

Урок №23 (03.04.2007) 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 потечет 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 $V_{пост} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_0$ и $I_{пост} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$. Величина $\xi_{ср.кв.} = \sqrt{\xi^2}$ 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 ω называют круговой частотой.

2. Конденсатор в цепи переменного тока

Если конденсатор подключен к источнику с переменным ЭДС, то через него течет 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 $I = dQ/dt$ и $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(CV)}{dt} = C\varepsilon_0 \frac{d(\sin \omega t)}{dt} = C\varepsilon_0 \omega \cos \omega t$.

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 ϕ .

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 емкостным сопротивлением* и измеряется в омах. Однако ее 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 подсоединенной 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:

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

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

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

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

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 *отстает* по фазе от напряжения на $\pi/2$. Величина $X_L = \omega L$ называется *реактивным индуктивным сопротивлением* и $V_0 = I_0 X_L$.