

Лабораторная работа № 3

Определение статических h- параметров биполярных транзисторов по характеристикам

Цель работы: Научиться работать со справочными материалами и определять статические параметры транзистора по входным и выходным характеристикам транзистора

Теоретические вопросы

При анализе и расчете транзисторных схем, в частности усилителей пользуются эквивалентной схемой транзистора для переменных составляющих токов и напряжений, параметры которой соответствуют электрическим параметрам транзистора. Имеется несколько эквивалентных схем транзистора (рис. 1)

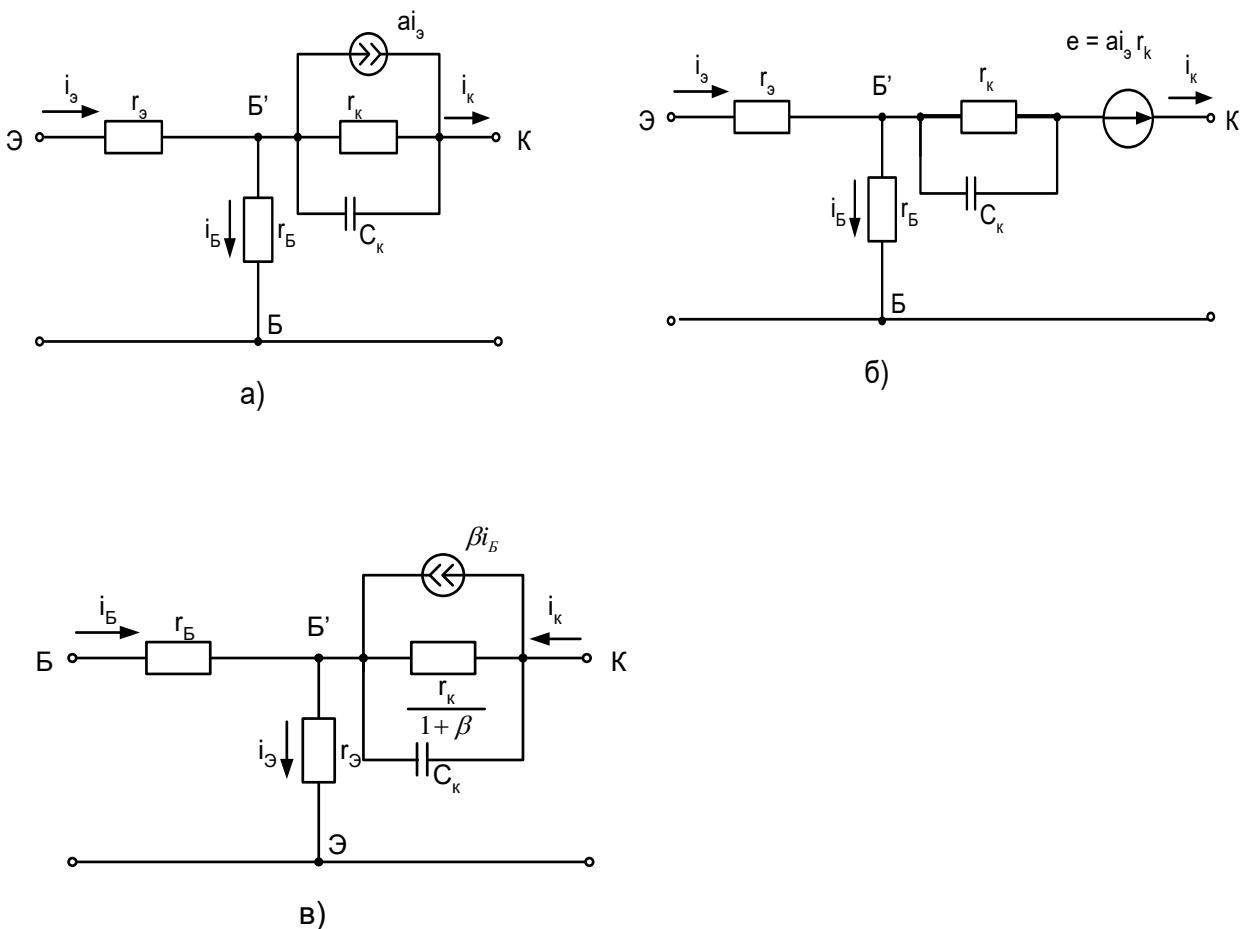


Рисунок 1- Т-образные эквивалентные схемы транзистора:

а – с управляемым генератором тока при включении с ОБ, б – с управляемым генератором ЭДС при включении с ОБ, в – с управляемым генератором тока при включении с ОЭ.

Наиболее важными физическими параметрами являются:

1. Дифференциальное сопротивление эмиттерного перехода:

$$r_{\text{Э}} = \left. \frac{dU_{\text{Э.П}}}{dI_{\text{Э}}} \right|_{U_{\text{К}}=\text{const}} \approx \left. \frac{\Delta U_{\text{Э.П}}}{\Delta I_{\text{Э}}} \right|_{U_{\text{К}}=\text{const}} = \left. \frac{u_{\text{Э.П}}}{i_{\text{Э}}} \right|_{u_{\text{К}}=0}$$

где $U_{\text{Э.п}}$ – напряжение, приложенное к эмиттерному переходу, т. е. напряжение между клеммой эмиттера и внутренней точкой базы Б'. Условие $U_{\text{К}} = \text{const}$ означает, что на выходе схемы должен быть обеспечен режим короткого замыкания (КЗ) по переменному току $u_{\text{К}} = 0$.

2. Объемное сопротивление базы $r_{\text{б}}$.

3. Дифференциальное сопротивление коллекторного перехода

$$r_{\text{К}} = \left. \frac{dU_{\text{К.П}}}{dI_{\text{К}}} \right|_{U_{\text{Э}}=\text{const}},$$

где $U_{\text{К.п.}}$ – обратное напряжение на коллекторном переходе. Поскольку падение напряжения на сопротивлении базы много меньше напряжения на коллекторе, можно считать $U_{\text{К.п.}} = U_{\text{К}}$ и дифференциальное сопротивление коллекторного перехода определять как

$$r_{\text{К}} = \left. \frac{dU_{\text{К}}}{dI_{\text{К}}} \right|_{U_{\text{Э}}=\text{const}} \approx \left. \frac{\Delta U_{\text{К}}}{\Delta I_{\text{К}}} \right|_{U_{\text{Э}}=\text{const}} = \left. \frac{u_{\text{К}}}{i_{\text{К}}} \right|_{u_{\text{Э}}=0}$$

4. Дифференциальный коэффициент передачи эмиттерного тока

$$\alpha = \left. \frac{dI_{\text{К}}}{dI_{\text{Э}}} \right|_{U_{\text{К}}=\text{const}} \approx \left. \frac{\Delta U_{\text{К}}}{\Delta I_{\text{Э}}} \right|_{U_{\text{К}}=\text{const}} = \left. \frac{u_{\text{К}}}{i_{\text{Э}}} \right|_{u_{\text{К}}=0}$$

Системы параметров транзистора как четырехполюсника

Общие положения. Недостаток системы физических параметров транзистора в том, что не все из них могут быть измерены непосредственно. Поэтому чаще пользуются внешними параметрами, которые можно получить, если транзистор рассматривать как активный линейный четырехполюсник, т.е. как электрическую схему, имеющую два входных и два выходных зажима (рис 2).

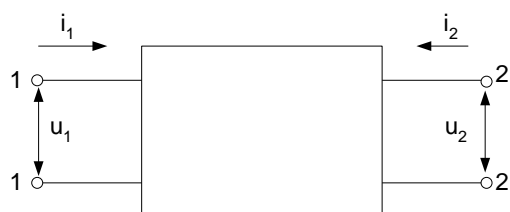


Рисунок 2. Линейный четырехполюсник

Активным называется четырехполюсник, способный усиливать сигналы по мощности за счет энергии источника питания. Для того чтобы транзистор можно было считать линейным четырехполюсником, амплитуды переменных напряжений, приложенных к транзистору, должны быть достаточно малы.

Из четырех взаимосвязанных величин напряжений и токов на входе и на выходе четырехполюсника можно выбрать любую пару в качестве независимых переменных. Тогда оставшиеся две величины будут зависимыми переменными.

На практике наибольшее применение нашла смешенная система h - параметров, в которой параметры имеют разные размерности и легко измеряются. В качестве независимых переменных принимают i_1 и u_2 .

Рассмотрим статические h - параметры:

$$u_1 = h_{11} i_1 + h_{12} u_2, \quad i_1 = h_{21} i_1 + h_{22} u_2.$$

Если положить $u_2 = 0$, то получим

$$h_{11} = \left. \frac{u_1}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad \text{- входное сопротивление транзистора в режиме КЗ на выходе;}$$

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad \text{- коэффициент передачи (усиления) тока в режиме КЗ на выходе;}$$

При $i_1 = 0$

$$h_{12} = \left. \frac{u_1}{u_2} \right|_{i_1=0} \quad \text{- коэффициент обратной связи в режиме ХХ на входе;}$$

$$h_{22} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad - \text{выходная проводимость в режиме ХХ на входе.}$$

Указанные условия измерений: $u_2=0$ (КЗ на выходе) и $i_1=0$ (ХХ на входе) обеспечиваются включением конденсатора достаточно большой емкости параллельно выходу транзистора и включением последовательно в цепь эмиттера катушки достаточной индуктивности. Необходимые при этом соотношения:

$1/\omega C \ll R_{\text{вых}}$ и $\omega L \gg R_{\text{вх}}$ практически легко выполняются, поскольку $R_{\text{вых}}$ очень велико, а $R_{\text{вх}}$ мало.

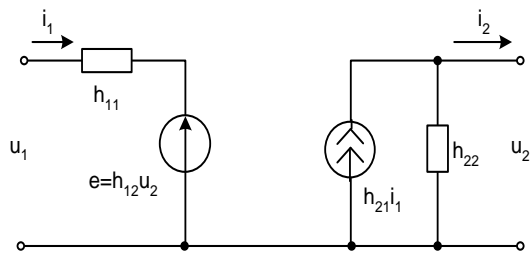


Рисунок 3. Эквивалентная схема транзистора как четырехполюсника, соответствующая h-параметрам

h – параметры транзистора, включенного по схеме ОЭ

h – параметры транзистора, включенного по схеме с ОЭ, могут быть измерены с помощью схемы для снятия статических характеристик транзистора с ОЭ (см. рис. 3.10).

Для схемы с ОЭ:

$$u_1 = u_{БЭ} = \Delta U_{БЭ}; \quad i_1 = i_B = \Delta I_B;$$

$$u_2 = u_{КЭ} = \Delta U_{КЭ}; \quad i_2 = i_K = \Delta I_K.$$

$$h_{11Э} = \left. \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_B} \right|_{U_{КЭ} = \text{const}} \quad - \text{входное дифференциальное сопротивление транзистора, в заданной}$$

точке;

$$h_{12Э} = \left. \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}} \right|_{I_B = \text{const}} \quad - \text{коэффициент обратной связи по напряжению};$$

$$h_{21Э} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \right|_{U_{КЭ} = \text{const}} \quad - \text{коэффициент усиления по току, обозначаемый ранее } \beta;$$

$$h_{22Э} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}} \right|_{I_B = \text{const}} \quad - \text{выходная проводимость}$$

Методические указания к работе

Биполярные транзисторы характеризуются физическими параметрами r_b , r_e , r_k и z , y , h – параметрами, которые описывают свойства транзисторов, как четырехполюсника. Наиболее широкое распространение получили h -параметры.

Система h -параметров является смешанной:

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

а параметры имеют различный физический смысл.

h -параметры можно определить графоаналитическим методом по статическим входным и выходным характеристикам.

Для определения необходимо иметь не менее двух характеристик каждого семейства. Параметры рассчитывают по конечным приращениям токов и напряжений.

Определение параметров для схемы включения с ОЭ

1. Для определения параметров $h_{11э}$ и $h_{12э}$ на семействе входных характеристик строим характеристический треугольник (Рис. 4.а)

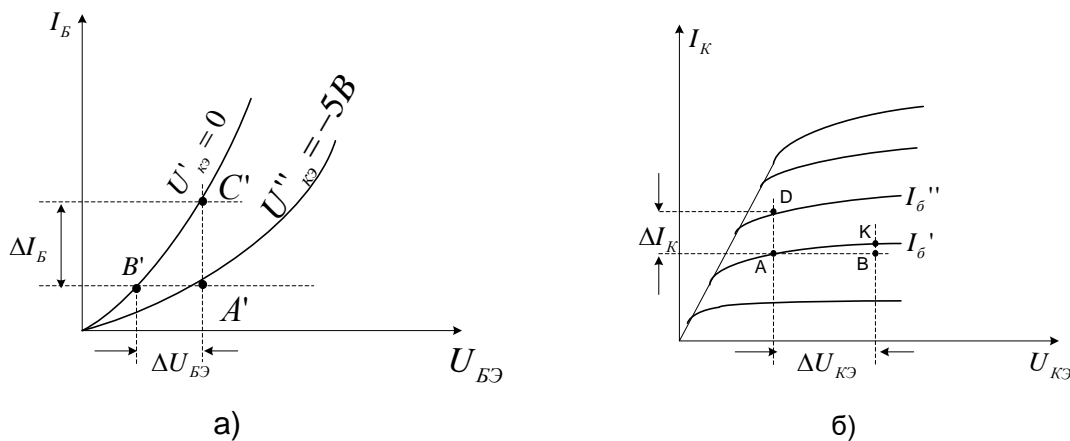


Рисунок 4

а) параметр $h_{11э}$ определяется по формуле:

$$h_{11э} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} \Big|_{\Delta U_2 = const} = \frac{\Delta U_{бэ}}{\Delta I_б} \Big|_{\Delta U_{кэ} = const}$$

где $\Delta U_{бэ} = |A'B|$, $\Delta I_б = |A'C|$

следовательно $h_{11Э} = \frac{|A'B'|}{|A'C'|}$

б) параметр $h_{12Э}$ определяется по формуле:

$$h_{12Э} = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \Big|_{\Delta I_1 = const} = \frac{\Delta U_{\bar{\sigma}Э}}{\Delta U_{KЭ}} \Big|_{\Delta I_{\bar{\sigma}} = const}$$

где $\Delta U_{RЭ} = U''_{RЭ} - U'_{RЭ}$

2. Для определения параметров $h_{21Э}$ и $h_{22Э}$ используются выходные характеристики транзистора (рис. 4.б)

а) параметр $h_{21Э}$ определяется по формуле:

$$h_{21Э} = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} = \beta; \quad \text{где } \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}, \quad \text{а } \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{|AD|}{(I_{\bar{\sigma}}'' - I_{\bar{\sigma}}')}$$

б) параметр $h_{22Э}$ определяется по формуле:

$$h_{22Э} = \frac{\Delta I_2}{\Delta U_2} \Big|_{\Delta I_1 = const} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KЭ}} \Big|_{\Delta I_{\bar{\sigma}} = const}$$

где $\Delta I_K = |BK|$, $\Delta U_{KЭ} = |AB|$

следовательно, $h_{22Э} = \frac{|BK|}{|AB|}$.

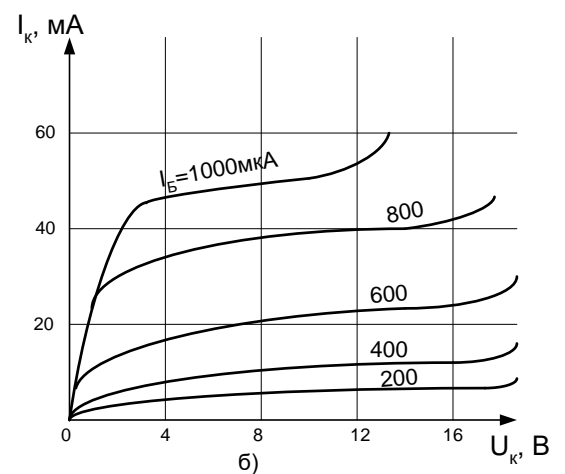
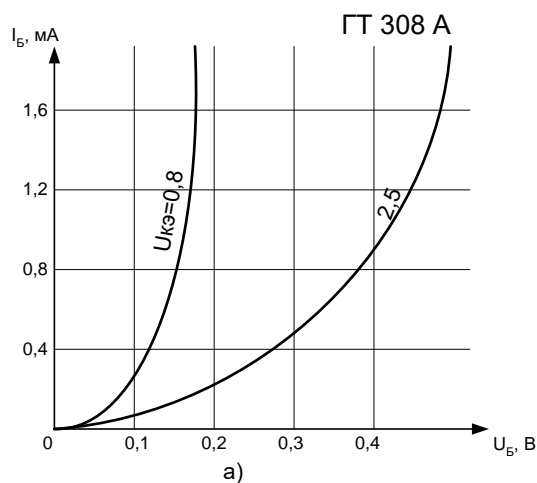


Рисунок 5 – Входные и выходные характеристики транзистора ГТ 308А

Порядок выполнения работы

1. На характеристике транзистора нанести рабочую точку

2. Записать в тетрадь основные параметры транзистора
3. Начертить схему включения транзистора, с ОЭ
4. В рабочей точке определить h -параметры транзистора

Контрольные вопросы:

1. Какие вы знаете типы структур биполярного транзистора? Каково их условное обозначение?
2. Преимущества схемы включения биполярного транзистора с ОЭ над схемой включения биполярного транзистора с ОБ
3. Отличие входных статических характеристик схем с ОБ и с ОЭ.
4. На чем основан принцип работы биполярного транзистора?
5. Как меняются свойства биполярного транзистора в зависимости от частоты усиленного сигнала?

Литература

1. Бочаров Л.Н. «Электронные приборы»
2. Виноградов Ю.В. «Электронные приборы»