

## 1.5. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Чтобы колебания в контуре сделать незатухающими, в него периодически необходимо добавлять энергию, компенсируя тем самым ее потери в контуре. Для этого к контуру подключают генератор переменного напряжения. Возникающие при этом в контуре электрические колебания называют вынужденными, так как они создаются под действием внешней силы.

Последовательным называется контур, элементы которого  $L$  и  $C$  включены последовательно с источником переменного напряжения. В реальном контуре, кроме элементов  $L$  и  $C$ , следует учитывать и сопротивление потерь  $R$ , обусловленное в основном активным сопротивлением катушки, потерями в диэлектрике конденсатора и

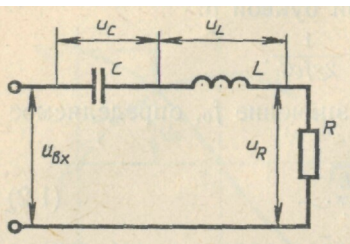


Рис. 1.11. Схема последовательного колебательного контура

внутренним сопротивлением источника переменного напряжения (рис. 1.11). Ток в таком контуре определяется выражением

$$i = \frac{U_{\text{вх}}}{Z} = \frac{U_{\text{вх}}}{R + j\omega L + 1/(j\omega C)} = \frac{U_{\text{вх}}}{R + j(2\pi f L - 1/(2\pi f C))}. \quad (1.4)$$

Частота  $f = f_p$ , на которой реактивные сопротивления  $X_L = 2\pi f_p L$  и  $X_C = 1/(2\pi f_p C)$  принимают одинаковые значения, называется резонансной. На резонансной частоте мнимая часть в выражении (1.4) равна нулю:

$$2\pi f_p L - \frac{1}{2\pi f_p C} = 0, \quad (1.5)$$

а ток в контуре имеет наибольшее значение.

Из выражения (1.5) следует, что

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

т. е. резонансная частота последовательного колебательного контура совпадает с частотой собственных колебаний.

Совпадение частоты переменного напряжения генератора с частотой собственных колебаний последовательного колебательного контура, обеспечивающее равенство напряжений на реактивных элементах и максимальный ток в контуре, называют резонансом напряжений.

Так как при резонансе напряжений  $u_L + u_C = 0$  и  $X_L = X_C = \rho$ , то добротность контура

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{X_L i}{R i} = \frac{X_C i}{R i} = \frac{u_L}{u_R} = \frac{u_C}{u_R} = \frac{u_L}{u_{\text{вх}}} = \frac{u_C}{u_{\text{вх}}}$$

показывает, во сколько раз на резонансной частоте на напряжения на реактивных элементах контура превышают

напряжение, подводимое к контуру от внешнего генератора. В радиотехнических цепях применяются контуры с добротностью от нескольких единиц до нескольких сотен.

При отклонении частоты переменного напряжения от резонансной полное сопротивление  $Z$  контура увеличивается, а ток уменьшается.

Графическую зависимость амплитуды тока в контуре  $I_m$  от частоты называют резонансной кривой. Ее ход зависит от добротности контура: чем меньше добротность, тем более пологой оказывается резонансная кривая и тем меньше амплитуда тока (рис. 1.12, а).

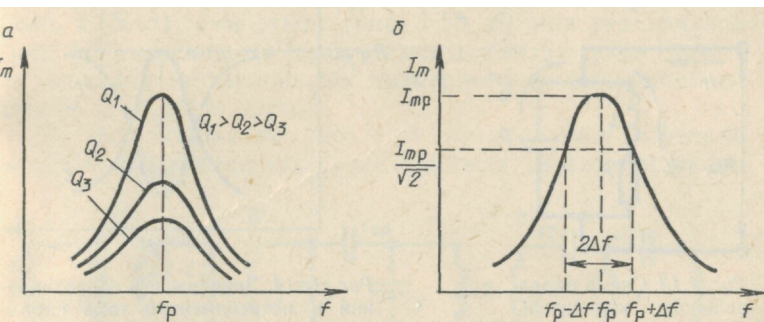


Рис. 1.12. Резонансные характеристики последовательного колебательного контура

Полоса частот, заключенная между частотами  $f_1 = f_p - \Delta f$  и  $f_2 = f_p + \Delta f$ , на которых амплитуда тока в контуре убывает в  $\sqrt{2}$  раз по сравнению с ее значением на резонансной частоте (рис. 1.12, б), называется полосой пропускания контура. Она связана с добротностью контура соотношением

$$2\Delta f = \frac{f_p}{Q}$$

Настройка контура в резонанс осуществляется путем изменения частоты подводимого к контуру переменного напряжения либо путем изменения частоты собственных колебаний. Последнее достигается изменением индуктивности или емкости контура.