

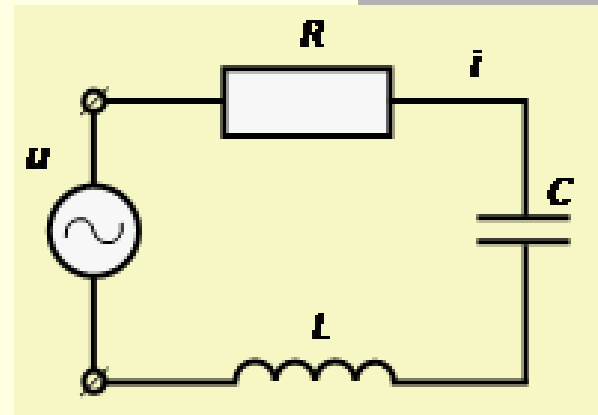
Заняття за темою: «Кола з опором, індуктивністю, ємністю»

з дисципліни «Електротехніка та основи
електроніки»

для здобувачів фахової передвищої освіти

Електричне коло змінного струму характеризують трьома параметрами

активним опором,
індуктивністю,
ємністю.

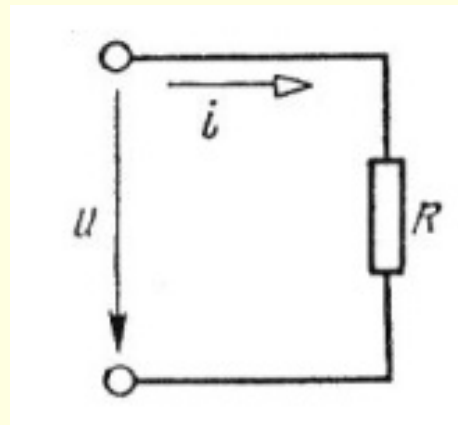


Таким чином, у колах змінного струму існують наступні види навантаження:

- Активне
- Індуктивне
- Ємнісне

Активний опір у колі синусоїдного струму

Якщо на синусоїдну напругу $u = U_m \sin \omega t$ увімкнути резистивний елемент, то згідно закону Ома у колі виникає миттєвий струм $i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$. Потужність в різні моменти часу не є сталою – $p = ui = U_m I_m \sin(2\omega t)$.



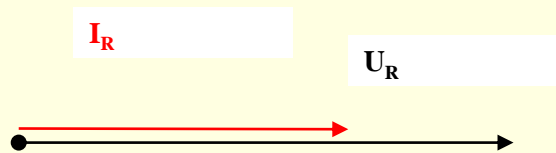
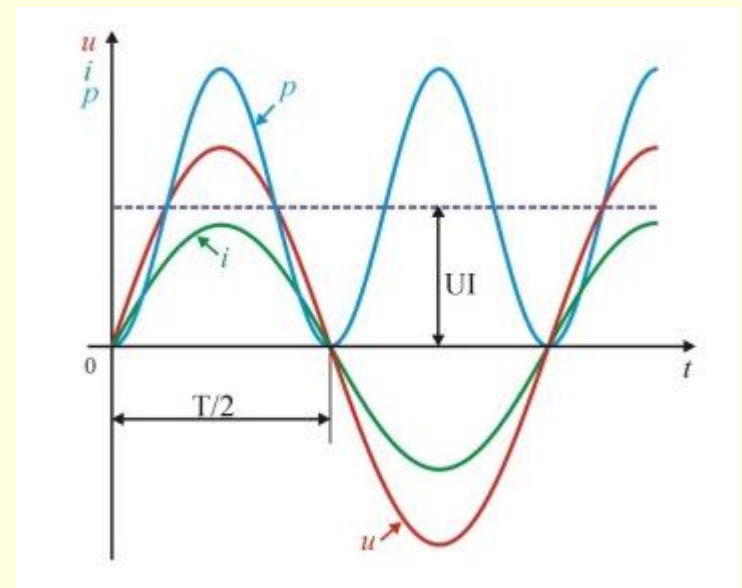
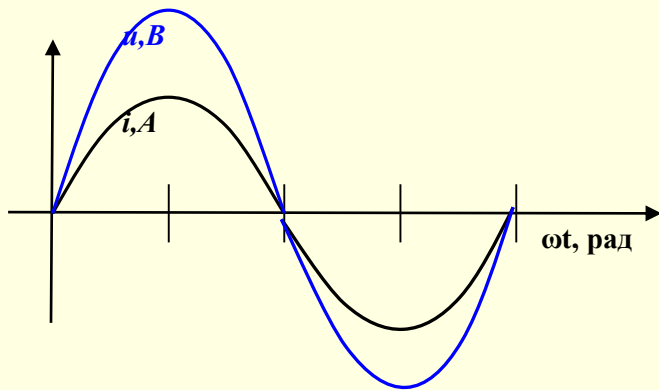
Таким чином, можна зробити висновок, що струм у колі з активним опором, увімкнутим на синусоїдну напругу, є синусоїдним та збігається з напругою за фазою.

Вектор струму збігається за напрямом із вектором напруги (зсув за фазою дорівнює нулю). Ці дві електричні величини мають лише дійсне значення.

Активний опір у колі синусоїдного струму

Закон Ома для такого кола через амплітудні значення, діючі значення та в комплексній формі має такий вигляд:

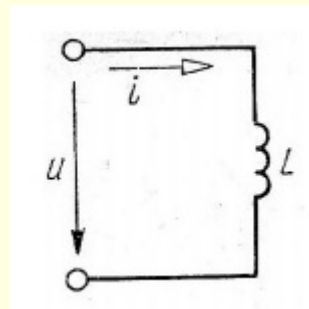
$$I_m = \frac{U_m}{R}, \quad I = \frac{U}{R}, \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{R}.$$



Індуктивність у колі змінного струму

Якщо у колі з індуктивним елементом протікає синусоїдний струм $i = I_m \sin \omega t$, то ЕРС самоіндукції $e = -L \frac{di}{dt} = -\omega L I_m \cos \omega t$.

За другим законом Кірхгофа $u + e = 0$, напругу можна записати співвідношенням $u = \omega L I_m \cos \omega t$ або $u = U_{\max} \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$, де $U_{\max} = I_{\max} \omega L$



Таким чином, при вмиканні індуктивності на синусоїдну напругу струм у колі залишається синусоїдним і відстає від напруги на чверть періоду.

Вектор напруги випереджає вектор струму на 90° (символ j показує, що вектор струму треба повернути на чверть періоду проти ходу годинникової стрілки).

Індуктивність у колі змінного струму

Добуток ωL має розмірність опору (Ом) і має назву **реактивного опору індуктивності**, або **індуктивним опором** (позначається X_L), величина якого збільшується з ростом частоти:

$$x_L = \omega L = 2\pi fL,$$

де

L - індуктивність котушки, Гн

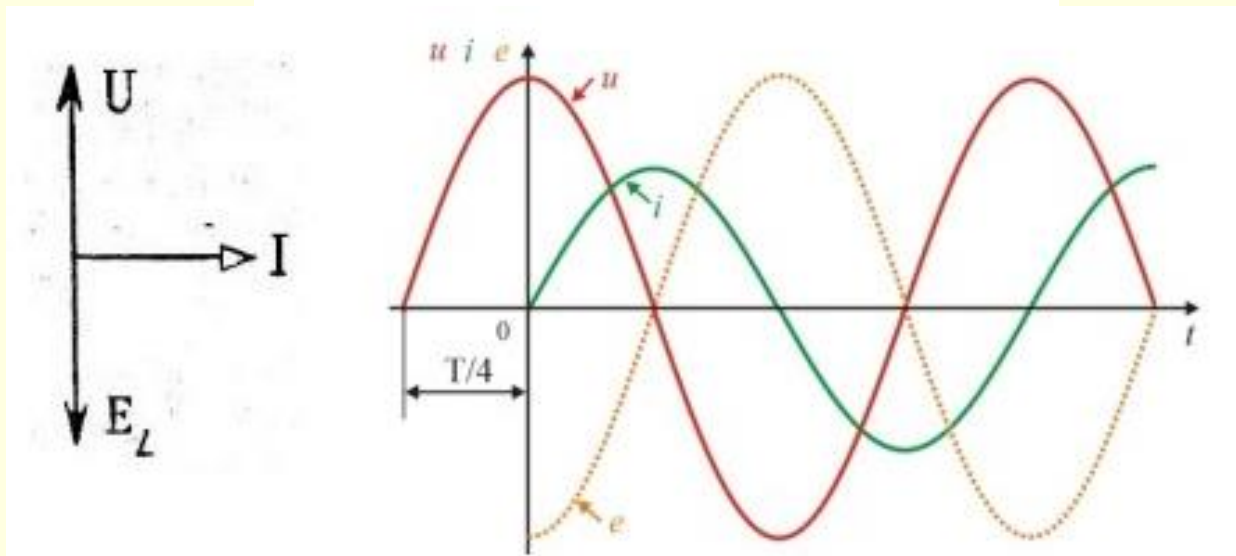
ω - кутова частота, с⁻¹

f - частота струму, Гц

Індуктивність у колі змінного струму

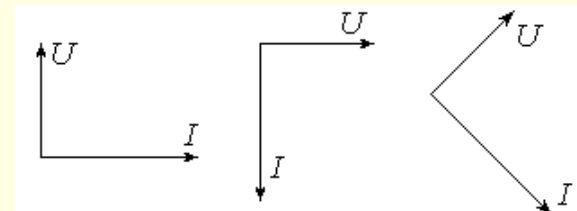
Закон Ома для кола з індуктивним елементом через амплітудні, діючі значення та в комплексній формі має вигляд:

$$I_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{X_L}, \quad I = \frac{U}{X_L}, \quad \dot{I} = \frac{\dot{U}}{jX_L}.$$



$$\dot{U} = j\dot{I}\omega L = jX_L \dot{I}$$

Рис. 4.6



Ємність у колі синусоїдного струму

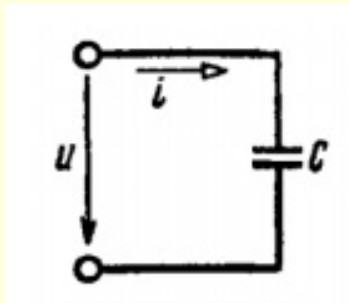
Якщо коло синусоїдного струму містить ідеальний ємнісний елемент, то струм змінюється за законом:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt},$$

Якщо $u = U_m \sin \omega t$,

то $i = I_m \cos \omega t$, $i = \omega C U_m \cos \omega t$

де $I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}$.



При вмиканні ємності на синусоїдну напругу у колі встановлюється синусоїдний струм, що випереджає напругу на чверть періоду.

Ємність у колі синусоїдного струму

Значення $1/(\omega C)$ має розмірність опору (Ом) і називається *реактивним опором ємності* або *ємнісним опором* (позначається X_C) $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$.

Конденсатор характеризується реактивним ємнісним опором:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

де C - ємність конденсатора, Ф
 ω - кутова частота, c^{-1}
 f - частота струму, Гц

Ємність у колі синусоїдного струму

Законом Ома для кола синусоїдного струму, що містить лише ємнісний опір, має вигляд:

$$I_m = \frac{U_m}{X_c}, I = \frac{U}{-jX_c}, \dot{I} = \frac{\dot{U}}{-jX_c}.$$

В аргументі синусу ($+90^\circ$) свідчить, що в колі з ємністю струм випереджає за фазою напругу на 90° .

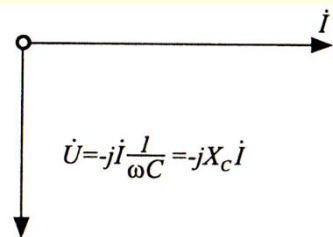
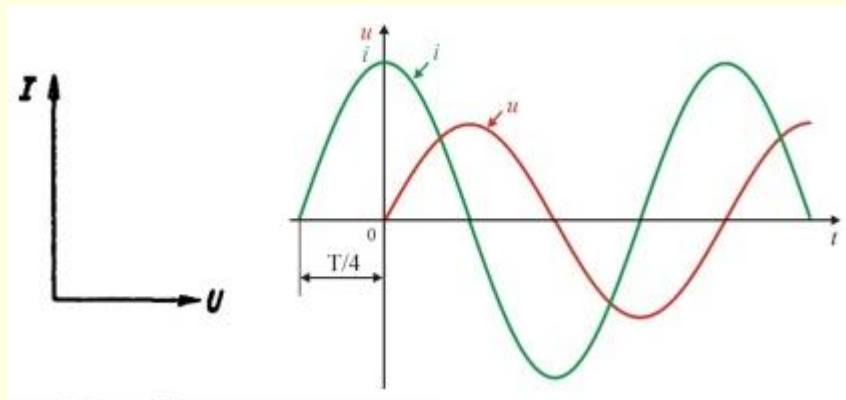
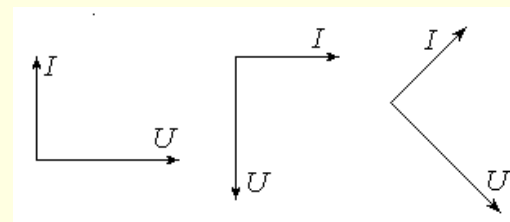
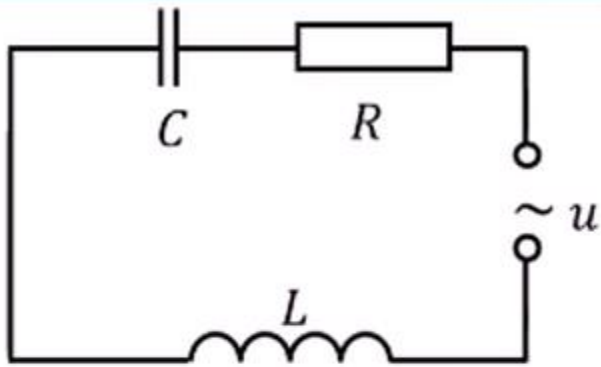


Рис. 4.7



Повний опір кола змінного струму



Повний опір кола (містить активний, індуктивний і ємнісний опори)

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

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

Реактивний опір:

$$X = X_L - X_C$$

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

