\Delta U_{кэ}} \right|_{I_{б} = const} \quad (3.34)$$

и равна десятым – сотым долям  $mCm$ , а выходное сопротивление  $\frac{1}{h_{22}}$ , получается от единиц до десятков  $kOm$ .

Используя семейства входных и выходных характеристик транзистора  $h$ -параметры можно определить и графическим путем. Так, для схемы с общим эмиттером семейства входных и выходных характеристик представлены на рисунке 3.21.

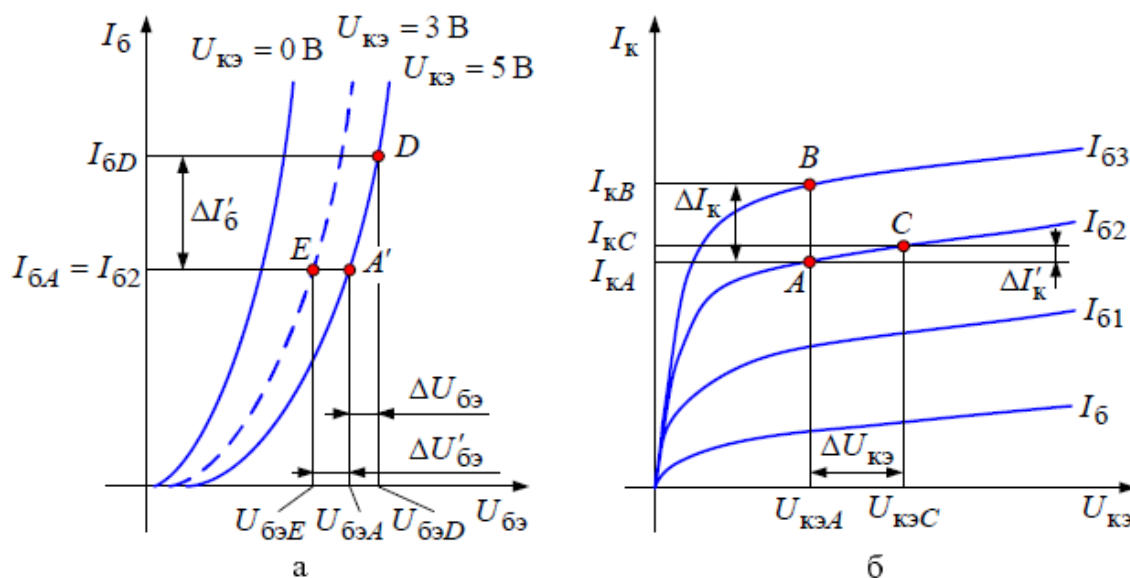


Рисунок 3.21 – Определение  $h$ -параметров по статическим характеристикам транзистора

Входные характеристики транзистора в справочниках обычно представлены двумя кривыми, снятыми при  $U_{кэ} = 0$  и  $U_{кэ} = 5$  В (рисунок 3.21, а). Все остальные входные характеристики при  $U_{кэ} < 5$  В настолько близко расположены друг от друга, что практически сливаются в одну характеристику. Поэтому, откладывая на оси абсцисс выходных характеристик (рисунок 3.21, б)  $U_{кэ} = 5$  В, восстанавливаем из этой точки перпендикуляр до пересечения с какой-либо из средних характеристик, например,  $I_{62}$  (точка А). Точке А соответствует коллекторный ток  $I_{кА}$ . Тогда, давая приращение току  $I_k$  при неизменном  $U_{кэ}$  на величину  $\Delta I_k$ , например до пересечения со следующей характеристикой ( $I_{63}$ ), получим точку В. Приращение базового тока  $\Delta I_6$  при этом соответствует разности:

$$\Delta I_6 = I_{63} - I_{62}. \quad (3.35)$$

Подставляя найденные величины  $\Delta I_k$  и  $\Delta I_6$  в выражение (3.33), получаем параметр:

$$h_{21э} = \left. \frac{\Delta I_k}{\Delta I_6} \right|_{U_{кэ} = const}. \quad (3.36)$$

Давая теперь приращение напряжению  $U_{\kappa\varepsilon}$  на величину  $\Delta U_{\kappa\varepsilon}$  от точки  $A$  до точки  $C$ , получим напряжение  $U_{\kappa\varepsilon C}$ . Точке  $C$  соответствует коллекторный ток  $I_{\kappa C}$  на оси ординат.

Находя разность токов  $I_{\kappa C}$  и  $I_{\kappa A}$ , получим:

$$\Delta I'_{\kappa} = I_{\kappa C} - I_{\kappa A}.$$

Подставляя найденные значения  $\Delta I'_{\kappa}$  и  $\Delta U_{\kappa\varepsilon}$  в выражение (3.34), получим:

$$h_{22\varepsilon} = \left. \frac{\Delta I'_{\kappa}}{\Delta U_{\kappa\varepsilon}} \right|_{I_{\delta} = I_{\delta 2} = \text{const}}. \quad (3.37)$$

Далее на оси ординат входной характеристики отложим величину тока базы  $\Delta I_{\delta 2} = I_{\delta A}$ . Используя входную характеристику при  $U_{\kappa\varepsilon} = 5 \text{ В}$ , найдем напряжение  $U_{\delta\varepsilon A}$ . Давая приращение напряжения  $\Delta U_{\delta\varepsilon}$ :  $\Delta U_{\delta\varepsilon} = U_{\delta\varepsilon D} - U_{\delta\varepsilon A}$  на величину  $\Delta U_{\delta\varepsilon}$ , находим приращение тока базы  $\Delta I'_{\delta} = I_{\delta D} - I_{\delta A}$ .

Подставляя найденные значения  $\Delta U_{\delta\varepsilon}$  и  $\Delta I'_{\delta}$  в выражение (3.31), получаем:

$$h_{11\varepsilon} = \left. \frac{\Delta U_{\delta\varepsilon}}{\Delta I'_{\delta}} \right|_{U_{\kappa\varepsilon} = \text{const}}. \quad (3.38)$$

Для нахождения параметра  $h_{12}$  необходимы две входные характеристики, снятые для  $U_{\kappa\varepsilon} \neq 0$ .

Предположим, что кроме приведенных входных характеристик была бы еще одна, снятая, например, для  $U_{\kappa\varepsilon} = 3 \text{ В}$  (показана на рисунке 3.21, а пунктиром). Тогда, находя на этой характеристике точку  $E$ , соответствующую базовому току  $I_{\delta A}$ , можно было бы определить:

$$\Delta U'_{\delta\varepsilon} = U_{\delta\varepsilon A} - U_{\delta\varepsilon E} \text{ и } \Delta U'_{\kappa\varepsilon} = U_{\kappa\varepsilon A} - U_{\kappa\varepsilon E} = 5 - 3 = 2 \text{ В},$$

где  $U_{\kappa\varepsilon A}$  и  $U_{\kappa\varepsilon E}$  — значения напряжений на коллекторе, при которых сняты входные характеристики с точкой  $A$  и точкой  $E$ .

Подставляя найденные значения в выражение (3.32), можно было бы получить:

$$h_{12э} = \left. \frac{\Delta U'}{\Delta U'} \right|_{I_{\bar{o}} = I_{\bar{o}A} = const} \quad (3.39)$$

Использование для нахождения этого параметра входной характеристики при  $U_{кэ} = 0$  дает большую погрешность, так как при малых значениях  $U_{кэ}$  входные характеристики располагаются далеко друг от друга, а затем их частота возрастает и уже при  $U_{кэ} \approx 5 \text{ В}$  они практически сливаются друг с другом. Поскольку в справочниках обычно приводится входная характеристика только для одного значения  $U_{кэ} \neq 0$ , точно определить параметр  $h_{12}$  в нашем случае невозможно.

### 3.7 Режимы работы транзистора

Рассмотрим каскад усиления на транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером (рисунок 3.22). При изменении величины входного сигнала будет изменяться ток базы  $I_{\bar{o}}$ . Ток коллектора  $I_{\kappa}$  изменяется пропорционально току базы:

$$I_{\kappa} = \beta \cdot I_{\bar{o}}. \quad (3.40)$$

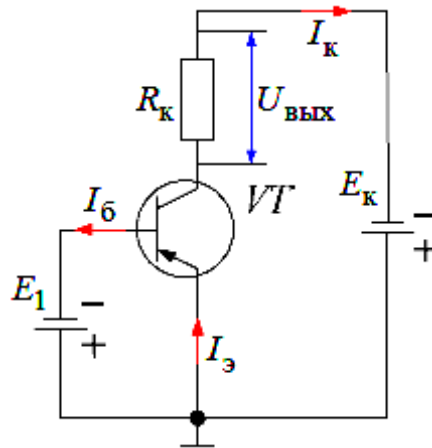


Рисунок 3.22 – Схема усилительного каскада

Изменение тока коллектора можно проследить по выходным характеристикам транзистора (рисунок 3.23). На оси абсцисс отложим отрезок, равный  $E_{\kappa}$  – напряжению источника питания коллекторной цепи, а на оси ординат отложим отрезок, соответствующий максимально возможному току в цепи этого источника:

$$I_{\kappa \max} = \frac{E_{\kappa}}{R_{\kappa}}. \quad (3.41)$$