

Для многокаскадного усилителя

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

где  $\tau_H$  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  $\beta$ , 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

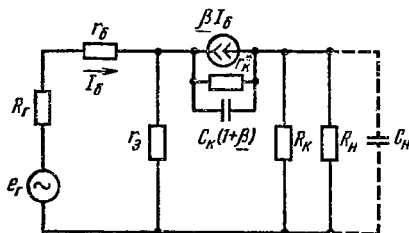


Рис. 3.9

$$M_B = \sqrt{1 + (\omega\tau_B)^2}, \quad (3.10)$$

где

$$\tau_B = \frac{\tau_e}{1 + \gamma_6\beta_e} + C_H R_K \parallel R_H, \quad \tau_e = \tau_\beta + C_K (R_K \parallel R_H) (1 + \beta);$$

$\tau_B$  — постоянная времени установления коэффициента передачи тока базы, входящая в комплексный параметр  $\beta = \frac{\beta}{1 + j\omega\tau_B}$

Для каскада на полевых транзисторах (рис. 3.10) частотные искажения также определяются по формуле (3.10), где

$$\tau_B = \sqrt{\tau_{ВХ}^2 + \tau_{ВЫХ}^2}, \quad \tau_{ВХ} = (R_G \parallel R_3) C_{ВХ}, \quad \tau_{ВЫХ} = (R_C \parallel R_H) (C_H + C_{СН}),$$

$$C_{ВХ} = C_{3И} + C_{3С} (1 + S (R_C \parallel R_H)).$$

Верхняя граничная частота  $i$ -го каскада  $\omega_{Bi}$  по уровню 0,707 оценивается по известной формуле

$$\omega_{Bi} \approx 1/\tau_{Bi}. \quad (3.11)$$

Для многокаскадного усилителя, построенного из  $N$  идентичных каскадов,

$$\omega_B = \omega_{Bi} / \sqrt{N}. \quad (3.12)$$

В настоящее время широкое распространение получили многокаскадные усилители на интегральных микросхемах. Усилитель в виде микросхемы каскадируется с аналогичным усилителем с помощью реостатно-емкостных связей или непосредственно. В первом случае многокаскадный усилитель можно рассматривать как рассмотренный усилитель с реостатно-емкостными связями. Нижняя граничная частота такого усилителя определяется номиналами переходных емкостей, а верхняя граничная частота — частотными свойствами самой микросхемы. Как пример рассмотрим высокостабильный уси-

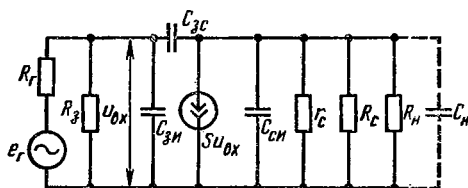


Рис. 3.10

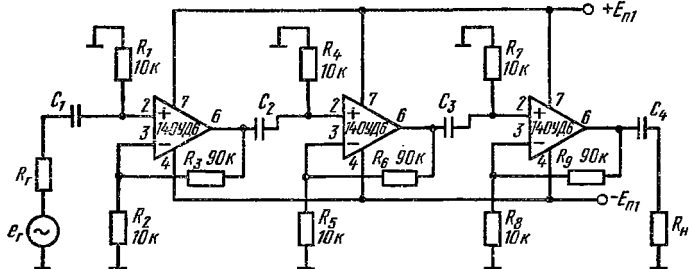


Рис. 3.11

литель, построенный на основе микросхемы 140УД6 (рис. 3.11). Это микросхема операционного усилителя, для которого в справочниках приводятся значения  $R_{вх} = 2 \text{ МОм}$ ,  $R_{вых} = 100 \text{ Ом}$ ,  $f_T = 1 \text{ МГц}$ . Как будет показано в дальнейшем, каждый «каскад» такого многокаскадного усилителя в области средних частот обладает весьма стабильным коэффициентом усиления  $K_U = 10$  за счет включения резисторов  $R_2 - R_3$ ,  $R_5 - R_6$ ,  $R_8 - R_9$ . Для области нижних частот можно ввести четыре постоянные времени:

$$\tau_{н1} = C_1 (R_1 + R_2), \quad \tau_{н2} = C_2 (R_{вых} + R_4) \approx C_2 R_4,$$

$$\tau_{н3} = C_3 (R_{вых} + R_7) \approx C_3 R_7, \quad \tau_{н4} = C_4 (R_{вых} + R_n).$$

Весьма высокое входное сопротивление каждой микросхемы в этих формулах не учитывается.

В области высших частот усиление ограничивается частотными свойствами микросхем, которые характеризуются частотой единичного усиления  $f_T$ . Операционный усилитель 140УД6 имеет внутреннюю частотную коррекцию. Это значит, что его АЧХ без обратной связи имеет наклон  $-20 \text{ дБ/дек}$ . Поэтому, зная величины  $f_T$  и  $K_{Uос}$ , можно построить АЧХ для ОУ с обратной связью (рис. 3.12). При этом частота  $f_{в1} = 100 \text{ кГц}$ . Используя формулу (3.12), находим для усилителя, состоящего из трех идентичных каскадов,

$$f_{в} = f_{в1} / \sqrt{3} = 58 \text{ кГц}.$$

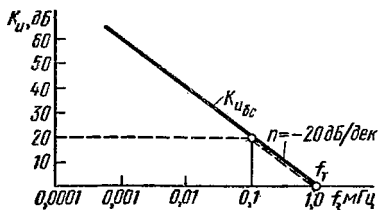


Рис. 3.12

Справочных данных на микросхему оказывается вполне достаточно, чтобы рассчитать многокаскадный усилитель с реостатно-емкостными связями, созданный на основе этой микросхемы.