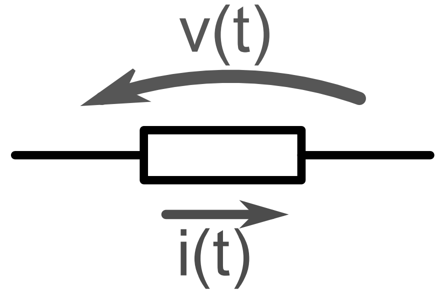
Lição 6

Potência em circuitos CA

Potência instantânea absorvida por um elemento do circuito:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)\,[W]$$



A equação é válida para quaisquer tipos de funções, incluindo tensões e correntes não senoidais.

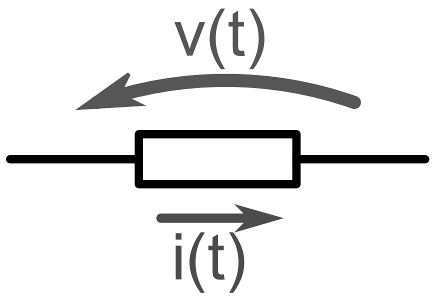
Para um elemento com referências de tensão e corrente na forma passiva:

- $p(t) > 0$ indica que o elemento está **absorvendo** potência;
- $p(t) < 0$ indica que o elemento está **fornecendo** potência;

Potência instantânea

Para tensões e correntes senoidais:

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \theta_v) \text{ V}$$
$$i(t) = I_p \cos(\omega t + \theta_i) \text{ A}$$



$$p(t) = V_p \cdot I_p \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

$$\boxed{p(t) = \frac{V_p \cdot I_p}{2} \cos(\theta_v - \theta_i) + \frac{V_p \cdot I_p}{2} \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) \, [W]}$$

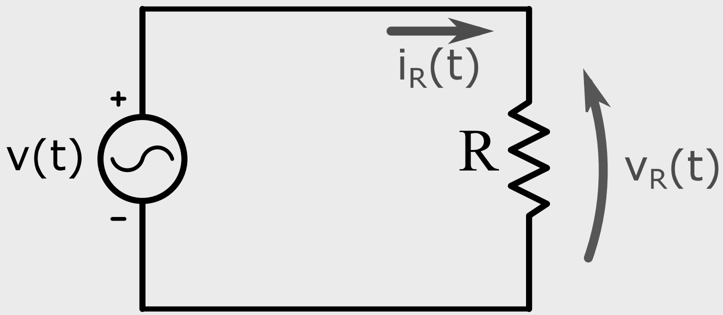
A potência instantânea é composta por:

- Um termo constante (independente de t)
- Uma senoide com o dobro da frequência de $v(t)$ e $i(t)$.

Exemplo 1

Circuito CA com um resistor

A tensão da fonte de tensão é $v(t) = 100\cos(50t + 30^\circ)$ V, e a resistência $R = 20\Omega$. Determine a função $p_R(t)$ que representa a potência dissipada pelo resistor.

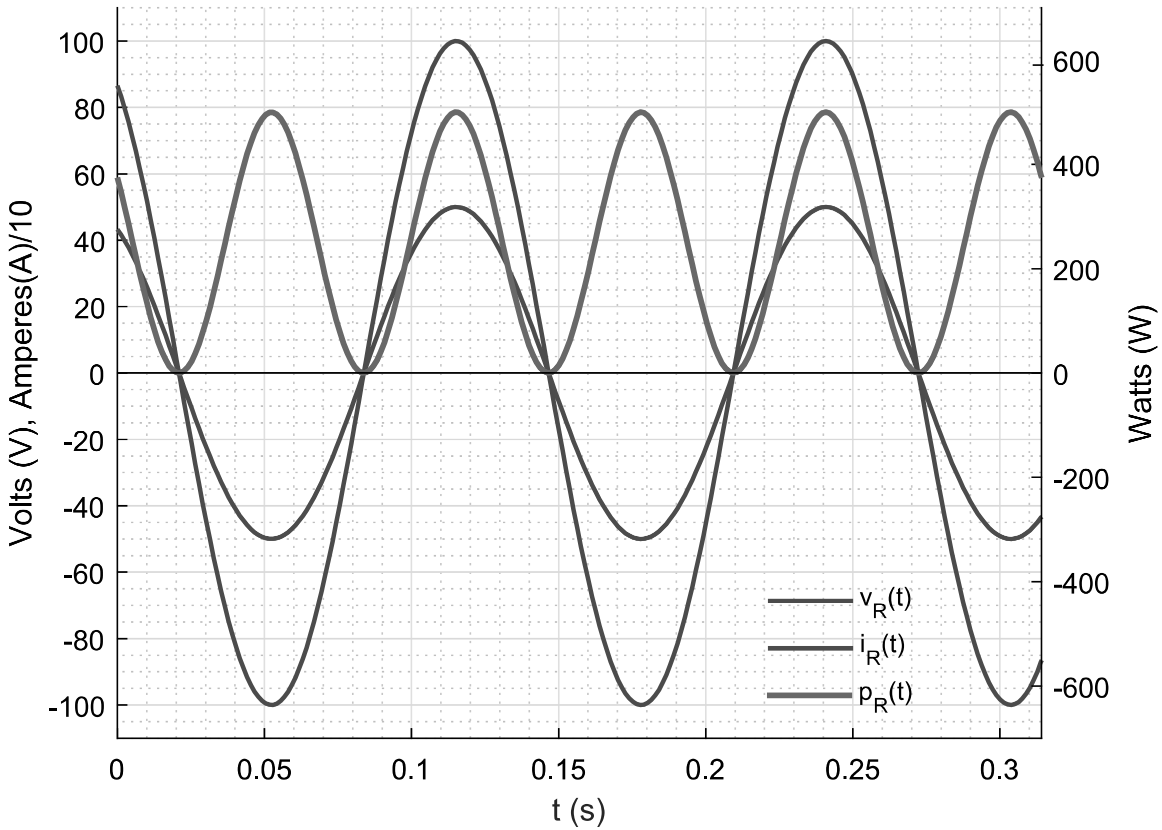


Solução: Analisando-se o ciruito, pode-se determinar que $v_R(t) = 100\cos(50t + 30^\circ)$ V e $i_R(t) = 5\cos(50t + 30^\circ)$ A. Assim,

$$p_R(t) = 100\cos(50t + 30^\circ) \cdot 5\cos(50t + 30^\circ)$$
$$p_R(t) = \frac{100 \cdot 5}{2}\cos(30^\circ - 30^\circ) + \frac{100 \cdot 5}{2}\cos(2 \cdot 50t + 30^\circ + 30^\circ)$$
$$\boxed{p_R(t) = 250 + 250\cos(100t + 60^\circ)\text{ W}}$$

Exemplo 1 (continuação...)

Gráficos de $v_R(t)$, $i_R(t)$ e $p_R(t)$



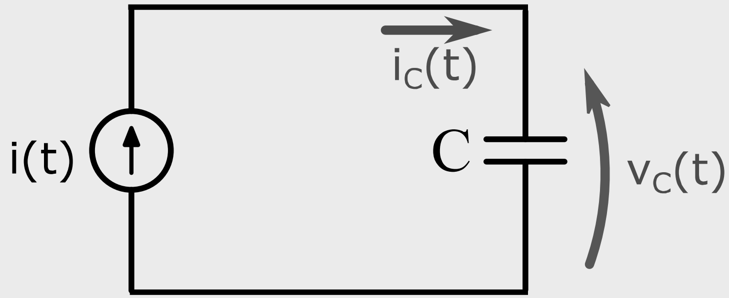
$$v_R(t) = 100\cos(50t + 30^\circ)\ \text{V};\ i_R(t) = 5\cos(50t + 30^\circ)\ \text{A}$$
$$p_R(t) = 250 + 250\cos(100t + 60^\circ)\ \text{W}$$

Em qualquer instante t, um **resistor** sempre **absorve** potência.

Exemplo 2

Circuito CA com um capacitor

A corrente da fonte de corrente é $i(t) = 8\cos(200t - 45°)$ A, e a capacitância $C = 1250\mu F$. Determine a potência instantânea absorvida pelo capacitor, $p_C(t)$.

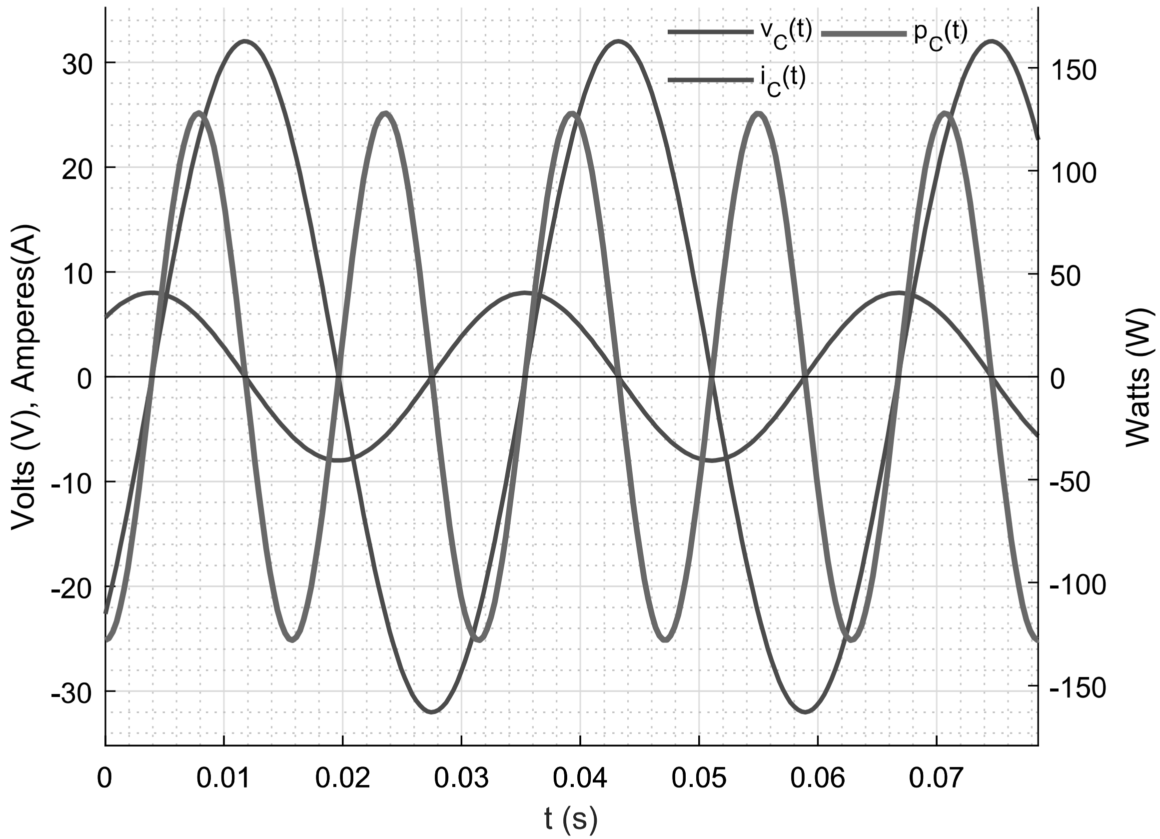


Solução: Analisando-se o ciruito, pode-se determinar que $v_C(t) = 32\cos(200t - 135°)$ V; e $i_C(t) = 8\cos(200t - 45°)$ A. Assim,

$$p_C(t) = 32\cos(200t - 135°) \cdot 8\cos(200t - 45°)$$
$$p_C(t) = \frac{32 \cdot 8}{2}\cos(-135° - (-45°)) + \frac{32 \cdot 8}{2}\cos(2 \cdot 200t + (-135°) + (-45°))$$
$$\boxed{p_C(t) = 128\cos(400t - 180°) \text{ W}}$$

Exemplo 2 (continuação...)

Gráficos de $v_C(t)$, $i_C(t)$ e $p_C(t)$



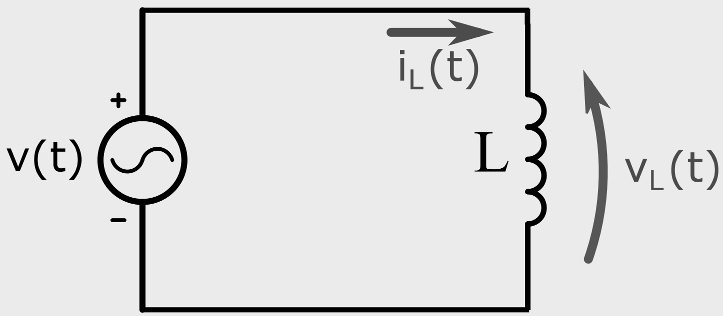
$$v_C(t) = 32\cos(200t - 135^\circ)\ \text{V};\ i_C(t) = 8\cos(200t - 45^\circ)\ \text{A}$$
$$p_C(t) = 128\cos(400t - 180^\circ)\ \text{W}$$

O **capacitor absorve** potência em metade do período e **fornece** potência na outra.

Exemplo 3

Circuito CA com um indutor

A tensão da fonte de tensão é $v(t) = 90\cos(40t + 110°)$ V, e a indutância $L = 500mH$. Determine a potência instantânea absorvida pelo indutor, $p_L(t)$.

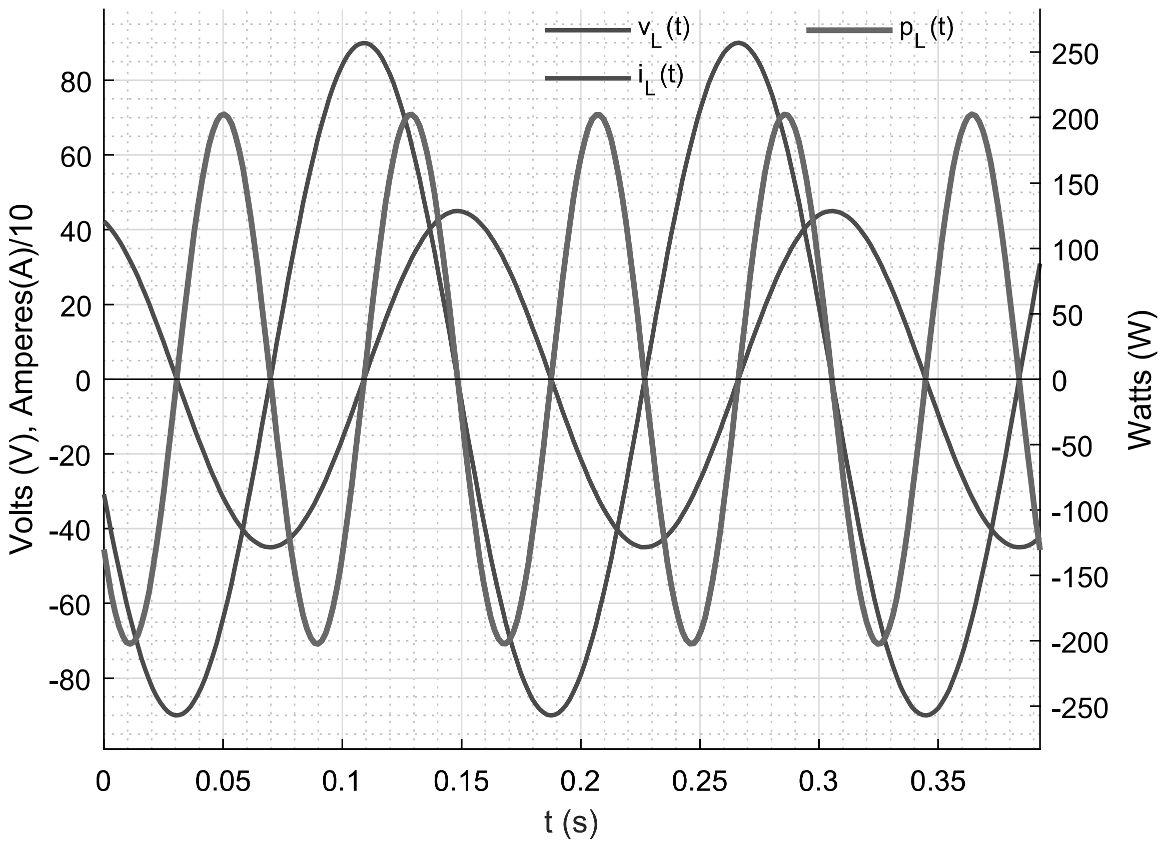


Solução: Analisando-se o ciruito, pode-se determinar que $v_L(t) = 90\cos(40t + 110°)$ V; e $i_L(t) = 4,5\cos(40t + 20°)$ A. Assim,

$$p_L(t) = 90\cos(40t + 110°) \cdot 4,5\cos(40t + 20°)$$
$$p_L(t) = \frac{90 \cdot 4,5}{2}\cos(110° - 20°) + \frac{90 \cdot 4,5}{2}\cos(2 \cdot 40t + 110° + 20°)$$
$$\boxed{p_L(t) = 202,5\cos(80t + 130°)\ \text{W}}$$

Exemplo 3 (continuação...)

Gráficos de $v_L(t)$, $i_L(t)$ e $p_L(t)$



$$v_L(t) = 90\cos(40t + 110^\circ)\ \text{V};\ i_L(t) = 4,5\cos(40t + 20^\circ)\ \text{A}$$
$$p_L(t) = 202,5\cos(80t + 130^\circ)\ \text{W}$$

O **indutor absorve** potência em metade do período e **fornece** potência na outra.

Potência Média (P)

A potência média absorvida (P) por um elemento do circuito é dada por

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} p(t)dt$$

Para tensões e correntes senoidais, o resultado é:

$$P = \frac{V_p \cdot I_p}{2}\cos(\theta_v - \theta_i)\,[W]$$

Utilizando os exemplos anteriores, pode-se verificar que:

- A potência média absorvida por um **Resistor** é $P = \frac{R \cdot I_p^2}{2}$;
- A potência média absorvida por um **Capacitor** é sempre **zero**;
- A potência média absorvida por um **Indutor** é sempre **zero**;

Potência Complexa (**S**)

Os cálculos de potência também podem ser realizados no domínio da frequência.
Assim, define-se a grandeza Potência Complexa (**S**):

$$\mathbf{S} = P + jQ$$

- **S**: Potência Complexa [VA]
- P: Potência Ativa [W]
- Q: Potência Reativa [VAr]

$$\mathbf{S} = S\underline{/\theta_S}$$

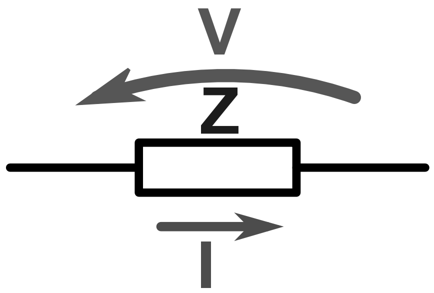
- S: Potência Aparente [VA] (módulo da potência complexa)

A Potência Ativa P corresponde à potência média absorvida pelo elemento.

Potência Complexa (**S**)

A Potência Complexa pode ser calculada em termos dos fasores **V** e **I** por:

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{V} \cdot \bar{\mathbf{I}}}{2}$$



$\bar{\mathbf{I}}$ é o complexo conjugado do fasor **I**.

Forma Retangular:

$$\mathbf{S} = \frac{V_p \cdot I_p}{2} \cos(\theta_v - \theta_i) + j\frac{V_p \cdot I_p}{2} \operatorname{sen}(\theta_v - \theta_i)$$

Forma Polar:

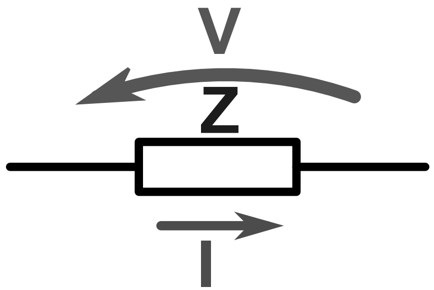
$$\mathbf{S} = \frac{V_p \cdot I_p}{2} \angle \theta_v - \theta_i$$

- Observe que $(\theta_v - \theta_i)$ é igual ao ângulo da impedância, θ_z

Potência Complexa (**S**)

A Potência Complexa também pode ser calculada em termos da impedância **Z** e do fasor **I**, por:

Se $\mathbf{Z} = R + jX = Z\underline{/\theta_z}$ e $\mathbf{I} = I_p\underline{/\theta_i}$



Forma Retangular:

$$\mathbf{S} = R \cdot \frac{I_p^2}{2} + j \cdot X \cdot \frac{I_p^2}{2}$$

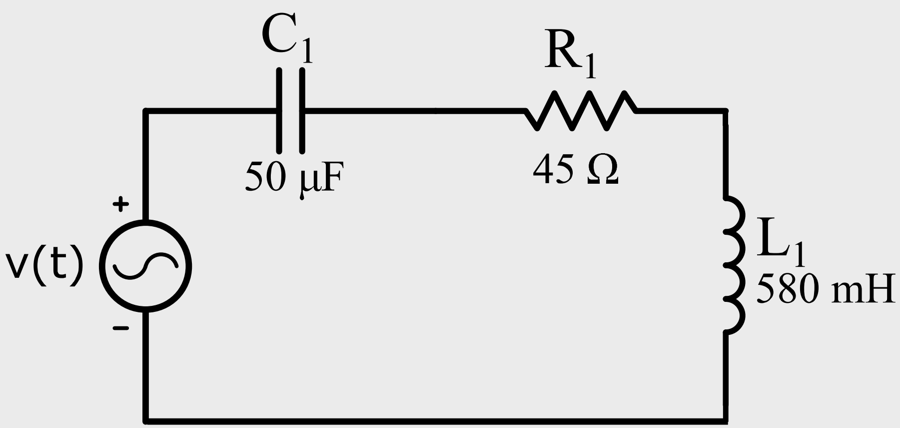
Forma Polar:

$$\mathbf{S} = Z \cdot \frac{I_p^2}{2}\underline{/\theta_z}$$

Exemplo 4

Potência complexa em um circuito série

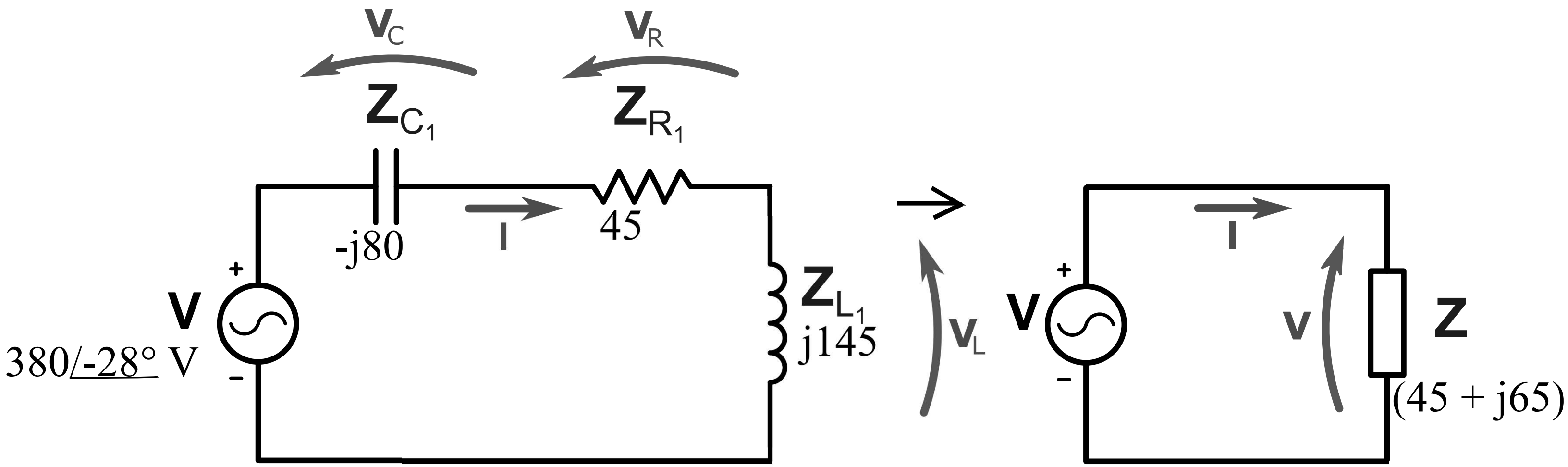
Determine a potência complexa em cada elemento do circuito a seguir. Em seguida, determine as potências ativa, reativa e aparente fornecidas pela fonte.



Solução: Representando o circuito no domínio da frequência

Exemplo 4 (continuação...)

Representação do circuito no domínio da frequência:



Impedâncias:

- $\mathbf{Z}_{C_1} = 80\underline{/-90^\circ}\ \Omega$;
- $\mathbf{Z}_{R_1} = 45\underline{/0^\circ}\ \Omega$;
- $\mathbf{Z}_{L_1} = 145\underline{/90^\circ}\ \Omega$;
- $\mathbf{Z} = 79,06\underline{/55,3^\circ}\ \Omega$;

Fasores:

- $\mathbf{V_C} = 384,53\underline{/-173,3^\circ}\ \mathrm{V}$
- $\mathbf{V_R} = 216,30\underline{/-83,3^\circ}\ \mathrm{V}$
- $\mathbf{V_L} = 696,97\underline{/6,7^\circ}\ \mathrm{V}$
- $\mathbf{I} = 4,8067\underline{/-83,3^\circ}\ \mathrm{A}$

Exemplo 4 (continuação...)

As potências complexas absorvidas por cada elemento do circuito são:

- Capacitor: $\mathbf{S}_C = \dfrac{\mathbf{V_C} \cdot \bar{\mathbf{I}}}{2} = \dfrac{384,53\underline{/-173,3^\circ} \cdot 4,8067\underline{/+83,3^\circ}}{2}$

  $\boxed{\mathbf{S}_C = 924,16\underline{/-90^\circ} = 0 + j(-924,16) \text{ VA}}$

- Resistor: $\mathbf{S}_R = \dfrac{\mathbf{V_R} \cdot \bar{\mathbf{I}}}{2} = \dfrac{216,30\underline{/-83,3^\circ} \cdot 4,8067\underline{/+83,3^\circ}}{2}$

  $\boxed{\mathbf{S}_R = 519,84\underline{/0^\circ} = 519,84 + j0 \text{ VA}}$

- Indutor: $\mathbf{S}_L = \dfrac{\mathbf{V_L} \cdot \bar{\mathbf{I}}}{2} = \dfrac{696,97\underline{/6,7^\circ} \cdot 4,8067\underline{/+83,3^\circ}}{2}$

  $\boxed{\mathbf{S}_L = 1675,06\underline{/+90^\circ} = 0 + j1675,06 \text{ VA}}$

Exemplo 4 (continuação...)

As potência complexa **fornecida pela fonte** é igual à potência **absorvida pela impedância equivalente** ($\mathbf{S}_Z$), e corresponde à soma das potências complexas absorvidas por cada elemento:

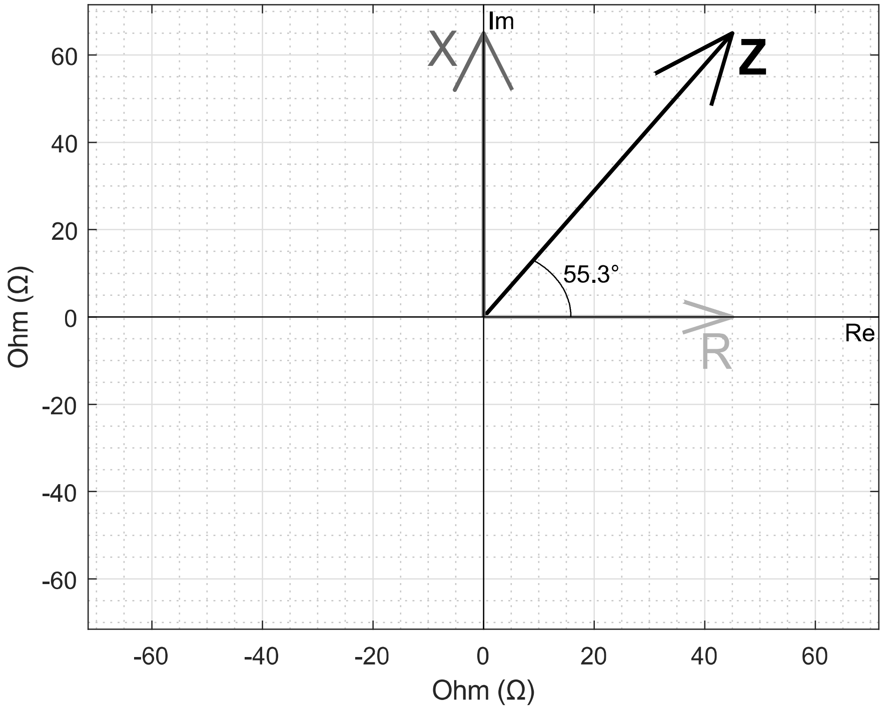
- Impedância Equivalente Z:
  $\mathbf{S}_Z = \mathbf{S}_C + \mathbf{S}_R + \mathbf{S}_L = 924,16\underline{/-90^\circ} + 519,84\underline{/0^\circ} + 1675,06\underline{/+90^\circ}$
  $\boxed{\mathbf{S}_Z = 913,28\underline{/55,3^\circ} = 519,84 + j750,9 \text{ VA}}$

O mesmo resultado pode ser obtido por $\mathbf{S}_Z = \dfrac{\mathbf{V} \cdot \bar{\mathbf{I}}}{2}$. Confira!

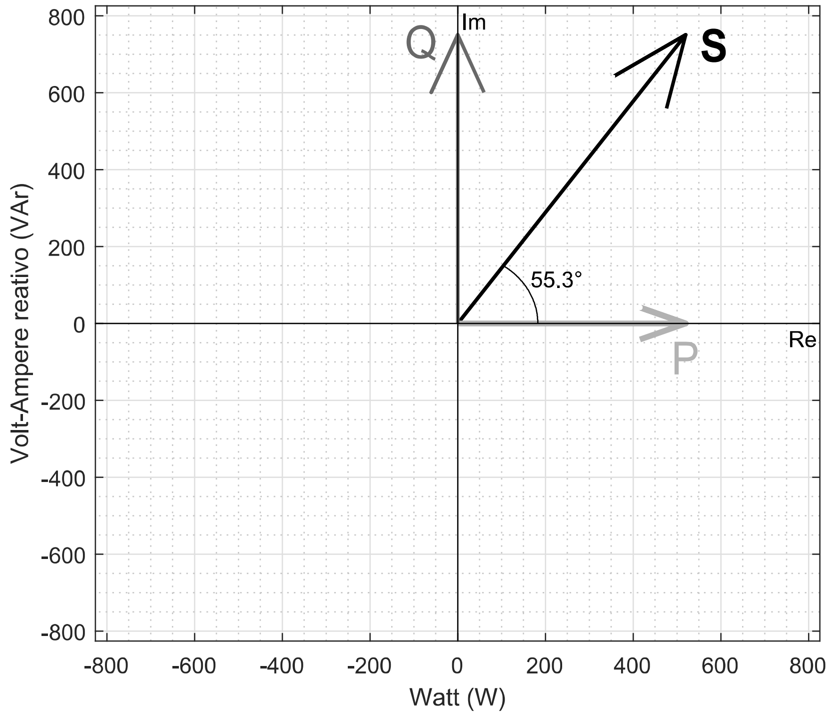
Note que o ângulo da potência complexa é o mesmo ângulo da impedância.

Exemplo 4 (continuação...)

Triângulo de Impedâncias:



Triângulo de Potências:



$\mathbf{Z} = 45 + j65 = 79,06\underline{/55,3^\circ}\ \Omega$

$\mathbf{S} = 519,84 + j750,9 = 913,28\underline{/55,3^\circ}$ VA

$P = 519,84$ W é a potência ativa e $Q = 750,9$ VAr corresponde a uma potência reativa com característica **indutiva**.

Exemplo 5

Cálculos de potência e impedância

A primeira figura mostra uma carga de impedância **Z** alimentada por uma fonte de corrente $i_s = 4\cos(5t - 35°)$ A. A fonte fornece à carga uma potência 20 - j20 VA. **(a)** determine a impedância da carga, **Z**; **(b)** Sabendo que a carga é composta por uma associação **em paralelo** de dois elementos (Figura 2 ou Figura 3), determine os valores dos dois componentes.

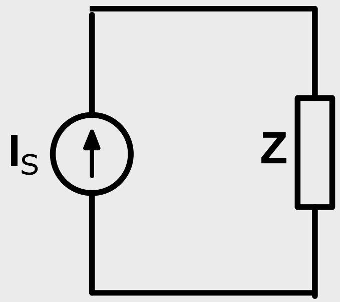


Figura 1

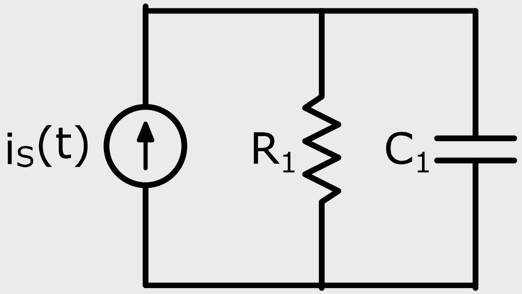


Figura 2

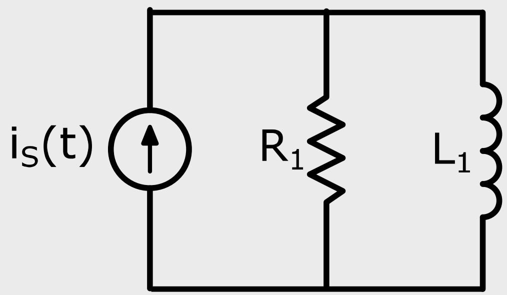


Figura 3

Exemplo 5 (continuação...)

Solução:

- A potência **complexa** fornecida pela fonte e, portanto, absorvida pela carga, é $\mathbf{S} = 20 - j20$ VA.
- Uma vez que a parte imaginária de **S** é negativa, a potência reativa absorvida pela carga tem característica **capacitiva**.
- Consequentemente, a carga é formada por uma associação de um resistor com um capacitor (Figura 2).

(a) Cálculo da impedância da carga, $\mathbf{Z} = R + jX$:

$$\mathbf{S} = R \cdot \frac{I_p^2}{2} + j \cdot X \cdot \frac{I_p^2}{2} = 20 + j \cdot (-20)$$

- $R \cdot \frac{I_p^2}{2} = 20 \Rightarrow R \cdot \frac{4^2}{2} = 20 \Rightarrow \boxed{\text{R=2,5 }\Omega}$
- $X \cdot \frac{I_p^2}{2} = -20 \Rightarrow X \cdot \frac{4^2}{2} = -20 \Rightarrow \boxed{\text{X=-2,5 }\Omega}$

Assim, a impedância da carga é $\boxed{\mathbf{Z} = 2,5 - j \cdot 2,5\ \Omega}$

Exemplo 5 (continuação...)

Importante: Não confundir a resistência da impedância **Z** ($R = 2,5\Omega$) com o valor do resistor da Figura 2
(neste exemplo, denotado por R_1 para facilitar!)

(b) Cálculo de R_1 e C_1:

$$\frac{1}{\mathbf{Z}_{R_1}} + \frac{1}{\mathbf{Z}_{C_1}} = \frac{1}{\mathbf{Z}} \Rightarrow \qquad \frac{1}{R_1} + \frac{1}{-j\dfrac{1}{\omega C_1}} = \frac{1}{\mathbf{Z}} \Rightarrow \qquad \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 = \frac{1}{\mathbf{Z}}$$

Substituindo os valores conhecidos:

$$\frac{1}{R_1} + j \cdot 5C_1 = \frac{1}{2,5 - j \cdot 2,5} \Rightarrow \qquad \frac{1}{R_1} + j \cdot 5C_1 = 0,2 + j \cdot 0,2$$

- $\frac{1}{R_1} = 0,2 \Rightarrow \boxed{R_1 = 5\Omega}$
- $5C_1 = 0,2 \Rightarrow \boxed{C_1 = 0,04 \text{ F}}$

Atividades

Leitura Complementar

[Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Seções 11.1 a 11.3 e 11.5.

Atividade 1

Refaça o Exemplo 4 desta Lição calculando as potências complexas em termos das impedâncias e do fasor de corrente. Verifique o resultados.

Atividade 2

Resolva os Exercícios **24 a 31** do **Caderno de Exercícios**.

Sugestões de Exercícios Complementares

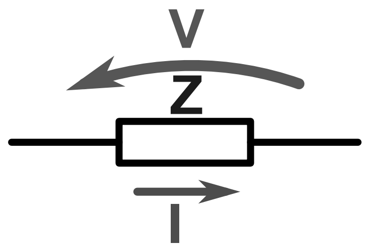
[Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Problemas P 11.5-4, P 11.5-7, P 11.5-12.
[Hayt Jr. et al., 2014]: Capítulo 11, Exercícios 7, 14.

Lição 7

Fator de Potência

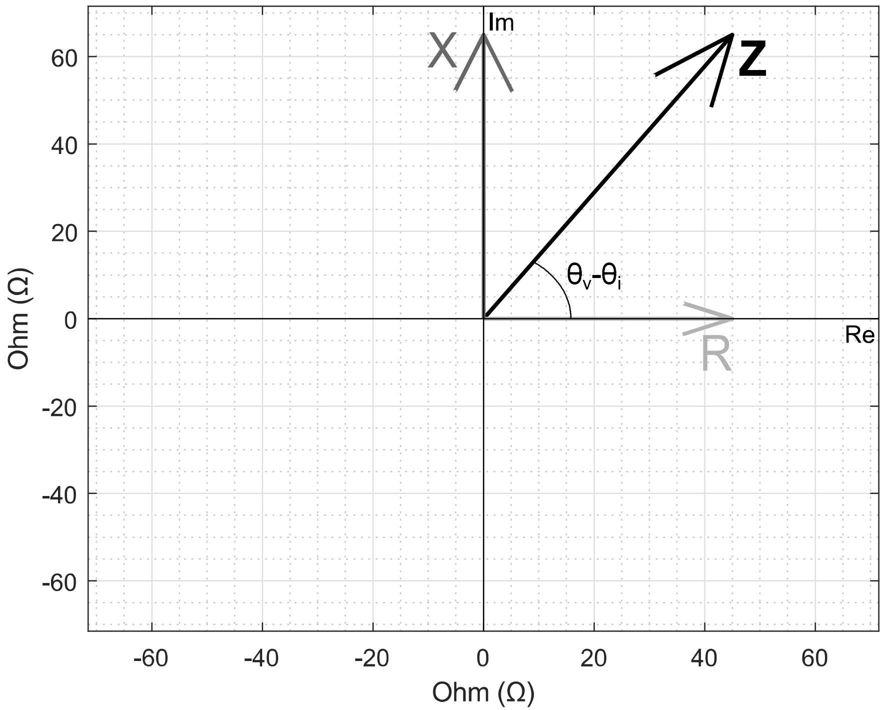
Potência média absorvida por um elemento do circuito (fonte senoidal):

$$P = \frac{V_p \cdot I_p}{2} \cos(\theta_v - \theta_i) \, [W]$$

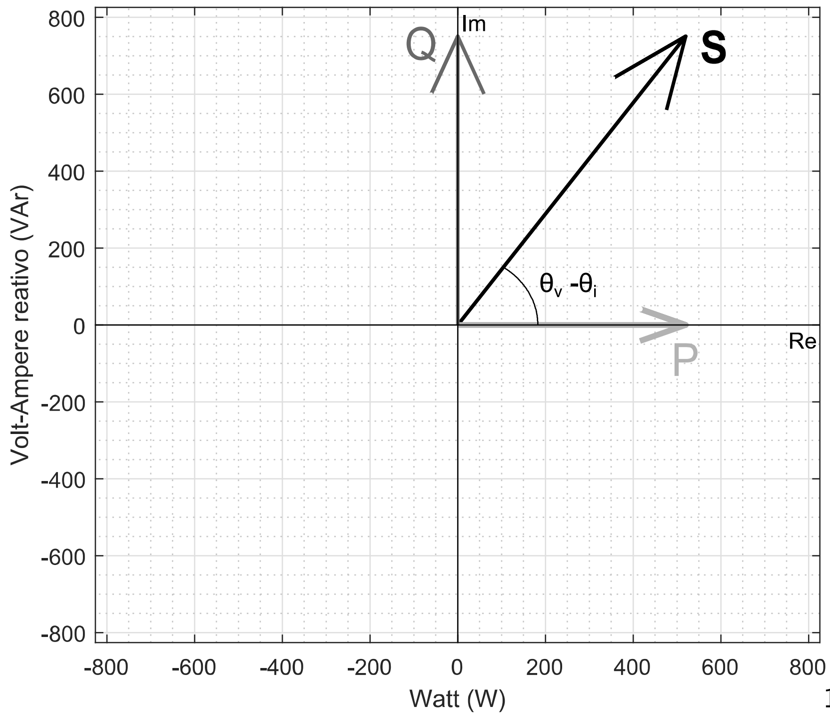


Fator de Potência:
$f_p = \cos(\theta_v - \theta_i)$

Triângulo de Impedâncias:



Triângulo de Potências:



Fator de Potência

Observações:

- Deve-se lembrar que o ângulo $\theta_v - \theta_i$ corresponde ao ângulo da impedância;
- O ângulo $\theta_v - \theta_i$ é comumente chamado de **ângulo do fator de potência**;
- A equação $f_p = \cos(\theta_v - \theta_i)$ permite avaliar o fator de potência em termos da tensão e da corrente;
- O fator de potência também pode ser calculado por diferentes formas:

Pelo triângulo de impedâncias:

$$f_p = \frac{R}{Z}$$

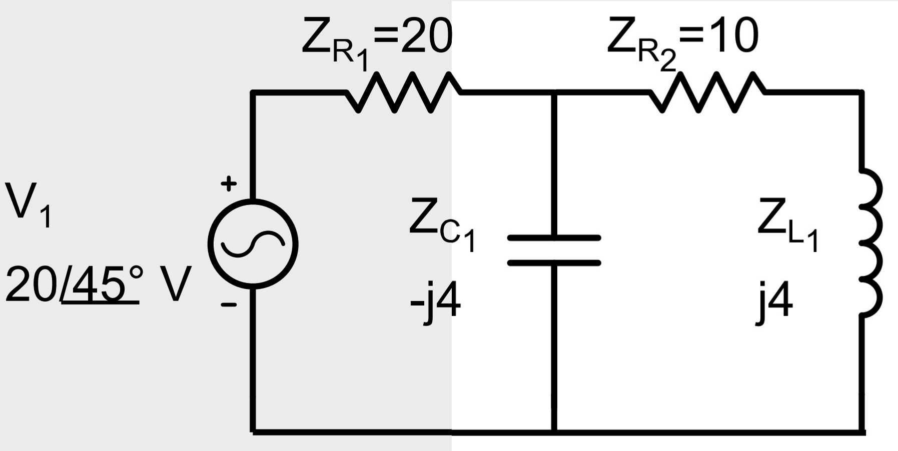
Pelo triângulo de potências:

$$f_p = \frac{P}{S}$$

Exemplo 1

Fator de potência

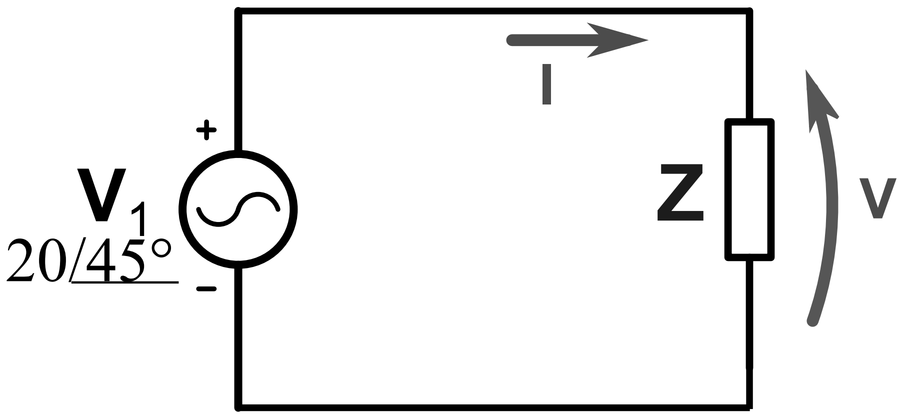
No circuito a seguir, determine o fator de potência da associação vista pela fonte.



Solução: Uma vez que as impedâncias de todos os elementos são conhecidas, pode-se calcular a impedância equivalente vista pela fonte.

Exemplo 1 (continuação...)

Pode-se verificar que o circuito original é equivalente ao circuito a seguir:



onde a impedância equivalente é $\mathbf{Z} = 21,967\underline{/-10,49^\circ} = 21,6 - j4\Omega$.
Assim:

- a corrente fornecida pela fonte é
$$\mathbf{I} = \frac{20\underline{/45^\circ}}{21,967\underline{/-10,49^\circ}} = 0,9105\underline{/55,49^\circ} \text{ A}$$
- A potência complexa fornecida pela fonte é
$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{V}\cdot\bar{\mathbf{I}}}{2} = \frac{20\underline{/45^\circ}\cdot 0,9105\underline{/-55,49^\circ}}{2}$$
$$\mathbf{S} = 9,105\underline{/-10,49} = 8,953 - j1,658 \text{ VA}$$

Exemplo 1 (continuação...)

Assim, o fator de potência da associação pode ser dado por:

- $f_p = \cos(\theta_v - \theta_i) = \cos(45 - 55,49) = \cos(-10,49) = 0,983;$
- $f_p = \dfrac{21,6}{21,967} = 0,983;$
- $f_p = \dfrac{8,953}{9,105} = 0,983$

Uma vez que o ângulo do fator de potência é **negativo**, então o fator de potência da associação é $f_p = 0,983$ **adiantado** ou $f_p = 0,983$ **capacitivo**.

> O fator de potência é sempre indicado por um valor numérico (entre 0 e 1) adimensional, acompanhado de um qualificador (atrasado ou adiantado).

Exemplo 2

Correção do fator de potência

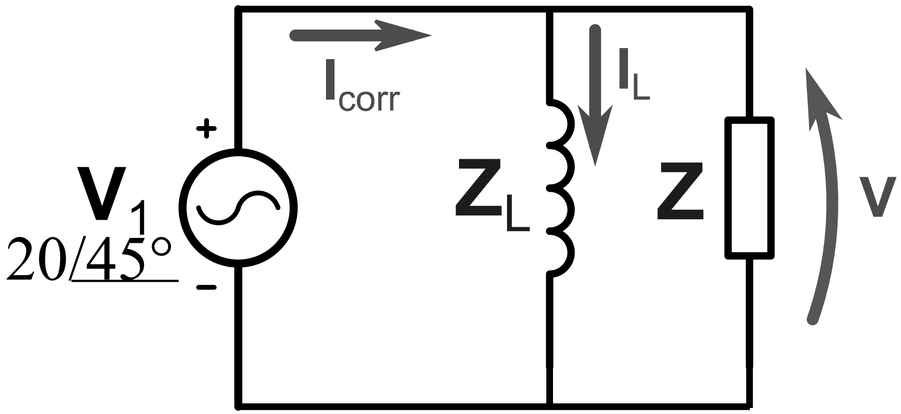
Determine qual a carga que deve ser ligada em paralelo com a impedância equivalente no circuito do Exemplo 1, a fim de corrigir o fator de potência do circuito para 1,0.

Solução: A potência complexa absorvida pela associação mostrada no Exemplo 1 é $\mathbf{S} = 8,953$-$j1,658$ VA. A potência reativa absorvida tem característica capacitiva.

Assim, deve-se acrescentar um elemento de impedância com característica indutiva, que absorva uma potência complexa $\mathbf{S}_L = 0+jQ_L = 0+j1,658$ VA. Portanto, o elemento a ser acrescentado é um indutor.

Exemplo 2 (continuação...)

O circuito após a correção do fator de potência pode ser representado no domínio da frequência por:



A potência complexa $\mathbf{S}_L$ absorvida pela impedância $\mathbf{Z}_L = jX_L$ é dada por:

$\mathbf{S}_L = 0 + j \cdot X_L \cdot \dfrac{I_{L_p}^2}{2}$.

Por sua vez, a corrente de pico que circula pelo indutor, I_{L_p}, é $I_{L_p} = \frac{V_1}{X_L}$.
Assim, tem-se:

$\mathbf{S}_L = 0 + j \cdot \dfrac{V_1^2}{2X_L}$

Exemplo 2 (continuação...)

Igualando a equação anterior ao valor desejado da potência complexa e substituindo os valores conhecidos:

$$0+j1,658 = 0 + j \cdot \frac{V_1^2}{2X_L}$$

$$j1,658 = j \cdot \frac{20^2}{2X_L}$$

Assim, a reatância do indutor é

$$\boxed{X_L = \frac{20^2}{2 \cdot 1,658} = 120,627\Omega}$$

Após a correção, a potência complexa fornecida pela fonte será $\mathbf{S}_{corr} = 8,953+j0$ VA, e a nova corrente fornecida pela fonte, $\mathbf{I}_{corr}$, pode ser obtida por

$$\mathbf{S}_{corr} = \frac{\mathbf{V} \cdot \bar{\mathbf{I}}_{corr}}{2} \Rightarrow 8,953\angle 0^\circ = \frac{20\angle 45^\circ \cdot \bar{\mathbf{I}}_{corr}}{2}$$

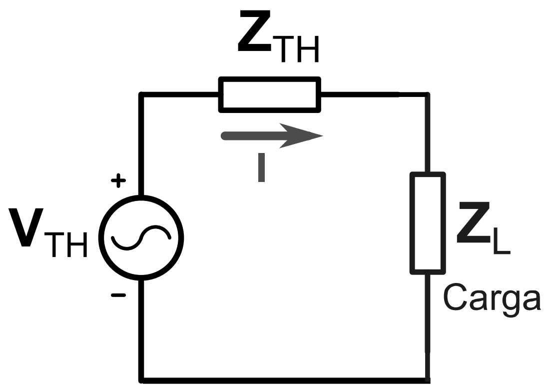
$$\bar{\mathbf{I}}_{corr} = 0,8953\angle -45^\circ \Rightarrow \boxed{\mathbf{I}_{corr} = 0,8953\angle +45^\circ \text{ A}}$$

Interpretação dos resultados e observações

- O conceito de fator de potência é importante para a operação de sistemas de potência, em que há transferência de energia de um ponto a outro de um circuito.
- A correção do fator de potência de uma carga ou de um circuito tem o objetivo de **diminuir a potência reativa** fornecida/absorvida, **sem alterar a potência ativa**.
- Observe que a corrente fornecida pela fonte está em fase com a tensão da fonte, no circuito corrigido.
- Observe que a **intensidade da corrente** fornecida pela fonte **no circuito corrigido é menor** do que no circuito original.
- A correção visa aumentar o fator de potência, porém normalmente para um valor próximo e não necessariamente igual à unidade.
- Se a frequência for conhecida, pode-se especificar o valor da indutância necessária.
- Normalmente, é mais comum que um circuito tenha característica indutiva e necessite de uma compensação por meio de um capacitor.

Teorema da Máxima Transferência de Potência

Circuito representado pelo circuito equivalente de Thevenin:



A **potência média** fornecida pelo circuito à **carga** é **máxima** quando a impedância $\mathbf{Z}_L$ é igual ao complexo conjugado da impedância $\mathbf{Z}_{TH}$:

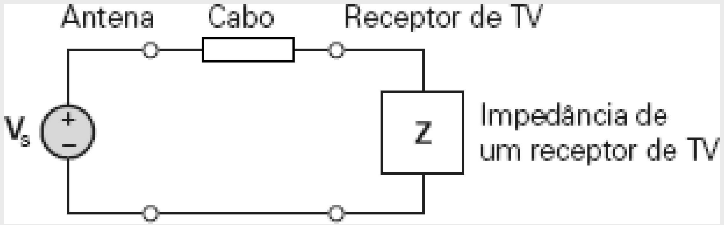
$$\mathbf{Z}_L = \bar{\mathbf{Z}}_{TH}$$

Demonstração: [Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Seção 11.8.

Exemplo 3

Máxima transferência de Potência

[Svoboda; Dorf, 2016] Um aparelho de televisão recebe o sinal da antena através de um cabo de impedância $200 + j12\Omega$, em que $v_s = 4\cos(\omega t)$ mV. A frequência da estação que está sendo sintonizada é 52 MHz. Determine a máxima potência que pode ser fornecida ao receptor.



Solução: A potência média transferida para o receptor é máxima quando a impedância $\mathbf{Z}$ é escolhida de tal forma que seja igual ao complexo conjugado da impedância do cabo, ou seja, $\mathbf{Z} = 200 - j12\Omega$.

Exemplo 3 (continuação...)

A potência média P transferida para o receptor pode ser calculada por: $P = \dfrac{R \cdot I_p^2}{2}$, onde R é a parte real da impedância do receptor $\mathbf{Z}$, e I_p é o módulo do fasor da corrente que percorre o circuito.

A corrente do circuito é:

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}_S}{\mathbf{Z}_{cabo} + \mathbf{Z}} = \frac{0,004\underline{/0^\circ}}{200 + j12 + 200 - j12} = 10\underline{/0^\circ}\ \mu\text{A}$$

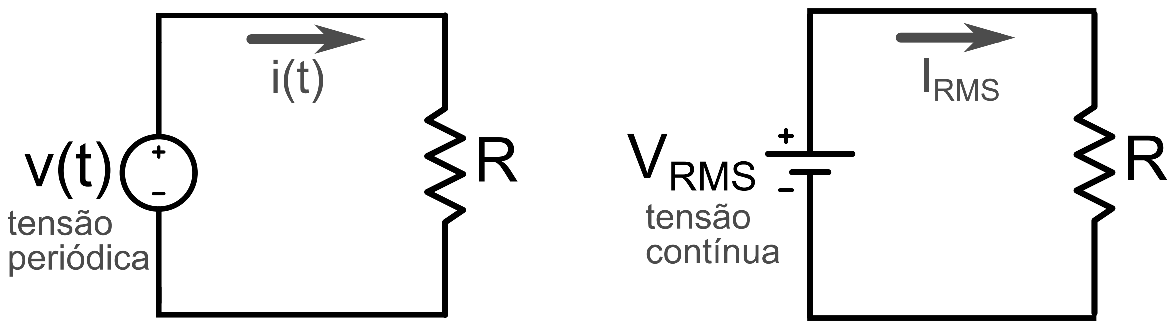
Assim, tem-se:

$$P = \frac{200 \cdot (10 \times 10^{-6})^2}{2} = 10\ \text{nW}.$$

Valor Eficaz ou Valor RMS

O valor eficaz de **qualquer forma de onda periódica** de **tensão ou corrente** é uma medida da capacidade desta tensão ou corrente fornecer potência (ou energia) a um **resistor** de carga.

> O valor eficaz de uma tensão periódica (V_{RMS}) ou de uma corrente periódica (I_{RMS}) corresponde ao valor da tensão ou corrente **contínua** que fornece a um resistor de carga a mesma potência média fornecida pela forma de onda periódica.



Valor Eficaz ou Valor RMS

A tensão eficaz de uma forma de onda de tensão $v(t)$ é dada por:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t)\,dt}$$

Analogamente, a corrente eficaz de uma forma de onda de corrente $i(t)$ é dada por:

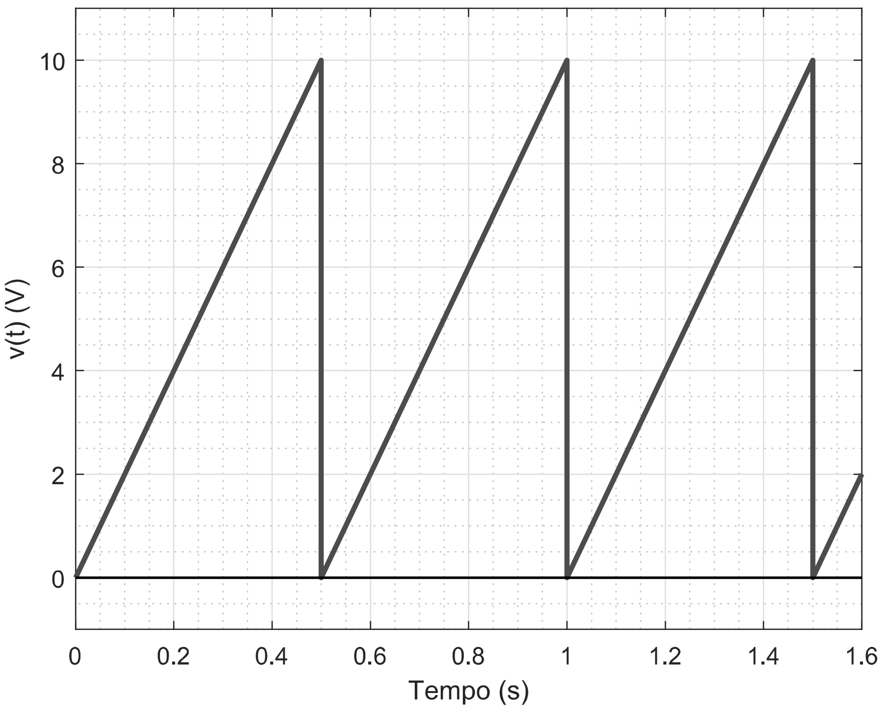
$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t)\,dt}$$

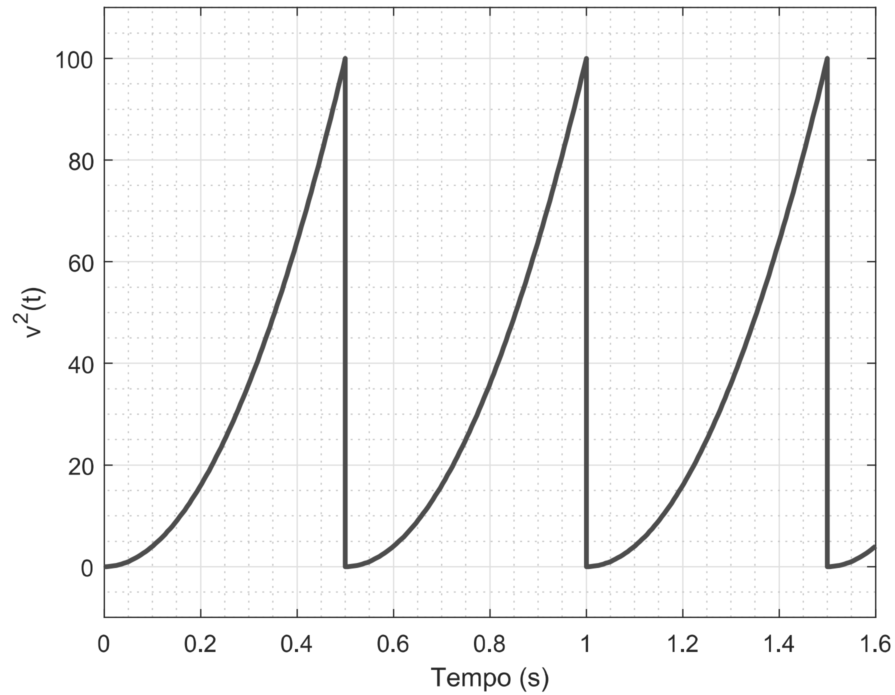
em que T é o período da função.

Exemplo: Cálculo de valor RMS

$v(t)$**:** forma de onda dente de serra

$v^2(t)$**:**





$$V_{RMS} = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5,77 \text{ V} \quad \Leftarrow \quad V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{0,5}\int_0^{0,5} v^2(t)\,dt}$$

Caso particular: senoidal

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \theta_v) \quad \Rightarrow \quad V_{RMS} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

- Não confundir valor eficaz (um escalar, um número real) com um fasor (número complexo).
- Exemplo: Uma **rede elétrica de tensão 220V** (este é o **valor eficaz**) fornece uma tensão senoidal com **amplitude de pico de aproximadamente 311 V**.
- Muitas vezes, valores de tensão ou corrente são especificados sem explicitar a qual dos valores (de pico ou eficaz) se referem.
- Assim, deve-se estar atento ao **contexto** no qual a informação é dada.
- Em geral, no contexto da transmissão de energia/potência elétrica, as tensões e correntes são especificados em valores eficazes.

Caso particular: senoidal

- Os cálculos de potência já estudados também podem ser realizados em termos dos valores eficazes.
  Exemplo: cálculo de Potência Ativa

$$P = \frac{V_p \cdot I_p}{2}\cos(\theta_v - \theta_i)\,[W] \qquad \Rightarrow \qquad P = V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)\,[W]$$

- Na análise de circuitos, os fasores também podem ser representados em termos dos valores eficazes.
  Exemplo:

Senoide: $i(t) = 100\cos(50t + 20^\circ)$ A $\Rightarrow$ **Fasor correspondente:** $\mathbf{I} = 100\underline{/20^\circ}$ A ou $\mathbf{I} = 70,71\underline{/20^\circ}$ A rms

Exemplo 4

Cálculos de corrente e potência utilizando valores eficazes

Analise o Exemplo 11.6-1 de
[Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Seção 11.6.

Atividades

Leitura Complementar

[Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Seção 11.6.

Atividade 1

Reescreva as equações estudadas para cálculo de potências (ativa, reativa, aparente e complexa) em termos dos valores eficazes de tensão e corrente.

Atividade 2

Demonstre o cálculo do valor RMS da forma de onda dente de serra e confira o resultado apresentado no exemplo desta lição.

Atividades

Atividade 3

Resolva os Exercícios **32 a 39** do **Caderno de Exercícios**.

Sugestões de Exercícios Complementares

[Svoboda; Dorf, 2016]: Capítulo 11, Problemas P 11.5-12, P 11.5-13, P 11.6-7, .
[Hayt Jr. et al., 2014]: Capítulo 11, Exercícios 33, 37, 45.