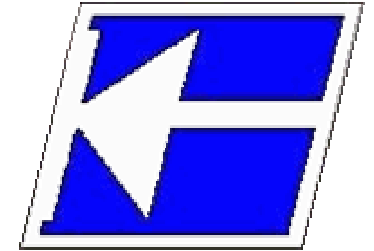


Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento de Eletrônica



Retificadores



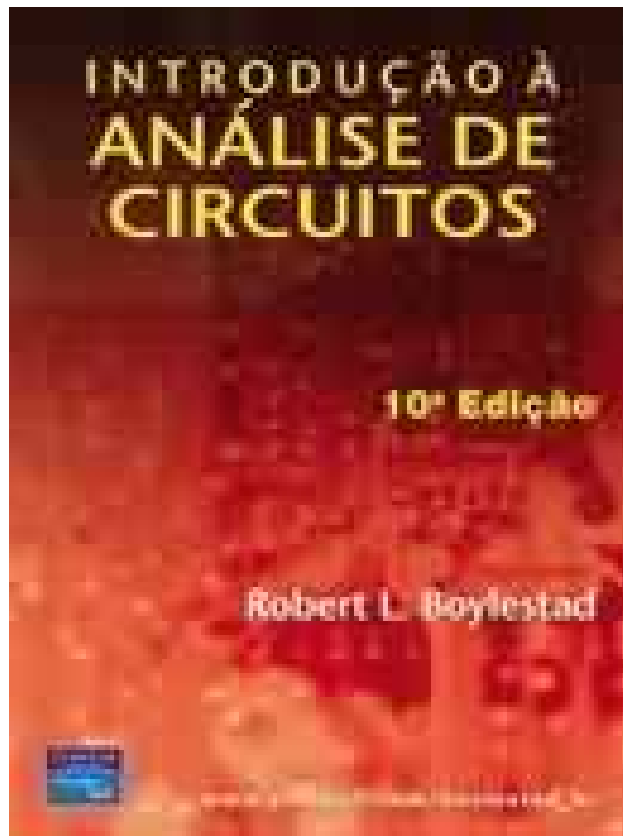
Potência em Corrente Alternada

Parte 1

Clóvis Antônio Petry, professor.

Florianópolis, abril de 2007.

Bibliografia para esta aula



Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Gerência Educacional de Eletrônica



Prof. Fernando Luiz Rosa Mussoi

Terceira Edição

Florianópolis - Março, 2006.

Nesta aula

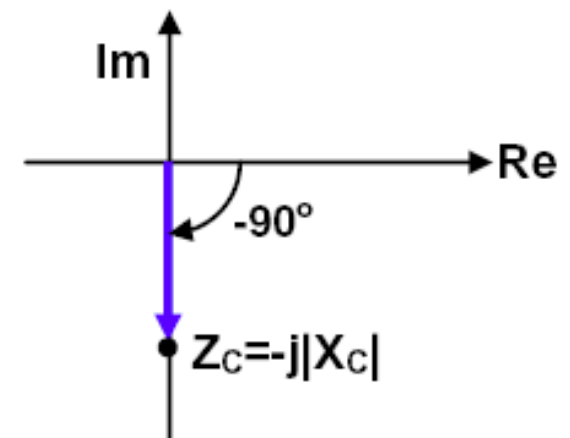
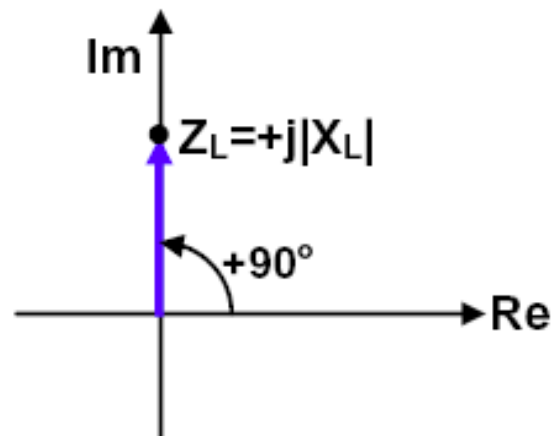
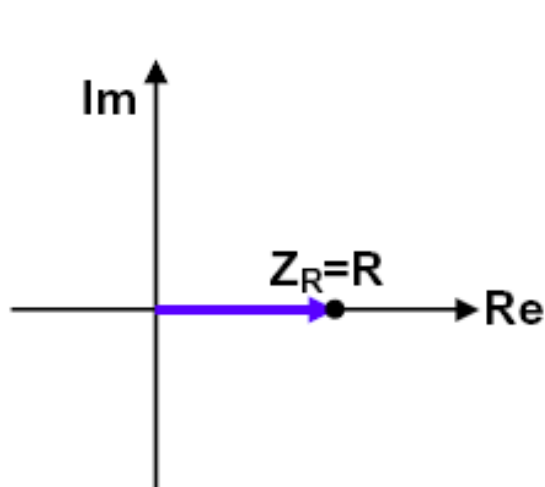
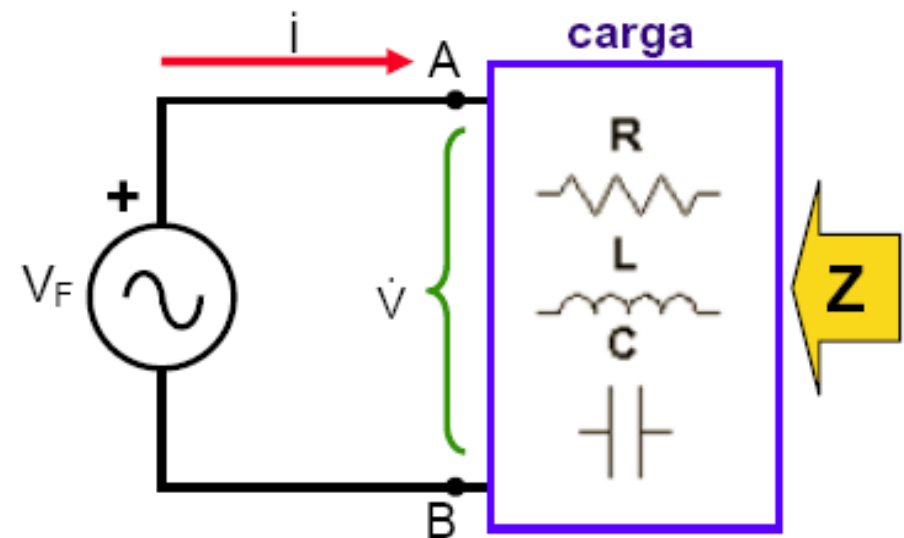
Seqüência de conteúdos:

1. Impedância;
2. Associação de impedâncias;
3. Admitâncias;
4. Potência e energia elétrica em CA;
5. Potência instantânea;
6. Potência média ou potência ativa;
7. Potência nos elementos passivos.

Impedância

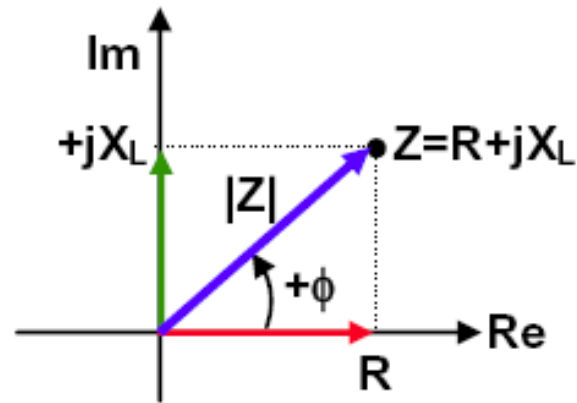
Impedância (Z) de um circuito é definida como a relação entre a tensão e a corrente que atravessa um bipolo de um circuito.

$$Z = \frac{\dot{V}}{\dot{i}}$$

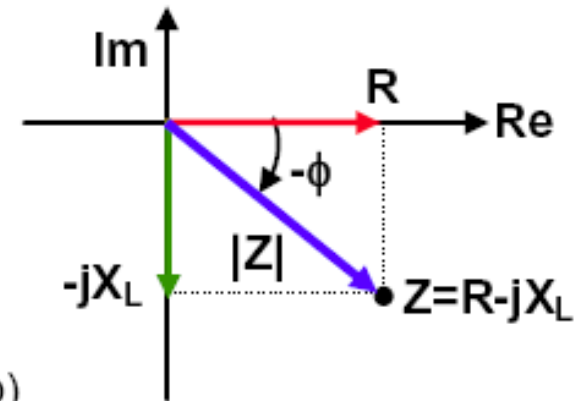


Impedância

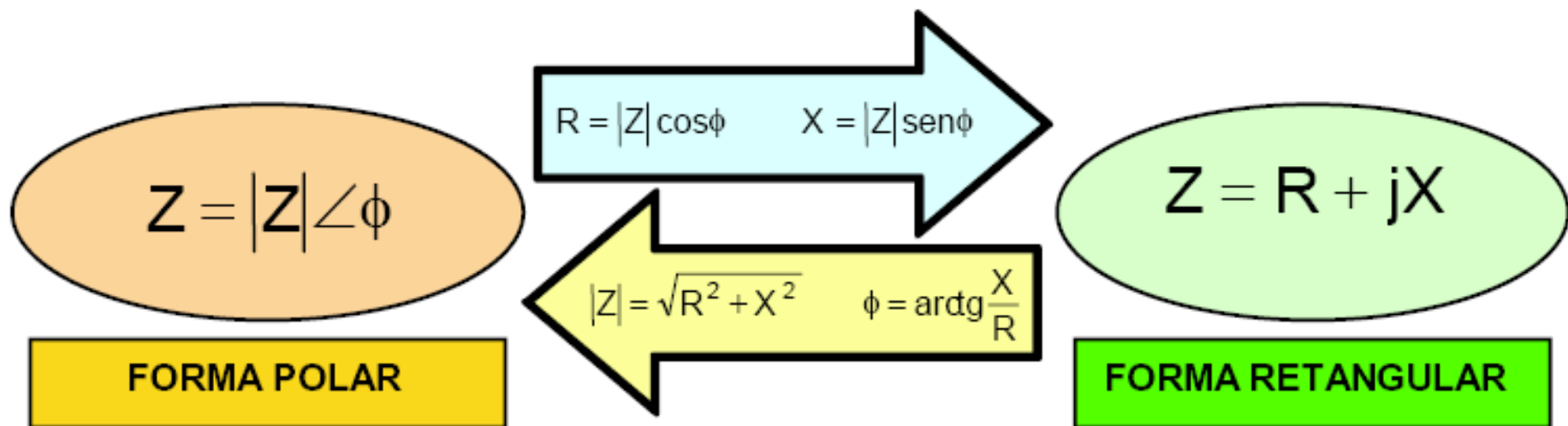
$$Z_{eq} = |Z_{eq}| \angle \pm \phi = R \pm j \cdot X$$



(a)

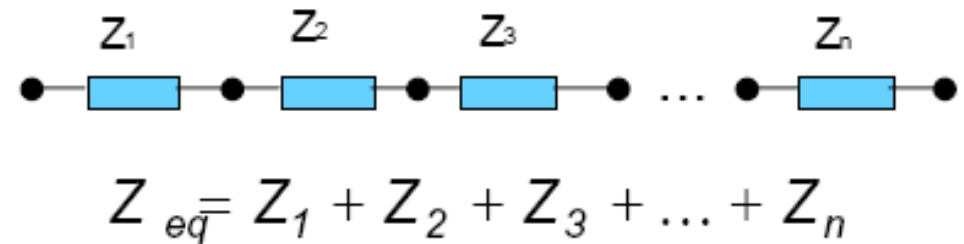


(b)

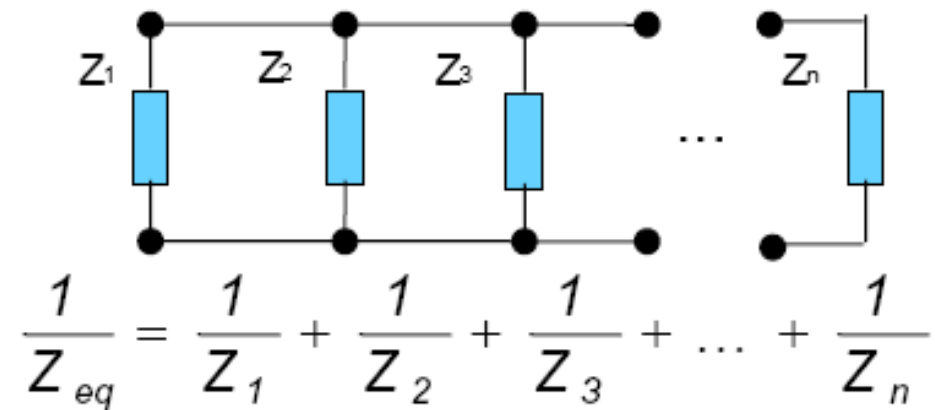


Associação de impedâncias

$$Z_{\text{eq}} = \sum_{i=1}^n Z_i$$



$$\frac{1}{Z_{\text{eq}}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{Z_i} \right)$$



Resumo das relações de V e I nos elem. passivos

Relações entre Tensão e Corrente nos Elementos Passivos (RLC)					
Elemento	Comportamento	Domínio Tempo		Domínio Fasorial	
		Unidade	Relação	Relação	Unidade
Resistor	Corrente em fase com a tensão	Ohm, Ω	$R = \frac{v_R(t)}{i_R(t)}$	$R = \frac{\dot{V}_R}{\dot{I}_R}$	Ohm, Ω
Capacitor	Corrente adiantada 90° da tensão	Farad, F	$i_C(t) = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt}$	$X_C = \frac{\dot{V}_C}{\dot{I}_C}$	Ohm, Ω
Indutor	Corrente atrasada 90° da tensão	Henry, H	$v_L(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$	$X_L = \frac{\dot{V}_L}{\dot{I}_L}$	Ohm, Ω
Impedância	Corrente defasada da tensão	Ohm, Ω	-	$Z = \frac{\dot{V}_Z}{\dot{I}_Z}$	Ohm, Ω

Resumo das relações de V e I nos elem. passivos

Relações entre Tensão e Corrente nos Elementos Passivos (RLC)					
	Unidade	Natureza	Forma Retangular	Forma Polar	Módulo
Resistência R	Ohm, Ω	Real	R	R	R
Reatância Capacitiva X_C	Ohm, Ω	Imaginário Negativo	$X_C = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C}$	$X_C = X_C \angle (-90^\circ)$	$ X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$
Reatância Indutiva X_L	Ohm, Ω	Imaginário Positivo	$X_L = j \cdot \omega \cdot L$	$X_L = X_L \angle (+90^\circ)$	$ X_L = \omega \cdot L$
Impedância Z	Ohm, Ω	Complexo	$Z = R \pm jX$	$Z = Z \angle \pm \phi$	$ Z = \sqrt{R^2 + X ^2}$

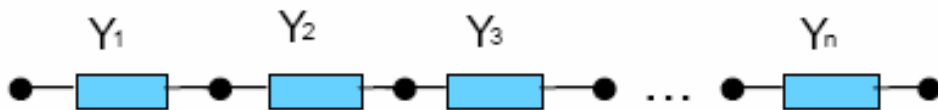
Admitância

Admitância Y é o inverso da Impedância Z
Condutância G é o inverso da Resistência R
Susceptância B é o inverso da Reatância X

$$Y = \frac{i}{\dot{V}}$$

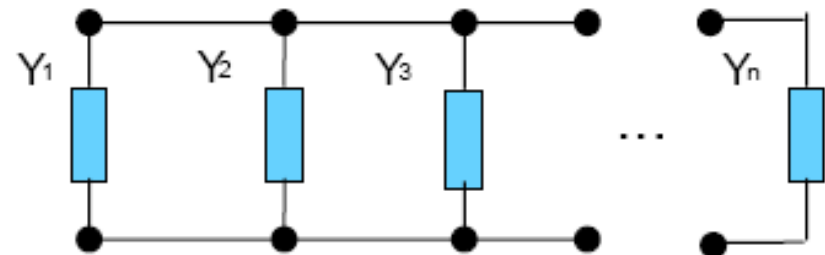
$$Y = G + j \cdot B = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j \cdot X}$$

$$\frac{1}{Y_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i}$$



$$\frac{1}{Y_e} = \frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2} + \frac{1}{Y_3} + \dots + \frac{1}{Y_n}$$

$$Y_{eq} = \sum_{i=1}^n Y_i$$



$$Y_e = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n$$

Potência e energia elétrica

$$E_n = P \cdot t \quad (\text{J})$$

onde:

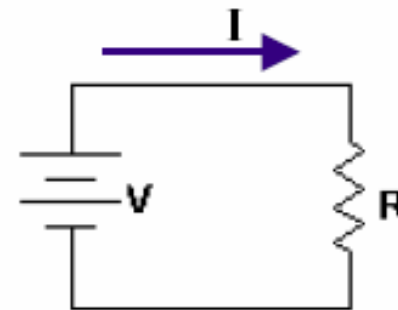
E_n – energia elétrica [J];

P – potência elétrica [W];

t – tempo [s]

$$P = \frac{E_n}{t} \quad (\text{W})$$

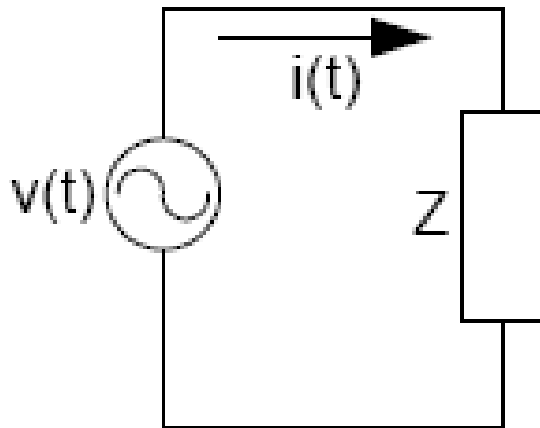
$$P = V \cdot I \quad (\text{W})$$



Potência instantânea

$$v(t) = V_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \theta_V)$$

$$i(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \theta_I)$$



$$\phi = \theta_V - \theta_I = 0 - \theta_I$$

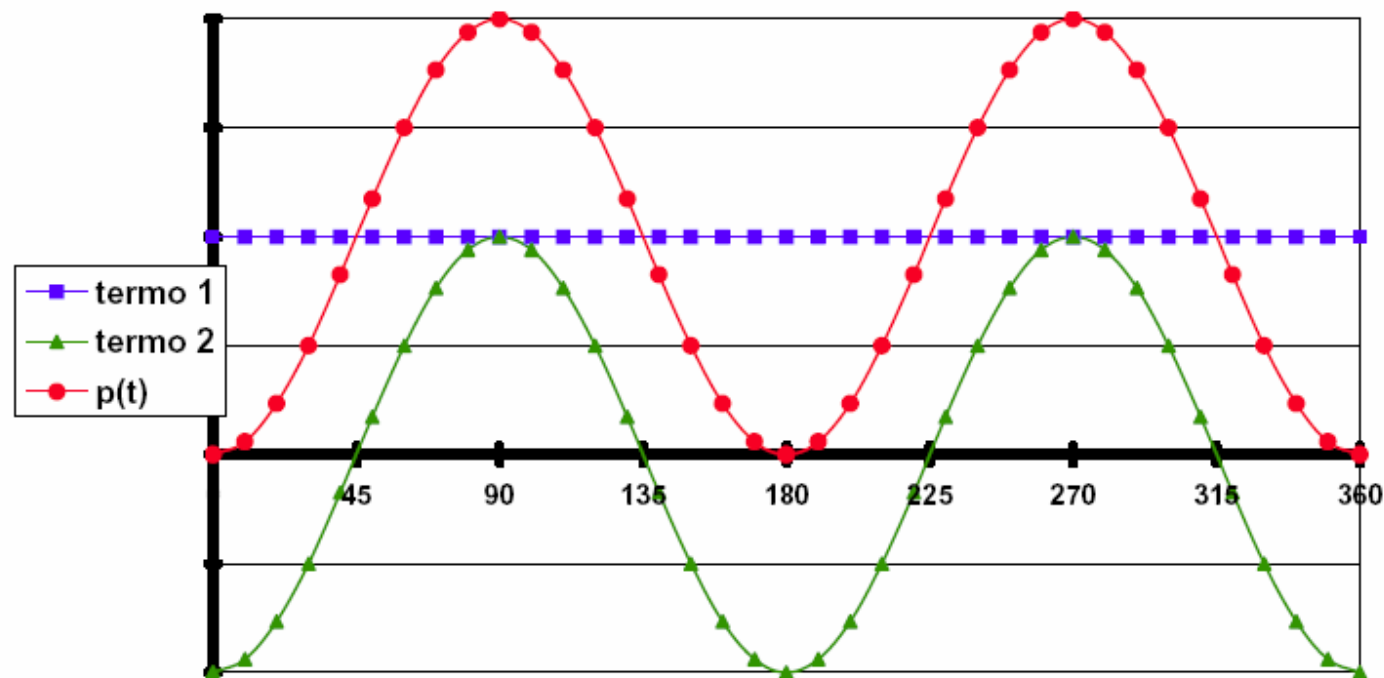
$$v(t) = V_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

$$i(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t - \phi)$$

Potência instantânea

$$p(t) = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \phi - \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t - \phi)$$

- um termo constante (independente do tempo) $\Rightarrow p_1(t) = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \phi$
- um termo variável (função do tempo) $\Rightarrow p_2(t) = -\frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t - \phi)$



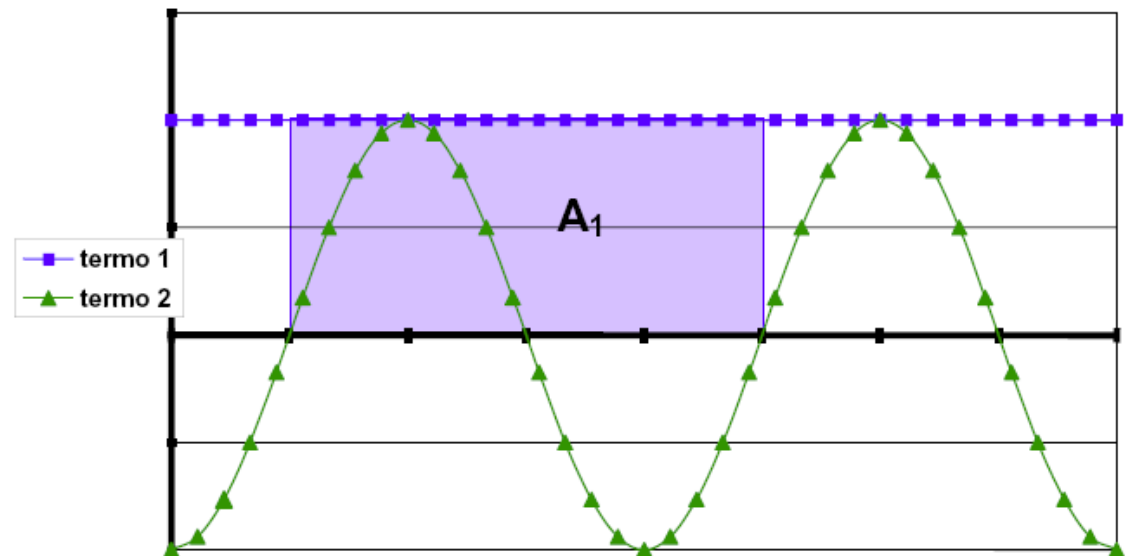
Potência média ou potência ativa

$$P_{\text{med}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T p(t) \cdot dt$$

Valor médio do termo constante:

$$p_1(t) = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \phi$$

$$P_1 = \frac{A_1}{T}$$

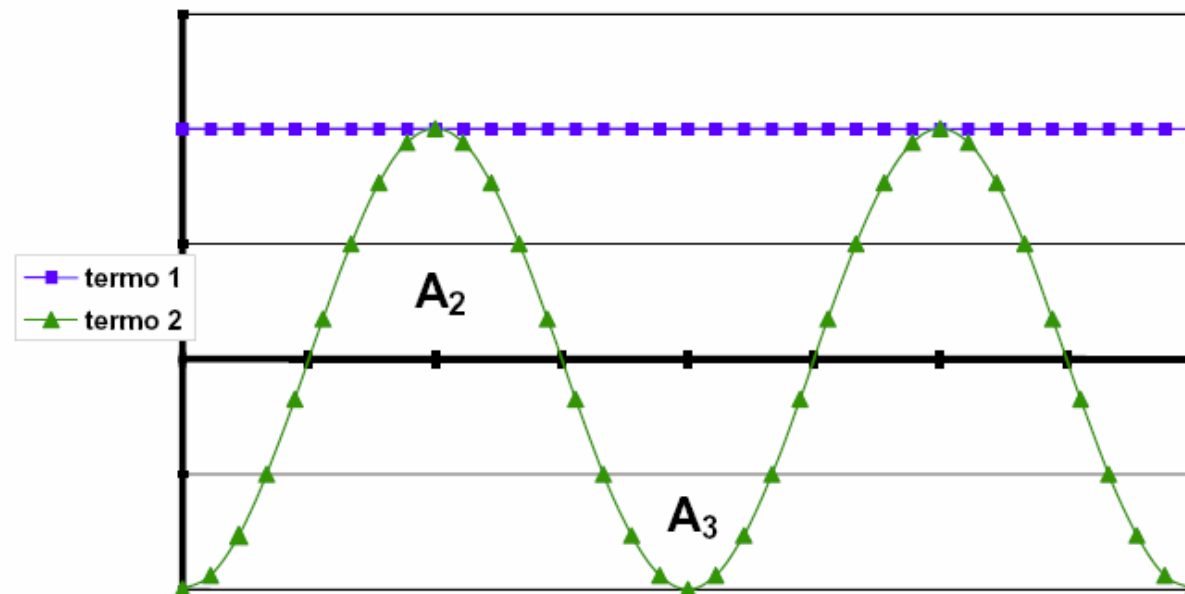


Potência média ou potência ativa

Valor médio do termo variável:

$$p_2(t) = -\frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t + \phi)$$

$$P_2 = \frac{A_3 - A_2}{T} \longrightarrow P_2 = 0$$



Potência média ou potência ativa

Portanto:

$$P = \frac{1}{2} V_p \cdot I_p \cos \phi$$

$$V_p = \sqrt{2} \cdot V_{ef} \text{ e } I_p = \sqrt{2} \cdot I_{ef}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot V_{ef} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi$$

$$P = \frac{\sqrt{4}}{2} \cdot V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi$$

Watt (W)

Potência no resistor

$$Z = R$$

$$\theta_V = \theta_I$$



$$\phi = \theta_V - \theta_I = 0$$

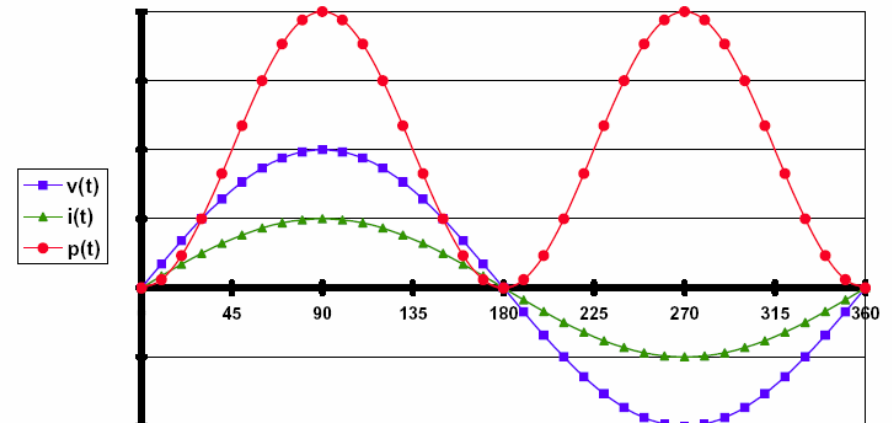
$$\theta_I = -\phi$$

$$\cos \phi = \cos(0) = 1$$

$$p_R(t) = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p - \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t)$$



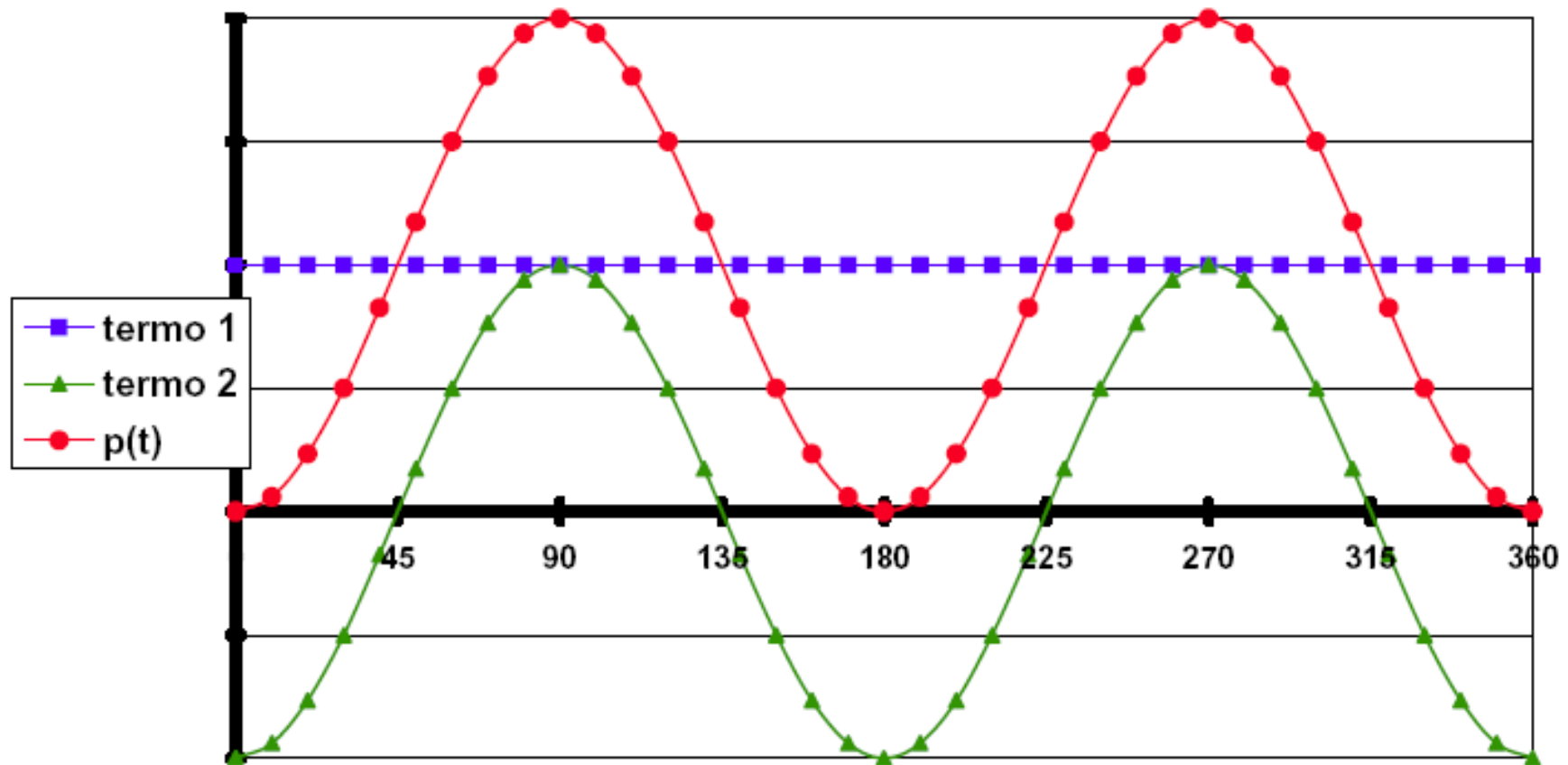
Potência instantânea.



Potência no resistor

$$P_p = V_p \cdot I_p$$

$$P_R = V_{ef} \cdot I_{ef}$$



Potência no indutor

$$Z = X_L$$

$$\theta_I = 0^\circ$$

$$\theta_V = +90^\circ$$

$$\phi = \theta_V - \theta_I = +90 - 0 = +90^\circ$$

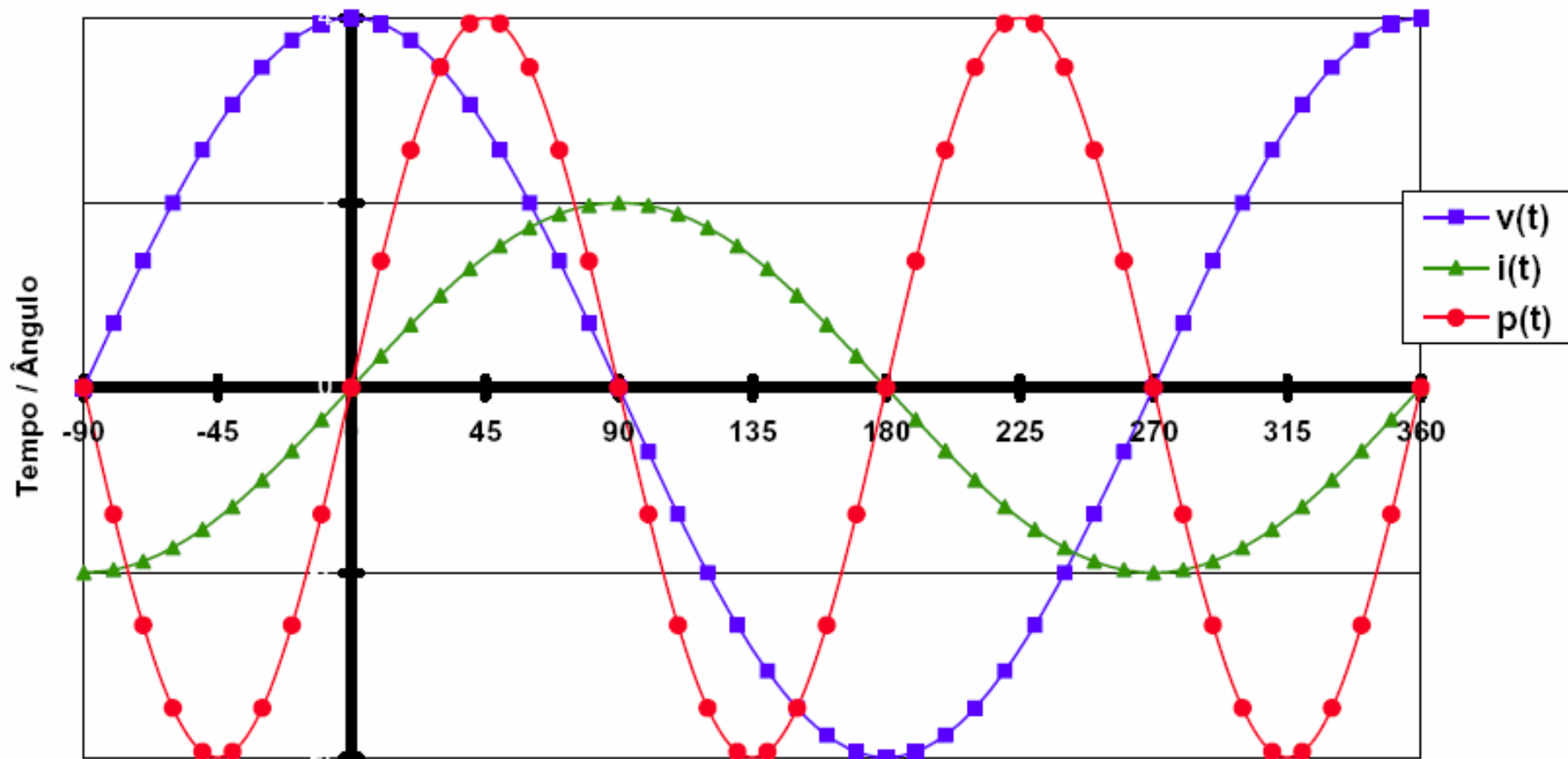
$$\theta_V = +\phi$$

$$\cos \phi = \cos(90^\circ) = 0$$

Potência no indutor

Potência instantânea:

$$p_L(t) = +V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \text{sen}(2 \cdot \omega \cdot t)$$

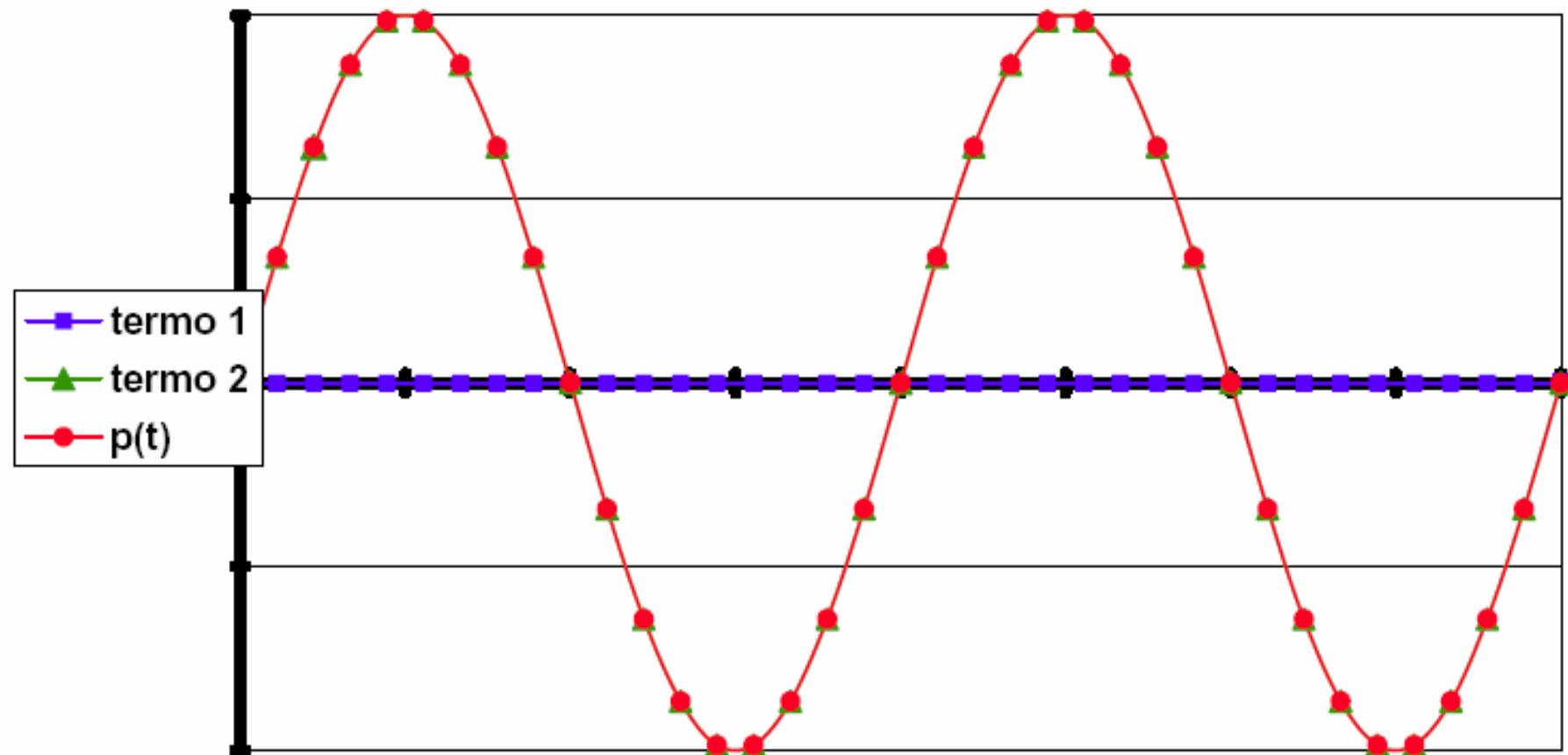


Potência no indutor

Potência média ou ativa:

A potência média no indutor ideal é nula pois não dissipa potência.

$$P_L = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \phi = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos 90^\circ = 0$$



Potência no indutor

Potência reativa:

$$Q_L = V_{\text{efL}} \cdot I_{\text{efL}}$$

$$|X_L| = \frac{V_{\text{efL}}}{I_{\text{efL}}}$$



$$Q_L = |X_L| \cdot I_{\text{efL}}^2$$

$$Q_L = \frac{V_{\text{efL}}^2}{|X_L|}$$

Energia no indutor:

$$E_{n_L} = \frac{L \cdot I_p^2}{2} = L \cdot I_{\text{efL}}^2$$

Potência no capacitor

$$Z = X_C$$

$$\theta_I = 0^\circ$$

$$\theta_V = -90^\circ$$

$$\phi = \theta_V - \theta_I = -90 - 0 = -90^\circ$$

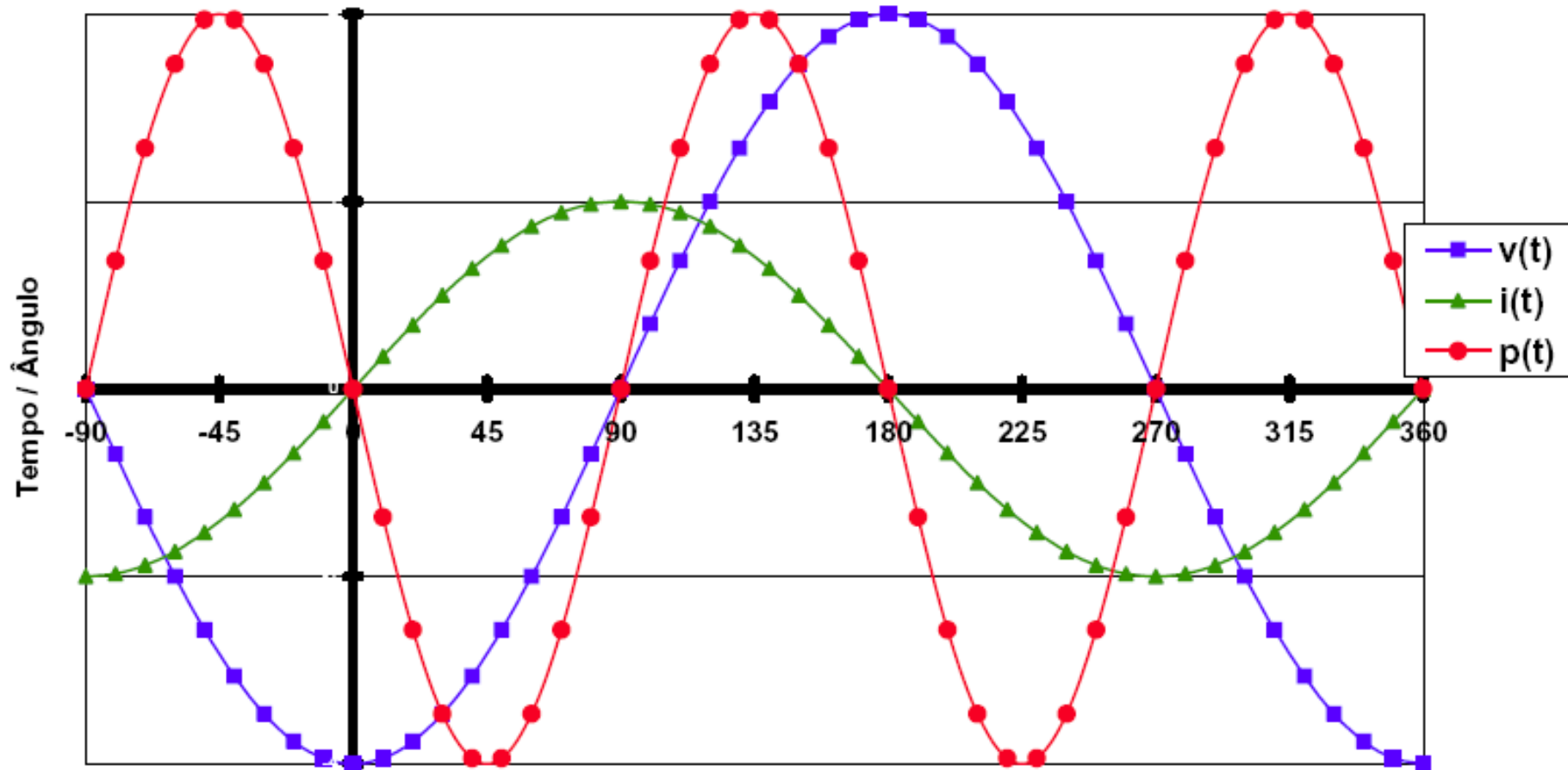
$$\theta_V = -\phi$$

$$\cos \phi = \cos(-90^\circ) = 0$$

Potência no capacitor

Potência instantânea:

$$p_C(t) = +V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \text{sen}(2 \cdot \omega \cdot t)$$

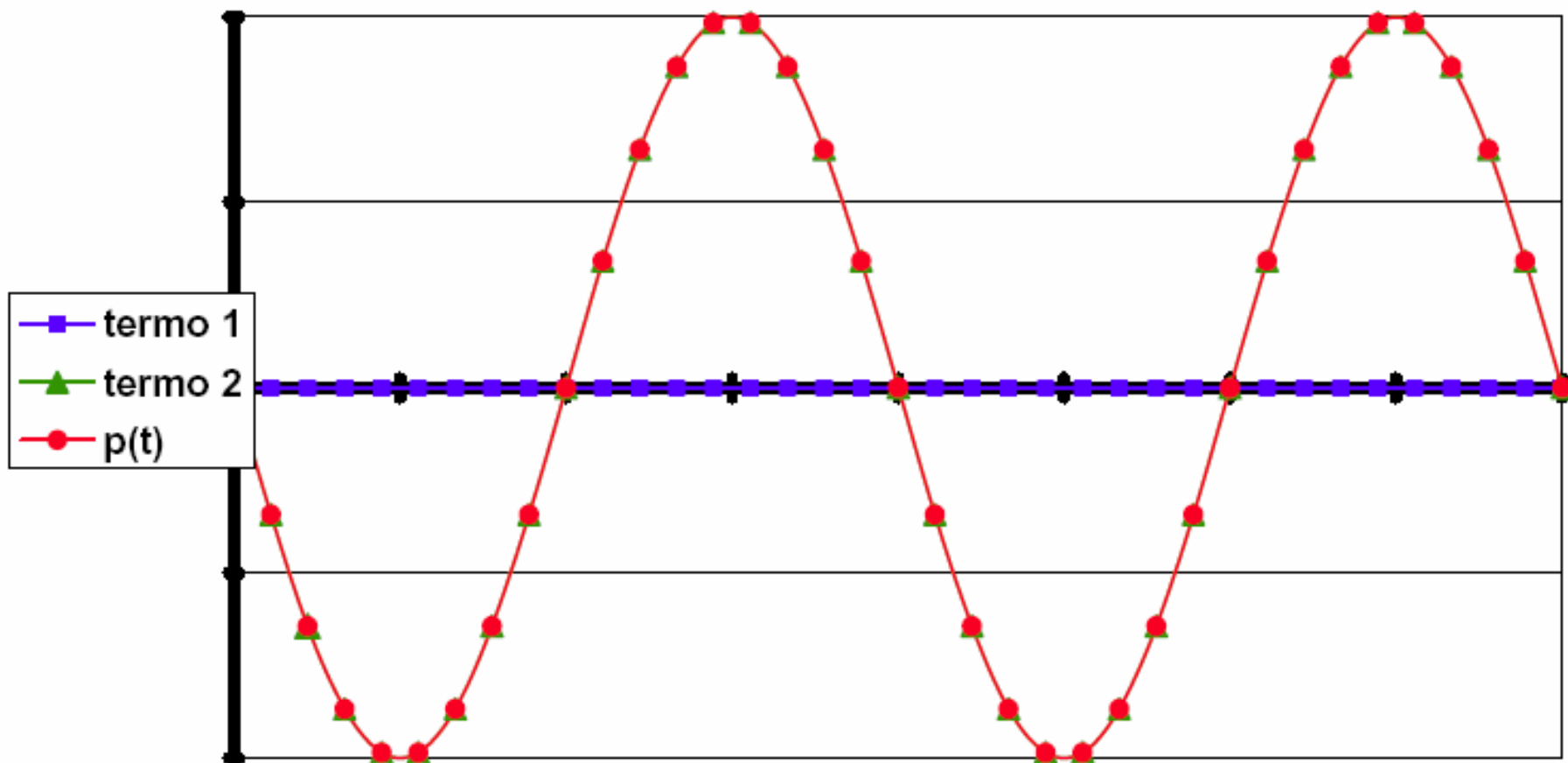


Potência no capacitor

Potência média ou ativa:

A potência média no capacitor ideal é nula pois não dissipa potência.

$$P_C = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos \phi = \frac{1}{2} \cdot V_p \cdot I_p \cdot \cos(-90^\circ) = 0$$



Potência no capacitor

Potência reativa:

$$Q_C = V_{\text{efC}} \cdot I_{\text{efC}}$$

$$|X_C| = \frac{V_{\text{efC}}}{I_{\text{efC}}}$$



$$Q_C = |X_C| \cdot I_{\text{efC}}^2$$

$$Q_C = \frac{V_{\text{efC}}^2}{|X_C|}$$

Energia no indutor:

$$E_{n_C} = \frac{C \cdot V_p^2}{2} = C \cdot V_{\text{efC}}^2$$

Na próxima aula

Seqüência de conteúdos:

1. Potência na impedância de um circuito misto;
2. Potência aparente;
3. Triângulo das potências.