

5.5. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Свойства усилительного каскада при поступлении на его вход переменного напряжения или тока характеризуются динамическими параметрами, или параметрами режима усиления: динамической крутизной передаточной характеристики, коэффициентами усиления напряжения, тока и мощности, входной динамической емкостью, выходной полезной мощностью, которая выделяется в нагрузку усилителя переменной составляющей выходного тока, и некоторыми другими.

Динамическая крутизна. *Динамической крутизной передаточной характеристики*, или просто *крутизной усилителя*, называют отношение

$$S_d = \dot{i}_{\text{вых}} / \dot{U}_{\text{вх}}, \quad (5.6)$$

где $\dot{i}_{\text{вых}}$ и $\dot{U}_{\text{вх}}$ — комплексные амплитуды переменных составляющих выходного тока и входного напряжения.

Динамическую крутизну S можно выразить через малосигнальные (дифференциальные) параметры статического режима. Например, используя выражение для выходного тока усилителя, записанное применительно к системе Y-параметров,

$$\dot{i}_{\text{вых}} = Y_{21} \dot{U}_{\text{вх}} + Y_{22} \dot{U}_{\text{вых}},$$

и учитывая, что в инвертирующем усилителе $\dot{U}_{\text{вых}} = -\dot{i}_{\text{вых}} r_{\text{н}}$, на основании уравнения (5.6) получим

$$S_d = \frac{\dot{i}_{\text{вых}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = \frac{Y_{21}}{1 + Y_{22} r_{\text{н}}}. \quad (5.7)$$

Коэффициенты усиления. *Коэффициент усиления напряжения* определяется как отношение

$$K_u = \frac{\dot{U}_{\text{вых}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = -\frac{\dot{i}_{\text{вых}} r_{\text{н}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = -S_d r_{\text{н}} \quad (5.8)$$

или с учетом выражения (5.7)

$$K_u = \frac{Y_{21} r_{\text{н}}}{1 + Y_{22} r_{\text{н}}}. \quad (5.9)$$

Работа усилителя на БТ сопровождается протеканием тока входного электрода — тока базы. Поэтому, помимо коэффициента усиления напряжения K_u , свойства такого усилителя характеризуются *коэффициентом усиления тока*: $K_i = \dot{i}_{\text{вых}} / \dot{I}_{\text{вх}}$.

Так как $\dot{i}_{\text{вых}} = \dot{U}_{\text{вых}} / r_{\text{н}}$, $\dot{I}_{\text{вх}} = \dot{U}_{\text{вх}} / r_{\text{вх}}$, то с учетом выражения (5.9) коэффициент усиления тока можно представить выражением

$$K_i = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{\dot{U}_{\text{вых}} r_{\text{вх}}}{r_{\text{вх}} \dot{U}_{\text{вх}}} = K_u \frac{r_{\text{вх}}}{r_{\text{н}}} = \frac{Y_{21} r_{\text{вх}}}{1 + Y_{22} r_{\text{н}}}$$

Коэффициент усиления мощности определяется выражением

$$K_p = \frac{\dot{P}_{\text{вых}}}{\dot{P}_{\text{вх}}} = \frac{0,5 I_{\text{вых}} U_{\text{вых}}}{0,5 I_{\text{вх}} U_{\text{вх}}} = K_i K_u$$

Параметры $S_{\text{д}}$, K_u , K_i и K_p можно определить графическим методом. При этом используются формулы, выражающие динамические параметры через амплитудные значения токов и напряжений:

$$S_{\text{д}} = \frac{i_{\text{вых}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = \frac{I_{\text{н}} \sin \omega t}{U_{\text{мвх}} \sin \omega t} = \frac{I_{\text{нвхк}}}{U_{\text{мвх}}};$$

$$K_u = \frac{\dot{U}_{\text{вых}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{н}} \sin(\omega t + \pi)}{U_{\text{мвх}} \sin \omega t} = - \frac{U_{\text{нвхк}}}{U_{\text{мвх}}};$$

$$K_i = \frac{i_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{I_{\text{н}} \sin \omega t}{I_{\text{мвх}} \sin \omega t} = \frac{I_{\text{нвхк}}}{I_{\text{мвх}}};$$

$$K_p = \frac{\dot{P}_{\text{вых}}}{\dot{P}_{\text{вх}}} = \frac{i_{\text{вых}} \dot{U}_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}} \dot{U}_{\text{вх}}} = K_i K_u$$

Порядок определения динамических параметров усилителя на БТ, включенном по схеме ОЭ, следующий.

1. На семействе статических выходных характеристик БТ строится выходная нагрузочная характеристика, затем выбирается рабочая точка A и проводятся выходные нагрузочная и динамическая характеристики (рис. 5.11, а).

2. Для заданной амплитуды входного напряжения $U_{\text{мвх}}$ по входным характеристикам определяется амплитуда тока базы $I_{\text{мб}} = (I_{\text{б}}' - I_{\text{б}}'')/2$ (рис. 5.11, б).

3. По выходной динамической характеристике для найденной амплитуды тока базы БТ находят амплитуды коллекторного тока $I_{\text{мк}} = (I_{\text{к}}' - I_{\text{к}}'')/2$ и коллекторного напряжения $U_{\text{мкэ}} = (U_{\text{кэ}}' - U_{\text{кэ}}'')/2$.

4. Рассчитываются динамические параметры $S_{\text{д}}$, K_u , $K_p = K_u K_i$ и полезная мощность $P_{\text{н}}$, выделяемая в нагрузке по переменному току:

$$P_{\text{н}} = 0,5 I_{\text{мк}} U_{\text{мкэ}}$$

Для усилителей на ПТ параметры K_i и K_p не определяются.

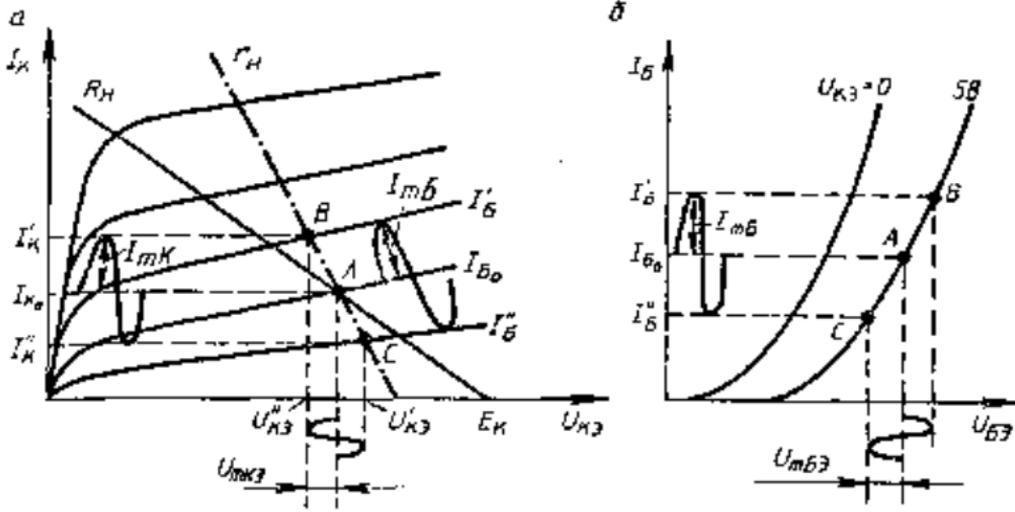


Рис. 5.11. К определению динамических параметров усилителя по характеристикам

Входная динамическая емкость. Входная динамическая емкость усилителя обусловлена наличием междуэлектродных емкостей активных элементов.

В усилителе на ПТ (рис. 5.12) можно считать, что $i_{вх} = i'_{вх} + i''_{вх}$. Составляющие $i'_{вх}$ и $i''_{вх}$ обусловлены входной и проходной междуэлектродными емкостями ПТ. Следовательно, входное сопротивление усилителя имеет емкостный характер и обусловлено некоторой результирующей входной емкостью, которую назовем входной динамической емкостью $C_{вх.д}$. С учетом этого можно записать:

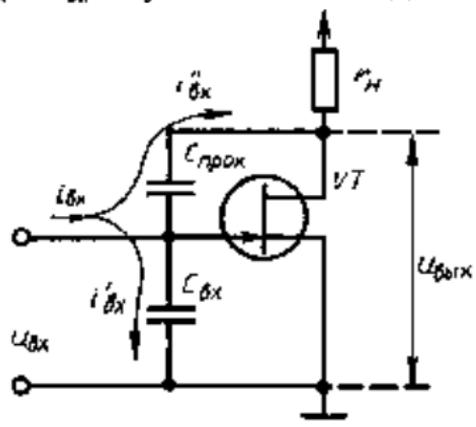


Рис. 5.12. К определению входной динамической емкости

$$i_{вх} = i'_{вх} + i''_{вх} = u_{вх} j\omega C_{вх.д} \quad (5.10)$$

К переменное напряжение $u_{вх}$, поэтому $i'_{вх} = u_{вх} j\omega C_{вх}$. Так как рассматриваемый усилитель является инвертирующим, напряжение, приложенное к емкости $C_{прох}$, равно сумме напряжений $u_{вх}$ и $u_{вых}$, в результате чего имеем $i''_{вх} = (u_{вх} + u_{вых}) j\omega C_{прох}$. Подставляя значения $i'_{вх}$ и $i''_{вх}$ в выражение (5.10) и учитывая, что $u_{вых}/u_{вх} = K_u$, получаем:

$$I_{вх} = u_{вх} j\omega [C_{вх} + (1 + K_u) C_{прох}], \quad (5.11)$$

Сравнивая выражения (5.10) и (5.11), можно сделать вывод о том, что входная динамическая емкость связана со статическими междуэлектродными емкостями уравнением

$$C_{вх.д} = C_{вх} + (1 + K_H)C_{прех}. \quad (5.12)$$

Выражение (5.12) показывает, что входная динамическая емкость усилителей на ПТ значительно больше входной статической емкости ПТ, приводимой в справочниках. Входная динамическая емкость уменьшает входное сопротивление усилителя.

Выражение (5.12) справедливо и для усилителя на БТ, однако его входное сопротивление, кроме емкостной составляющей, содержит и активную составляющую, обусловленную протеканием тока базы.