

Curso Técnico em Eletrotécnica

Resposta dos Dispositivos Básicos R, L e C em CA

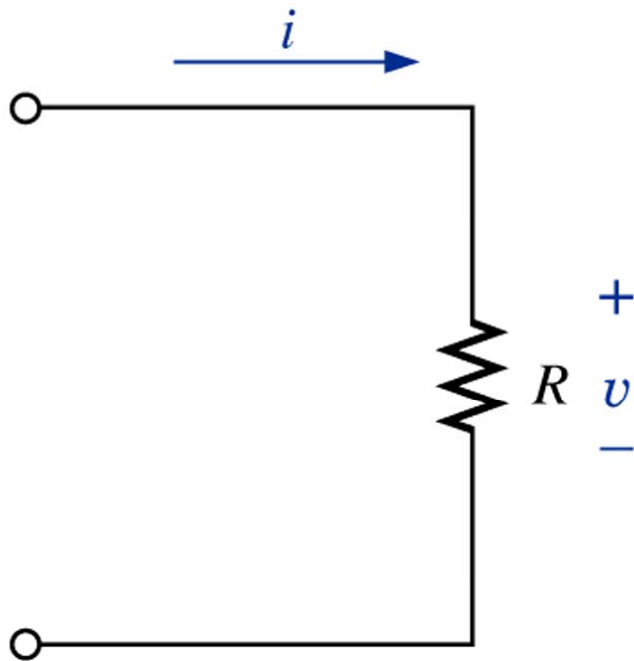
AULA III

Sequência de conteúdos:

1. Resposta do capacitor (C) em CA

Vitória-ES

Resposta do resistor em CA



Para uma dada tensão:

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

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{V_m \cdot \text{sen}(\omega t)}{R}$$

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

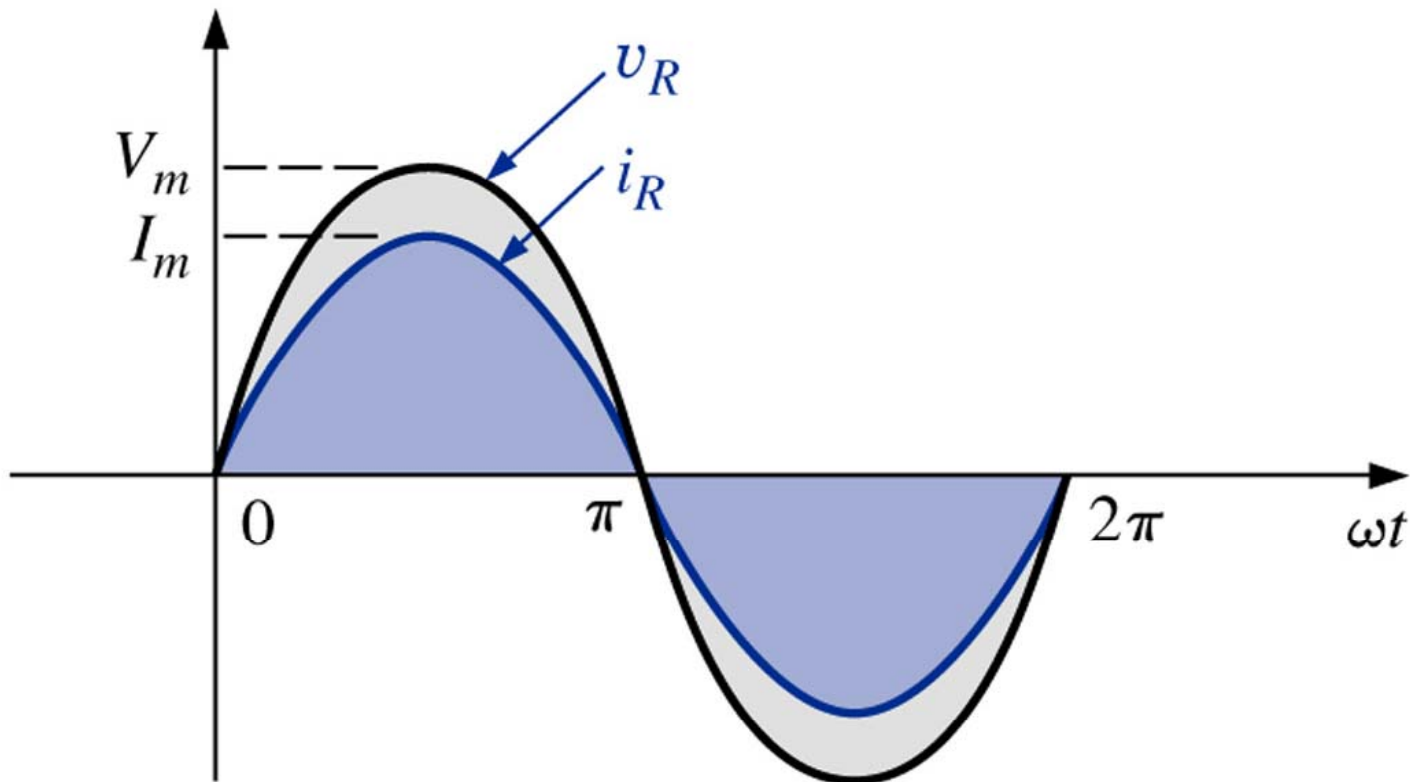
$$i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

Lei de Ohm

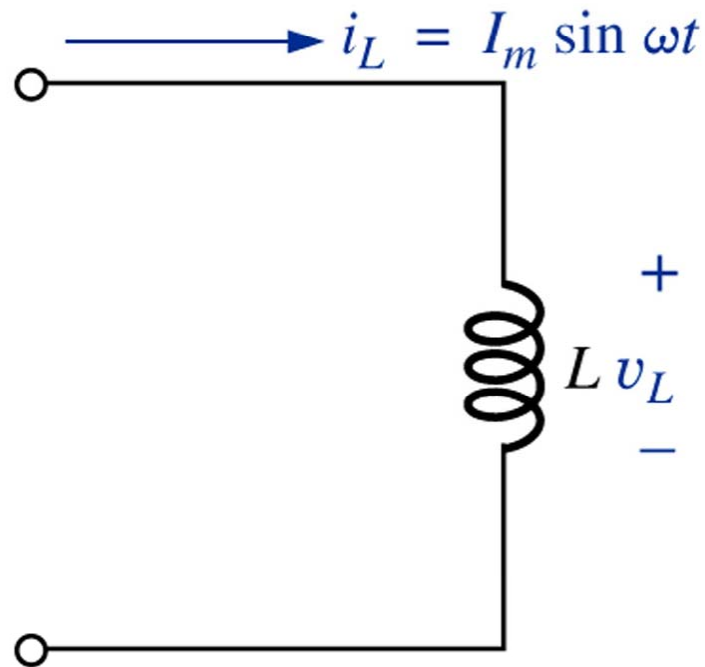
$$i(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega t)$$

Resposta do resistor em CA

No caso de um dispositivo puramente resistivo, a tensão e a corrente no dispositivo estão em fase, sendo a relação entre os seus valores de pico dada pela lei de ohm.



Resposta do indutor em CA



Para uma dada corrente:

$$i_L(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$v_L(t) = L \frac{d(i_L(t))}{dt}$$

$$v_L(t) = L \frac{d(I_m \cdot \text{sen}(\omega t))}{dt}$$

$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_m \cdot \text{cos}(\omega t)$$

$$V_m = \omega \cdot L \cdot I_m$$

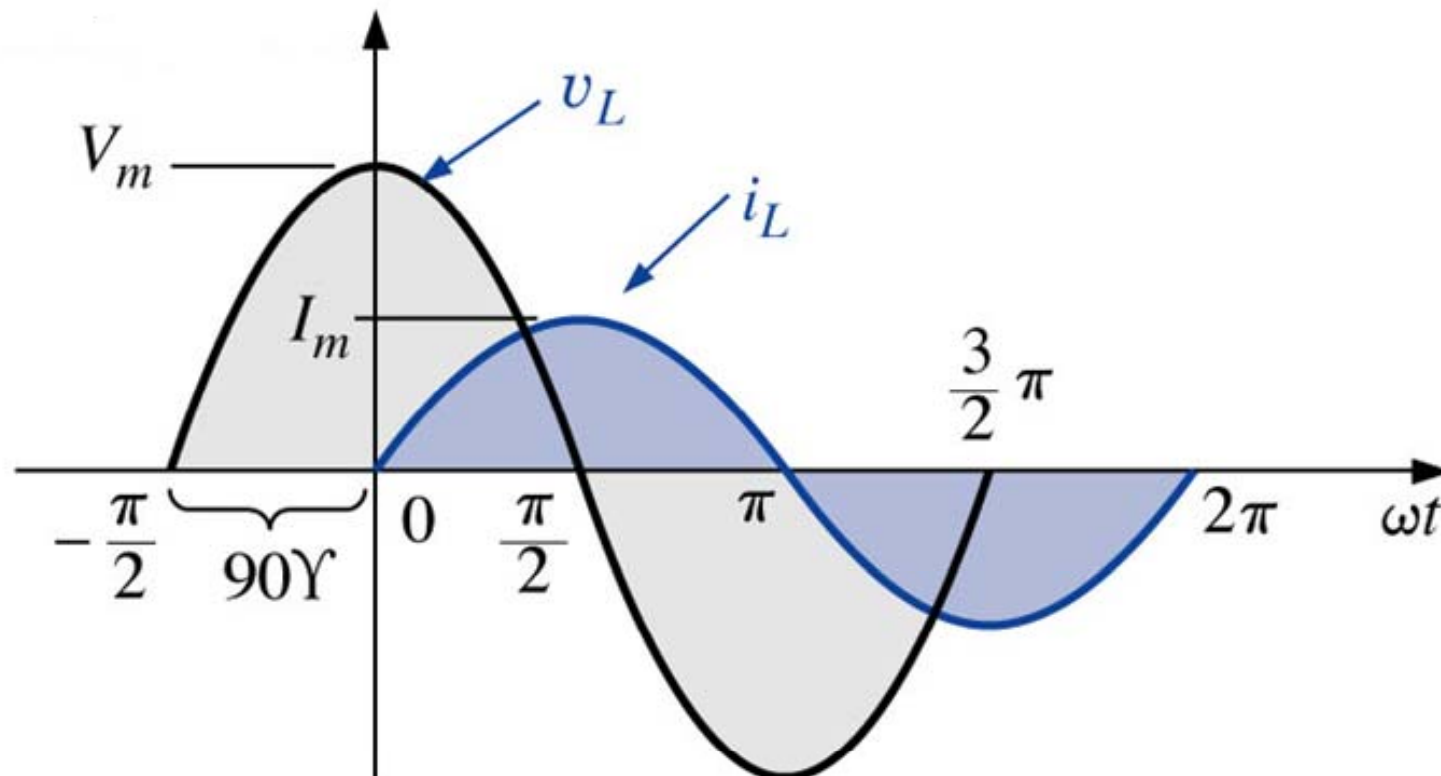
$$v_L(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega t + 90^\circ)$$

$$v_L(t) = L \frac{d(i_L(t))}{dt}$$

Relação $v \times i$ no indutor

Resposta do indutor em CA

Para um indutor, v_L está adiantada 90° em relação a i_L . Em outras palavras, i_L está atrasada 90° em relação a v_L .



Resposta do indutor em CA

Incluindo o ângulo de fase:

$$i_L(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta)$$

$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_m \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta + 90^\circ)$$

Em termos de causa e efeito:

$$\text{Efeito} = \frac{\text{causa}}{\text{oposição}} \longrightarrow \text{Oposição} = \frac{\text{causa}}{\text{efeito}}$$

$$I_p = \frac{V_p}{\text{Oposição}}$$

Lei de Ohm no pico

$$\text{Oposição} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{\omega \cdot L \cdot I_m}{I_m} = \omega \cdot L$$

Resposta do indutor em CA

Definindo:

$$X_L = \omega \cdot L \text{ (ohms, } \Omega \text{)}$$

Usando os valores de pico:

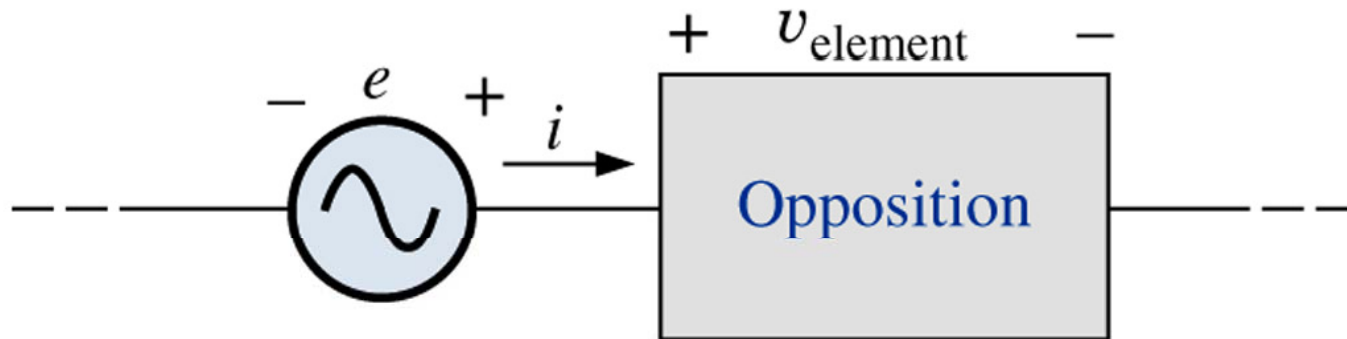
$$X_L = \frac{V_m}{I_m} \text{ (ohms, } \Omega \text{)}$$

$X_L \rightarrow$ Reatância indutiva

A reatância indutiva é uma oposição à corrente que resulta em uma troca contínua de energia entre a fonte e o campo magnético do indutor. Em outras palavras, a reatância indutiva, ao contrário da resistência (que dissipa energia na forma de calor), não dissipa energia elétrica (ignorando os efeitos da resistência interna do indutor).

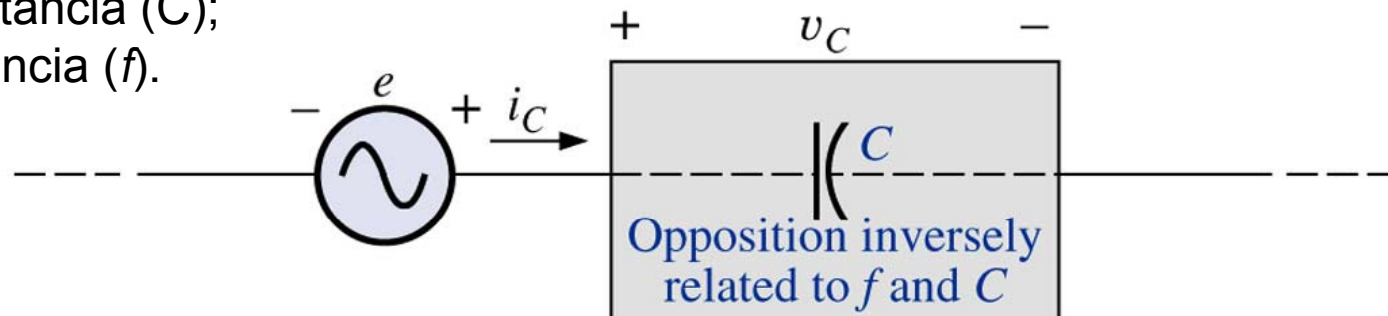
Resposta do capacitor em CA

Um capacitor, ou circuito com predominância capacitiva, se opõe à variação de tensão.

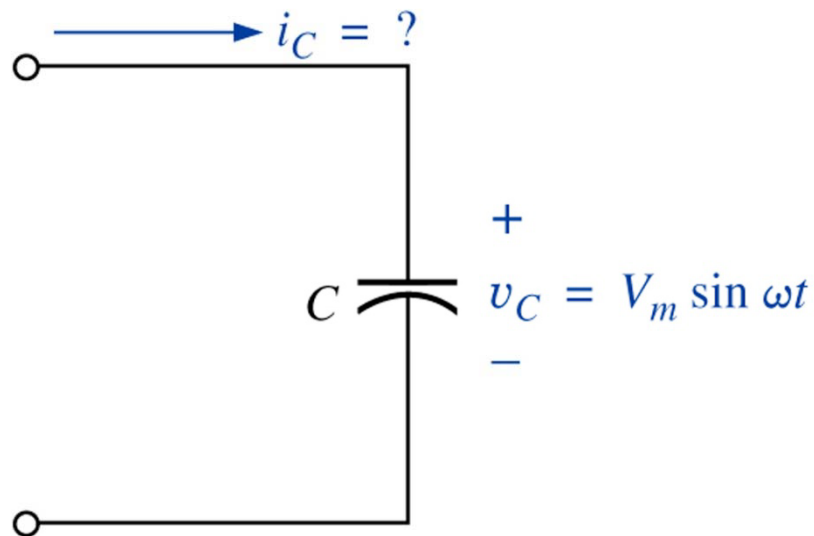


A oposição é função de:

- Capacitância (C);
- Frequência (f).



Resposta do capacitor em CA



Para uma dada tensão:

$$v_C(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$i_C(t) = C \frac{d(v_C(t))}{dt}$$

$$i_C(t) = C \frac{d(V_m \cdot \text{sen}(\omega t))}{dt}$$

$$i_C(t) = \omega \cdot C \cdot V_m \cdot \text{cos}(\omega t)$$

$$I_m = \omega \cdot C \cdot V_m$$

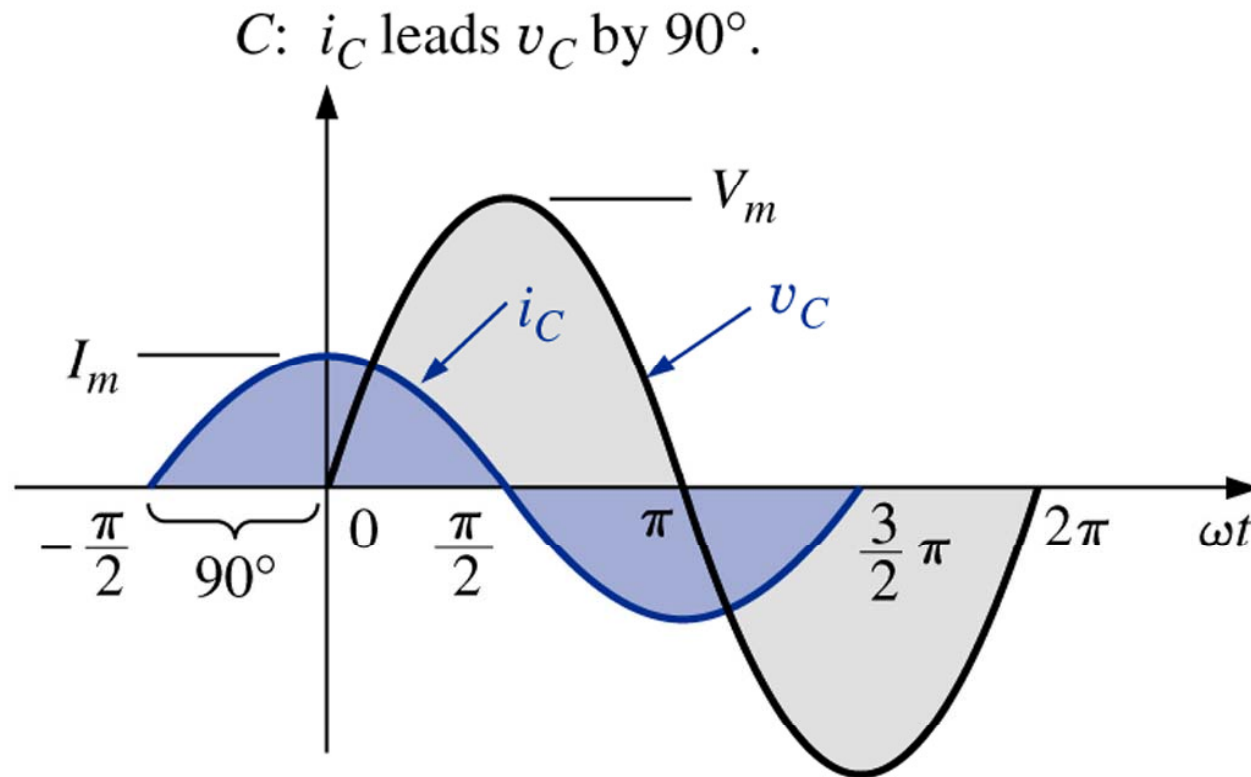
$$i_C(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega t + 90^\circ)$$

$$i_C(t) = C \frac{d(v_C(t))}{dt}$$

Relação $v \times i$ no capacitor

Resposta do capacitor em CA

Para um capacitor, i_C está adiantada 90° em relação a v_C . Em outras palavras, v_C está atrasada 90° em relação a i_C .



Resposta do capacitor em CA

Incluindo o ângulo de fase:

$$v_C(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta)$$

$$i_c(t) = \omega \cdot C \cdot V_m \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta + 90^\circ)$$

Em termos de causa e efeito:

$$\text{Efeito} = \frac{\text{causa}}{\text{oposição}} \longrightarrow \text{Oposição} = \frac{\text{causa}}{\text{efeito}}$$

$$I_p = \frac{V_p}{\text{Oposição}}$$

Lei de Ohm no pico

$$\text{Oposição} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_m}{\omega \cdot C \cdot V_m} = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Resposta do capacitor em CA

Definindo:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \text{ (ohms, } \Omega \text{)}$$

Usando os valores de pico:

$$X_C = \frac{V_m}{I_m} \text{ (ohms, } \Omega \text{)}$$

$X_C \rightarrow$ Reatância capacitiva

A reatância capacitiva é uma oposição à tensão que resulta em uma troca contínua de energia entre a fonte e o campo elétrico do capacitor. Em outras palavras, a reatância capacitiva, ao contrário da resistência (que dissipa energia na forma de calor), não dissipa energia elétrica (ignorando os efeitos da resistência interna do capacitor).

Resposta do capacitor em CA

Ainda, para o indutor e para o capacitor:

$$v_L(t) = L \frac{d(i_L(t))}{dt}$$

$$i_C(t) = C \frac{d(v_C(t))}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int v_L(t) \cdot dt$$

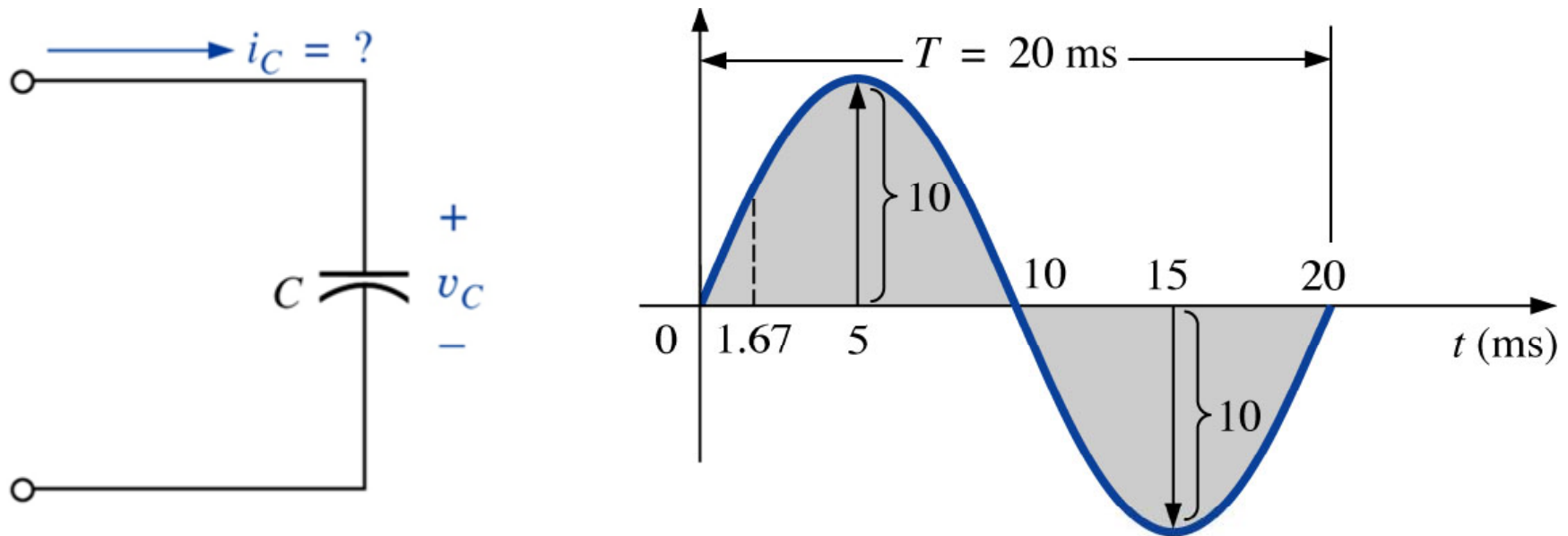
$$v_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) \cdot dt$$

Se a corrente estiver adiantada em relação à tensão aplicada, o circuito será predominantemente capacitivo e, se a tensão aplicada estiver adiantada em relação à corrente, ele será predominantemente indutivo.

Resposta do capacitor em CA

Exercício: Considere que o capacitor do circuito abaixo esteja submetido à tensão com forma de onda senoidal conforme a figura. Determine:

- Esboce a forma de onda da corrente no capacitor;
- Determine a corrente de pico no capacitor;
- Determine a corrente eficaz no circuito;
- Determine a tensão eficaz no capacitor.



Comportamento de R, L e C em CA

Exemplo 14.7: Dados os pares de expressões para tensões e correntes a seguir, determine se o dispositivo envolvido é um capacitor, um indutor ou um resistor e calcule os valores de C, L e R se houver dados suficientes para isso:

a) $v = 100 \cdot \text{sen}(\omega t + 40^\circ)$

$$i = 20 \cdot \text{sen}(\omega t + 40^\circ)$$

b) $v = 1000 \cdot \text{sen}(377t + 10^\circ)$

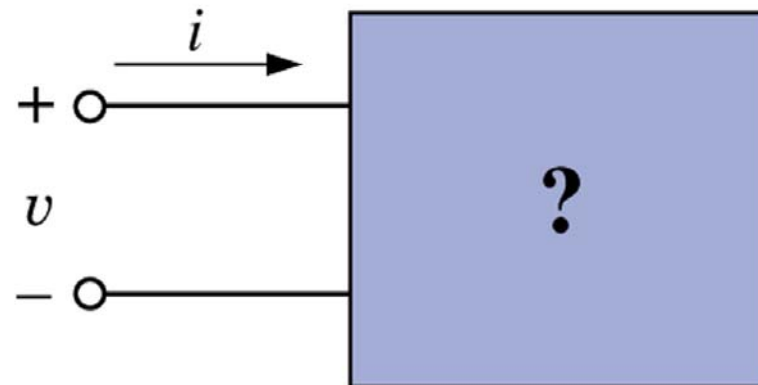
$$i = 5 \cdot \text{sen}(377t - 80^\circ)$$

c) $v = 500 \cdot \text{sen}(157t + 30^\circ)$

$$i = 1 \cdot \text{sen}(157t + 120^\circ)$$

d) $v = 50 \cdot \text{cos}(\omega t + 20^\circ)$

$$i = 5 \cdot \text{sen}(\omega t + 110^\circ)$$



Comportamento de R, L e C com a frequência

R

Resistor

$$X_L = \omega \cdot L$$

Indutor

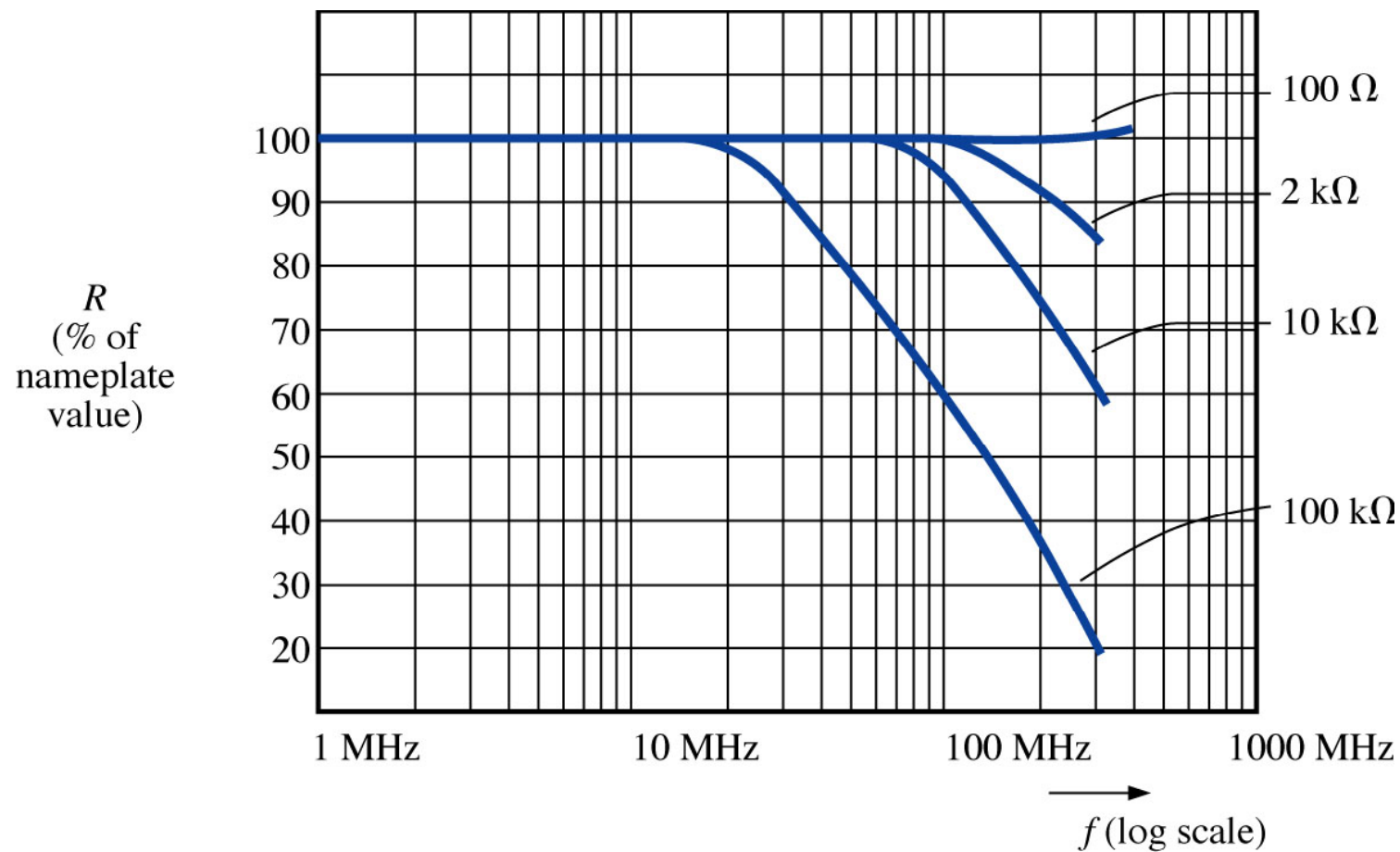
$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Capacitor

Frequência	Elemento		
$f \Rightarrow 0 \text{ Hz}$	R	$X_L = 2\pi \cdot \omega \cdot 0 = 0 \Omega$	$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 0 \cdot C} = \frac{1}{0} = \infty \Omega$
$f \Rightarrow \infty \text{ Hz}$	R	$X_L = 2\pi \cdot \omega \cdot \infty = \infty \Omega$	$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot \infty \cdot C} = \frac{1}{\infty} = 0 \Omega$

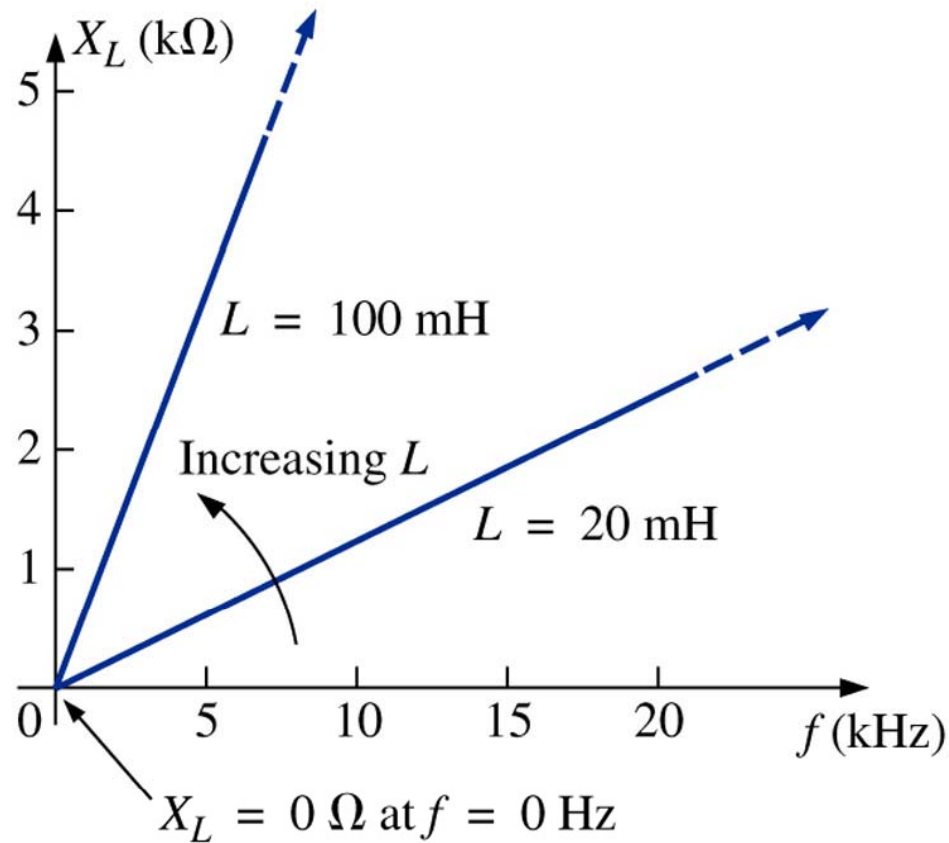
Comportamento de R, L e C com a frequência

Comportamento de resistores de carbono em função da frequência:



Comportamento de R, L e C com a frequência

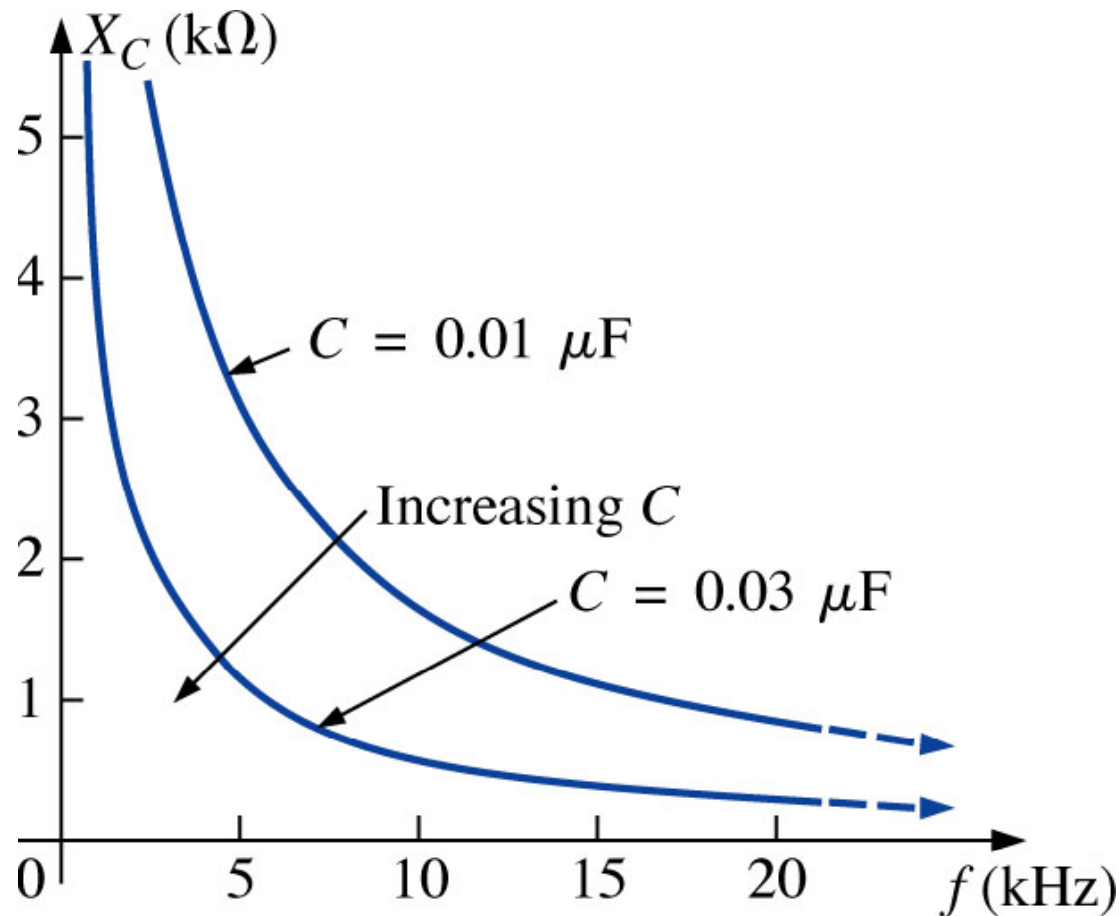
Comportamento de indutores puros ($R=0 \Omega$) em função da frequência:



$$X_L = \omega \cdot L$$

Comportamento de R, L e C com a frequência

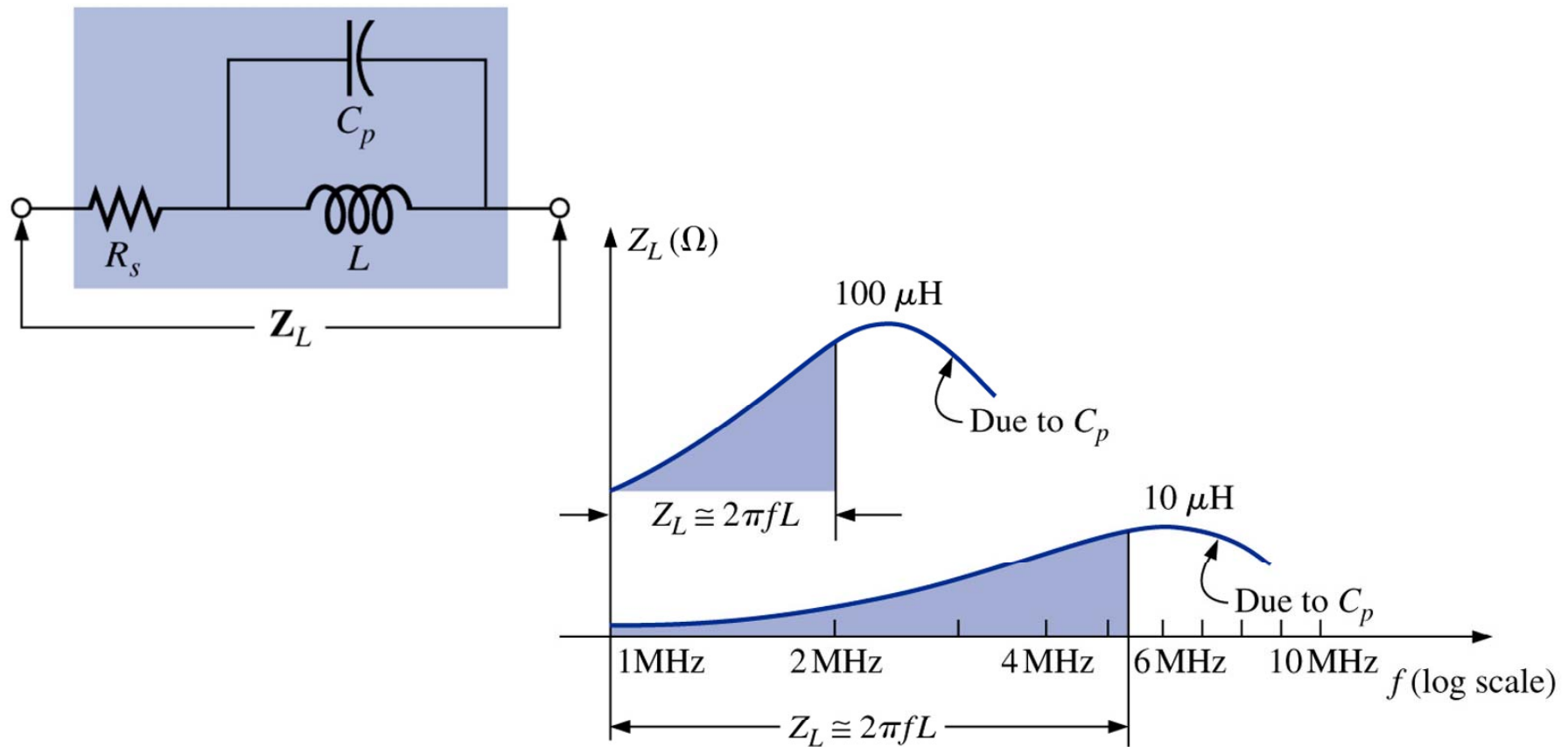
Comportamento de capacitores puros ($R=0 \Omega$) em função da frequência:



$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

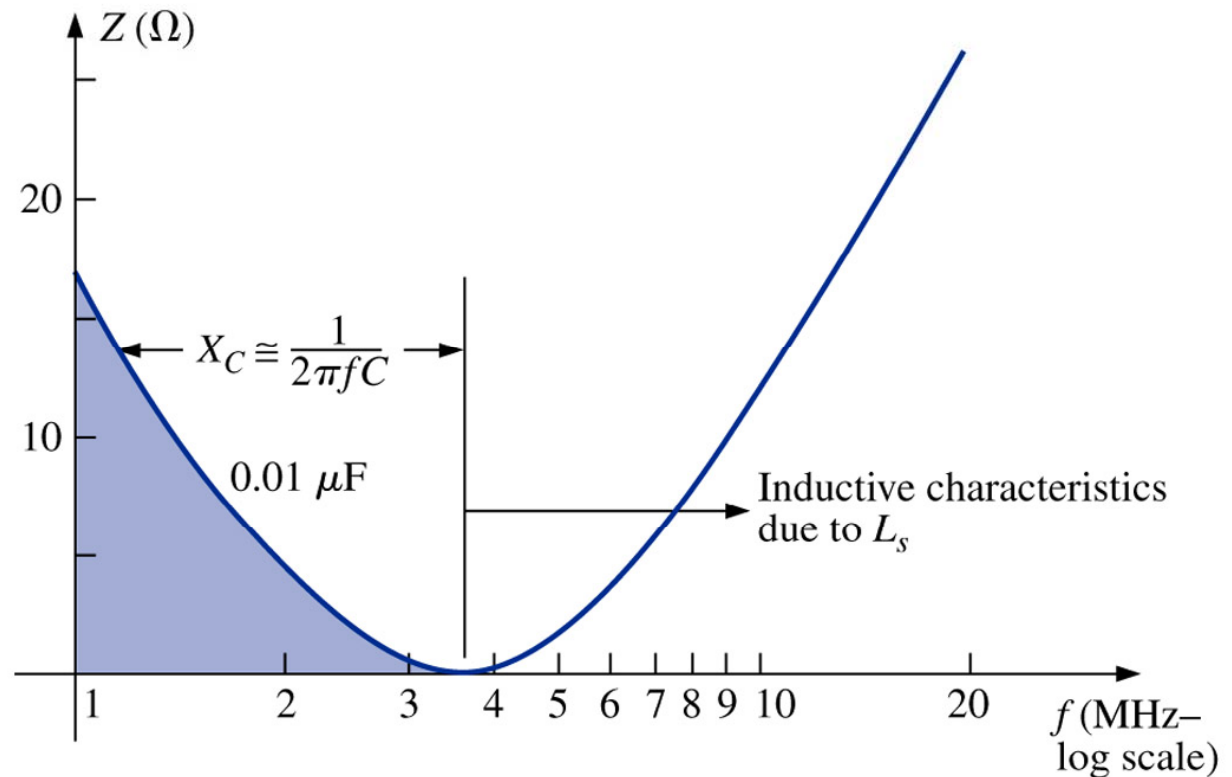
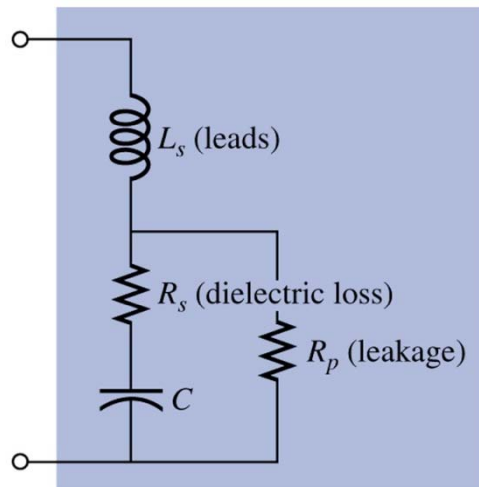
Comportamento de R, L e C com a frequência

Comportamento de indutores reais em função da frequência:



Comportamento de R, L e C com a frequência

Comportamento de capacitores reais em função da frequência:



Potência média em CA

Considerando que em determinado elemento se tenha:

$$v(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_v) \quad i(t) = I_m \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_i)$$

A potência será:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = V_m \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_v) \cdot I_m \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_i)$$

$$p(t) = V_m \cdot I_m \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_v) \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_i)$$

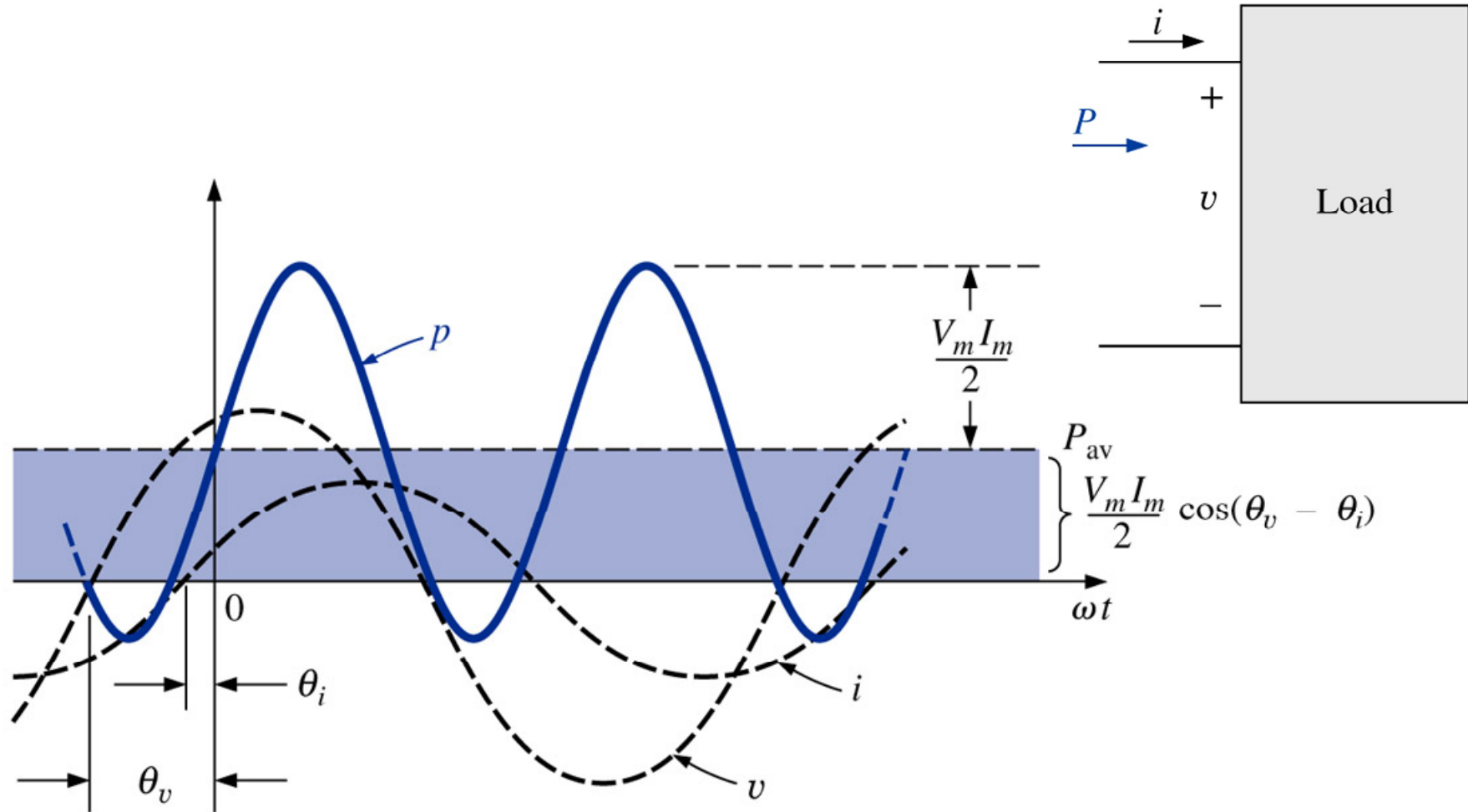
Após usar identidades trigonométricas e algumas manipulações:

$$p(t) = \left[\frac{V_m I_m}{2} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \right] - \left[\frac{V_m I_m}{2} \cdot \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) \right]$$

Valor fixo

Valor que varia no tempo

Potência média em CA



Potência média em CA

O valor da potência média não depende do fato da tensão estar atrasada ou adiantada em relação à corrente.

$$P = \frac{V_m I_m}{2} \cdot \cos(\theta) \quad (\text{watts, W})$$

$$\theta = \theta_v - \theta_i$$

Defasagem entre tensão e corrente

Considerando valores eficazes:

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\theta)$$

Potência média em CA

No resistor:

$$\theta = \theta_v - \theta_i = 0^\circ \quad \text{Defasagem entre tensão e corrente}$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(0) = V_{ef} \cdot I_{ef} = \frac{V_m I_m}{2}$$

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{R} \quad P = V_{ef} \cdot I_{ef} = V_{ef} \cdot \frac{V_{ef}}{R} = \frac{V_{ef}^2}{R}$$

$$V_{ef} = R \cdot I_{ef} \quad P = V_{ef} \cdot I_{ef} = R \cdot I_{ef} \cdot I_{ef} = R \cdot I_{ef}^2$$

Potência média em CA

No indutor:

Defasagem entre tensão e corrente

$$\theta = \theta_v - \theta_i = 0 - (-90^\circ) = 90^\circ$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(90^\circ) = 0 \text{ W}$$

A potência média ou potência dissipada por um indutor ideal (sem resistência associada) é zero.

Potência média em CA

No capacitor:

Defasagem entre tensão e corrente

$$\theta = \theta_v - \theta_i = 0 - (+90^\circ) = -90^\circ$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(-90^\circ) = 0 \text{ W}$$

A potência média ou potência dissipada por um capacitor ideal (sem resistência associada) é zero.