

**Урок №24 (04.04.2007)**  
**Цепи переменного тока (продолжение).**

**1. Переменный ток в RCL-цепочке**

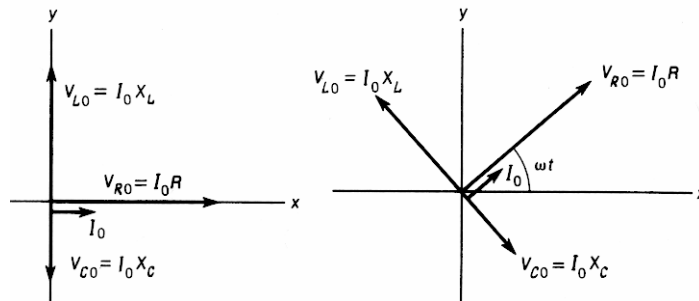
При последовательном соединении  $\varepsilon = V_R + V_L + V_C$  в любой момент времени. Будем считать, что мгновенное значение силы тока для всех участков цепи одинаково. Нас интересует *импеданс* (т.е. полное сопротивление цепи в целом), разность фаз между напряжением источника и током и эффективное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

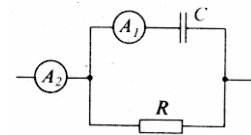
Эффективное значение силы тока в RCL-цепочке равно

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

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  $\cos \phi = 1$ .

### 3. Задачи

Цепь, указанная на рисунке, подключена к генератору с ЭДС  $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ . Найти показания идеальных амперметров переменного тока  $A_1$  и  $A_2$ .



Савченко, 11.4.14 - 11.4.17