

# Ćwiczenie nr 44

## Prawo Ohma dla prądu przemiennego

### 1 Wstęp teoretyczny

#### 1.1 Charakterystyka prądu przemiennego

Prądem przemiennym nazywamy prąd elektryczny, którego wartość chwilowa i kierunek ulegają okresowym zmianom. W najprostszym przypadku zmiany te mają charakter harmoniczny (sinusoidalny) i mogą być opisane równaniami:

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t), \quad i(t) = I_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

gdzie  $U_0, I_0$  to amplitudy napięcia i natężenia,  $\omega = 2\pi f$  to częstość kołowa, a  $\varphi$  oznacza przesunięcie fazowe między napięciem a natężeniem.

W obwodach prądu przemiennego najczęściej posługujemy się wartościami skutecznymi napięcia i natężenia, które dla przebiegów sinusoidalnych wiążą się z amplitudami zależnością:

$$U_{sk} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, \quad I_{sk} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

#### 1.2 Impedancja i uogólnione prawo Ohma

W obwodach prądu przemiennego opór elektryczny nie zależy wyłącznie od rezystancji (oporu czynnego), ale również od obecności elementów gromadzących energię pola elektrycznego i magnetycznego (kondensatory, cewki). Całkowity opór obwodu nazywamy impedancją (zawadą)  $Z$ . Uogólnione prawo Ohma przyjmuje postać:

$$Z = \frac{U_{sk}}{I_{sk}} \quad (3)$$

Impedancja składa się z części rzeczywistej (rezystancja  $R$ ) oraz części urojonej (reaktancja  $X$ ):

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (4)$$

#### 1.3 Elementy R, L, C w obwodzie prądu przemiennego

##### 1.3.1 Rezystor idealny

Dla rezystora idealnego impedancja jest równa jego rezystancji ( $Z = R$ ). Napięcie i natężenie są zgodne w fazie ( $\varphi = 0$ ).

### 1.3.2 Cewka indukcyjna

Cewka idealna o indukcyjności  $L$  stawia prądowi przemiennemu opór bierny zwany reaktancją indukcyjną (induktancją)  $X_L$ :

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (5)$$

W cewce idealnej napięcie wyprzedza natężenie prądu o kąt  $\pi/2$ . W rzeczywistości cewka posiada również opór czynny uzwojenia  $R_L$ , dlatego jej impedancja wynosi:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + (\omega L)^2} \quad (6)$$

### 1.3.3 Kondensator

Kondensator o pojemności  $C$  charakteryzuje się reaktancją pojemnościową (kapacytancją)  $X_C$ :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (7)$$

Na kondensatorze idealnym natężenie prądu wyprzedza napięcie o kąt  $\pi/2$ . Prąd płynący przez idealny kondensator i cewkę nie wykonuje pracy (moc czynna wynosi zero).

## 1.4 Szeregowy obwód RLC

W przypadku szeregowego połączenia rezystora, cewki i kondensatora, całkowita impedancja obwodu wynosi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (8)$$

Przesunięcie fazowe  $\varphi$  w takim obwodzie wyraża się wzorem:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (9)$$