

Урок №28 (21.03.2019) Цепи переменного тока (продолжение).

1. Переменный ток в RCL-цепочке

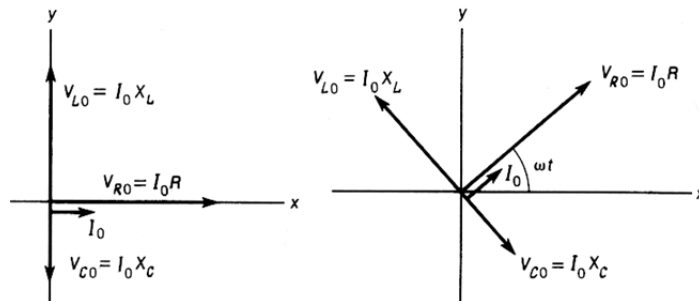
При последовательном соединении $\varepsilon = V_R + V_L + V_C$ в любой момент времени. Будем считать, что мгновенное значение силы тока для всех участков цепи одинаково. Нас интересует *импеданс* (т.е. полное сопротивление цепи в целом), разность фаз между напряжением источника и током и эффективное значение силы тока в цепи.

Можно записать $V_C = \frac{Q}{C}$, $V_R = IR = \frac{dQ}{dt}R$ и $V_L = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{d^2Q}{dt^2}$, и решить получившееся дифференциальное уравнение второй степени. Но мы воспользуемся методом фазовых диаграмм (см. рис.).

Представим себе, что вся диаграмма вращается с угловой скоростью ω . Тогда спустя время t каждая стрелка повернется на угол ωt . Проекция каждого вектора на ось y будет характеризовать падение напряжения на каждом элементе цепи в момент времени t .

В данном случае мы все отсчитываем от тока, поэтому $V_L = I_0 X_L \sin(\omega t + \pi/2)$ и $V_C = I_0 X_C \sin(\omega t - \pi/2)$

Сумма проекций трёх векторов на ось y равна проекции суммы. Но сумма проек-



ций в любой момент равна мгновенному падению напряжения на всей цепи, которое совпадает с ЭДС источника ε . Тогда векторная сумма равна пиковому значению ЭДС источника $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t + \phi)$.

Итак: $\varepsilon_0 = I_0 Z$, где Z – полный *импеданс* цепи; $\varepsilon_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = I_0 Z$.
 $\text{tg } \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$. Иначе $\cos \phi = \frac{V_{R0}}{\varepsilon_0} = \frac{I_0 R}{I_0 Z} = \frac{R}{Z}$.

При этом в цепи выделяется мощность, которая рассеивается на сопротивлении R , т.е. $\bar{P} = I_{\text{эфф}}^2 R = I_{\text{эфф}}^2 Z \cos \phi = I_{\text{эфф}} \varepsilon_{\text{эфф}} \cos \phi$. Множитель $\cos \phi$ называется *коэффициентом мощности* цепи.

2. Резонанс в цепях переменного тока

Эффективное значение силы тока в RCL-цепочке равно

$$I_{\varepsilon\phi\phi} = \frac{\varepsilon_{\varepsilon\phi\phi}}{Z} = \frac{\varepsilon_{\varepsilon\phi\phi}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

Так как реактивное сопротивление емкости и индуктивности зависит от частоты, сила тока в цепи также зависит от частоты питающего напряжения. Сила тока достигает максимума при $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$, или при $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$. При $\omega = \omega_0$ в цепи наблюдается *резонанс*. На этой частоте $X_L = X_C$ и импеданс равен чисто активному сопротивлению, а $\cos\phi = 1$.