

Полагая $R_k \gg R_{вх}$ и считая все транзисторы одинаковыми, получим

$$K_U = \frac{\beta_e^N R_H}{R_r + R_{вх}}$$

Если многокаскадный усилитель построен на полевых транзисторах, то $K_{U1} = \frac{R_{31}}{R_r + R_{31}} S_1 R_{c1}$,

$$K_{Um} = \frac{R_{3m}}{R_{cm-1} + R_{3m}} S_m R_{cm}$$

Тогда (3.1) запишется так:

$$K_U = \frac{R_{3N}}{R_r + R_{31}} S_N R_{cN} \parallel R_H \prod_{m=1}^{N-1} \frac{R_{3m}}{R_{cm} + R_{3m+1}} S_m R_{cm} \quad (3.3)$$

Полагая $R_{3m} \gg R_{cm}$ и считая все транзисторы одинаковыми, получим

$$K_U = \frac{R_{31}}{R_r + R_{31}} (SR_c)^N \frac{R_H}{R_c + R_H}$$

§ 3.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ В ОБЛАСТИ НИЗШИХ ЧАСТОТ

Эквивалентные схемы каскадов в области низших частот, в которой существенное влияние оказывают емкости C_1 , C_2 и C_3 (C_H), показаны на рис. 3.7 и 3.8. С понижением частоты реактивное сопротивление указанных емкостей увеличивается. При этом емкости C_1 и C_2 препятствуют прохождению сигнала со входа каскада на его выход, уменьшая тем самым коэффициент усиления каскада в области низших частот. Действие блокирующей емкости несколько иное — в области низших частот она перестает шунтировать резистор R_3 (R_H) и коэффициент усиления каскада уменьшается за счет действия отрицательной обратной связи. Для того чтобы количественно оценить уменьшение усиления, вводят понятие коэффициента частотных искажений

$$M_H = K_{Uсч} / K_{Унч} \quad (3.4)$$

который показывает, во сколько раз коэффициент усиления в области средних частот ($K_{Uсч}$) больше коэффициента усиления в области низших частот ($K_{Унч}$). Так как в области низших частот коэффициент усиления является комплексной величиной, то под $K_{Унч}$ понимают его модуль. Коэффициент частотных иска-

жений выражают в децибелах (дБ):

$$M_H = 20 \lg (K_{U_{сч}} / K_{U_{нч}}).$$

Частотные искажения за счет емкости C_1 можно определить по формуле

$$M_{нч1} = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega \tau_{н1}} \right)^2}, \quad (3.5)$$

где $\tau_{н1} = C_1 (R_T + R_{вк})$.

Частотные искажения за счет емкостей C_2 и C_3 определим также по формуле (3.5), введя величины

$$\begin{aligned} \tau_{н2} &= C_2 (R_H + R_K \parallel r_K^*) \approx \\ &\approx C_2 (R_H + R_K), \quad \tau_{н3} = \\ &= C_3 R_{вых.э} = C_3 \left(r_3 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{R_T + r_6}{1 + \beta_e} \right). \end{aligned}$$

Для эквивалентной схемы каскада на полевых транзисторах (рис. 3.8) частотные искажения также будем определять по формуле (3.5), причем $\tau_{н1} = C_1 (R_T + R_3)$, $\tau_{н2} = C_2 (R_c \parallel r_c + R_H) \approx \approx C_2 (R_c + R_H)$, $\tau_{н3} = C_{и} R_{вых.и} = C_{и} / S$.

Фактически каждая постоянная времени представляет собой произведение соответствующей емкости на результирующее сопротивление цепи ее перезаряда. Суммарные искажения на низких частотах подсчитывают с достаточной точностью по формуле

$$M_H = \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega \tau_{н.эКВ}} \right)^2}, \quad \text{где} \quad \frac{1}{\tau_{н.эКВ}} = \frac{1}{\tau_{н1}} + \frac{1}{\tau_{н2}} + \frac{1}{\tau_{н3}}.$$

В случае многокаскадного усилителя определяют сумму обратных значений эквивалентных постоянных времени:

$$\tau_{н} = \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{\tau_{н.эКВ i}} \right)^{-1}. \quad (3.6)$$

Нижнюю граничную частоту i -го каскада $\omega_{ни}$ по уровню 0,707 оценивают по формуле

$$\omega_{ни} = 1 / \tau_{н.эКВ i}. \quad (3.7)$$

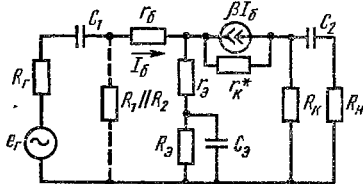


Рис. 3.7

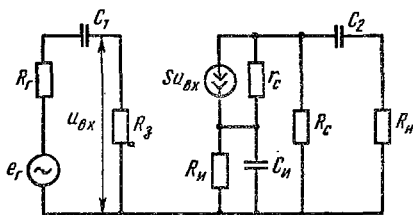


Рис. 3.8

Для многокаскадного усилителя

$$\omega_H = 1/\tau_H,$$

где τ_H определяется по формуле (3.6).

Если задан общий коэффициент частотных искажений M_H на весь усилитель, то эту величину следует распределить между отдельными искажающими в области низших частот пепями и затем определить необходимые значения емкостей. Например, переходную емкость C_1 в схеме рис. 3.7 можно вычислить по формуле

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_H (R_\Gamma + R_{вх}) \sqrt{M_{H1}^2 - 1}}, \quad (3.8)$$

где f_H — нижняя граничная частота усилителя; M_{H1} — доля частотных искажений, приходящаяся на данную емкость, причем

$$M_H = \prod_{i=1}^N M_{Hi}.$$

Аналогичные формулы легко получаются и для всех остальных емкостей, приведенных на рис. 3.7 и 3.8.

§ 3.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ В ОБЛАСТИ ВЫСШИХ ЧАСТОТ

Эквивалентные схемы каскадов в области высших частот показаны на рис. 3.9 и 3.10. С повышением частоты уменьшается коэффициент β , увеличиваются шунтирующее действие емкости коллекторного перехода C_K , емкости нагрузки C_H , межэлектродных емкостей полевого транзистора $C_{зв}$, $C_{зс}$ и $C_{сш}$. Все это приводит к уменьшению усиления в области высших частот. Количественно уменьшение коэффициента усиления по сравнению со средними частотами оценивают с помощью коэффициента частотных искажений

$$M_B = K_{U_{сч}}/K_{U_{вч}} \quad (3.9)$$

где $K_{U_{вч}}$ — модуль коэффициента усиления в области высших частот.

Коэффициент частотных искажений в области высших частот для каскада на биполярном транзисторе

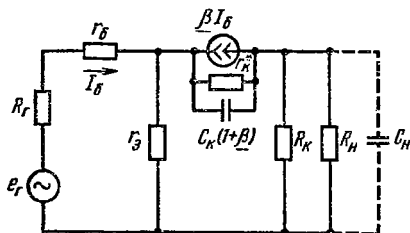


Рис. 3.9