Илья Кочергин, 626 группа

Работа 122

Резонанс напряжений в последовательном контуре

Цель работы: исследование резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре с изменяемой ёмкостью, включающее получение АЧХ и ФЧХ, а также определение основных параметров контура.

Оборудование: генератор сигналов, источник напряжения, нагруженный на последовательный колебательный контур с переменной ёмкостью, двулучевой осциллограф, цифровые вольтметры.

1. Теоретическая справка

Общие уравнения. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных конденсатора с емкостью C и активным сопротивлением R_S, катушки с индуктивностью L и активным сопротивлением R_L и резистора с сопротивлением R, которая подключена к источнику переменного тока с амплитудой напряжения E и частотой f. Тогда общее активное сопротивление цепи R_Σ выражается формулой

$$R_\Sigma = R + R_S + R_L, \tag{1}$$

а циклическая частота ω формулой

$$\omega = 2\pi f. \tag{2}$$

Отсюда импеданс цепи определяется выражением

$$Z = R_\Sigma + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right), \tag{3}$$

из которого можно легко найти формулу для комплексной амплитуды тока $\widehat{I}$:

$$\widehat{I} = \frac{\widehat{E}}{Z} = \frac{E}{R_\Sigma + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}. \tag{4}$$

Из предыдущего выражения несложно получить формулы для комплексной амплитуды напряжения на конденсаторе $\widehat{U_C}$, а также для его амплитуды U_C и сдвига фаз φ_C:

$$\widehat{U_C} = E\frac{R_S - \frac{i}{\omega C}}{R_\Sigma + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}; \tag{5}$$

$$U_C = E\sqrt{\frac{R_S^2\omega^2C^2 + 1}{\frac{1}{Q^2}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1\right)^2}}; \tag{6}$$

$$\varphi_C = -\arccos\left(\frac{\frac{1}{Q}R_S\omega C - \left(\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1\right)^2}{\sqrt{R_S^2\omega^2+1}\sqrt{\frac{1}{Q^2}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1\right)^2}}\right). \tag{7}$$

Здесь были использованы следующие обозначения:

$$\begin{cases} \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ - собтвенная циклическая частота контура;} \\ Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \text{ - добротность контура.} \end{cases} \tag{8}$$

Приближение вблизи резонанса. Как мы видим, выражения (6) - (7) являются достаточно громоздкими. Для их упрощения примем, что добротность контура велика ($Q \geq 10$) и $R_S \ll R$, и будем рассматривать поведение цепи вблизи резонанса. Тогда мы можем считать ω_0 резонансной циклической частотой контура, а эти выражения примут вид:

$$U_C = EQ\frac{\omega}{\omega_0}\frac{1}{\sqrt{1+(\tau\Delta\omega)^2}}; \tag{9}$$

$$\varphi_c = -\frac{\pi}{2} + \delta - \mathrm{arctg}(\tau\Delta\omega). \tag{10}$$

Новые использованные обозначения:

$$\begin{cases} \tau = \frac{2!}{\omega_0} \text{ - постоянная времени контура;} \\ \delta = \mathrm{arctg}(RC\omega) \text{ - параметр конденсатора (см. рис. 1).} \end{cases} \tag{11}$$

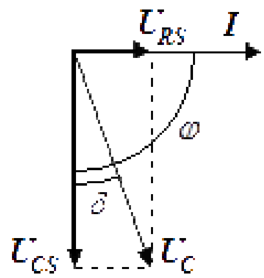

Рис. 1: Векторная диаграмма