

Daya Dalam Rangkaian Arus Bolak-Balik

Dalam rangkaian arus bolak-balik (gelombang sinusoida) terdapat 3 macam daya, yaitu :

1. Daya nyata/daya aktif (Daya rata-rata) .

Daya nyata dengan notasi P dengan satuan watt (W), dalam rangkaian merupakan daya yang diserap oleh resistansi

2. Daya Reaktif (Daya buta)

Daya reaktif dengan notasi Q dengan satuan Volt Ampere Reaktif (VAR), merupakan daya yang diserap oleh reaktansi induktif atau reaktansi kapasitif

3. Daya Nampak (Daya kompleks)

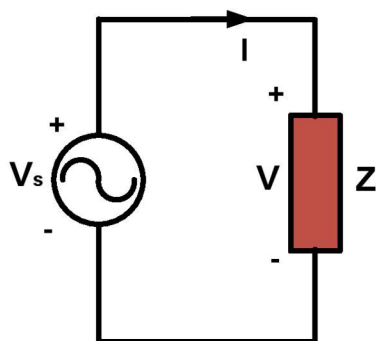
Daya Nampak dengan notasi S dengan satuan Volt Ampere (VA), merupakan gabungan antara daya nyata dan daya reaktif

Dalam menghitung daya nyata dan daya reaktif dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, dengan menghitung daya sesaat dari nilai tegangan dan arus sesaat atau dengan daya riil dan daya imajiner pada bidang kompleks.

1 Perhitungan Daya Sesaat

1). Daya Nyata

Dalam rangkaian elektrik yang diperlihatkan pada Gambar 1. , tegangan dan arus adalah tegangan efektif dan arus efektif.



$$Z = R + jX$$

$$i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t)$$

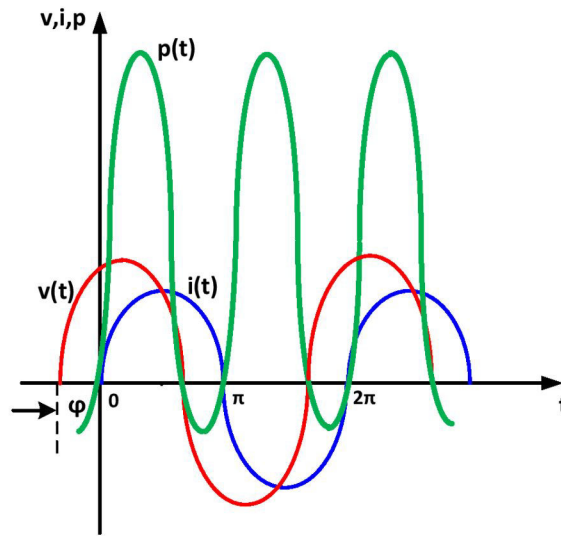
$$v(t) = \sqrt{2} V \sin(\omega t + \phi)$$

I : Arus efektif

V : Tegangan efektif

Gambar 1 Rangkaian dengan impedansi $Z = R + jX$

Gambar 2. memperlihatkan gelombang tegangan sesaat, arus sesaat dan daya sesaat



Gambar 2. Gambar Gelombang Daya Sesaat

Daya sesaat :

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

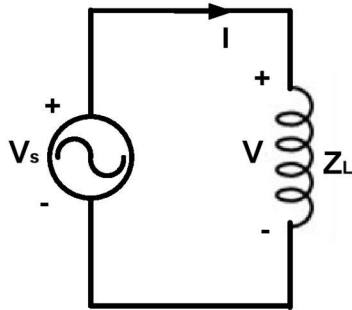
$$\begin{aligned} p(t) &= \sqrt{2} V \sin(\omega t + \phi) \cdot \sqrt{2} I \sin(\omega t) \\ &= 2 VI [\sin(\omega t + \phi) \cdot \sin(\omega t)] \\ &= 2 VI \left[\frac{1}{2} \{ \cos(\omega t + \phi - \omega t) - \cos(\omega t + \phi + \omega t) \} \right] \\ &= VI [\cos \phi - \cos(2\omega t + \phi)] \end{aligned}$$

Daya rata-rata (daya nyata):

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \\ P &= \frac{1}{T} \int_0^T [VI \cos \phi - VI \cos(2\omega t + \phi)] dt \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T VI \cos \phi dt - \frac{1}{T} \int_0^T VI \cos(2\omega t + \phi) dt \\ &= \frac{1}{T} [VI \cos \phi \cdot t]_0^T - 0 \\ &= \frac{1}{T} [VI \cos \phi (T - 0)] \\ P &= VI \cos \phi \end{aligned}$$

2). Daya Reaktif

1. Daya yang diserap oleh Reaktansi Induktif (X_L)



$$Z_L = jX_L$$

$$i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t)$$

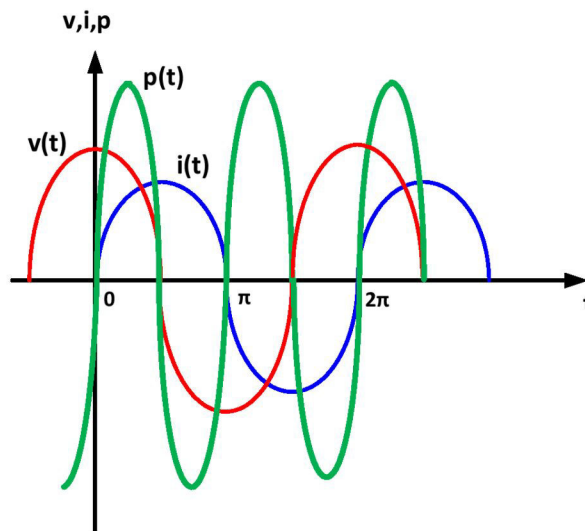
$$v(t) = L \frac{di}{dt}$$

I : Arus efektif

V : Tegangan efektif

Gambar 3. Rangkaian dengan impedansi $Z = jX_L$

Gambar 4. memperlihatkan gelombang tegangan sesaat, arus sesaat dan daya sesaat pada rangkaian induktif murni



Gambar 4. Gambar Gelombang Daya Sesaat pada induktansi

Daya sesaat :

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = i(t) \cdot L \frac{di(t)}{dt}$$

$$p(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t) \times L \omega \sqrt{2} I \cos(\omega t)$$

$$p(t) = I^2 \omega L 2 \sin(\omega t) \times \cos(\omega t)$$

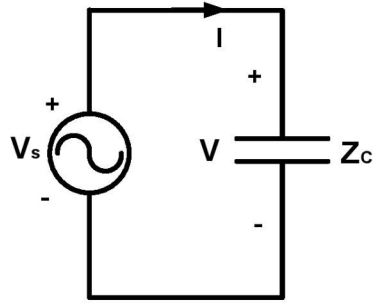
$$p(t) = I^2 \omega L \sin(2\omega t)$$

$$p(t) = I^2 X_L \sin(2\omega t)$$

Daya reaktif adalah daya maksimum dari daya sesaat pada induktor.

$$Q_L = I^2 X_L$$

2. Daya yang diserap oleh Reaktansi Kapasitif (X_c)



$$Z_c = -jX_c$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t)$$

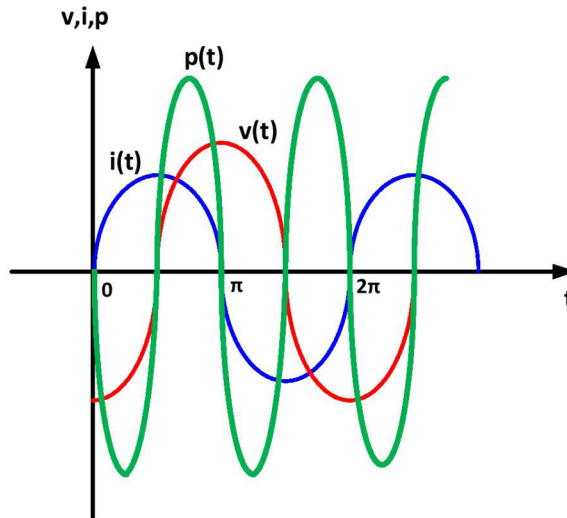
$$v(t) = \frac{1}{C} \int i \cdot dt$$

I : Arus efektif

V : Tegangan efektif

Gambar 5. Rangkaian dengan Impedansi $Z = -jX_c$

Gambar 6. memperlihatkan gelombang tegangan sesaat, arus sesaat dan daya sesaat pada rangkaian kapasitif murni



Gambar 6. Gambar Gelombang Daya Sesaat pada Kapasitansi

Daya sesaat :

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = i(t) \cdot \frac{1}{C} \int i(t) \cdot dt$$

$$p(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t) \times \frac{1}{\omega C} \sqrt{2}I \{-\cos(\omega t)\}$$

$$p(t) = I^2 \frac{1}{\omega C} \cdot -2 \sin(\omega t) \times \cos(\omega t)$$

$$p(t) = -I^2 \frac{1}{\omega C} \sin(2\omega t)$$

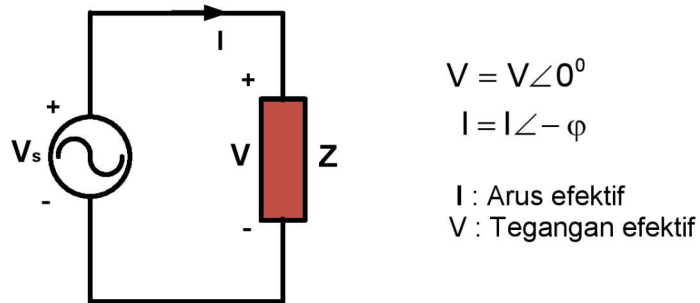
$$p(t) = -I^2 X_c \sin(2\omega t)$$

Daya reaktif adalah daya maksimum dari daya sesaat pada kapasitor

$$Q_c = -I^2 X_c$$

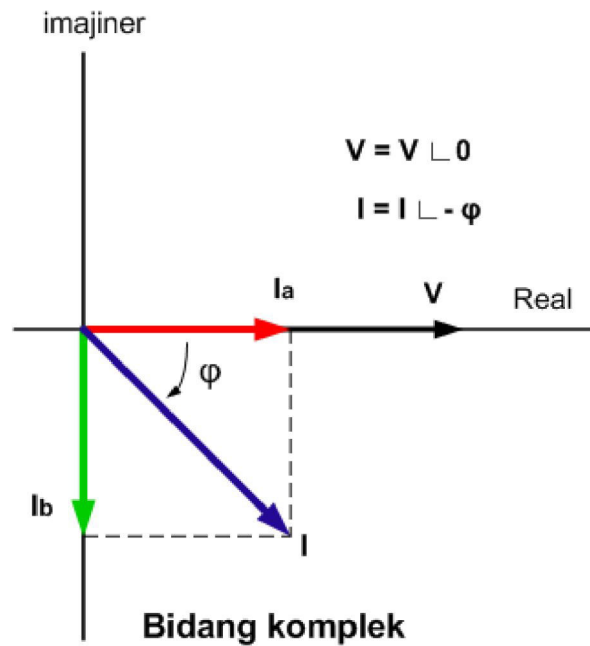
2 Perhitungan Daya Pada Bidang Komplek

Menghitung daya nyata (Real) dan daya buta (imajiner) pada bidang komplek.



Gambar 7. Rangkaian dengan impedansi $Z = R + jX$

Apabila fasor tegangan dan fasor arus digambarkan dalam bidang komplek, terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Tegangan dan Arus pada Bidang Komplek

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{I} \quad \text{maka :} \quad I_a = I \cos \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{I_b}{I} \quad \text{maka :} \quad I_b = I \sin \varphi$$

1. Daya Nyata (Real)

Daya nyata dapat dihitung dari daya pada sumbu real, yang besarnya sebagai berikut :

$$P = V I_a$$

$$P = VI \cos \varphi \text{ (W)}$$

V : Tegangan efektif

I : Arus efektif

$\cos \varphi$: faktor daya (power factor)

φ : beda fasa antara tegangan V dan arus I

2. Daya Reaktif (imajiner)

Daya reaktif dapat dihitung dari daya pada sumbu imajiner, yang besarnya sebagai berikut :

$$P = V I_b$$

$$P = VI \sin \varphi \text{ (VAR)}$$

V : Tegangan efektif

I : Arus efektif

φ : beda fasa antara tegangan V dan arus I

Q (+) : Rangkaian bersifat induktif

Q (-) : Rangkaian bersifat kapasitif

3. Daya Semu (Daya Komplek)

Daya semu merupakan gabungan antara daya nyata dan daya reaktif

Daya Komplek :

$$S = P + jQ$$

$$S = VI \cos \varphi + jVI \sin \varphi$$

Besarnya daya komplek :

$$S^2 = (VI \cos \varphi)^2 + (VI \sin \varphi)^2$$

$$= (VI)^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi)$$

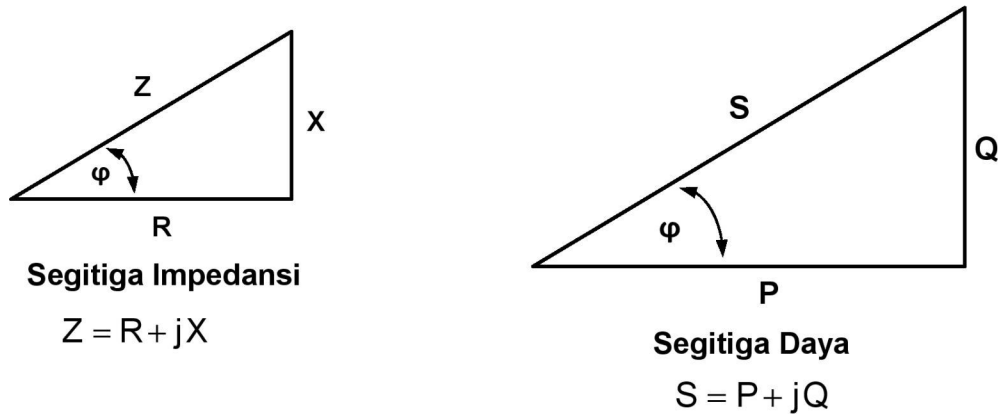
$$S^2 = (VI)^2$$

$$S = VI \text{ (VA)}$$

Besarnya daya komplek disebut daya semu , jadi daya semu dapat dituliskan :

$$S = VI \text{ (VA)}$$

Dalam menghitung daya dalam rangkaian arus bolak-balik dapat diturunkan dari segitiga impedansi ke segitiga daya, seperti tertera pada gambar 9.



Gambar 9. Segitiga Impedansi dan Segitiga Daya

$$\begin{aligned} S &= I^2 Z \\ &= I^2 (R + jX) \\ &= I^2 R + jI^2 X \\ S &= P + jQ \end{aligned}$$

Daya nyata : $P = I^2 R$

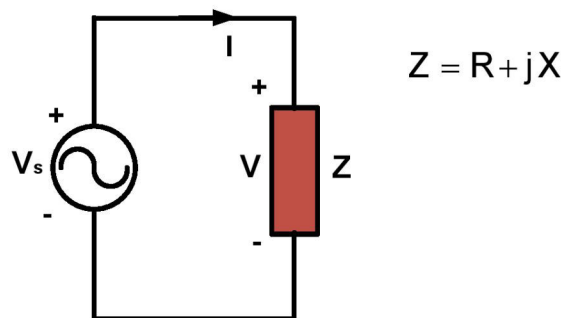
Daya reaktif : $Q = I^2 X$

Daya reaktif positif **Q (+)**, apabila $X = X_L$ (reaktansi induktif), artinya menyerap daya reaktif

Daya reaktif negatif **Q (-)**, apabila $X = X_C$ (reaktansi kapasitif), artinya memberikan daya reaktif.

3 Sifat Rangkaian Arus Bolak-Balik

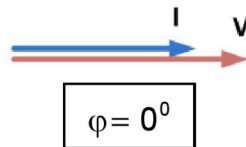
Rangkaian arus bolak-balik, gelombang sinusoida dapat bersifat resistif, bersifat induktif dan bersifat kapasitif. Hal ini sangat tergantung dari besar unsur-unsur rangkaian, suatu contoh yang diperlihatkan pada Gambar 10. , suatu rangkaian yang dapat diwakili oleh impedansi Z



Gambar 10. Rangkaian dengan impedansi

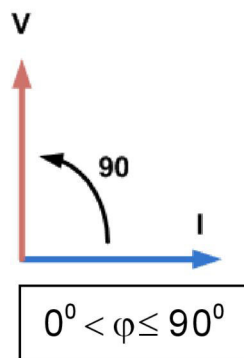
1. Rangkaian bersifat Resistif.

Apabila impedansi (Z) mengakibatkan arus (I) sefase dengan tegangan (V), maka rangkaian tersebut bersifat resistif ($Z = R$)



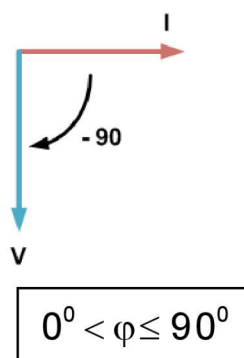
2. Rangkaian bersifat Induktif

Apabila impedansi (Z) mengakibatkan tegangan (V) mendahului (Leading) terhadap arus (I), maka rangkaian tersebut bersifat induktif ($Z = R + jX$)



3. Rangkaian bersifat Kapasitif

Apabila impedansi (Z) mengakibatkan tegangan (V) terbelakang (Lagging) terhadap arus (I), maka rangkaian tersebut bersifat kapasitif ($Z = R - jX$)



Pada rangkaian yang bersifat induktif, maka daya reaktif bernilai positif $Q(+)$, berarti rangkaian yang bersifat induktif selalu menyerap daya reaktif. Sedangkan pada rangkaian yang bersifat kapasitif, bernilai negatif $Q(-)$, berarti rangkaian yang bersifat kapasitif selalu memberi daya reaktif