Curso Técnico em Eletrotécnica

Potência em CA

AULA II

Potência (CA)

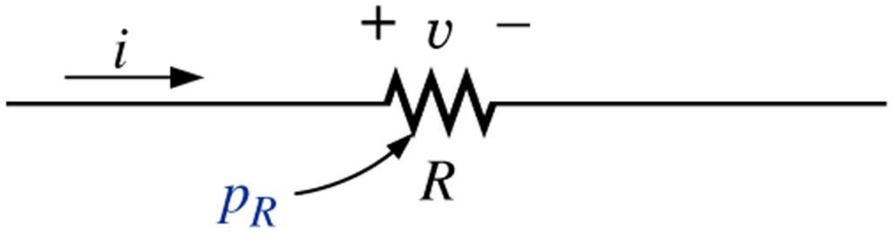
1. Revisão;
2. Triângulo das potências;
3. P, Q e S totais;
4. Correção de fator de potência.

Vitória-ES

Circuitos resistivos – potência total

Considerando que:

$$\theta = 0^o$$



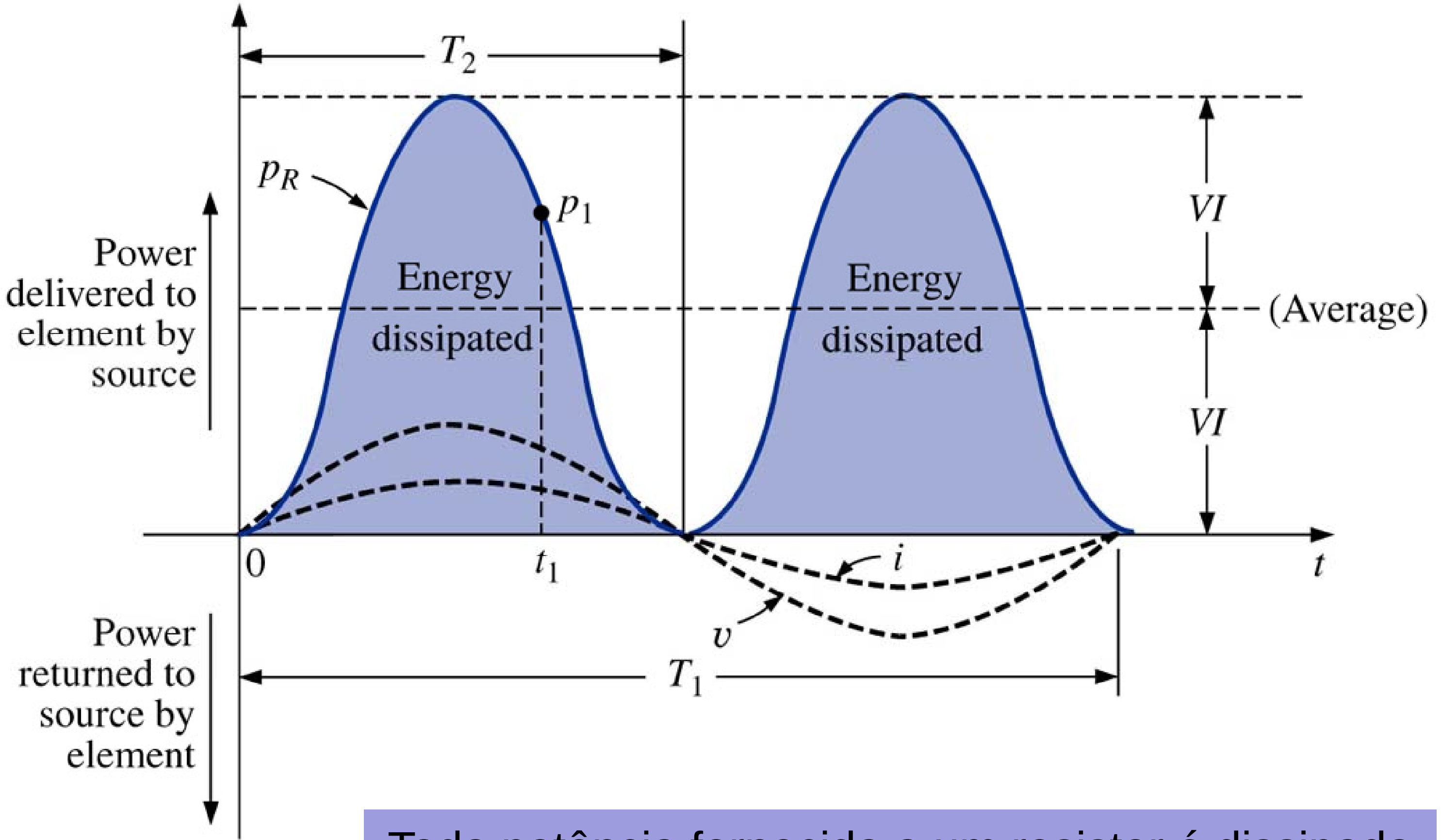
$$p(t) = V \cdot I \cdot \overset{1}{\cos(0)} - V \cdot I \cdot \overset{1}{\cos(0)} \cdot \cos(2\omega t) + V \cdot I \cdot \overset{0}{sen(0)} \cdot sen(2\omega t)$$

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

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

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:

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

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

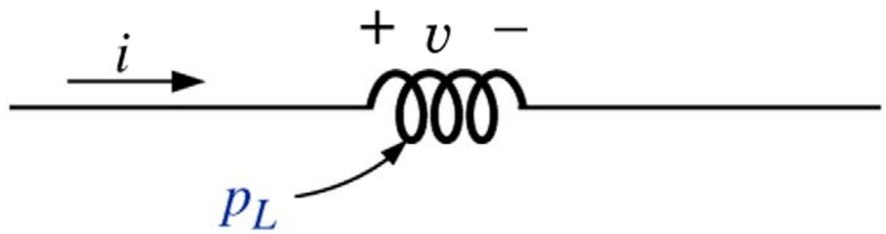
$$Q = V \cdot I \cdot sen\left(\theta\right) = V \cdot I \cdot sen\left(0\right) = 0 \;\left(\text{volt-ampère reativo, VAr}\right)$$

Fator de potência:

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

Circuitos Indutivos e Potência Reativa

Considerando que:



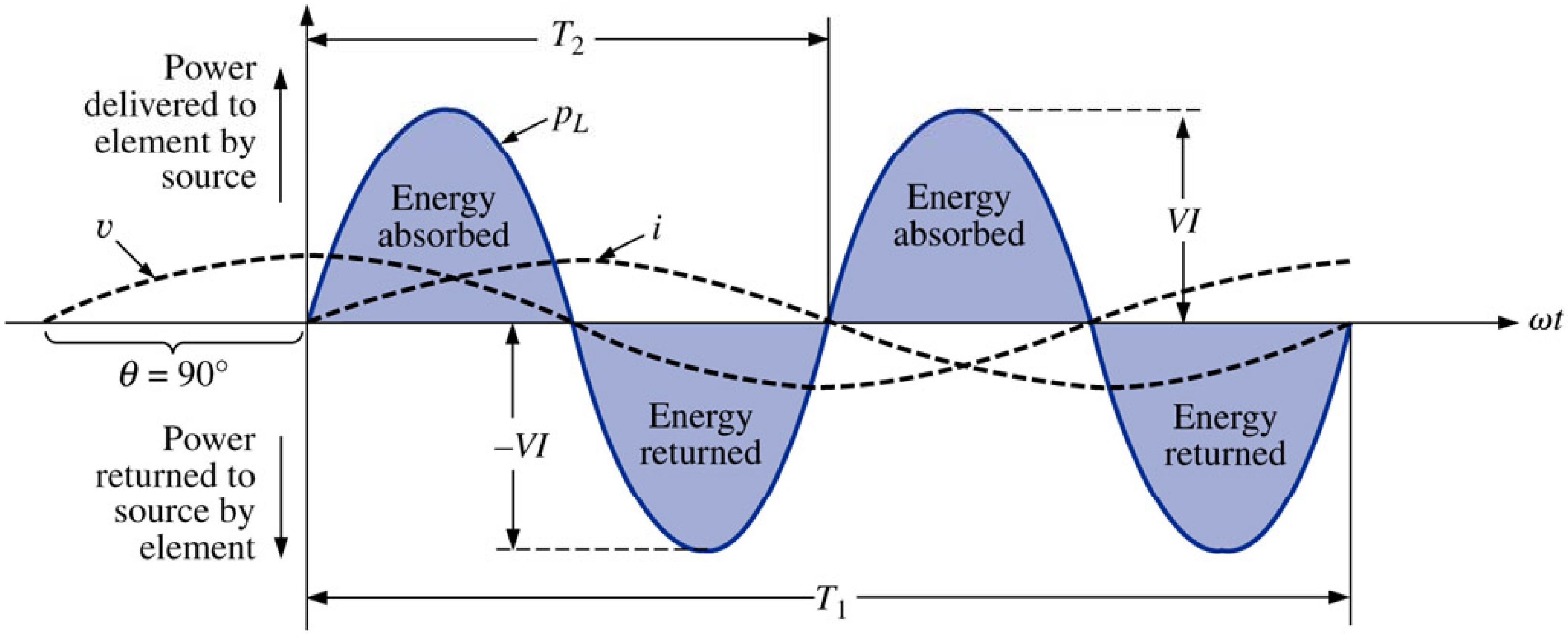
$$\theta = 90^o$$

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

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

Variável no tempo

Circuitos Indutivos e Potência Reativa



No caso de um indutor puro (ideal), o fluxo de potência o 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:

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

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

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

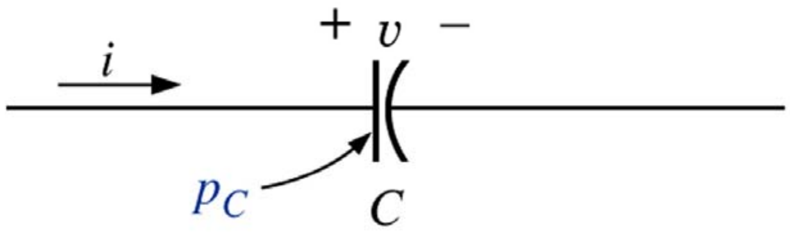
Fator de potência:

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

Circuitos Capacitivos

Considerando que:

$$\theta = -90^o$$

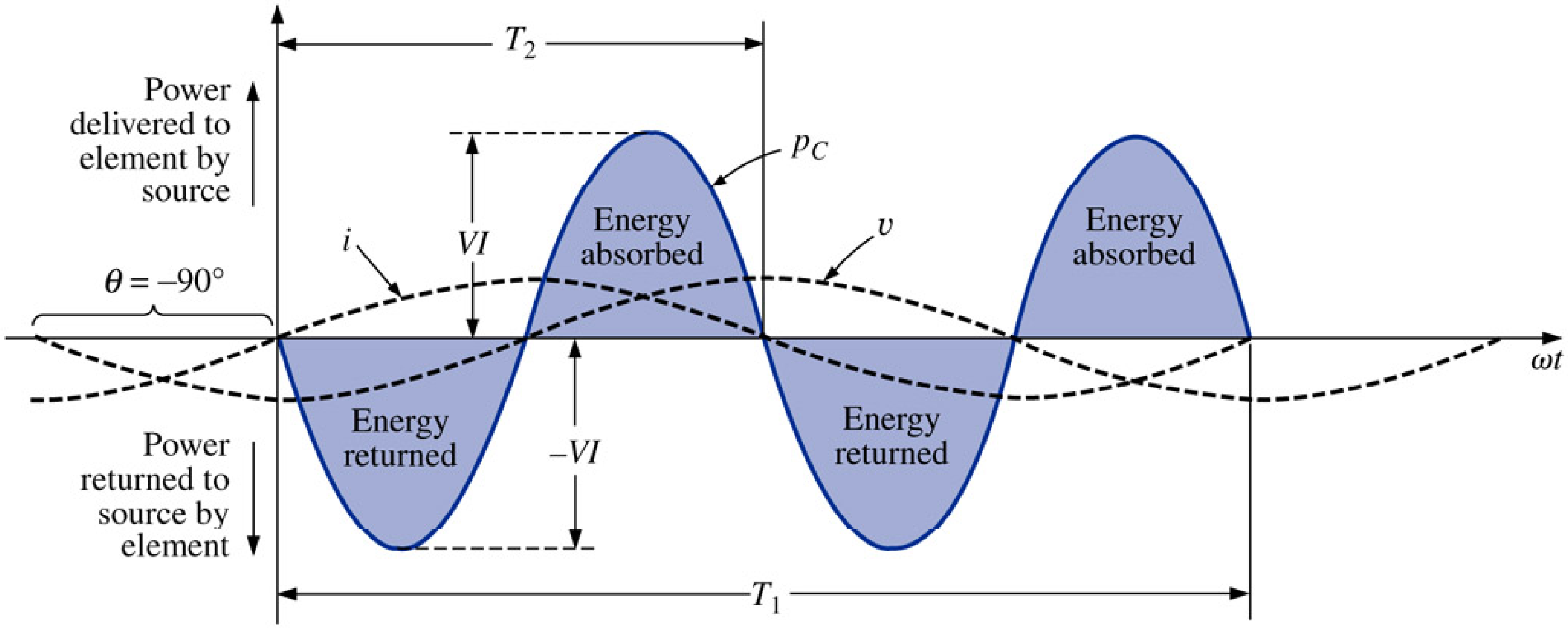


$$p(t) = V \cdot I \cdot \overset{0}{cos(-90)} - V \cdot I \cdot \overset{0}{cos(-90)} \cdot cos(2\omega t) + V \cdot I \cdot \overset{1}{sen(-90)} \cdot sen(2\omega t)$$

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

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:

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

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

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

Fator de potência:

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

Triângulo de Potências

Na forma vetorial:

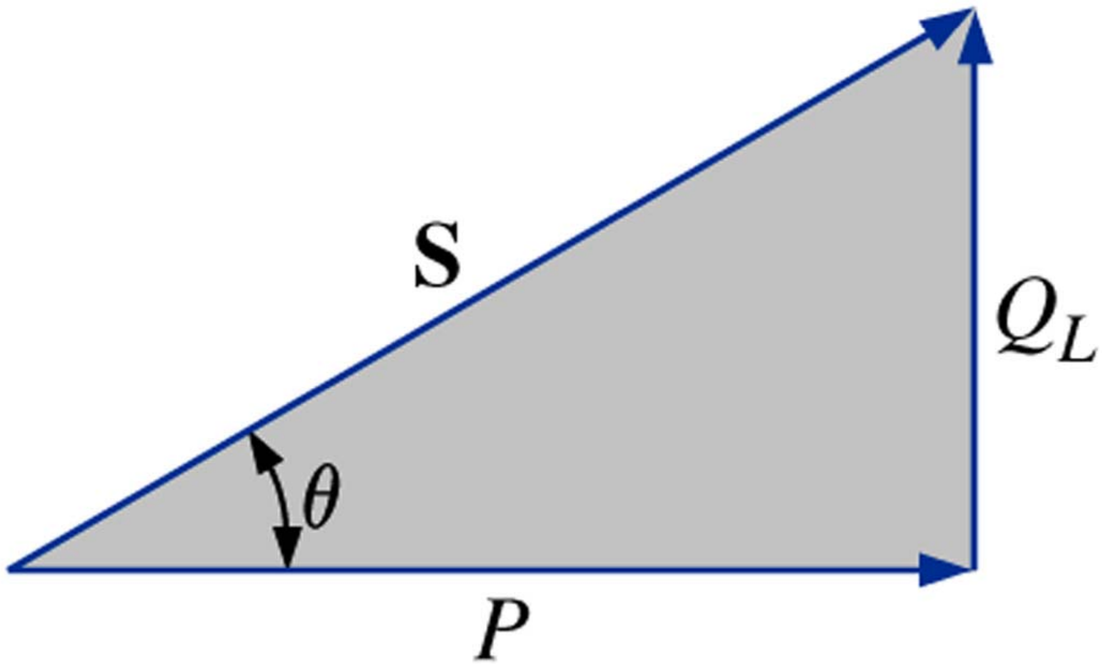
$$S = P + Q$$

$$P = P\angle 0^o \qquad Q_L = Q_L\angle 90^o \qquad Q_C = Q_C\angle -90^o$$

Na forma complexa:

$$S = P + jQ_L$$

$$S = P - jQ_C$$



Triângulo de Potências

Em módulo:

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

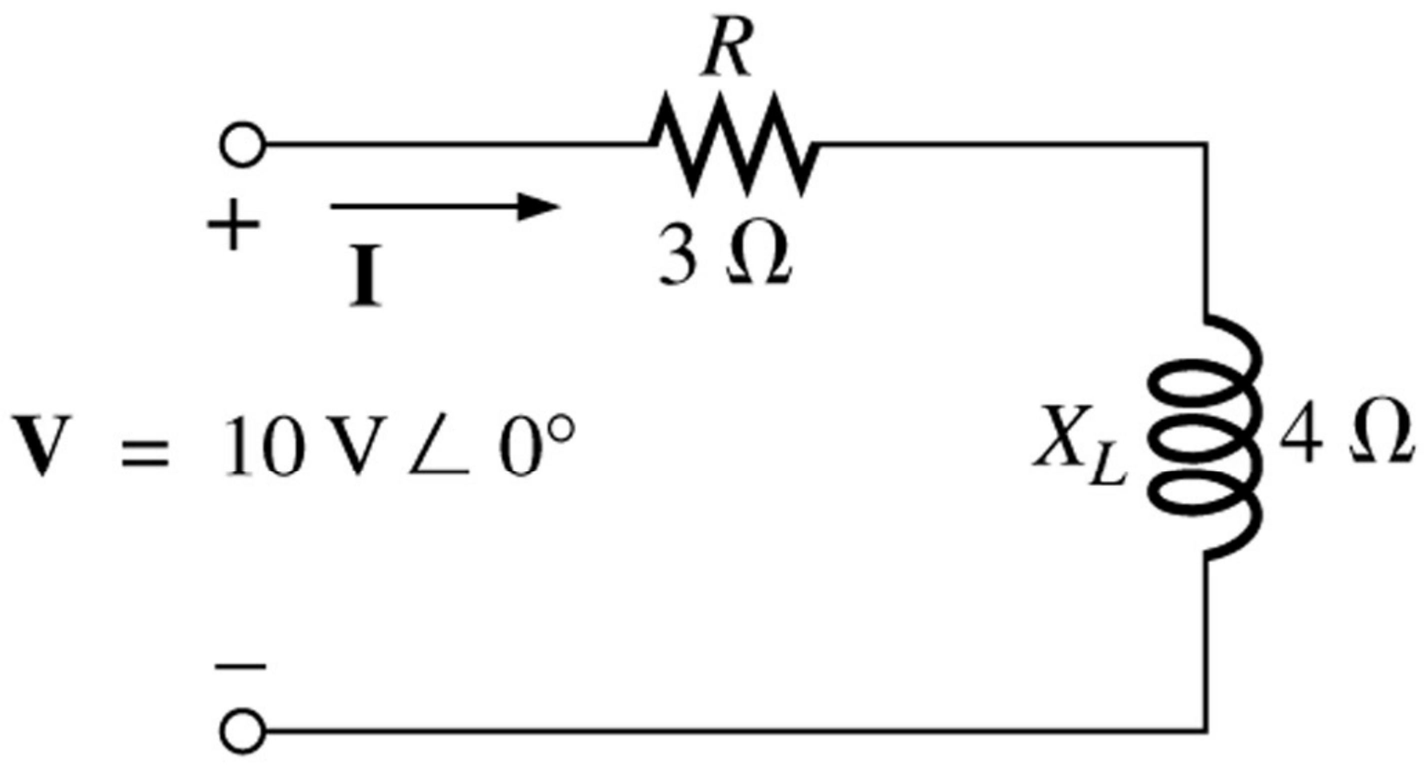
Forma vetorial da potência aparente:

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

$I^* \longrightarrow$ Complexo conjugado da corrente

Triângulo de Potências

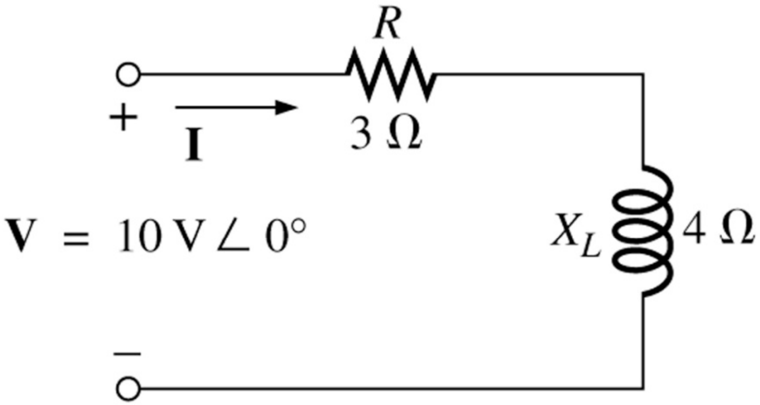
Considere o circuito abaixo:



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

Triângulo de Potências

A impedância total e corrente serão:



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

$$Z_T = 3 + j4 = 5\angle 53{,}13^0\ \Omega$$

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

A potência média (real) será:

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

A potência reativa (imaginária) será:

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

A potência aparente (complexa) é:

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

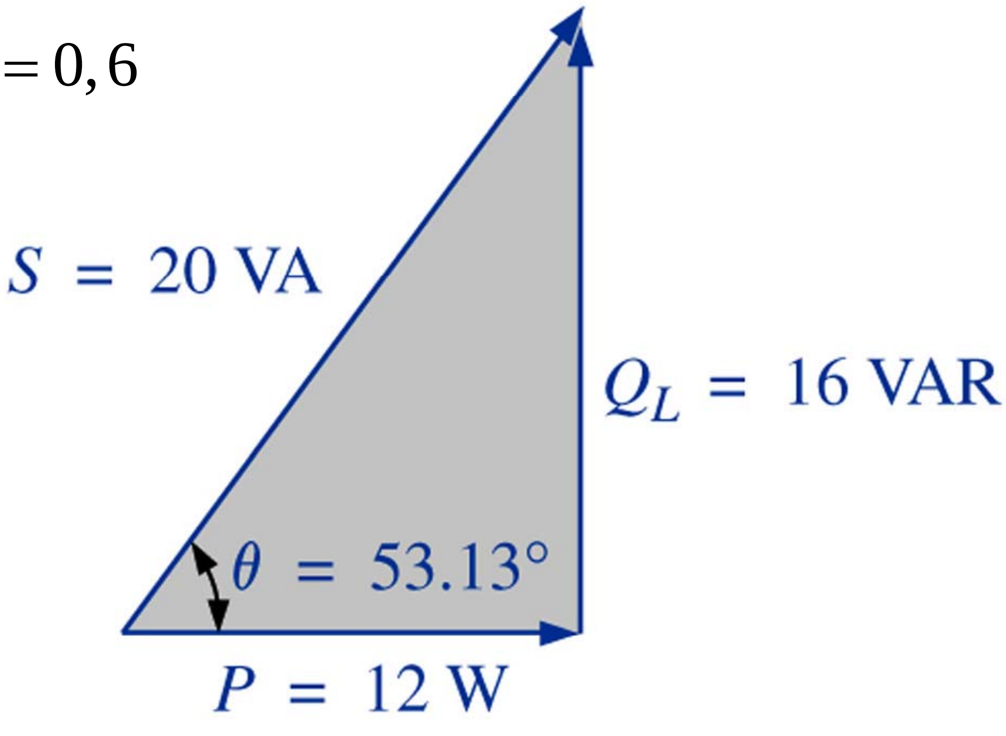
Triângulo de Potências

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

$$S = V \cdot I^{*} = 10\underline{\left|0^{o}\right.} \cdot 2\underline{\left|53,13^{o}\right.} = 20\underline{\left|53,13^{o}\right.}\,VAr$$

O fator de potência é dado por:

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



P, Q e S totais

As potências totais podem ser determinadas seguindo:

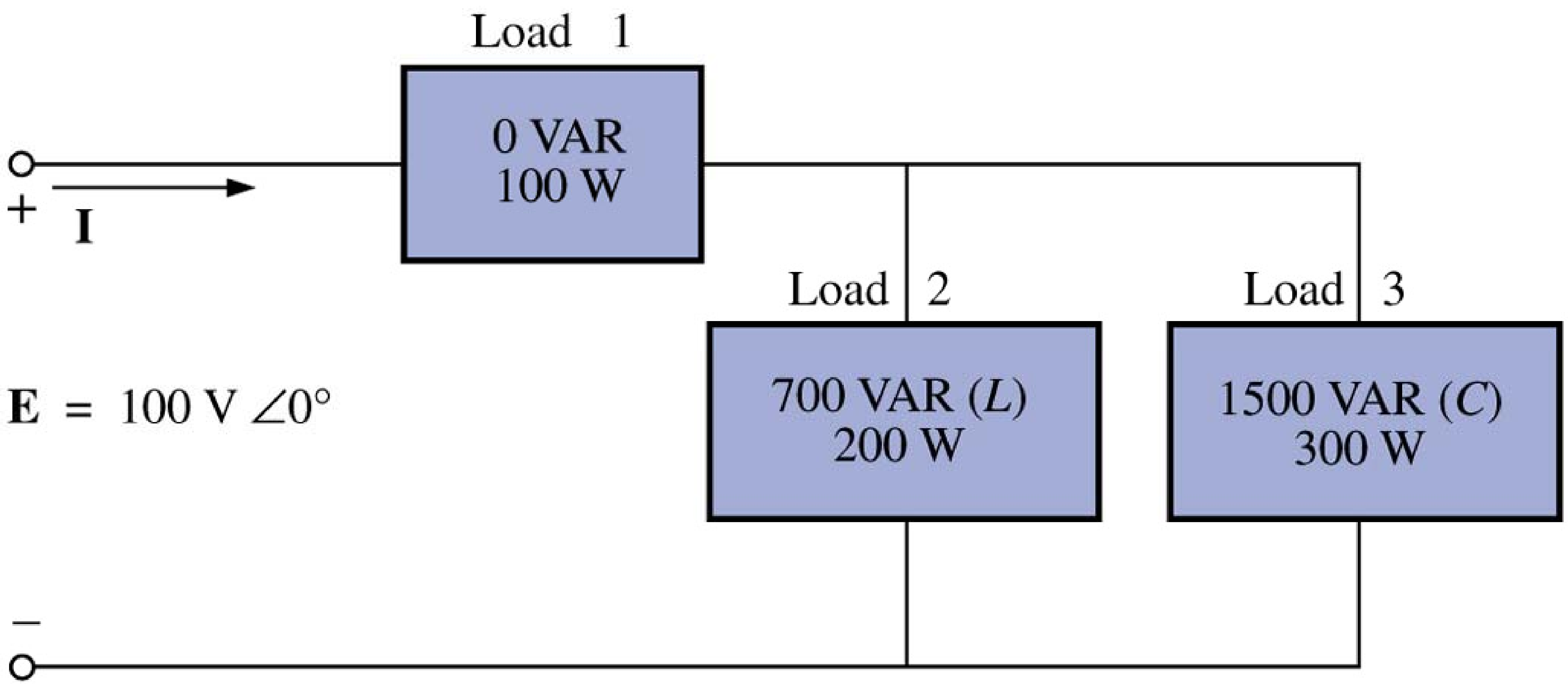
1. Determine a potência real (média) e a potência imaginária (reativa) para todos os ramos do circuito;
2. A potência real total do sistema (P_T) é a soma das potências médias fornecidas a todos os ramos;
3. A potência reativa total (Q_T) é a diferença entre as potências reativas das cargas indutivas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



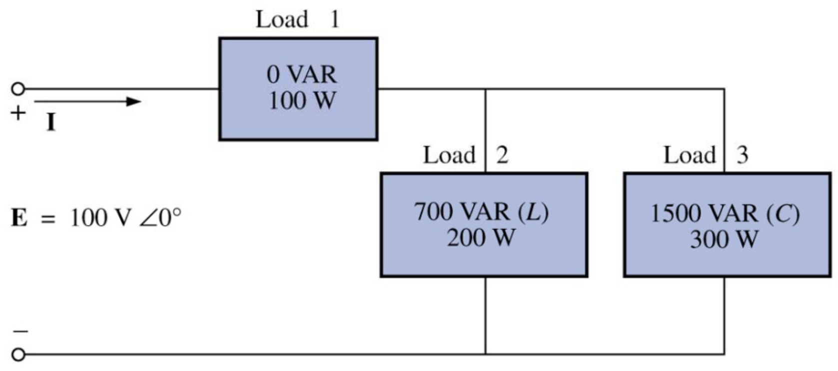
P, Q e S totais

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

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

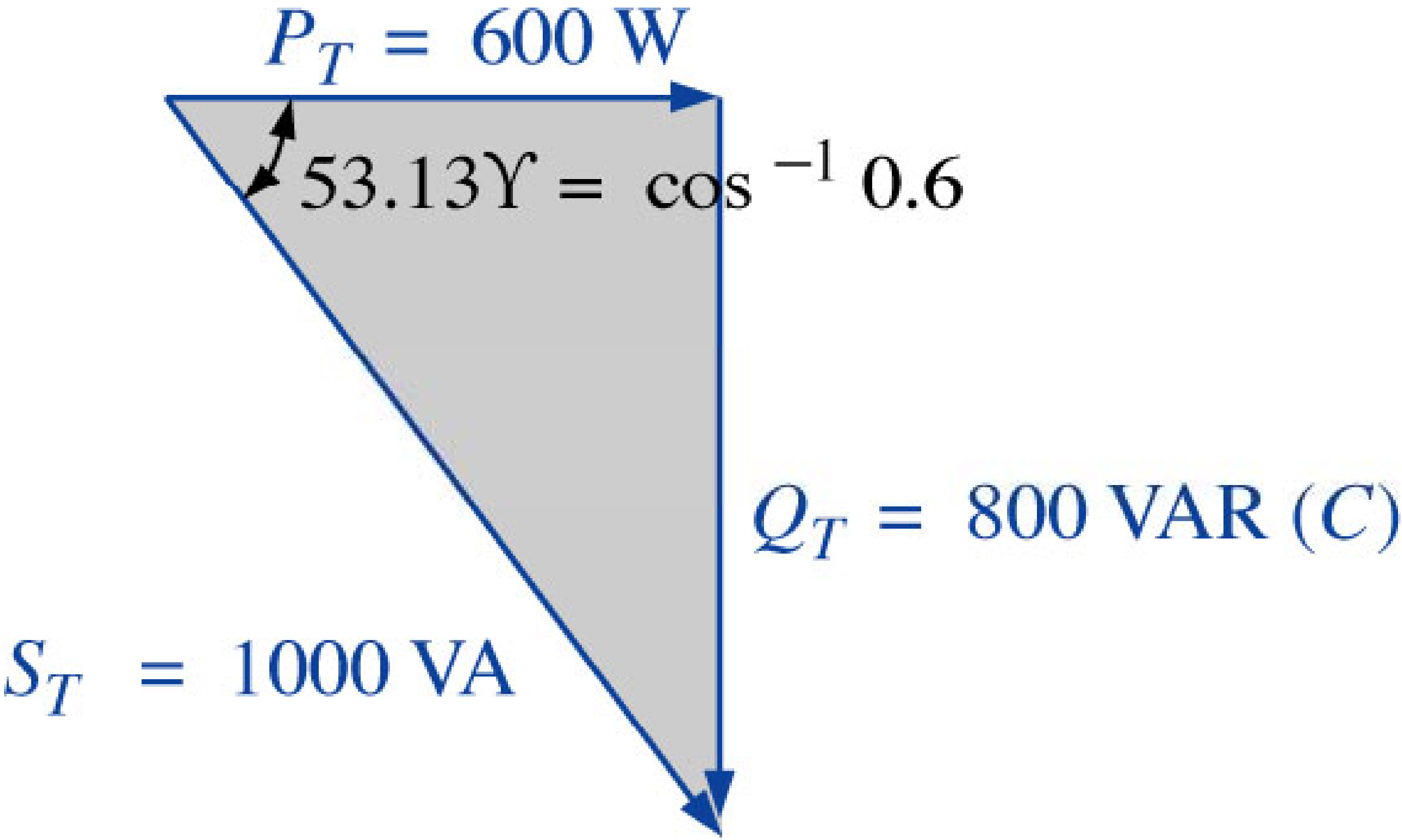
$$S_T = V \cdot I \longrightarrow I = \frac{S_T}{V} = \frac{1000}{100} = 10\,A \longrightarrow$$ Valor eficaz

O ângulo da corrente será:

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

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

P, Q e S totais



P, Q e S totais

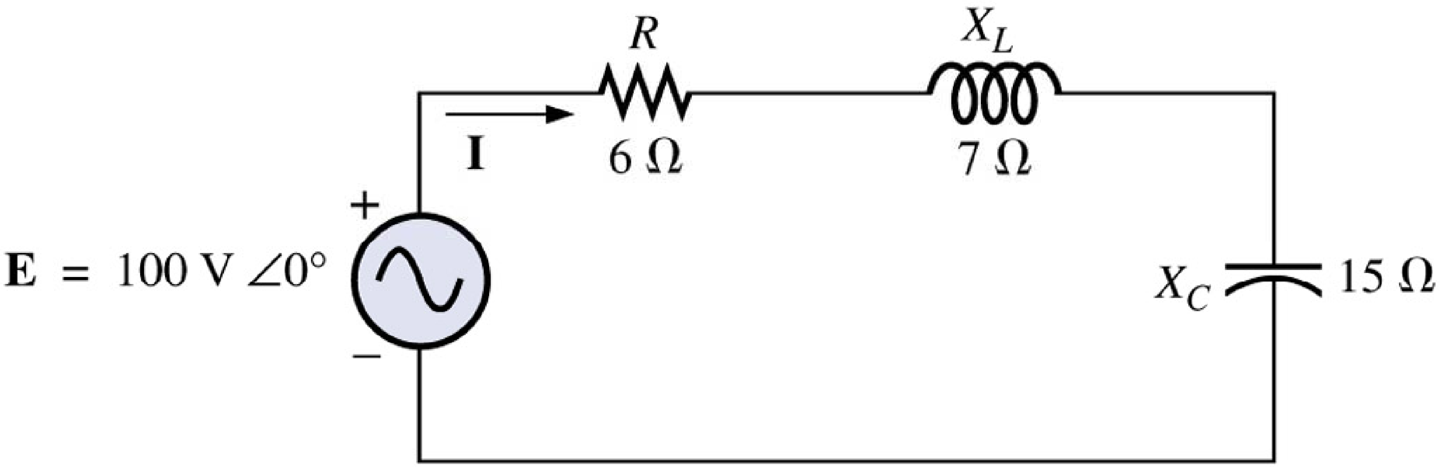
Exemplo 19.2:

a) Calcule o número total de watts, volts-ampères reativos e volts-ampères e o fator de potência FP para o circuito abaixo;

b) Desenhe o triângulo das potências;

c) Calcule a energia dissipada pelo resistor durante um ciclo completo da tensão se a freqüência da tensão for de 60 Hz;

d) Calcule a energia armazenada, ou devolvida, pelo capacitor e pelo indutor durante meio ciclo da curva de potência se a freqüência da tensão for 60 Hz.



P, Q e S totais

a)

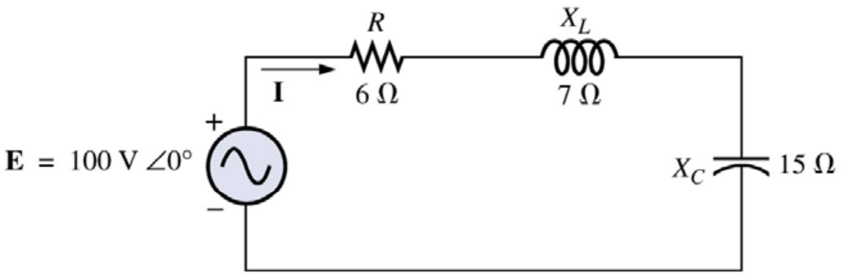
$$Z_T = 6 + j7 - j15 = 10\angle{-53{,}13^o}\ \Omega$$

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

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

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

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



P, Q e S totais

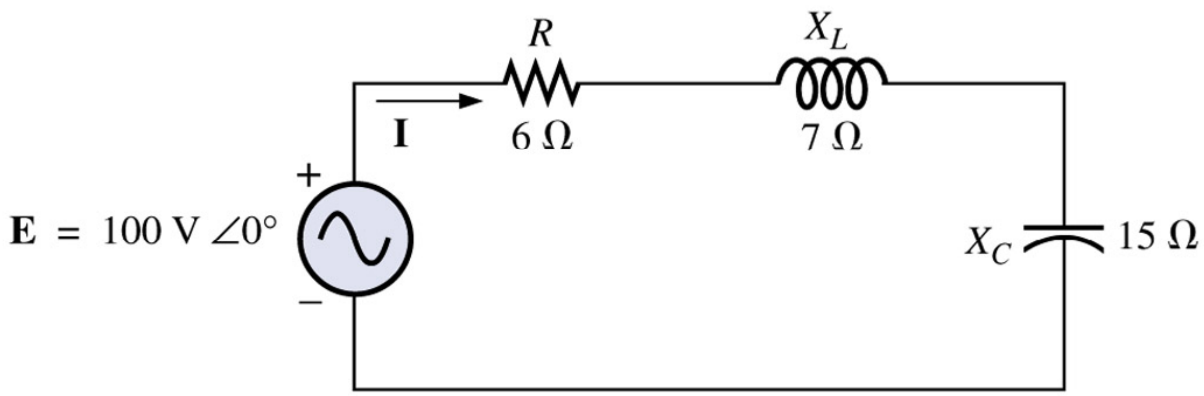
a)

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

$$S_T = E \cdot I = 100 \cdot 10 = 1000VA$$

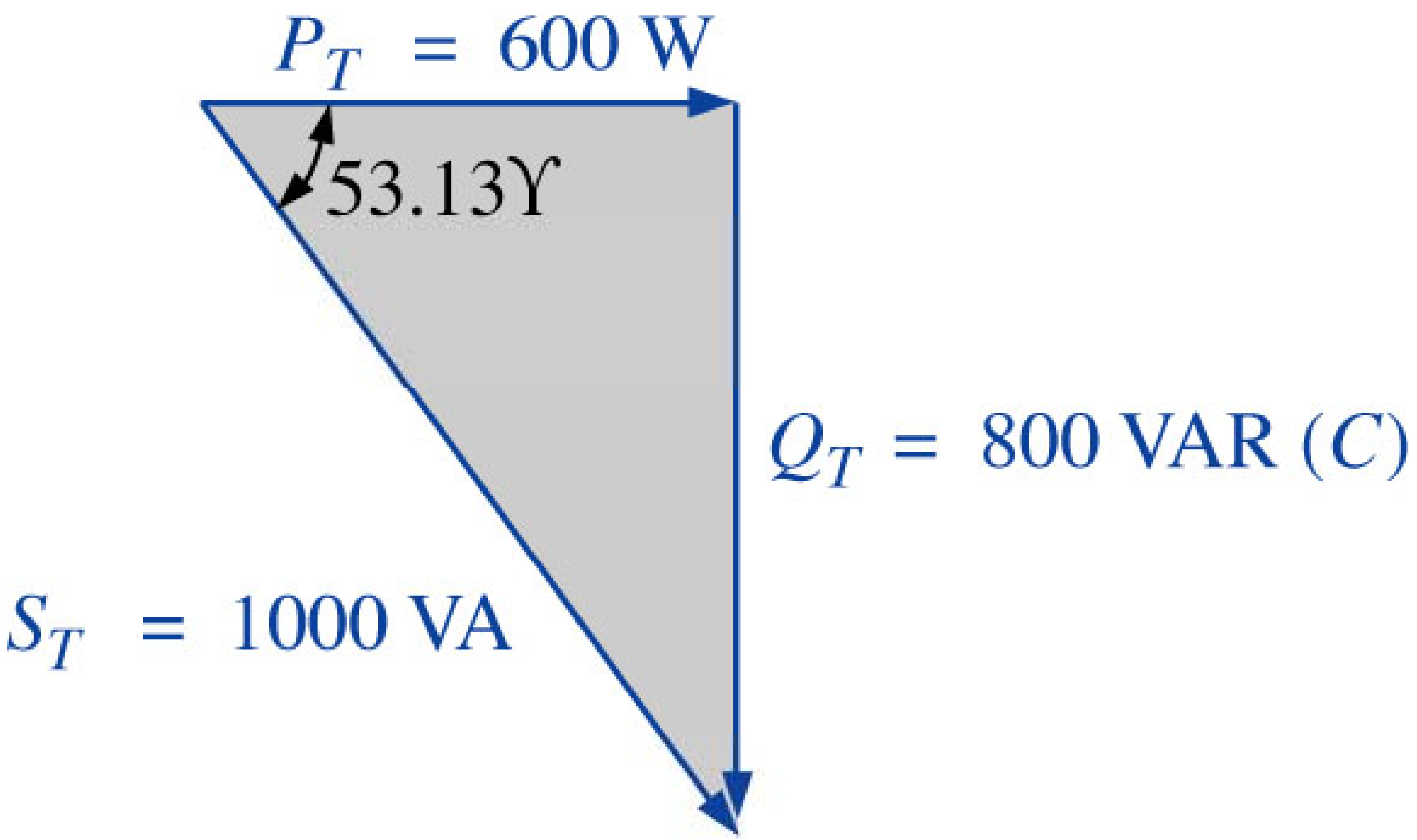
$$Q_T = E \cdot I \cdot sen(\theta) = 100 \cdot 10 \cdot sen(53{,}13^o) = 800VAr$$

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



P, Q e S totais

b)



P, Q e S totais

c)

$$W_R = \frac{V_R \cdot I}{f_1} = \frac{60 \cdot 10}{60} = 10\,J$$

d)

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

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