

## 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

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

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:

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

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

$$K_i = \frac{i_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} = \frac{I_{\text{нормал}} \sin \omega t}{I_{\text{нбвх}} \sin \omega t} = \frac{I_{\text{нбвх}}}{I_{\text{нбвх}}};$$

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

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  $U_{\text{нбвх}}$  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  $P_{\text{п}}$ , выделяемая в нагрузке по переменному току:

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

Для усилителей на ПТ параметры  $K_i$  и  $K_p$  не определяются.

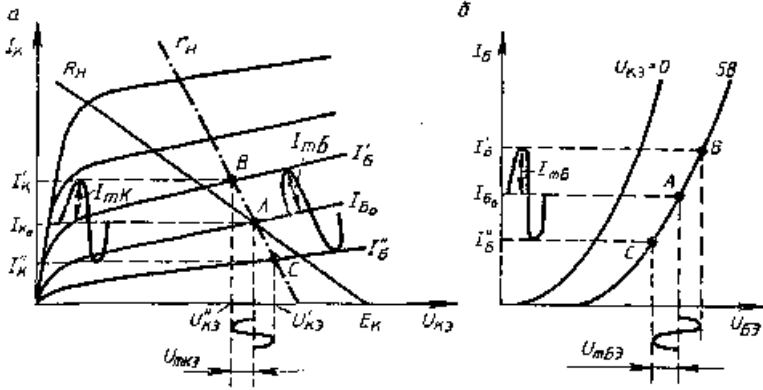


Рис. 5.11. К определению динамических параметров усилителя по характеристикам

**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:

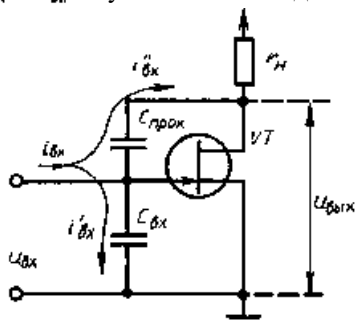


Рис. 5.12. К определению входной динамической емкости

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

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.