

**Федеральное агентство по образованию
Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

А.А. Башев

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

**Кафедра “Теоретическая и общая
электротехника”**

**Для студентов электротехнических
специальностей всех форм обучения**

Тема 6

***АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
ПРИ ПЕРЕМЕННОМ
СИНУСОИДАЛЬНОМ ТОКЕ***

Синусоидальные электрические величины

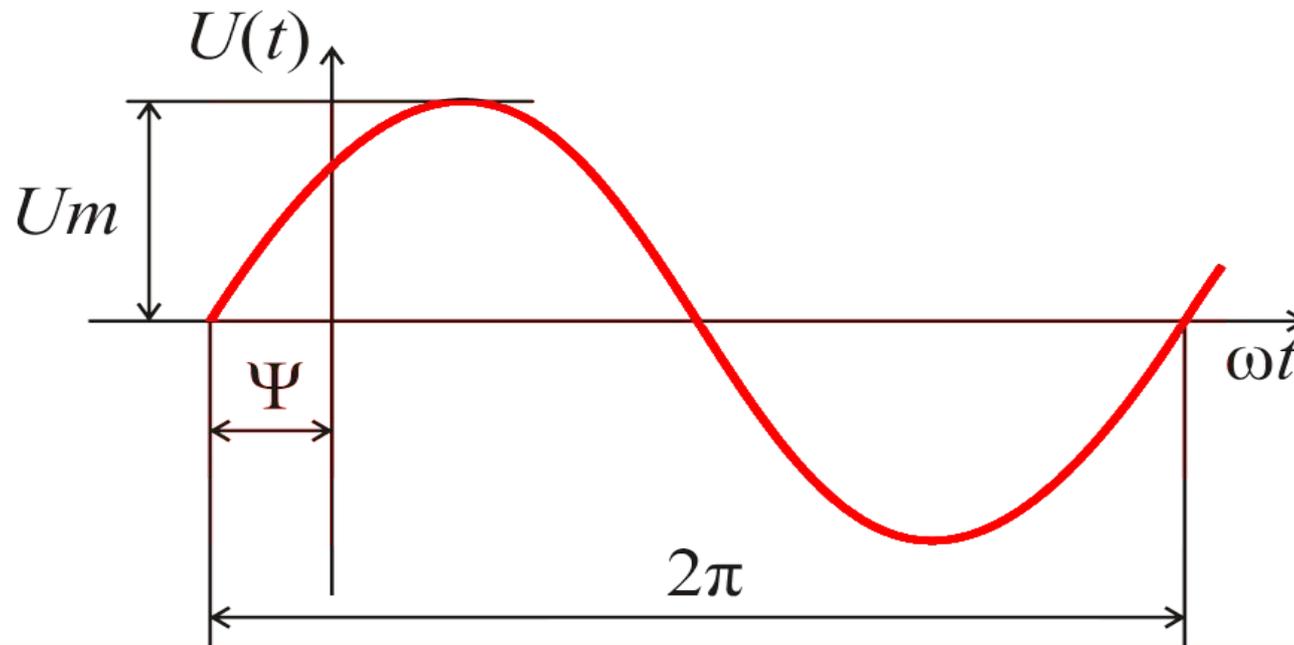
Мгновенное значение синусоидальной функции времени:

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

I_m – амплитудное значение.

Аргумент $\omega t + \psi$ называют фазой синусоидальной функции.

ω – угловая частота: $\omega = 2\pi f$



Синусоидальные электрические величины

О величине переменного тока судят по его среднему или действующему значению.

Среднее значение периодической функции времени $f(t)$ определяют по формуле:

$$F_{\text{cp}} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

Синусоидальные электрические величины

Среднее значение синусоидальной функции за период равно нулю. Поэтому используют понятие среднего значения за половину периода:

$$F_{\text{cp}} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} f(t) dt$$

Среднее значение синусоидального тока за половину периода

$$I_{\text{cp}} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{2I_m}{\pi} \approx 0.637 I_m$$

Синусоидальные электрические величины

Действующее значение переменного тока $i(t)$ определяется по формуле:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i(t)]^2 dt}$$

Действующее значение синусоидального тока:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [I_m \sin \omega t]^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Синусоидальные электрические величины

За один период переменного тока в резисторе сопротивлением R выделяется тепловая энергия, равная

$$\int_0^T R i^2 dt = RT \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = RI^2 T$$

Действующее значение синусоидального тока равно такому постоянному току, при котором в резисторе за период выделяется такое же количество тепла, что и при переменном.

Резистивный элемент на синусоидальном токе

Пусть ток резистивного элемента изменяется синусоидально

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

В соответствии с законом Ома напряжение

$$u(t) = Ri(t) = RI_m \sin(\omega t + \psi)$$

Напряжение резистивного элемента изменяется синусоидально, причем начальные фазы напряжения и тока одинаковы.

Ток и напряжение резистивного элемента совпадают по фазе.

Резистивный элемент на синусоидальном токе

Мгновенная мощность, поглощаемая резистивным элементом, равна:

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m I_m \sin^2(\omega t) = \frac{U_m I_m}{2} (1 - \cos 2\omega t) = UI(1 - \cos 2\omega t)$$

Мгновенная мощность резистивного элемента – пульсирующая функция времени.

Резистивный элемент на синусоидальном токе

Среднее значение мгновенной мощности $p(t)$ период T называют *активной* или *средней* мощностью:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

Активная мощность резистивного элемента

$$P = UI = RI^2$$

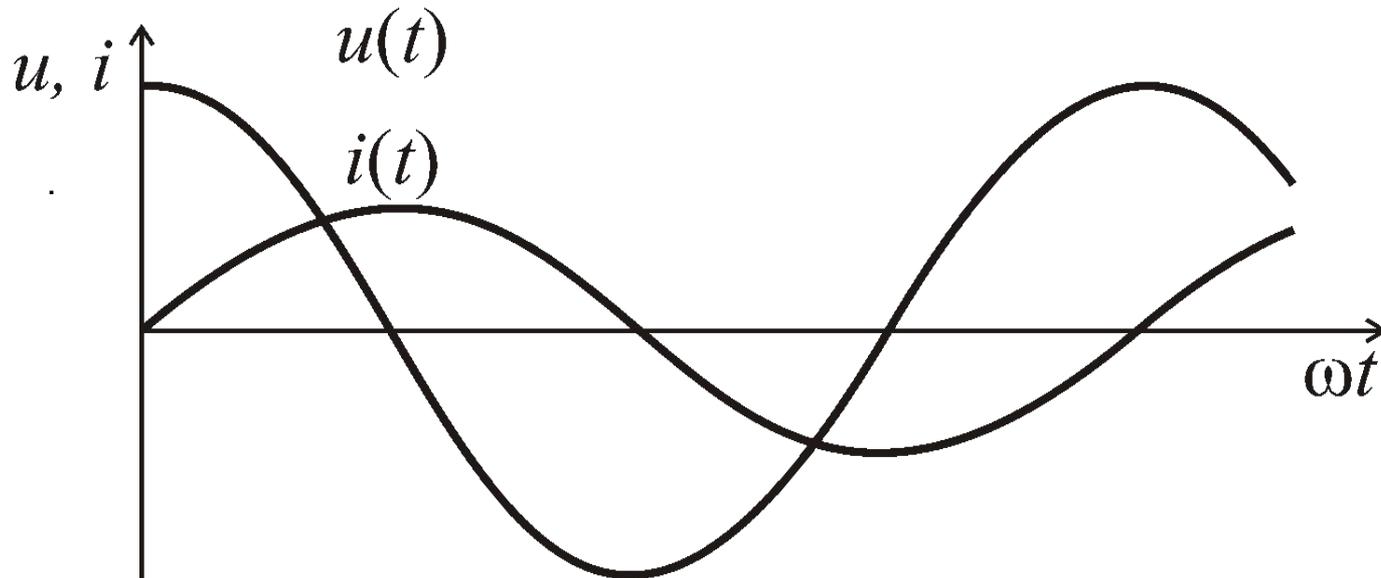
Индуктивный элемент на синусоидальном токе

Если ток индуктивного элемента изменяется синусоидально

$$i = I_m \sin \omega t$$

то напряжение

$$u = L \frac{di}{dt} = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$



Ток индуктивного элемента отстает по фазе от приложенного напряжения на угол $\frac{\pi}{2}$ или на четверть периода.

Индуктивный элемент на синусоидальном токе

Амплитуда напряжения индуктивного элемента

$$U_m = \omega L I_m = x_L I_m$$

Величину $x_L = \omega L$, имеющую размерность сопротивления, называют *индуктивным сопротивлением*. Индуктивное сопротивление является линейной функцией частоты ω .

Индуктивный элемент на синусоидальном токе

Мгновенная мощность индуктивного элемента

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m I_m \sin \omega t \cos \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t$$

Энергия, запасаемая в магнитном поле индуктивного элемента в первую четверть периода, во вторую четверть периода возвращается во внешнюю цепь.

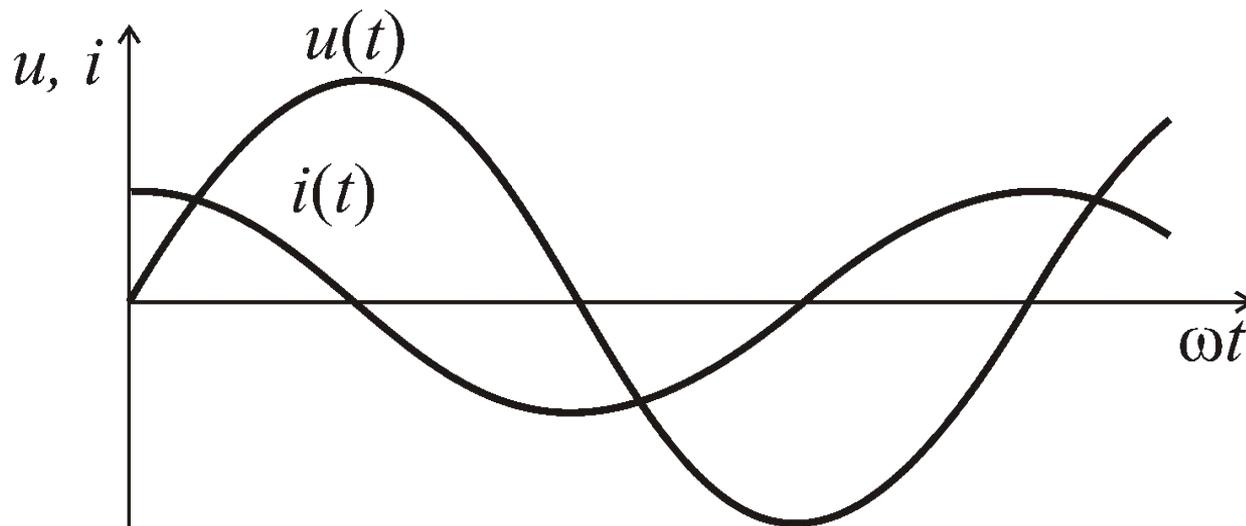
Активная мощность индуктивного элемента равна нулю: $P = 0$

Емкостный элемент на синусоидальном токе

Если напряжение емкостного элемента – синусоидальная функция времени $u(t) = U_m \sin \omega t$

то ток

$$i(t) = C \frac{du_c}{dt} = \omega C U_m \cos \omega t = \omega C U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



Ток емкостного элемента опережает напряжение $u(t)$ на угол $\frac{\pi}{2}$ или на четверть периода.

Емкостный элемент на синусоидальном токе

Амплитуда тока емкостного элемента

$$I_m = \omega C U_m = b_C U_m$$

Величина b_C – емкостная проводимость.

Величина, обратная емкостной проводимости, – емкостное сопротивление:

$$x_C = \frac{1}{\omega C}$$

Емкостное сопротивление обратно пропорционально частоте приложенного напряжения.

Емкостный элемент на синусоидальном токе

Мгновенная мощность емкостного элемента

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m I_m \sin \omega t \cos \omega t = UI \sin 2\omega t$$

Энергия, запасаемая в электрическом поле емкостного элемента в первую четверть периода, во вторую четверть периода возвращается во внешнюю цепь.

Активная мощность емкостного элемента равна нулю:
 $P = 0$

Рекомендуемая литература

- 1. Алтунин Б.Ю., Панкова Н.Г. Теоретические основы электротехники:** Комплекс учебно - методических материалов: Часть 1 / Б.Ю. Алтунин, Н.Г. Панкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2007.-130 с.
- 2. Алтунин Б.Ю., Кралин А.А. Электротехника и электроника:** комплекс учебно-методических материалов: Ч.1/ Б.Ю. Алтунин, А.А. Кралин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2007.-98 с.
- 3. Алтунин Б.Ю., Кралин А.А. Электротехника и электроника:** комплекс учебно-методических материалов: Ч.2/ Б.Ю. Алтунин, А.А. Кралин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2008.-98 с
- 4. Касаткин, А.С. Электротехника** /А.С. Касаткин, М.В. Немцов.-М.: Энергоатомиздат, 2000.
- 5. Справочное пособие по основам электротехники и электроники** /под. ред. А.В. Нетушила.-М.: Энергоатомиздат, 1995.
- 6. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники.**-3-е изд., перераб. И доп.-М.: Радио и связь, 1990.-512 с.: ил.
- 7. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника:** учебник / О. П. Новожилов. – М.: Гардарики, 2008. – 653 с.

Тема 6 Закончена

Благодарю за внимание