

Для ОУ типа 140УД6 $V_{U_{\text{вых}}} = 2$ В/мкс и максимальная частота

$$f_{\text{max}} = \frac{2}{6,28 \cdot 10} = 0,0314 \text{ МГц.}$$

6.22. ОУ с внутренней коррекцией (см. рис. 6.7) имеет частоту единичного усиления $f_T = 10^6$ Гц и коэффициент усиления на низких частотах $K_{U_{\text{ОУ}}} = 5 \cdot 10^4$. Определить полосу пропускания Δf усилителя, использующего данный ОУ, если его коэффициент усиления $K_U = 10$.

Ответ: $\Delta f = 10^5$ Гц.

6.23. Между входами ОУ (рис. 6.18) включен фотодиод ФД, ток которого при данной освещенности составляет 5 мА. Какой резистор следует включить в цепь обратной связи, чтобы получить на выходе напряжение $U_{\text{вых}} = 5$ В?

Ответ: $R_{\text{ос}} = 1$ кОм.

ГЛАВА 7

ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ И АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

§ 7.1. РЕЗОНАНСНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Избирательные усилители с нагрузкой в виде резонансного LC-контура используют в диапазоне радиочастот для выделения узкополосного сигнала из сложного по спектральному составу входного колебания. На рис. 7.1 изображена схема усилителя с последовательным включением контура. Эквивалентная схема усилителя по переменному току приведена на рис. 7.2, а его амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) — на рис. 7.3. Подобный вид АЧХ определяется частотно-избирательными свойствами параллельного резонансного контура, который характеризуется следующими параметрами: 1) частотой резонанса $\omega_0 = 1/\sqrt{LC_{\text{кон}}}$; 2) волновым (характеристическим) сопротивлением $\rho = \sqrt{L/C_{\text{кон}}}$; 3) добротностью $Q = \rho/R$, где R — активное сопротивление потерь в контуре; 4) полосой пропускания $2\Delta f$, измеряемой на уровне 0,707 от резонансного значения напряжения U_m (рис. 7.3).

Полоса пропускания связана с добротностью контура соотношением $Q = f_0/(2\Delta f)$. Добротность усилителя $Q_{\text{эkv}}$ меньше добротности контура Q , что связано с шунтирующим действием нагрузки и выходного сопротивления усилителя. Вводят

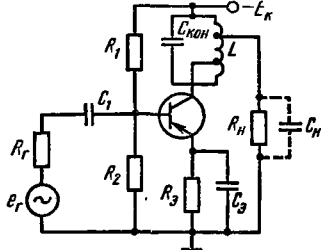


Рис. 7.1

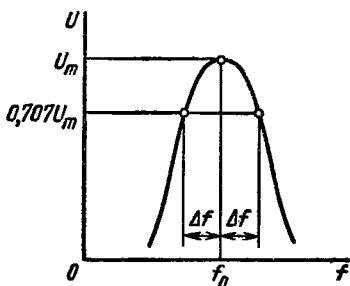


Рис. 7.3

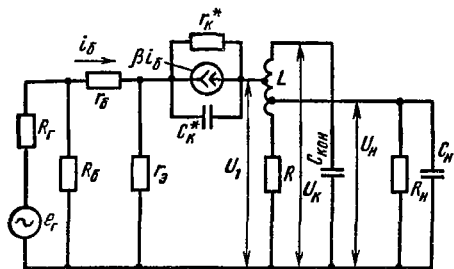


Рис. 7.2

понятие эквивалентного сопротивления контура усилителя $R_{\text{ЭКВ}}$, которое удовлетворяет соотношению

$$\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_0} + \frac{m_K^2}{R_{\text{ВЫХ}}} + \frac{m_H^2}{R_H}. \quad (7.1)$$

Здесь $R_{\text{ВЫХ}}$ — выходное сопротивление усилителя [$R_{\text{ВЫХ}} \approx r_K^* = r_K / (1 + \beta)$]; R_H — сопротивление нагрузки; $m_K = U_1 / U_K$ — коэффициент включения контура к транзистору; $m_H = U_H / U_K$ — коэффициент включения контура к нагрузке; $R_0 = L / (C_{\text{КОН}} R)$ — резонансное сопротивление контура, где по-прежнему R — сопротивление потерь в контуре. Тогда

$$Q_{\text{ЭКВ}} = Q R_{\text{ЭКВ}} / R_0.$$

Итак, эквивалентная добротность контура тем меньше, чем сильнее шунтируется контур сопротивлением нагрузки и выходным сопротивлением транзистора.

Влияние паразитных емкостей учитывают, вводя полную емкость контура усилителя $C = C_{\text{КОН}} + C_{\text{ВЫХ}} m_K^2 + C_H m_H^2$, где $C_{\text{ВЫХ}}$ — выходная емкость усилителя [$C_{\text{ВЫХ}} \approx C_K^* = C_K (1 + \beta)$]; C_H — емкость нагрузки. С учетом последнего равенства получим $\omega_0' = 1 / \sqrt{LC}$, т. е. в реальном резонансном усилителе за

счет паразитных емкостей несколько изменяется частота резонанса и соответственно добротность при неизменных значениях R и $R_{\text{ЭКВ}}$:

$$Q'_{\text{ЭКВ}} = Q'R_{\text{ЭКВ}}/R, \quad (7.2)$$

где $Q' = \rho'/R$ и $\rho' = \sqrt{L/C}$.

Коэффициент усиления усилителя на резонансной частоте

$$K_{U0} \approx \frac{\beta R_{\text{ЭКВ}} m_k m_n}{R_r + r_6 + r_3(1 + \beta)}. \quad (7.3)$$

Величины K_{U0} и $Q_{\text{ЭКВ}}$ существенно зависят от коэффициентов включения контура m_k и m_n ; при изменении m_k и m_n может также несколько изменяться и резонансная частота. С уменьшением коэффициентов включения эквивалентная добротность контура увеличивается, повышается избирательность усилителя, но его усиление при этом падает. Варьируя величины m_k и m_n , можно обеспечить требуемые параметры усилителя.

ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ

7.1. Рассчитать резонансный усилитель с последовательным включением LC -контура (см. рис. 7.1). Усилитель должен работать от источника сигнала с сопротивлением $R_r = 0,1$ кОм на нагрузку с параметрами $R_n = 1$ кОм, $C_n = 100$ пФ и обеспечивать резонансную частоту $f_0 = 500$ кГц, добротность $Q_{\text{ЭКВ}} \geq 35$ и усиление на резонансной частоте $K_{U0} \geq 20$.

Решение

1. Выбираем подходящий транзистор по справочнику так, чтобы верхняя граничная частота $f_T \gg f_0$. Таким прибором может быть транзистор типа ГТ305А с частотой $f_T = 150$ МГц.

2. Исходя из характеристик этого транзистора, находим примерное расположение рабочей точки и определяем элементы схемы R_1, R_2, R_3 , обеспечивающие выбранную рабочую точку.

3. Положим сначала, что коэффициенты включения контура $m_k = m_n = 1$, и определим элементы резонансного контура. Для выбранного транзистора $C_k = 7$ пФ; следовательно, $C_{\text{ВЫХ}} = C_k^* = C_k(1 + \beta) \approx 7 \cdot 30 = 210$ пФ.

Емкость нагрузки, по условию, $C_n = 100$ пФ. Для того чтобы емкости $C_{\text{ВЫХ}}$ и C_n не влияли на резонансную частоту, выберем $C_{\text{КОН}} \gg C_{\text{ВЫХ}} + C_n$. Пусть $C_{\text{НОМ}} = 10000$ пФ, тогда $L = 1/(C_{\text{КОН}} \omega_0^2) = 1/[C_{\text{КОН}}(2\pi f_0)^2] = 10$ мкГн.

Известно [10], что для катушки индуктивности небольших размеров в диапазоне частот 0,1–1 МГц характерны величины добротностей $Q = 20 \div 100$. Потери в индуктивности контура обычно много больше потерь в емкости, и поэтому доброт-