

Рис. 7.17

Добротность последовательно-параллельной цепи $Q_{RC} \approx \gamma_0 \sqrt{mn}$.

Как правило, используют схемы, в которых $R_1 = R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C$, т. е. $m = n = 1$; тогда

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= 1/(2\pi RC), \\ \gamma_0 &= 1/3, \quad Q_{RC} = 1/3. \end{aligned} \right\} \quad (7.18)$$

Если выбирать $m > 1$ и $n > 1$, то добротность RC-цепи возрастет, но зато увеличится вносимое ею затухание (т. е. уменьшится γ_0). При $m < 1$ и $n < 1$, наоборот, затухание уменьшается, но уменьшается добротность. Поэтому условие $m = n = 1$ является оптимальным.

Можно использовать также параллельно-последовательные цепи (рис. 7.17), для которых

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{mn}}; \quad \gamma_0 = \frac{m+n}{1+m+n}; \quad Q_{RC} = \frac{(1-\gamma_0)^2}{\gamma_0} \sqrt{mn}. \quad (7.19)$$

При $m = n = 1$ получаем $f_0 = 1/(2\pi RC)$; $\gamma_0 = 2/3$; $Q_{RC} = 1/6$.

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

7.8. Рассчитать избирательный усилитель с цепью максимального типа на основе операционного усилителя по следующим данным:

$$Q = 10; \quad \Delta Q/Q = 0,1; \quad f_0 = 10 \text{ кГц}; \quad U_{\text{вых max}} = 8 \text{ В}.$$

Решение

1. Выбираем тип ОУ. Для предотвращения самовозбуждения резонансного усилителя необходимо обеспечить высокую стабильность коэффициента усиления, что может быть достигнуто использованием глубокой отрицательной обратной связи в ОУ. Поэтому лучше использовать ОУ с внутренней частотной коррекцией. Кроме того, необходимо, чтобы частота единичного усиления f_T была значительно больше f_0 , а выходное напряжение — по возможности высоким. Подходящим оказывается ОУ типа 140УД6 с $f_T = 1$ МГц, $U_{\text{вых max}} = 11$ В и внутренней частотной коррекцией.

2. Составим схему избирательного усилителя. На рис. 7.18 показана схема инвертирующего усилителя на основе ОУ. Для

получения биристральной характеристик между выходом ОУ и его инвертирующим входом включена последовательно-параллельная RC-цепь.

3. По заданной добротности определим величину необходимого усиления инвертирующего усилителя на основе ОУ: $Q_{\text{экв}} = Q_{RC} \frac{K_{\text{кр}}}{\Delta K_{\text{кр}}}$; $K_{\text{кр}} = 1/\gamma_0$; при $n = m = 1$ имеем $\gamma_0 = 1/3$, $K_{\text{кр}} = 3$, $Q_{RC} = 1/3$. Отсюда

$$\Delta K_{\text{кр}} = K_{\text{кр}} - K = \frac{Q_{RC} K_{\text{кр}}}{Q_{\text{экв}}} = \frac{(1/3) \cdot 3}{10} = 0,1$$

или

$$K = K_{\text{кр}} - \Delta K_{\text{кр}} = 3 - 0,1 = 2,9.$$

4. Находим усиление собственно ОУ на частоте настройки $f_0 = 10$ кГц. Учитывая, что частота единичного усиления ОУ типа 140УД6 $f_T = 1$ МГц и наклон АЧХ ОУ с внутренней частотной коррекцией составляет -20 дБ/дек, получаем усиление ОУ, равное 40 дБ (100 раз). Такое собственное усиление ОУ на частоте настройки f_0 позволяет сделать вывод о том, что значение и стабильность коэффициента усиления инвертирующего усилителя будут определяться только значением и стабильностью резисторов R_1 и R_2 . Коэффициент усиления

$$K = -R_2/R_1 = -2,9.$$

Выбираем $R_1 = 10$ кОм, тогда $R_2 = 29$ кОм. Оценим необходимую точность выбора этих резисторов. Согласно формуле (7.15), имеем

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta Q_{\text{экв}}}{Q_{\text{экв}}} \frac{\Delta K_{\text{кр}}}{K} = 0,1 \frac{0,1}{2,9} \approx 0,003.$$

Нетрудно показать, что в данной схеме $\Delta K/K = \Delta R_1/R_1 = \Delta R_2/R_2 = 0,003$, т. е. резисторы R_1 и R_2 должны подбираться с очень высокой точностью.

5. Выбираем элементы последовательно-параллельной цепи. Для минимизации ошибки ОУ, вызванной входными токами, необходимо выполнение условия $R_1 \parallel R_2 = R_3 \parallel R_4$.

Так, если $R_3 = R_4 = R$, то $R/2 = R_1 \parallel R_2 = \frac{10 \cdot 29}{10 + 29} =$

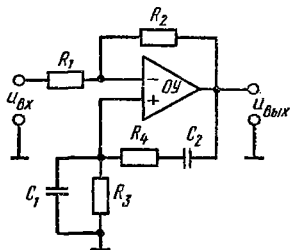


Рис. 7.18

$= 7,44$ кОм, отсюда $R_3 = R_4 = 15$ кОм. Из заданного значения f_0 находим значения емкостей $C_1 = C_2 = C$, $f_0 = 1/(2\pi RC)$, отсюда

$$C = \frac{1}{2\pi R f_0} = \frac{1}{6,28 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3} = 10^{-9} \text{ Ф} = 0,001 \text{ мкФ.}$$

7.9. Определить максимальный температурный диапазон работы избирательного усилителя на основе широкополосного усилителя с положительной обратной связью, выполненной в виде последовательно-параллельной RC-цепи. Добротность усилителя $Q_{\text{экв}} = 5$, температурная нестабильность коэффициента усиления широкополосного усилителя $\Delta K/(K \Delta T) = 0,005 \text{ град}^{-1}$.

Ответ: 14 град.

§ 7.4. АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Активным фильтром в настоящее время обычно называют схему, состоящую из резисторов, конденсаторов и активных элементов, рассчитанную на пропускание сигналов в определенной полосе частот и подавление сигналов за пределами этой полосы. Характерной особенностью активных фильтров является отсутствие индуктивностей и использование в качестве активных элементов операционных усилителей. Различают фильтры нижних частот (рис. 7.19), верхних частот (рис. 7.20) и полосовые фильтры (рис. 7.21). На этих рисунках сплошными линиями изображены идеальные характеристики фильтров. Пунктирные линии показывают отклонение реальных характеристик от идеальных. Основными параметрами фильтров нижних и верхних частот являются частота среза f_0 , коэффициент передачи в полосе пропускания K_0 , наклон АЧХ в полосе ограничения n и неравномерность АЧХ в полосе пропускания. Для

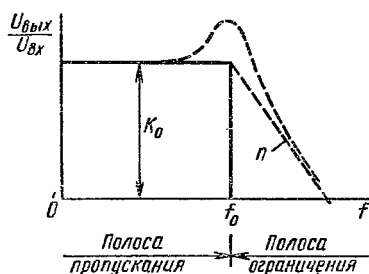


Рис. 7.19

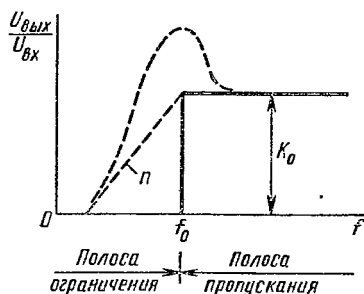


Рис. 7.20