МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению III части курсовой работы на тему «Частотные характеристики цепей второго порядка»

В линейных цепях, содержащих ёмкость C и индуктивность L, при определённом значении частоты воздействующего сигнала наблюдается эффект резонанса – резкое увеличение тока или напряжения в цепи. Такая частота называется резонансной частотой колебательного контура и определяется выражением

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}, \text{ [Гц]}. \qquad (1)$$

Различают три типа колебательных контуров (рис. 1):

- последовательный колебательный контур;
- параллельный колебательный контур;
- колебательный контур общего вида.

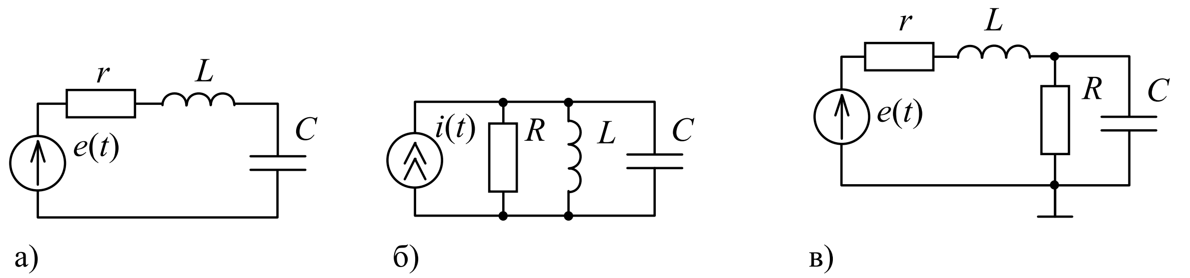

Рис. 1. Типы колебательных контуров:
а – последовательный контур, б – параллельный контур, в – контур общего вида

При описании колебательного контура используют следующие параметры:

характеристическое (волновое) сопротивление ρ – модуль реактивного сопротивления индуктивности или ёмкости на резонансной частоте

$$\rho = 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ [Ом]}; \qquad (2)$$

добротность колебательного контура Q – соотношение между реактивным и активным сопротивлением на резонансной частоте. Различают добротность последовательного и параллельного контуров

$$Q_{\text{посл}} = \frac{\rho}{r}, \qquad Q_{\text{пар}} = \frac{R}{\rho}. \qquad (3)$$

При анализе высокодобротных колебательных контуров общего вида вблизи резонансной частоты для упрощения расчетов удобно все резисторы заменить одним эквивалентным сопротивлением, пересчитав все резисторы в последовательные или в параллельные сопротивления

$$R_{посл.\,экв.} = \sum_i r_i + \sum_j \frac{\rho^2}{R_j}, \qquad \frac{1}{R_{пар.\,экв.}} = \sum_i \frac{1}{r_i} + \sum_j \frac{R_j}{\rho^2}, \tag{4}$$

Эквивалентные преобразования схем колебательных контуров показаны на рис. 2.

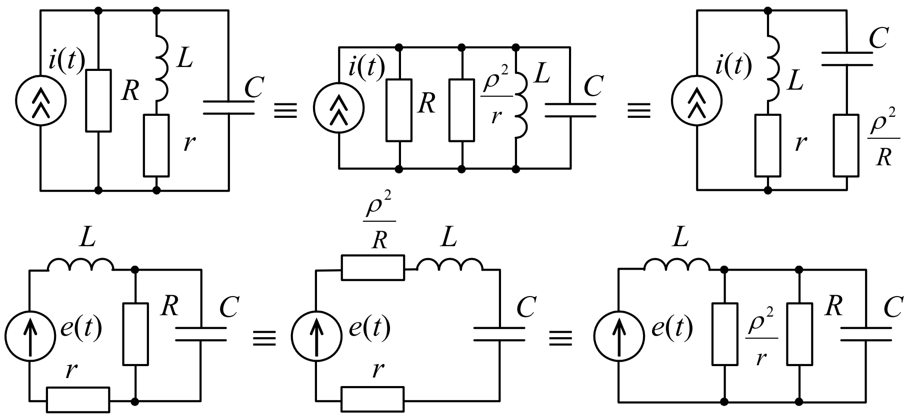

Рис. 2. Эквивалентные преобразования колебательных контуров

При анализе колебательного контура удобно пользоваться эквивалентными схемами цепи на разных частотах: $f = 0$, $f = f_0$ и $f = \infty$. Рассмотрим процедуру нахождения эквивалентных схем линейных цепей подробнее.

Согласно рис. 3 ёмкость и индуктивность на нулевой частоте и при устремлении частоты к бесконечности могут быть эквивалентно заменены либо проводом – «КЗ» (короткое замыкание), либо разрывом – «ХХ» (холостой ход). Благодаря этому ток или напряжение на любом элементе колебательного контура могут быть найдены анализом цепи по постоянному току.

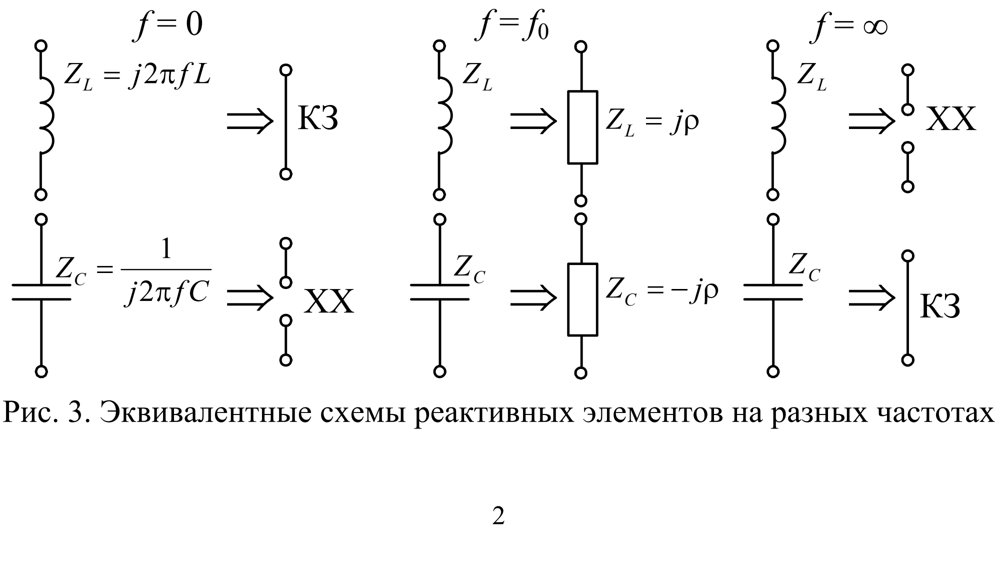

Рис. 3. Эквивалентные схемы реактивных элементов на разных частотах

На резонансной частоте сопротивления ёмкости и индуктивности равны по величине и противоположны по знаку, что также упрощает процедуру анализа цепи.

Комплексной частотной характеристикой линейной цепи называется отношение комплексной амплитуды сигнала на выходе цепи (реакции) к комплексной амплитуде сигнала на входе цепи (входное воздействие) как функции частоты воздействующего гармонического сигнала:

$$K\left(j2\pi f\right) = \dot{S}_{\text{вых}} / \dot{S}_{\text{вх}} \tag{5}$$

при условии, что $s_{\text{вх}}(t) = A \cdot \cos(2\pi f t + \varphi_0)$ – гармонический сигнал амплитудой A, частотой f и начальной фазой φ_0.

Модуль комплексной частотной характеристики называется амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и обозначается

$$\left|K\left(j2\pi f\right)\right| = K(f). \tag{6}$$

Аргумент комплексной частотной характеристики называется фазо-частотной характеристикой (ФЧХ) и обозначается

$$\arg\left\{K\left(j2\pi f\right)\right\} = \varphi(f). \tag{7}$$

Примеры АЧХ и ФЧХ колебательного контура показаны на рис. 4. По графикам частотных характеристик колебательного контура можно оценить коэффициент передачи на резонансной частоте K_0 и добротность контура:

$$Q = f_0 / \Delta f\ . \tag{8}$$

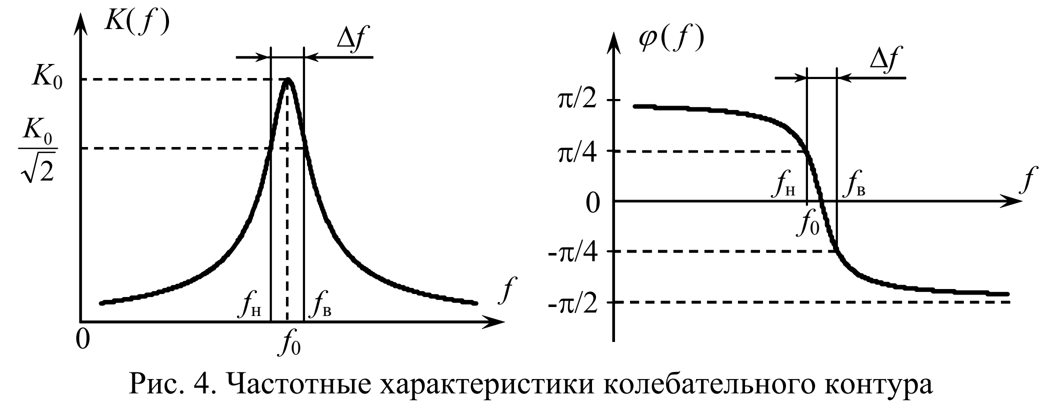

Рис. 4. Частотные характеристики колебательного контура