

## Урок №27 (14.03.2019) Цепи переменного тока.

*Почему мы отдельно изучаем цепи переменного тока?*

- потому что генератор вырабатывает именно такой ток;
- потому что произвольный импульс можно разложить в ряд Фурье.

### 1. Общие понятия

$V = V_0 \sin 2\pi ft$ , частота  $f$  – число полных колебаний в секунду. В США – 60 Гц, в Европе и России – 50 Гц. Величина  $V_0$  называется амплитудой напряжения.

Если к генератору переменного тока подключить резистор с сопротивлением  $R$ , то через него потечёт ток  $I = \frac{V}{R} = \frac{V_0}{R} \sin 2\pi ft = I_0 \sin 2\pi ft$ . Величина  $I_0$  называется амплитудным или пиковым значением тока в цепи.

Несмотря на то, что среднее значение тока и напряжения в такой цепи равно нулю, мощность, выделяющаяся на резисторе, нулю не равна. Мгновенная мощность, рассеиваемая на резисторе  $R$  равна  $P = I^2 R = I_0^2 R \sin^2 2\pi ft$ . Легко показать, что среднее значение мощности равно  $\bar{P} = \frac{1}{2} I_0^2 R$ . Иначе, ту же среднюю мощность

можно записать в виде  $\bar{P} = \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{R}$ .

Видно, что та же мощность будет выделяться в цепи постоянного тока при  $V_{\text{пост}} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_0$  и  $I_{\text{пост}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$ . Величина  $\xi_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\xi^2}$  называется среднеквадратичной. В электричестве среднеквадратичные значения силы тока и напряжения называют эффективными.

*Именно об эффективном напряжении говорят, когда говорят, что напряжение в розетке равно 220 В. При этом амплитудное значение составляет 310 В.*

Часто заменяют  $2\pi f = \omega$ , величину  $\omega$  называют круговой частотой.

### 2. Конденсатор в цепи переменного тока

Если конденсатор подключён к источнику с переменным ЭДС, то через него течёт переменный ток. Согласно правилу Кирхгофа, на обкладках конденсатора в любой момент напряжение совпадает с ЭДС источника:  $V = \frac{Q}{C} = \varepsilon_0 \sin \omega t$ . В любой

момент времени  $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(CV)}{dt} = C\varepsilon_0 \frac{d(\sin \omega t)}{dt} = C\varepsilon_0 \omega \cos \omega t$ .

По-другому можем написать:  $I = I_0 \sin(\omega t + \pi/2)$ , где  $I_0 = \omega C \varepsilon_0$ .

*Если у нас есть две функции  $f_1(t) = A_1 \sin(\omega t)$  и  $f_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi)$ , то говорится, что функции  $f_1$  и  $f_2$  сдвинуты по фазе на  $\phi$ .*

В конденсаторе сила тока опережает по фазе напряжение на  $\pi/2$ .

Вследствие того, что сила тока и напряжение сдвинуты по фазе на  $\pi/2$ , потребляемая от источника мощность в среднем равна нулю и не происходит превращения энергии в другие формы. Энергия источника сначала запасается в электрическом поле конденсатора, а затем возвращается назад в источник.

Для резистора справедлив закон Ома:  $V_0 = I_0 R$ .

Аналогично можно написать для конденсатора:  $V_0 = I_0 X_c$ , где  $X_c = \frac{1}{\omega C}$ . Величина

$X_c$  называется *реактивным ёмкостным сопротивлением* и измеряется в омах. Однако её нельзя рассматривать как связь между мгновенными значениями тока и напряжения, как в законе Ома, т.к. пиковые значения тока и напряжения расходятся по фазе и достигаются не одновременно.

### 3. Индуктивность в цепи переменного тока

Согласно правилу Кирхгофа и правилу Ленца, для катушки подсоединённой к источнику переменной ЭДС будет выполняться следующее соотношение:

$$\varepsilon - L \frac{dI}{dt} = 0, \text{ или}$$

$$L \frac{dI}{dt} = \varepsilon_0 \sin \omega t.$$

Интегрируя, получим:

$$L dI = \varepsilon_0 \sin \omega t dt,$$

$$\int L dt = \int \frac{\varepsilon_0}{\omega} \sin \omega t d(\omega t),$$

$$L \int dt = \frac{\varepsilon_0}{\omega} \int \sin(\omega t) d(\omega t),$$

$$L t = -\frac{\varepsilon_0}{\omega} \cos \omega t.$$

Откуда

$$I = -\frac{\varepsilon_0}{\omega L} \cos \omega t = I_0 \sin(\omega t - \pi/2), \text{ где } I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\omega L}.$$

Итак, в случае индуктивности сила тока *отстаёт* по фазе от напряжения на  $\pi/2$ . Величина  $X_L = \omega L$  называется *реактивным индуктивным сопротивлением* и  $V_0 = I_0 X_L$ .