

лителя с обратной связью можно определить по формуле

$$M_{oc}(\omega) = 1 + \frac{M_{bc}(\omega) - 1}{F},$$

где $M_{bc}(\omega)$ — коэффициент частотных искажений в усилителе без обратной связи; F — глубина обратной связи.

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

4.1. В двухкаскадном транзисторном усилителе с общим коэффициентом усиления по току, равным 3000, использованы транзисторы с коэффициентом $\beta = 100$. В схему включена ООС с параметром $\gamma = 0,01$. Определить изменение общего коэффициента усиления (%) при наличии обратной связи и без нее, если изменение напряжения питания приводит к уменьшению параметра β до 50.

Решение

1. Находим изменение коэффициента усиления при отсутствии обратной связи. Учтем, что в двухкаскадном усилителе этот коэффициент пропорционален β^2 :

$$K_1/K_2 = \beta_1^2/\beta_2^2,$$

отсюда

$$K_2 = \frac{K_1\beta_2^2}{\beta_1^2} = \frac{3000 \cdot 50^2}{100^2} = 750.$$

Изменение коэффициента усиления составляет $(3000 - 750)/3000 = 75\%$.

2. Находим изменение коэффициента усиления при наличии ООС. Согласно формуле (4.1),

$$K_{oc1} = \frac{3000}{1 + 3000/100} = 96,7, \quad K_{oc2} = \frac{750}{1 + 750/100} = 88,2.$$

Изменение коэффициента усиления при наличии ООС составляет

$$\frac{96,7 - 88,2}{96,7} = 8,8\%.$$

Таким образом, введение обратной связи привело к уменьшению изменений коэффициента усиления примерно с 75 до 8,8%, что можно считать существенным улучшением. Вместе с тем пример показывает, что увеличение стабильности достигается за счет существенного уменьшения коэффициента усиления.

4.2. Усилитель с коэффициентом усиления по напряжению, равным 10, имеет на некоторой частоте ω_1 коэффициент частотных искажений $M(\omega_1) = 2$. Рассчитать необходимый коэффициент передачи цепи частотно-независимой обратной связи, при которой коэффициент частотных искажений $M(\omega_1)$ уменьшится до значения $\sqrt{2}$.

Ответ: 0,144.

4.3. В двухкаскадном транзисторном усилителе использованы транзисторы с коэффициентом передачи тока базы β в диапазоне от 30 до 120. Известно, что при максимальном значении β усилитель имеет коэффициент усиления по току, равный 3000. Найти минимальную глубину обратной связи, при которой уменьшение усиления за счет разброса параметра β не превышает 10% по сравнению с максимальным значением. Определить требуемое значение коэффициента γ и результирующее максимальное усиление.

Ответ: $4,5 \cdot 10^{-2}$; 22,2.

4.4. Усилитель с коэффициентом усиления по напряжению, равным 100, и выходным сопротивлением 1 кОм работает на чисто емкостную нагрузку $C_H = 100$ пФ. Определить, на сколько изменится верхняя граничная частота усилителя, определяемая по уровню -3 дБ, при введении ООС с частотно-независимым коэффициентом $\gamma = 0,1$.

Ответ: на 6,6 МГц.

§ 4.2. УСИЛИТЕЛИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

а) *Последовательная обратная связь по напряжению*

Структурная схема усилителя с последовательной обратной связью по напряжению приведена на рис. 4.3. На входе схемы происходит алгебраическое суммирование напряжений $u_{вх}$ и $u_{ос}$. Поскольку сигнал обратной связи $u_{ос}$ вводится последовательно с сигналом $u_{вх}$, такую обратную связь называют последовательной. Кроме того, сигнал обратной связи $u_{ос}$ здесь пропорционален выходному напряжению. Поэтому такую обратную связь называют обратной связью по напряжению. Часть структурной схемы, заключенная в прямоугольник, представляет собой эквивалентную схему собственно усилителя, у которого известны $R_{вх}$ — входное сопротивление, $R_{вых}$ — выходное сопротивление и $K_{U_{xx}}$ — коэффициент усиления по напряжению в ненагруженном состоянии (холостой ход). Цепь обратной связи выполнена в виде резистивного делителя напряжения (R_1, R_2), подключенного параллельно нагрузке. Из рассмот-