

Dwójnik R, L, C, RL i RC, reaktancja i impedancja obwodu

Wprowadzenie

Dwójnik to podstawowy element obwodu elektrycznego z dwoma zaciskami, który może składać się z rezystora (R), cewki indukcyjnej (L), kondensatora (C) lub ich połączeń. Analiza dwójników w obwodach prądu zmiennego (AC) wymaga uwzględnienia pojęć reaktancji i impedancji.

Elementy dwójnikowe

1. Rezystor (R)

- Opór stały, niezmienny z częstotliwością.
- Impedancja:

$$Z_R = R$$

- Wartość rzeczywista, brak części urojonej.

2. Cewka indukcyjna (L)

- Posiada indukcyjność, która powoduje opór na zmianę prądu.
- Reaktancja indukcyjna:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

- Impedancja:

$$Z_L = j X_L = j \omega L$$

- Część urojona (imaginary), dodatnia.

3. Kondensator (C)

- Magazynuje ładunek elektryczny, przeciwstawia się zmianie napięcia.
- Reaktancja pojemnościowa:

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

- Impedancja:

$$Z_C = -j X_C = -j \frac{1}{\omega C}$$

- Część urojona, ujemna.

Połączenia dwójników

1. Połączenie szeregowe RL

1. Rezystor i cewka połączone jeden za drugim.
2. Impedancja zespolona:

$$Z_{RL} = R + j\omega L = R + jX_L$$

2. Połączenie szeregowe RC

1. Rezystor i kondensator połączone szeregowo.
2. Impedancja zespolona:

$$Z_{RC} = R - j\frac{1}{\omega C} = R - jX_C$$

Reaktancja

- Reaktancja to część impedancji związana z elementami L i C, która powoduje przesunięcie fazowe między prądem a napięciem.
- Jednostka: om $[\Omega]$.
- Dla cewki: reaktancja rośnie wraz z częstotliwością, dla kondensatora maleje.

Impedancja

- Impedancja (Z) to całkowity opór dwójnika na prąd zmienny, zawiera część rzeczywistą (rezystancję (R)) i urojona (reaktancję (X)):

$$Z = R + jX$$

- Moduł impedancji:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

- Kąt fazowy (przesunięcie fazowe napięcia względem prądu):

$$\varphi = \arctan \frac{X}{R}$$

Znaczenie

- Impedancja pozwala opisać, jak dwójnik reaguje na sygnał sinusoidalny o danej częstotliwości.
- Wartość i faza impedancji decydują o przesunięciu fazowym i tłumieniu sygnału.

Podsumowanie

Element	Impedancja	Reaktancja	Uwagi
-----	-----	-----	-----

Rezystor (R)	$Z_R = R$	$X_R = 0$	Opór czysto rezystancyjny
Cewka (L)	$Z_L = j \omega L$	$X_L = \omega L$	Reaktancja indukcyjna
Kondensator (C)	$Z_C = -j \frac{1}{\omega C}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	Reaktancja pojemnościowa
Szeregowe RL	$Z = R + j \omega L$	$X = \omega L$	
Szeregowe RC	$Z = R - j \frac{1}{\omega C}$	$X = -\frac{1}{\omega C}$	