

**Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina**  
**Departamento Acadêmico de Eletrônica**  
**Retificadores**



# Potência em CA

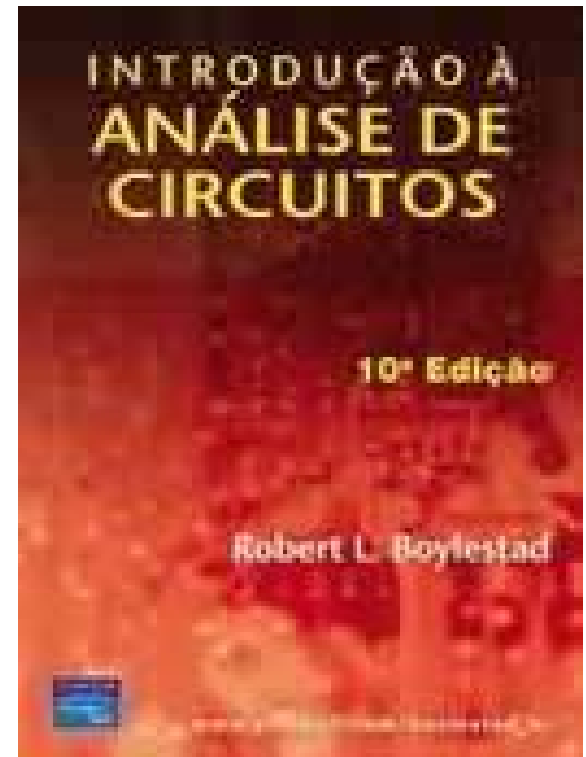
**Prof. Clóvis Antônio Petry.**

**Florianópolis, março de 2008.**

# Bibliografia para esta aula

## Capítulo 19: Potência (CA)

1. Revisão;
2. Triângulo das potências;
3. P, Q e S totais;
4. Correção de fator de potência.



# Nesta aula

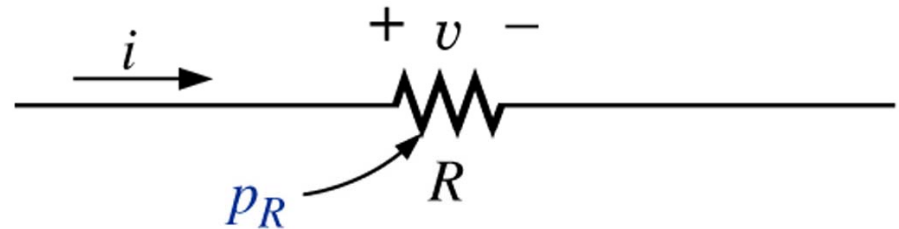
## **Seqüência de conteúdos:**

1. Revisão;
2. Triângulo das potências;
3. P, Q e S totais;
4. Correção de fator de potência.

# Circuitos resistivos – potência total

Considerando que:

$$\theta = 0^\circ$$



$$p(t) = V \cdot I \cdot \overset{1}{\cos(0)} - V \cdot I \cdot \overset{1}{\cos(0)} \cdot \cos(2\omega t) + V \cdot I \cdot \overset{0}{\sin(0)} \cdot \sin(2\omega t)$$

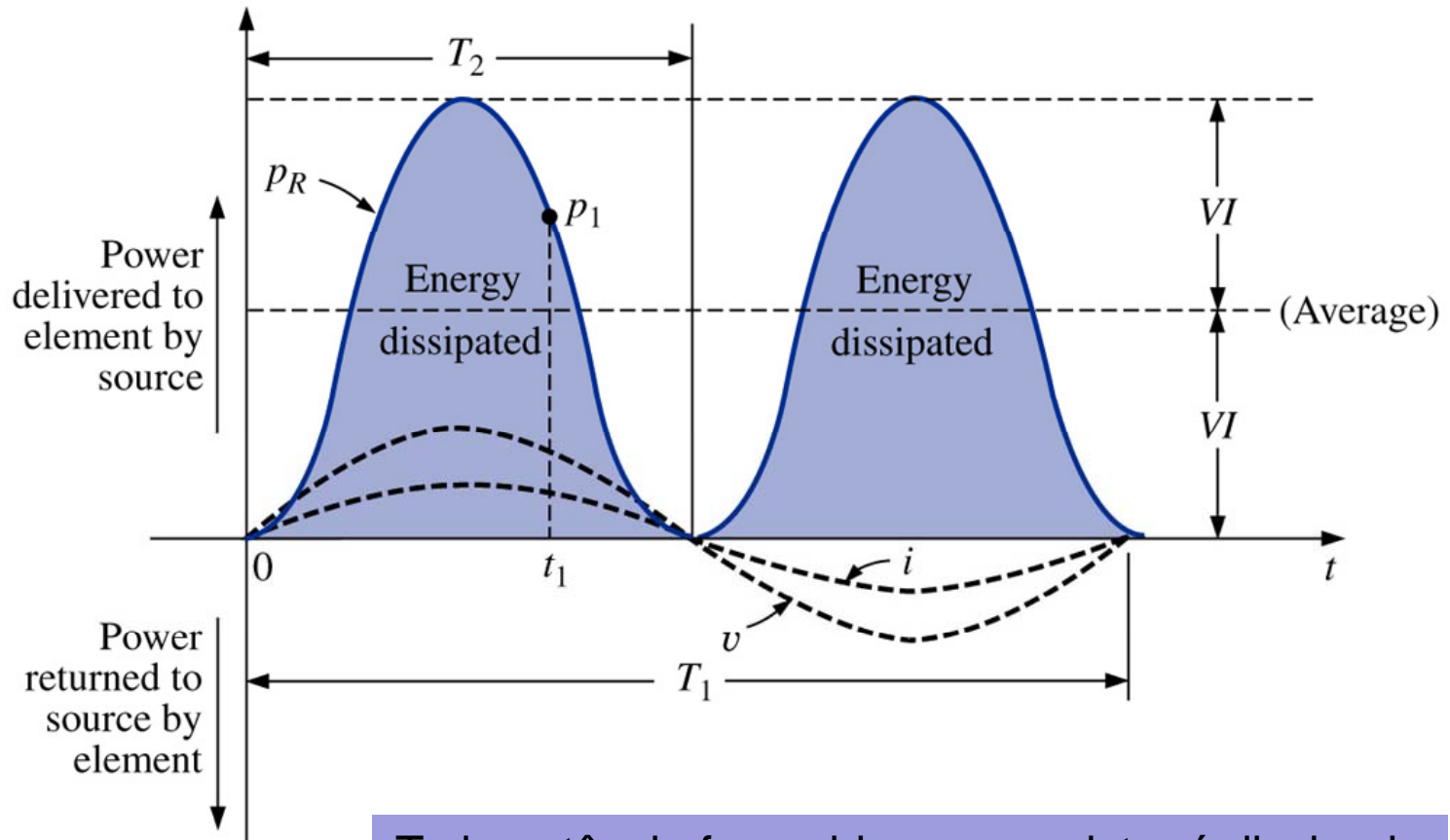
$$p(t) = V \cdot I \cdot [1 - \cos(2\omega t)]$$

$$p(t) = VI - VI \cdot \cos(2\omega t)$$

Média

Parcela que varia no tempo

# Circuitos resistivos – potência total



Toda potência fornecida a um resistor é dissipada em forma de calor

# Circuitos resistivos – potência total

Potência aparente, média e reativa:

$$S = V \cdot I \quad (\text{volt-ampère, VA})$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\theta) = V \cdot I \cdot \cos(0) = VI \quad (\text{watts, W})$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin(\theta) = V \cdot I \cdot \sin(0) = 0 \quad (\text{volt-ampère reativo, VAr})$$

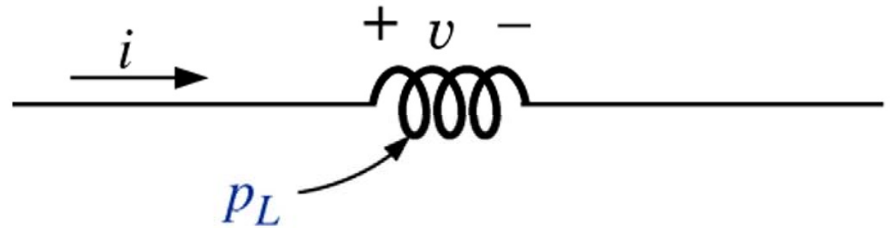
Fator de potência:

$$FP = \cos(0) = \frac{P}{S} = 1$$

# Circuitos Indutivos e Potência Reativa

Considerando que:

$$\theta = 90^\circ$$

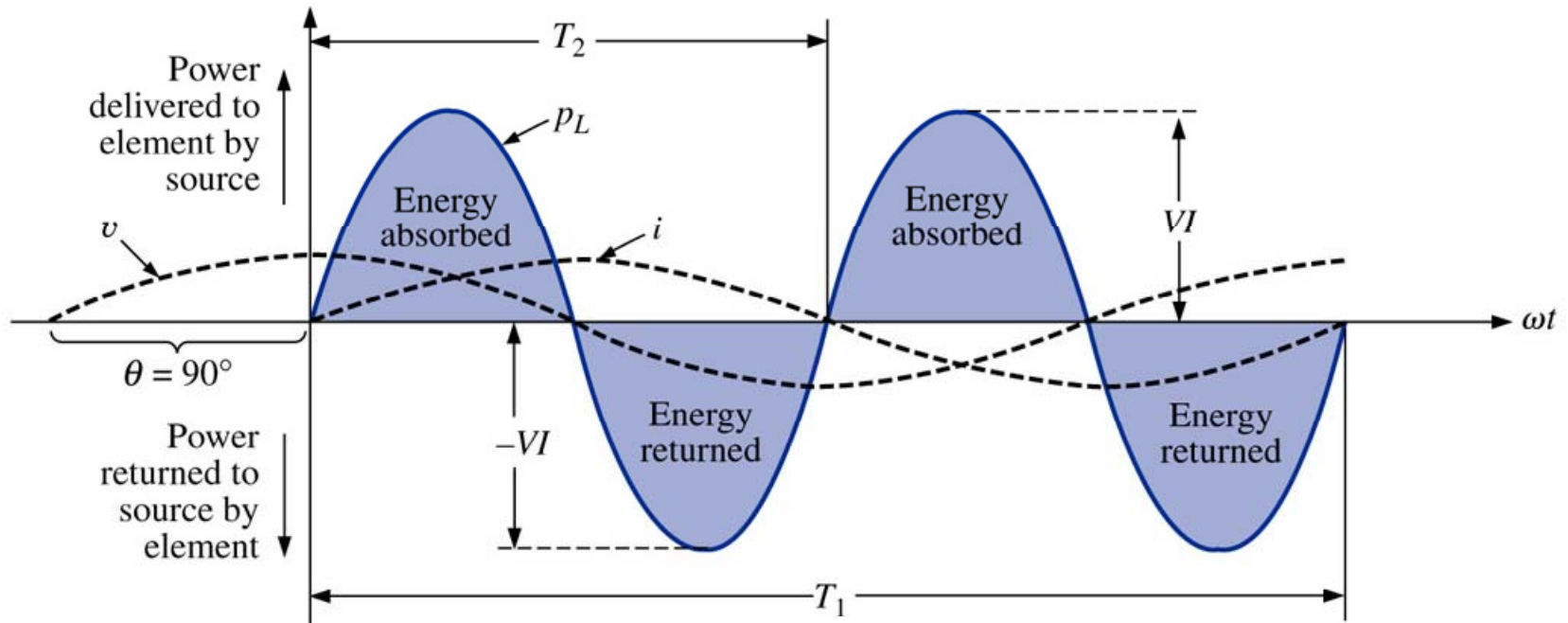


$$p(t) = V \cdot I \cdot \overset{0}{\cos(90)} - V \cdot I \cdot \overset{0}{\cos(90)} \cdot \cos(2\omega t) + V \cdot I \cdot \overset{1}{\sin(90)} \cdot \sin(2\omega t)$$

$$p(t) = V \cdot I \cdot \sin(2\omega t)$$

Variável no tempo

# Circuitos Indutivos e Potência Reativa



No caso de um indutor puro (ideal), o fluxo de potência ou fluxo de potência entre a fonte e a carga durante um ciclo completo é exatamente zero, sendo que não existe perda no processo.

# Circuitos Indutivos e Potência Reativa

Potência aparente, média e reativa:

$$S = V \cdot I \quad (\text{volt-ampère, VA})$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\theta) = V \cdot I \cdot \cos(90) = 0 \quad (\text{watts, W})$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin(\theta) = V \cdot I \cdot \sin(90) = VI \quad (\text{volt-ampère reativo, VAr})$$

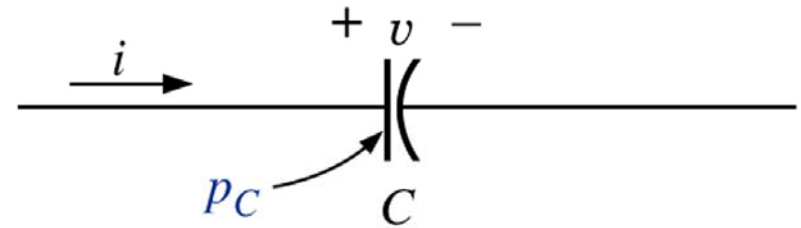
Fator de potência:

$$FP = \cos(90) = \frac{P}{S} = 0$$

# Circuitos Capacitivos

Considerando que:

$$\theta = -90^\circ$$

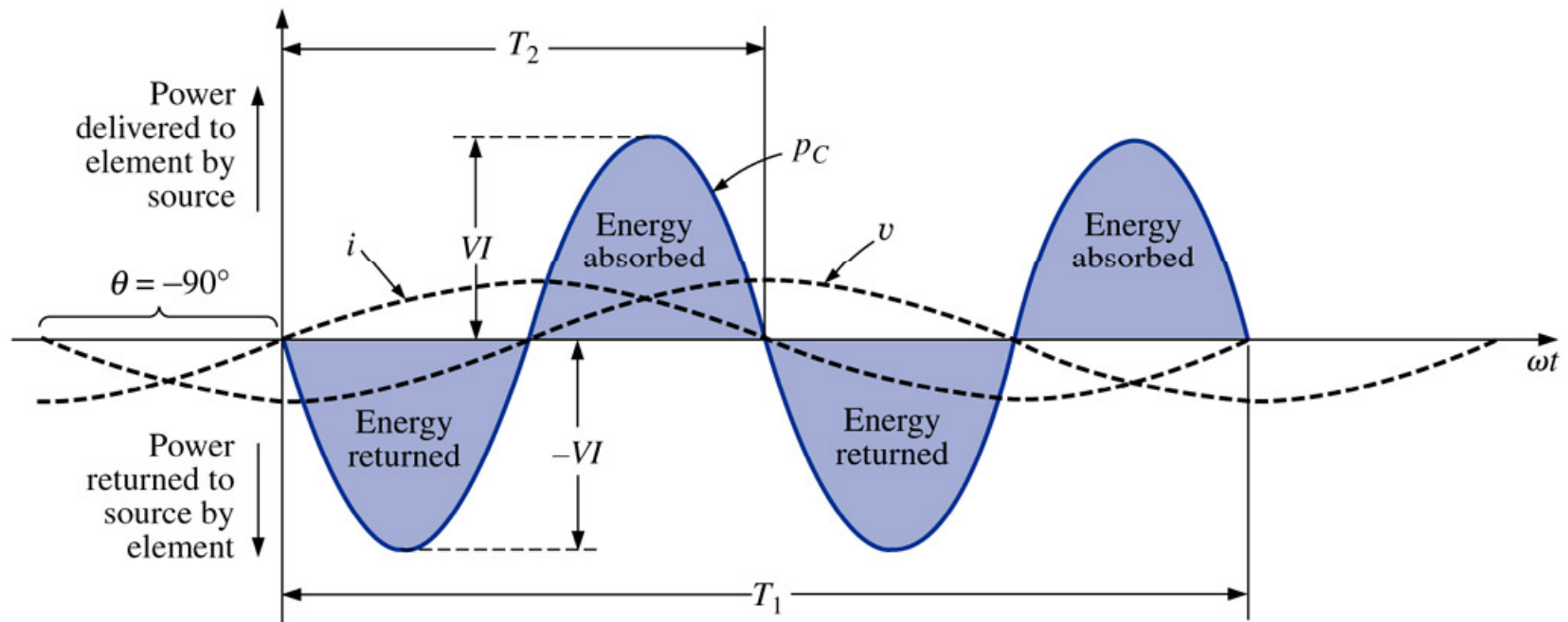


$$p(t) = V \cdot I \cdot \overset{0}{\nearrow} \cos(-90) - V \cdot I \cdot \overset{0}{\nearrow} \cos(-90) \cdot \cos(2\omega t) + V \cdot I \cdot \overset{1}{\nearrow} \sin(-90) \cdot \sin(2\omega t)$$

$$p(t) = -V \cdot I \cdot \sin(2\omega t)$$

Variável no tempo

# Circuitos Capacitivos



No caso de um capacitor puro (ideal), a troca de potência entre a fonte e a carga durante um ciclo completo é exatamente zero.

# Circuitos Capacitivos

Potência aparente, média e reativa:

$$S = V \cdot I \quad (\text{volt-ampère, VA})$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\theta) = V \cdot I \cdot \cos(-90) = 0 \quad (\text{watts, W})$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin(\theta) = V \cdot I \cdot \sin(-90) = -VI \quad (\text{volt-ampère reativo, VAr})$$

Fator de potência:

$$FP = \cos(-90) = \frac{P}{S} = 0$$

# Triângulo de Potências

Na forma vetorial:

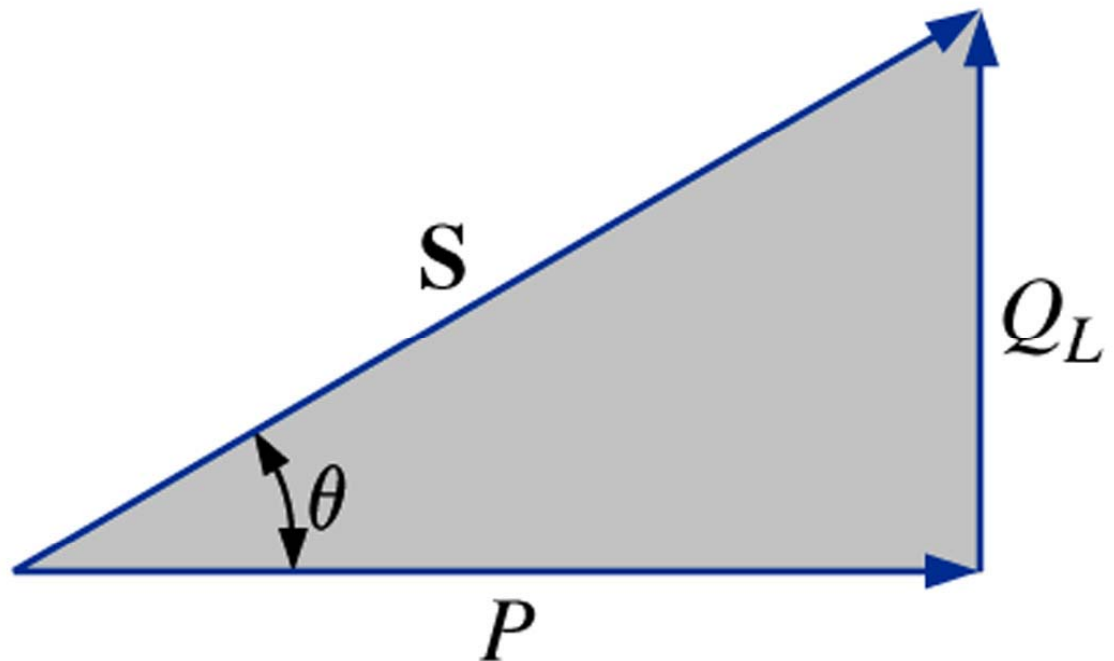
$$S = P + Q$$

$$P = P \underline{0^\circ} \quad Q_L = Q_L \underline{90^\circ} \quad Q_C = Q_C \underline{-90^\circ}$$

Na forma complexa:

$$S = P + jQ_L$$

$$S = P - jQ_C$$



# Triângulo de Potências

Em módulo:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

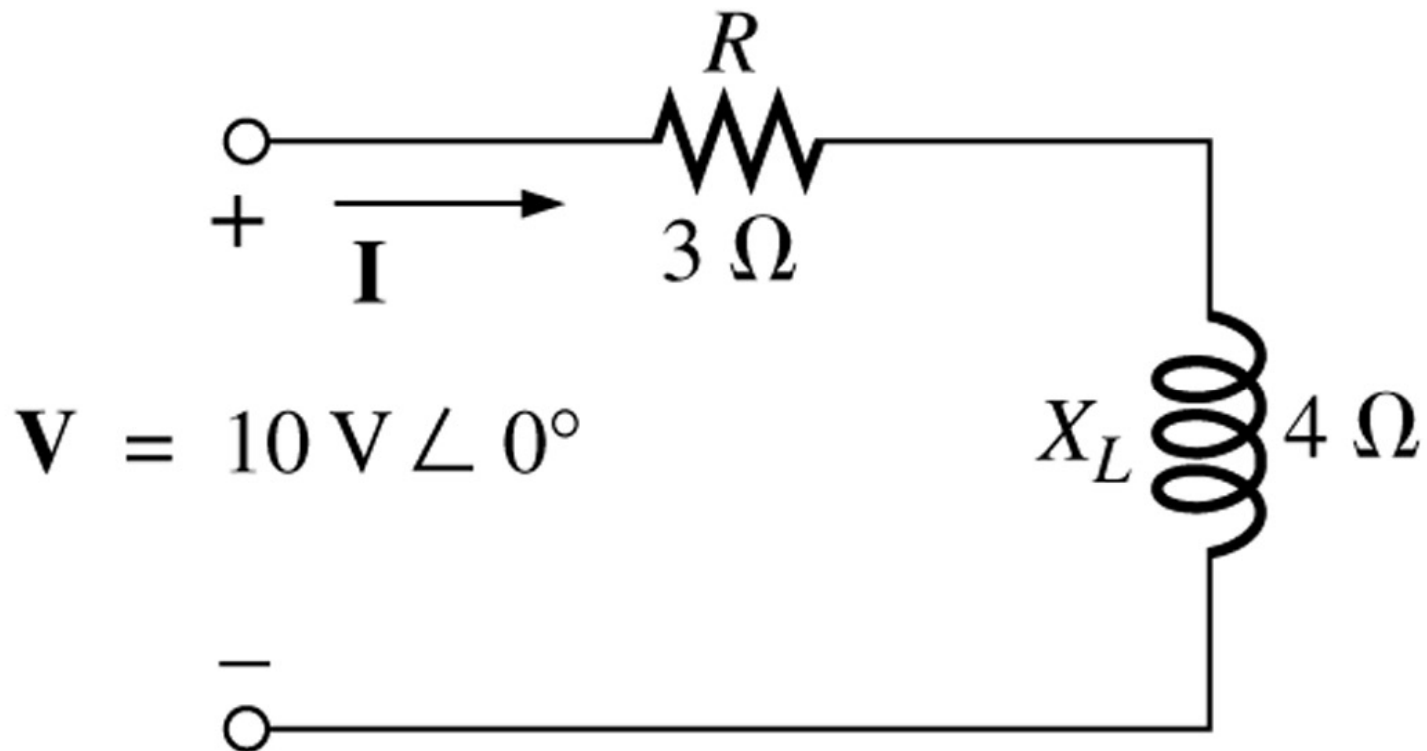
Forma vetorial da potência aparente:

$$S = V \cdot I^*$$

$I^*$   Complexo conjugado da corrente

# Triângulo de Potências

Considere o circuito abaixo:



Determinar a corrente, todas as potências o triângulo de potências.

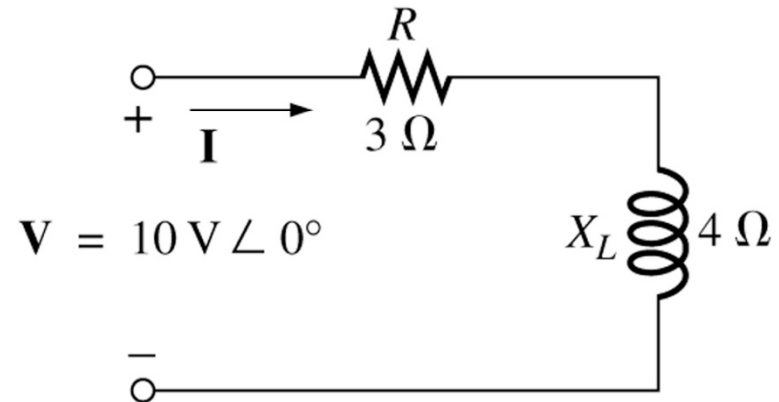
# Triângulo de Potências

A impedância total e corrente serão:

$$Z_T = Z_R + Z_L = 3 + j4 \Omega$$

$$Z_T = 3 + j4 = 5 \underline{53,13^\circ} \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z_T} = \frac{10 \underline{0^\circ}}{5 \underline{53,13^\circ}} = 2 \underline{-53,13^\circ} A$$



A potência média (real) será:

$$P = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 3 = 12 W$$

A potência reativa (imaginária) será:

$$Q_L = I^2 \cdot X_L = 2^2 \cdot 4 = 16 VAr$$

A potência aparente (complexa) é:

$$S = P + jQ_L = 12 + j16 = 20 \underline{53,13^\circ} VAr$$

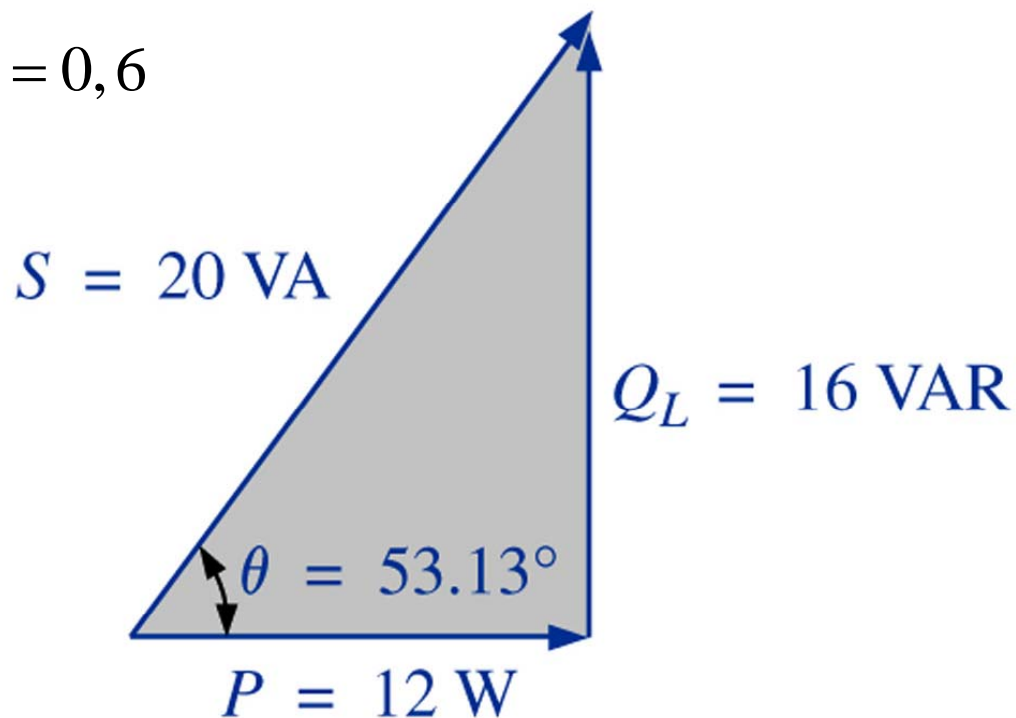
# Triângulo de Potências

A potência aparente (complexa) também pode ser dada por:

$$S = V \cdot I^* = 10 \angle 0^\circ \cdot 2 \angle 53,13^\circ = 20 \angle 53,13^\circ \text{ VA}$$

O fator de potência é dado por:

$$FP = \cos(\theta) = \frac{P}{S} = \frac{12}{20} = 0,6$$



# P, Q e S totais

As potências totais podem ser determinadas seguindo:

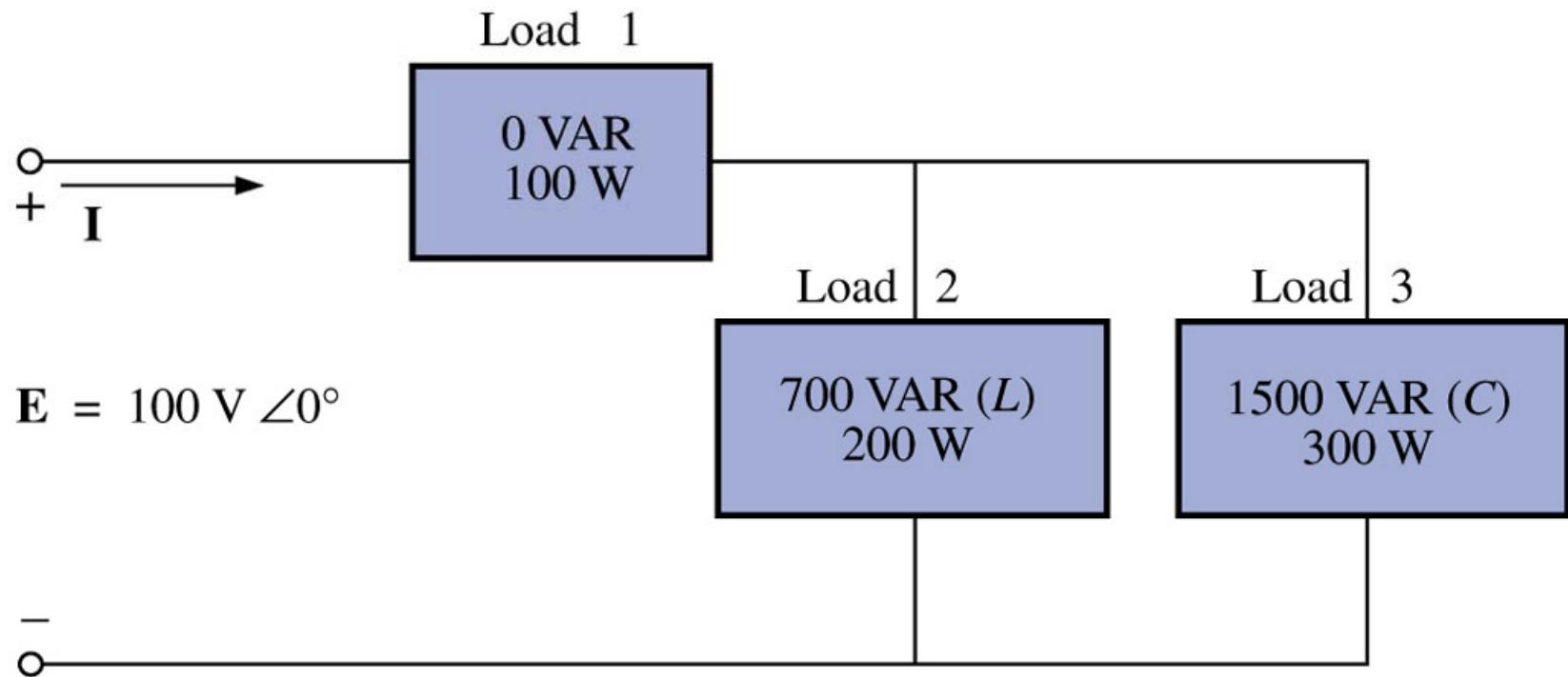
1. Determine a potência real (média) e a potência imaginária (reativa) para todos os ramos do circuito;
2. A potência real total do sistema ( $P_T$ ) é a soma das potências médias fornecidas a todos os ramos;
3. A potência reativa total ( $Q_T$ ) é a diferença entre as potências reativas das cargas indutivas e a das cargas capacitivas;
4. A potência total aparente é dada por:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

5. O fator de potência total é igual a  $P_T/S_T$ .

# P, Q e S totais

Exemplo 19.1: Calcule o número total de watts, de volts-ampères reativos e de volts-ampères e o fator de potência FP do circuito abaixo. Desenhe o triângulo de potências e determine a corrente em forma fasorial.



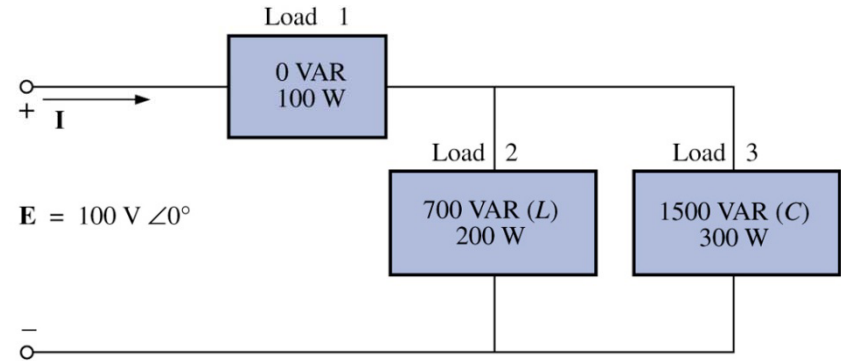
# P, Q e S totais

Carga	W	VAr	VA
1	100	0	100
2	200	700 (L)	728,0
3	300	1500 (C)	1529,71
	$P_T=600$	$Q_T=800$ (C)	$S_T=1000$

$$\sqrt{200^2 + 700^2} = 728,0$$

$$\sqrt{300^2 + 1500^2} = 1529,71$$

$$\sqrt{600^2 + 800^2} = 1000$$



## P, Q e S totais

$$FP = \frac{P_T}{S_T} = \frac{600}{1000} = 0,6 \text{ adiantado (C)}$$

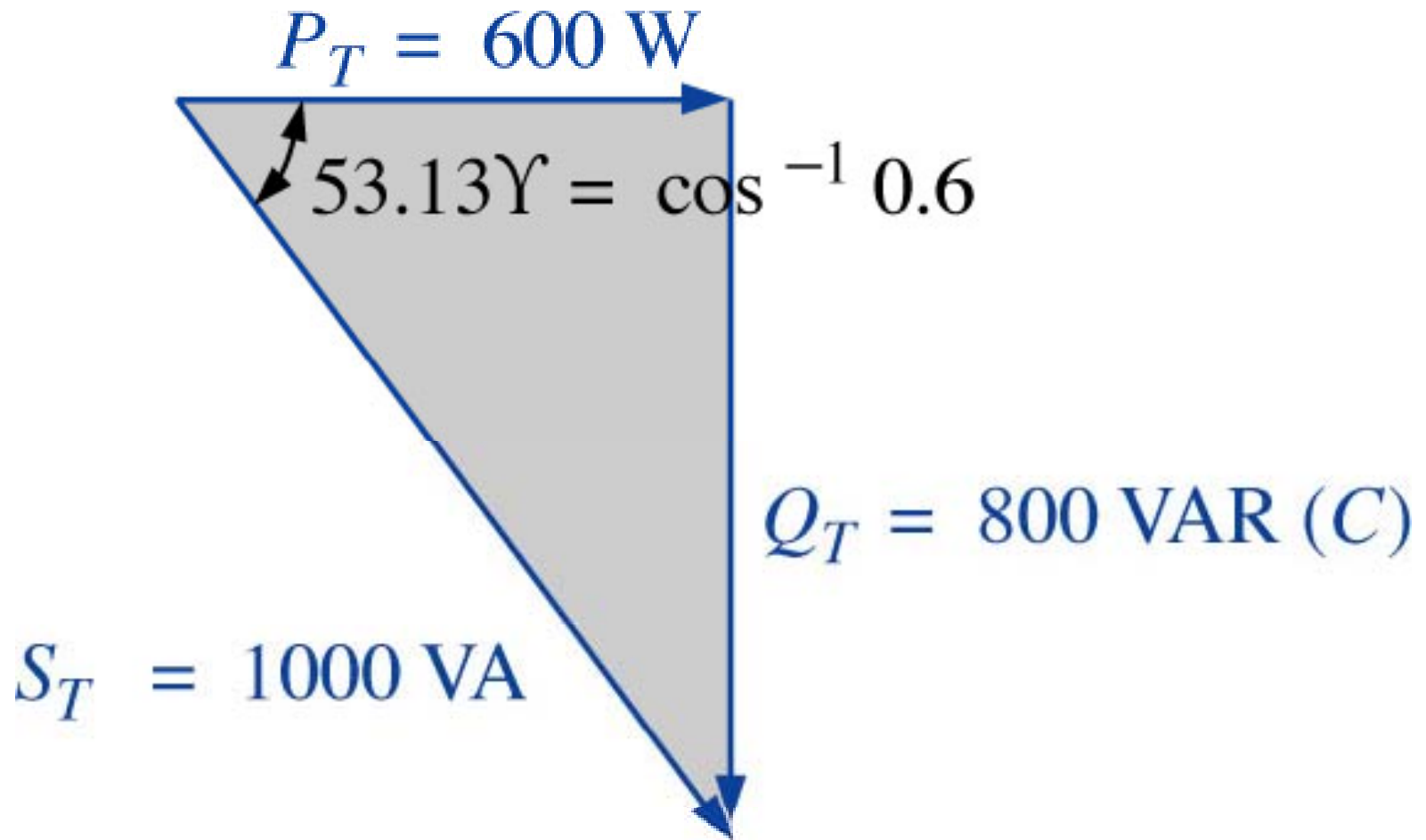
$$S_T = V \cdot I \longrightarrow I = \frac{S_T}{V} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ A} \longrightarrow \text{Valor eficaz}$$

O ângulo da corrente será:

$$\theta = \cos^{-1}(FP) = \cos^{-1}(0,6) = 53,13^\circ$$

$$I = I_{ef} \underline{\theta} = 10 \underline{53,13^\circ} \text{ A} \longrightarrow \text{O circuito é capacitivo, então corrente está adiantada em relação à tensão.}$$

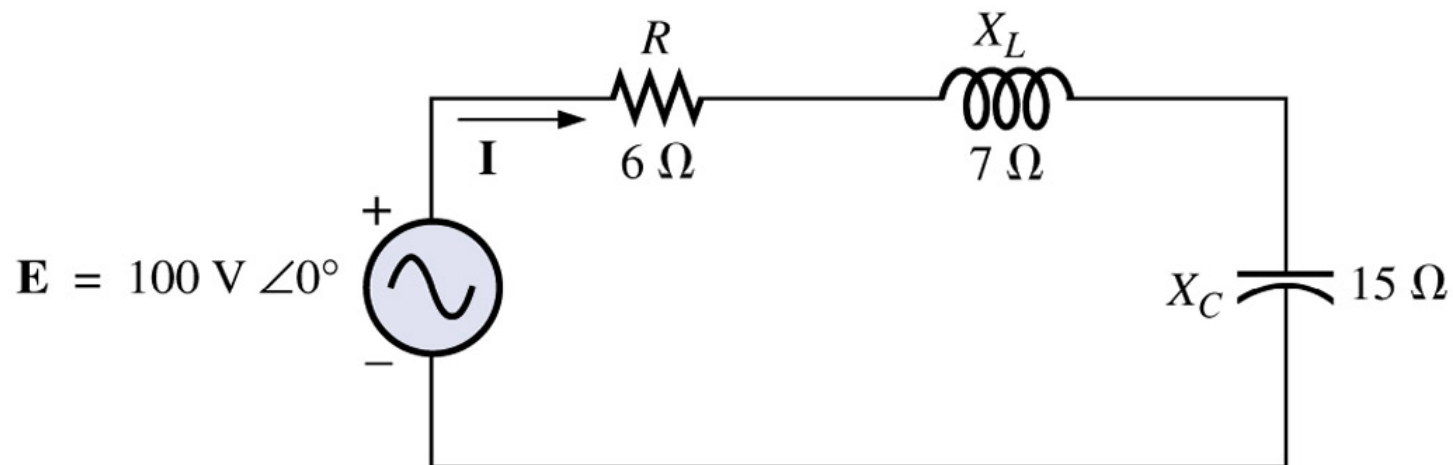
# P, Q e S totais



# P, Q e S totais

## Exemplo 19.2:

- Calcule o número total de watts, volts-ampères reativos e volts-ampères e o fator de potência FP para o circuito abaixo;
- Desenhe o triângulo das potências;
- Calcule a energia dissipada pelo resistor durante um ciclo completo da tensão se a frequência da tensão for de 60 Hz;
- Calcule a energia armazenada, ou devolvida, pelo capacitor e pelo indutor durante meio ciclo da curva de potência se a frequência da tensão for 60 Hz.



# P, Q e S totais

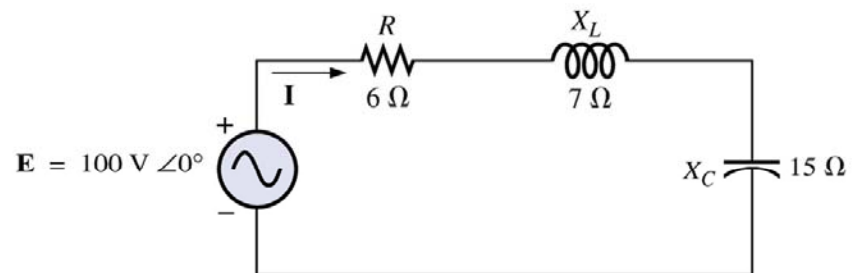
a) 
$$Z_T = 6 + j7 - j15 = 10 \underline{-53,13^\circ} \Omega$$

$$I = \frac{E}{Z_T} = \frac{100 \underline{0^\circ}}{10 \underline{-53,13^\circ}} = 10 \underline{53,13^\circ} A$$

$$V_R = 10 \underline{53,13^\circ} \cdot 6 \underline{0^\circ} = 60 \underline{53,13^\circ} V$$

$$V_L = 10 \underline{53,13^\circ} \cdot 7 \underline{90^\circ} = 70 \underline{143,13^\circ} V$$

$$V_C = 10 \underline{53,13^\circ} \cdot 15 \underline{-90^\circ} = 150 \underline{-36,87^\circ} V$$



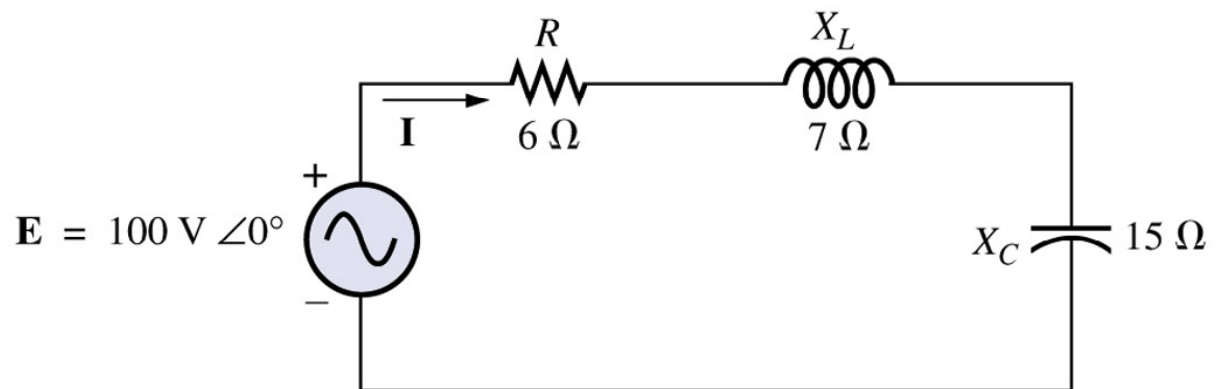
# P, Q e S totais

a) 
$$P_T = E \cdot I \cdot \cos(\theta) = 100 \cdot 10 \cdot \cos(53,13^\circ) = 600 \text{ W}$$

$$S_T = E \cdot I = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ VA}$$

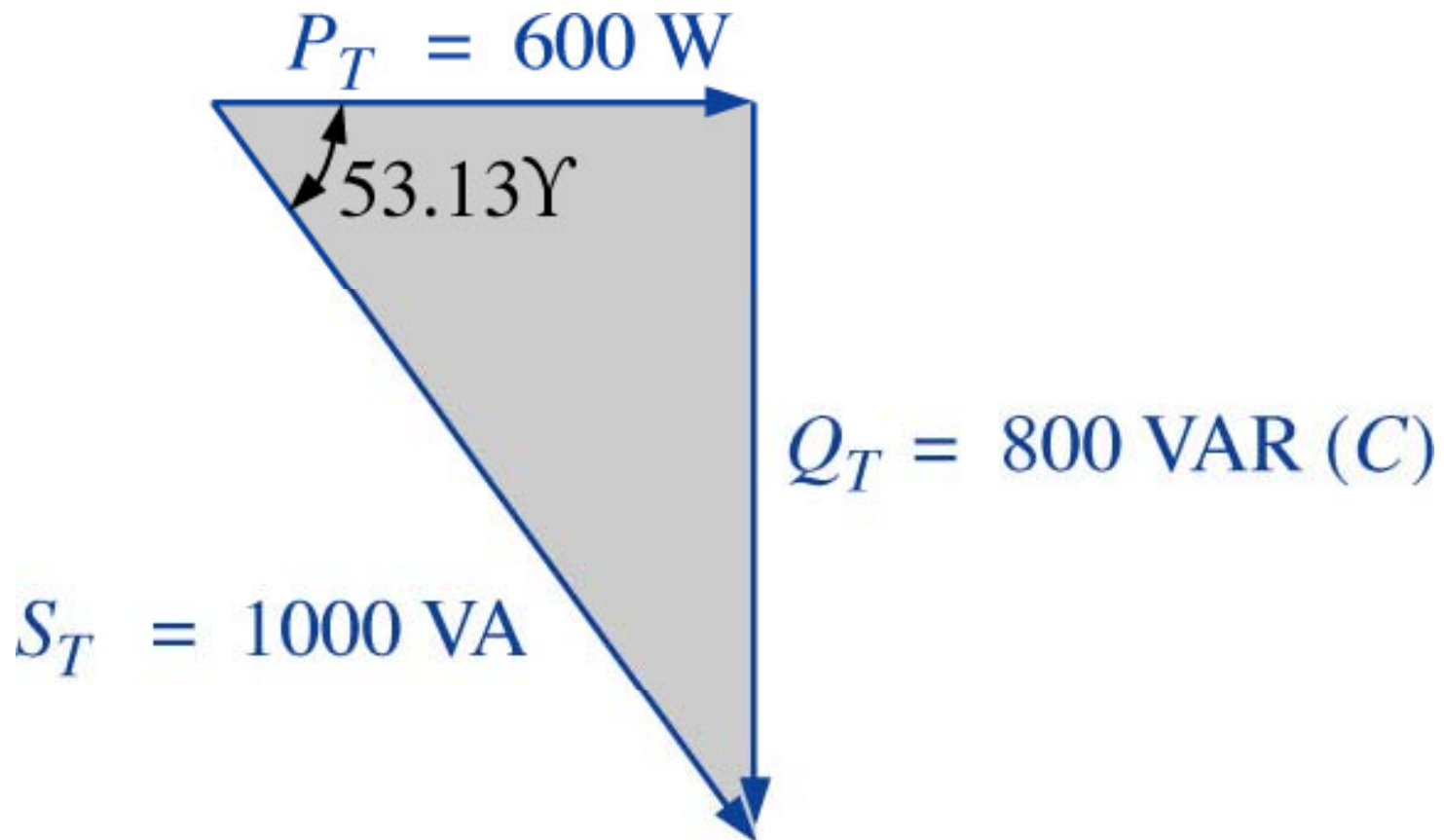
$$Q_T = E \cdot I \cdot \sin(\theta) = 100 \cdot 10 \cdot \sin(53,13^\circ) = 800 \text{ VAR}$$

$$FP = \frac{P_T}{S_T} = \frac{600}{1000} = 0,6 \text{ adiantado (C)}$$



# P, Q e S totais

b)



## P, Q e S totais

$$c) \quad W_R = \frac{V_R \cdot I}{f_1} = \frac{60 \cdot 10}{60} = 10 J$$

$$d) \quad W_L = \frac{V_L \cdot I}{\omega_1} = \frac{70 \cdot 10}{2\pi \cdot 60} = \frac{700}{377} = 1,86 J$$

$$W_C = \frac{V_C \cdot I}{\omega_1} = \frac{150 \cdot 10}{2\pi \cdot 60} = \frac{1500}{377} = 3,98 J$$

# Na próxima aula

## Capítulo 19: Potência (CA)

1. Revisão;
2. Correção de fator de potência.

