

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 $f_r \gg f_0$. Таким прибором может быть транзистор типа ГТ305А с частотой $f_r = 150$ 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-

ность контура определяется добротностью катушки. Выберем $Q_{\text{кат}} = 50$, тогда

$$R = \frac{\rho}{Q} = \sqrt{\frac{L}{C_{\text{кон}}}} \cdot \frac{1}{Q} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}}{10^4 \cdot 10^{-12}}} \cdot \frac{1}{50} = 0,63 \text{ Ом},$$

$$R_0 = \frac{L}{C_{\text{кон}} R} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{10^4 \cdot 10^{-12} \cdot 0,63} = 1470 \text{ Ом}.$$

4. Определим эквивалентное сопротивление контура из соотношения

$$\frac{1}{R_{\text{экр}}} = \frac{1}{R_0} + \frac{m_K^2}{R_{\text{вх}}} + \frac{m_H^2}{R_H},$$

где $R_{\text{вх}} = r_K / (1 + \beta) \approx 20 \text{ кОм}$.

Отсюда $R_{\text{экр}} = 595 \text{ Ом}$.

5. Вычислим добротность всего усилителя:

$$Q_{\text{экр}} = Q \frac{R_{\text{экр}}}{R_0} = 50 \frac{597}{1470} = 20.$$

6. Найдем усиление на резонансной частоте:

$$K_{U0} = \frac{\beta R_{\text{экр}} m_K m_H}{R_T + r_6 + r_3 (1 + \beta)} = \frac{30 \cdot 0,595}{0,1 + 0,7} \approx 22.$$

7. Из-за шунтирующего действия нагрузки значение $R_{\text{экр}}$ получилось слишком малым. Примем коэффициент включения контура в нагрузку $m_H = 0,5$. Тогда пересчитанное значение $R_{\text{экр}} = 1,08 \text{ кОм}$; при этом $Q_{\text{экр}} = 50 \cdot 1,08 / 1,47 = 36,5$ и $K_{U0} = 30 \cdot 1,08 \cdot 0,5 / 0,8 \approx 20$, т. е. требования, сформулированные в условиях задачи, удовлетворены.

7.2. Для условий предыдущей задачи определить коэффициенты включения контура m_K и m_H , при которых обеспечивается значение $Q_{\text{экр}} = 30$. Определить при этом значение K_{U0} . Принять, что $m_K = m_H$.

Ответ: 0,67; 15,0.

7.3. Выбрать элементы параллельного LC-контура, который обеспечивал бы резонансную частоту 100 кГц и полосу пропускания 5 кГц. Принять активное сопротивление потерь в контуре равным 100 Ом.

Ответ: 3,18 мГн; 796 пФ.

7.4. Рассчитать резонансную частоту и коэффициент усиления на резонансной частоте усилителя, изображенного на рис. 7.4, если $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 50 \text{ кОм}$, $L = 10 \text{ мГн}$, $C = 1000 \text{ пФ}$. Считать операционный усилитель идеальным.

Ответ: 50 кГц; 5.

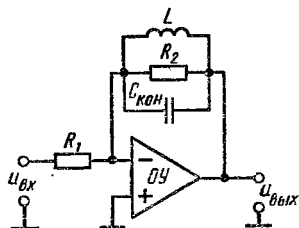


Рис. 7.4