

83 Неразветвленная цепь с активным сопротивлением, индуктивностью и ёмкостью

Ёмкость конденсатора компенсирует индуктивность катушки.

Комплекс полного сопротивления $\underline{Z} = r + jX_L - jX_C$.

Пусть в цепи, состоящей из последовательно соединённых активного r , индуктивного L и емкостного C элементов, т.е. в последовательном контуре или коротко r - L - C -цепи ток изменяется по синусоидальному закону

$i = I_m \sin \omega t$. Комплекс тока $\underline{I} = I$.

На векторной диаграмме отложим его горизонтально.

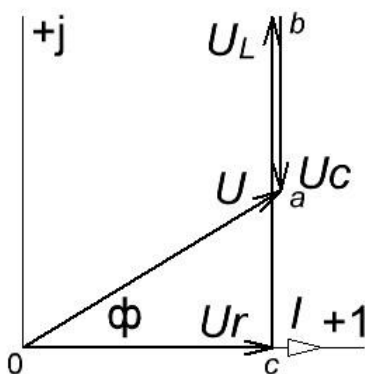
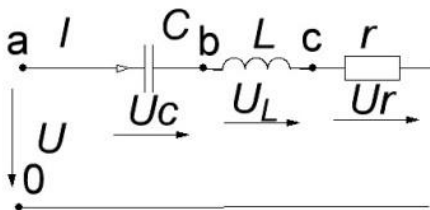
На выводах цепи создаётся напряжение равное сумме напряжений на отдельных элементах $\underline{U} = \underline{U}_r + \underline{U}_L + \underline{U}_C$.

Напряжение на резисторе совпадает по фазе с током, $\underline{U}_r = r \cdot \underline{I}$, на векторной диаграмме откладываем его горизонтально.

Напряжение на индуктивности опережает ток по фазе на 90° , $\underline{U}_L = jX_L \cdot \underline{I}$, на векторной диаграмме откладываем его из конца вектора $\underline{U}_r$ (точки c) перпендикулярно току вертикально вверх.

Напряжение на ёмкости отстаёт от тока по фазе на 90° , $\underline{U}_C = -jX_C \cdot \underline{I}$, на векторной диаграмме откладываем его из конца вектора $\underline{U}_L$ (точки b) перпендикулярно току вертикально вниз, получаем точку a .

Вектор результирующего напряжения получается сложением трёх векторов $\underline{U} = \underline{U}_r + \underline{U}_L + \underline{U}_C$. Он сдвинут по фазе относительно тока, на нашей диаграмме против часовой стрелки на угол ϕ .



Из векторной диаграммы следует

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$

Угол сдвига фаз φ между напряжением и током может быть определен следующим соотношением:

$$\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R}.$$

Согласно закону Ома, $U_R = IR$, $U_L = I\omega L = IX_L$, $U_C = I\frac{1}{\omega C} = IX_C$,

поэтому

$$U = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}. \quad (10.3)$$

Из выражения (10.3) следует

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}. \quad (10.4)$$

Выражение (10.4) называют законом Ома для RLC -цепи. В знаменателе этого выражения находится полное сопротивление цепи, обозначаемое Z :

Поскольку реактивное сопротивление $X = X_L - X_C$, то при $X_L > X_C$ угол сдвига фаз $\varphi > 0$ и цепь носит активно-индуктивный характер, часть индуктивного сопротивления компенсирует действие емкостного.

Если $X_L < X_C$, угол $\varphi < 0$, цепь носит активно-емкостный характер. Возможен случай, когда $X_L = X_C$, т. е. результирующее сопротивление $X = 0$. Тогда цепь имеет чисто активное сопротивление. Это случай, при котором имеет место явление, называемое *резонансом напряжения* (будет рассмотрено ниже).

Энергетические процессы в рассматриваемой цепи будут аналогичны тем, что происходят в RL -цепи или RC -цепи.

Активная мощность

$$P = UI \cos \varphi = I^2 R. \quad (10.5)$$

Реактивная мощность

$$Q = UI \sin \varphi = I^2 X = I^2 (X_L - X_C) = Q_L - Q_C. \quad (10.6)$$

Из выражения (10.6) следует, что реактивная мощность цепи есть алгебраическая сумма реактивных индуктивной и емкостной мощностей. Индуктивная мощность положительна, емкостная – отрицательна. Это следует из того, что напряжение на индуктивном элементе опережает ток по фазе на 90° , а напряжение на емкостном элементе отстает от тока на 90° .

Полная мощность

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (10.7)$$