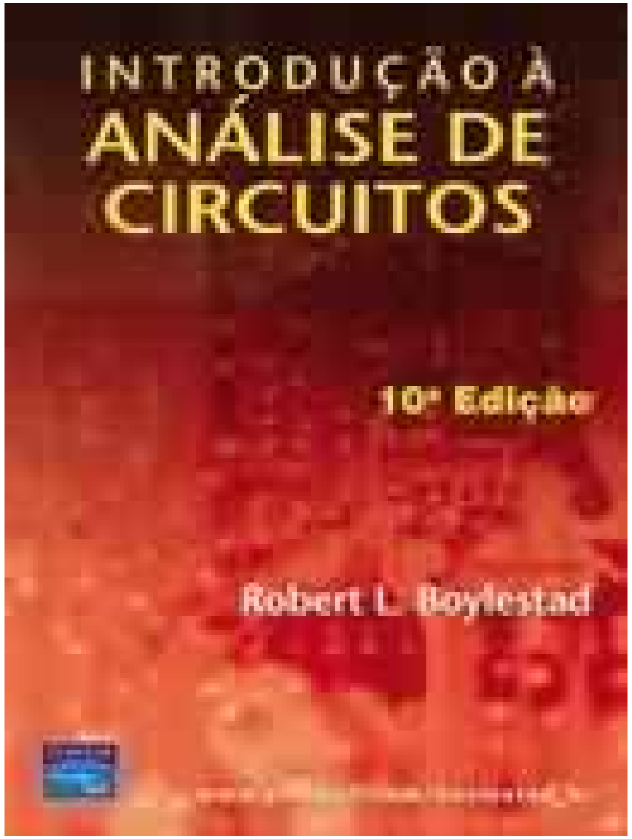
Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento de Eletrônica
Retificadores

Relação tensão e corrente nos elementos passivos: Capacitores

Clóvis Antônio Petry, professor.

Florianópolis, abril de 2007.

Bibliografia para esta aula



www.cefetsc.edu.br/~petry

Nesta aula

Seqüência de conteúdos:

1. Relação entre tensão e corrente nos elementos passivos: Capacitores.

Capacitor em corrente alternada

$$C = \frac{Q}{V} \qquad [\text{Farad}]$$

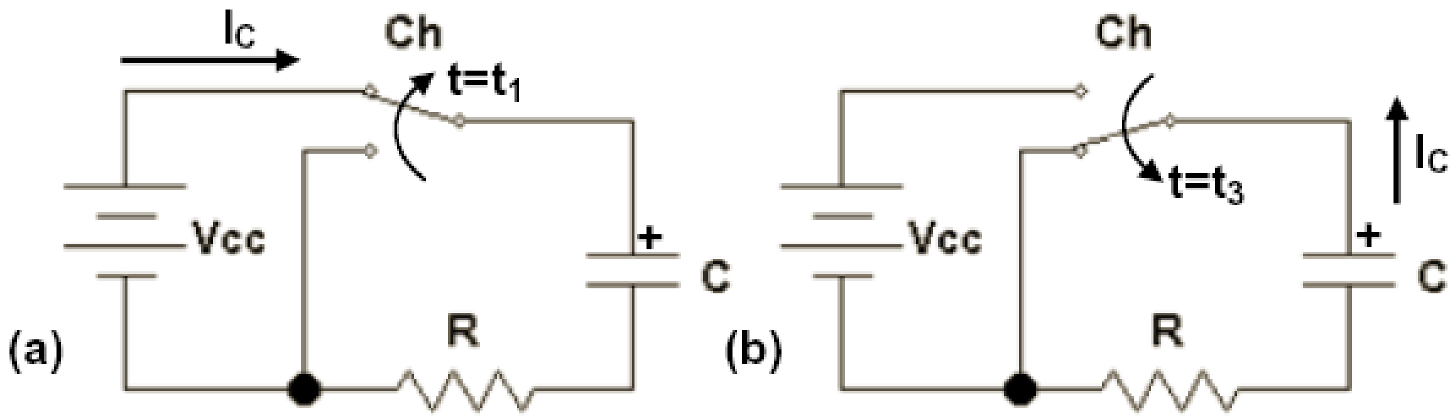
$$En = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2 \qquad [\text{Joule}]$$

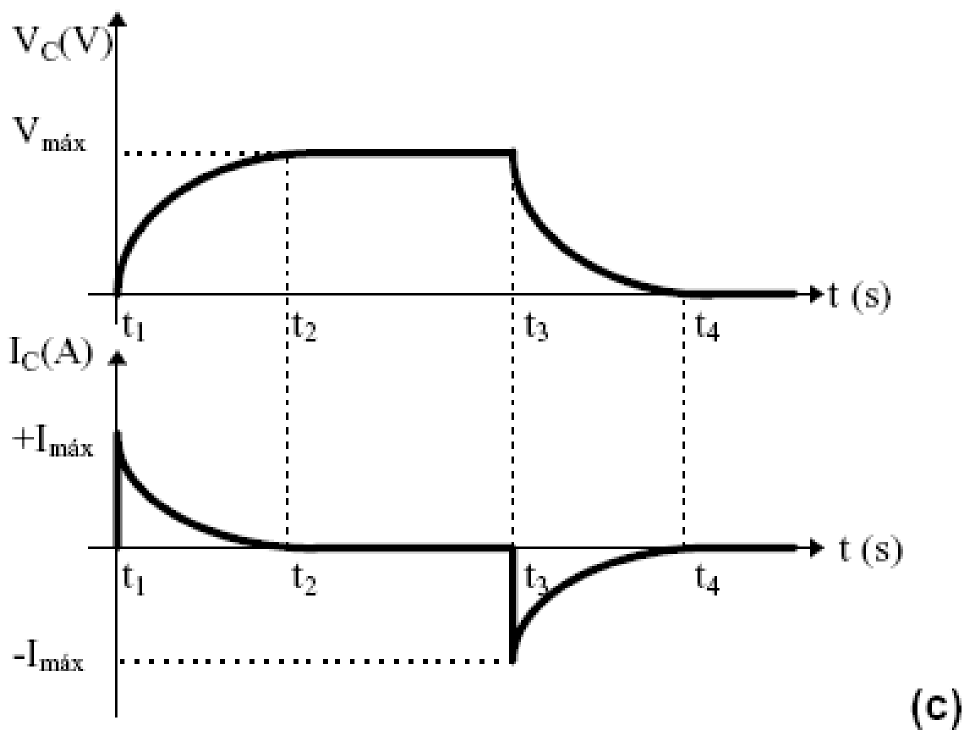
$$C = \frac{dQ}{dv}$$

$$C = \frac{dQ}{dv} \cdot \frac{dt}{dt} = \frac{dQ}{dt} \cdot \frac{dt}{dv} = i(t) \cdot \frac{dt}{dv}$$

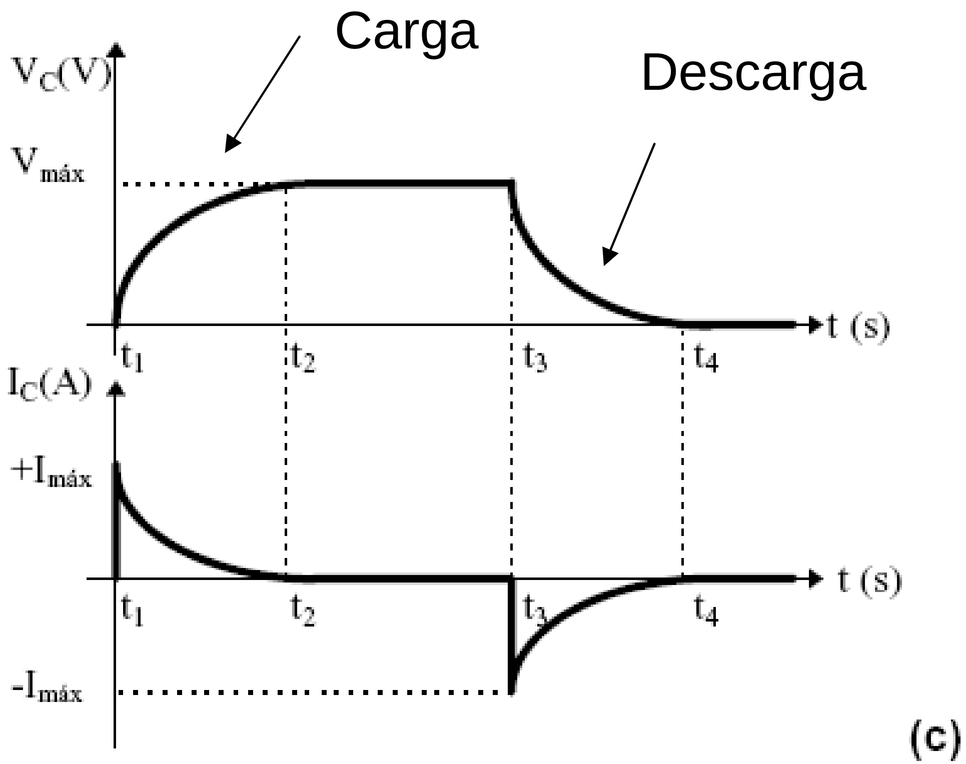
$$i_C(t) = C \cdot \frac{dv_C}{dt} \qquad v_C = \frac{1}{C} \cdot \int i_C \cdot dt$$

Capacitor em corrente alternada





Capacitor em corrente alternada



Descarga:

$$v_R(t) = -Vcc \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_C(t) = Vcc \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$i_C(t) = -\frac{Vcc}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Carga:

$$v_R(t) = Vcc \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \qquad i_C(t) = +\frac{Vcc}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_C(t) = Vcc \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Capacitor em corrente alternada

Nos terminais de um capacitor num circuito CA, a corrente sempre estará adiantada de 90° em relação à tensão.

$v_c(t) = V_p \,.\, \text{sen}\,(\omega.t + 0^\circ)$ ou $\dot{V}_c = V_{ef}\angle 0^o$

$i_c(t) = I_p \,.\, \text{sen}\,(\omega.t + 90^\circ)$ ou $\dot{I}_c = I_{ef}\angle 90^o$

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

$$i_C = C \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv_C}{dt} = \frac{d(V_p \cdot \text{sen}\,\omega t)}{dt} = \omega \cdot V_p \cdot \cos\omega t$$

$$i_C = C \cdot \frac{dv_C}{dt} = C \cdot \omega \cdot V_p \cdot \cos\omega t$$

$$i_C = \omega \cdot C \cdot V_p \cdot \cos\omega t$$

$$I_p = \omega \cdot C \cdot V_p$$

$$\cos(\omega t) = \text{sen}(\omega t + 90^o)$$

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

Capacitor em corrente alternada

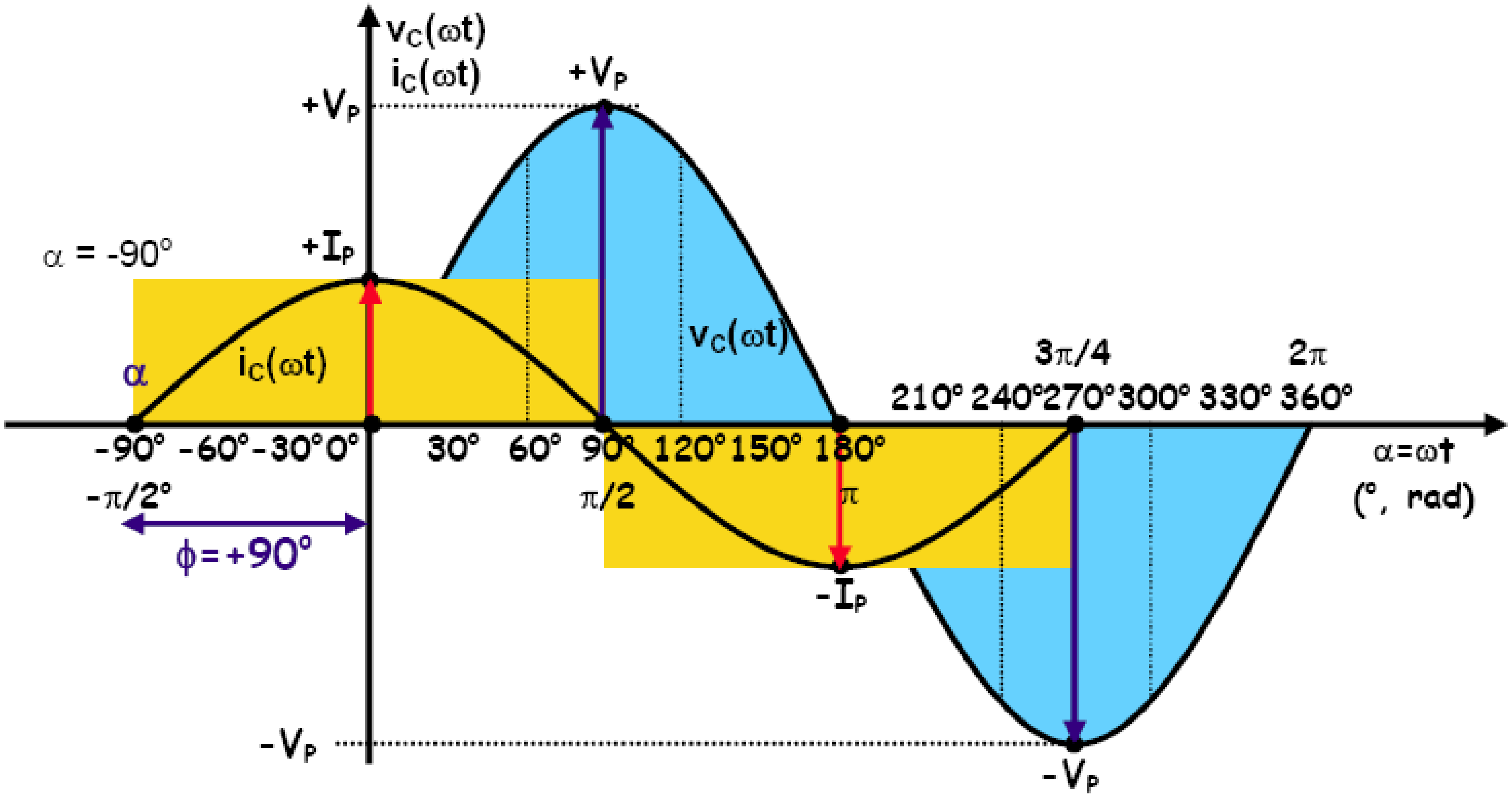
$$v_C(t) = V_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_v)$$

$$i_C(t) = \omega \cdot C \cdot V_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_v + 90^o)$$

$$i_C(t) = I_p \cdot sen(\omega t + \theta_I)$$

$$\theta_I = \theta_V + 90^o$$

Capacitor em corrente alternada



Reatância capacitiva

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

$$|X_C| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$|X_c| = \frac{V_{ef}}{I_{ef}} = \frac{V_p/\sqrt{2}}{I_p/\sqrt{2}} = \frac{V_p}{I_p} = \frac{V_p}{\omega \cdot C \cdot V_p} = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$|X_c|$ - módulo da Reatância Capacitiva (Ω)

C - capacitância (F)

f - freqüência do sinal (Hz)

ω - freqüência angular (rad/s)

A Reatância Capacitiva X_c é a medida da oposição que um capacitor oferece à variação da tensão entre seus terminais.

Capacitor em corrente alternada

$$|X_C| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

O capacitor ideal comporta-se como um circuito aberto em corrente contínua (freqüência nula) e como uma reatância elétrica (X_c) em corrente alternada, pois se opõe à variação de tensão. Para freqüências muito altas, o capacitor comporta-se praticamente como um curto-circuito.

- Em CC a freqüência é nula (f = 0Hz), então a reatância capacitiva tende a infinito ($X_C \rightarrow \infty\Omega$): o capacitor se comporta como um circuito aberto.
- Em CA quando a freqüência for muito alta ($f \rightarrow \infty$), a reatância capacitiva tende a zero ($X_L \rightarrow 0\Omega$): o capacitor se comporta como um curto-circuito.

Lei de Ohm para o capacitor em CA

$$X_C = \frac{\dot{V}_C}{\dot{I}_C}$$

X_C – reatância capacitiva (Ω);

$\dot{V}_C$ - fasor tensão no capacitor (V);

$\dot{I}_C$ - fasor corrente no capacitor (A).

$$v_C(t) = V_p \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta_v) \longrightarrow \dot{V}_C = V_{Cef}\angle\theta_V$$

$$i_C(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega t + \theta_v + 90^\circ) \longrightarrow \dot{I}_C = I_{Cef}\angle\theta_I = I_{Cef}\angle(\theta_V + 90^\circ)$$

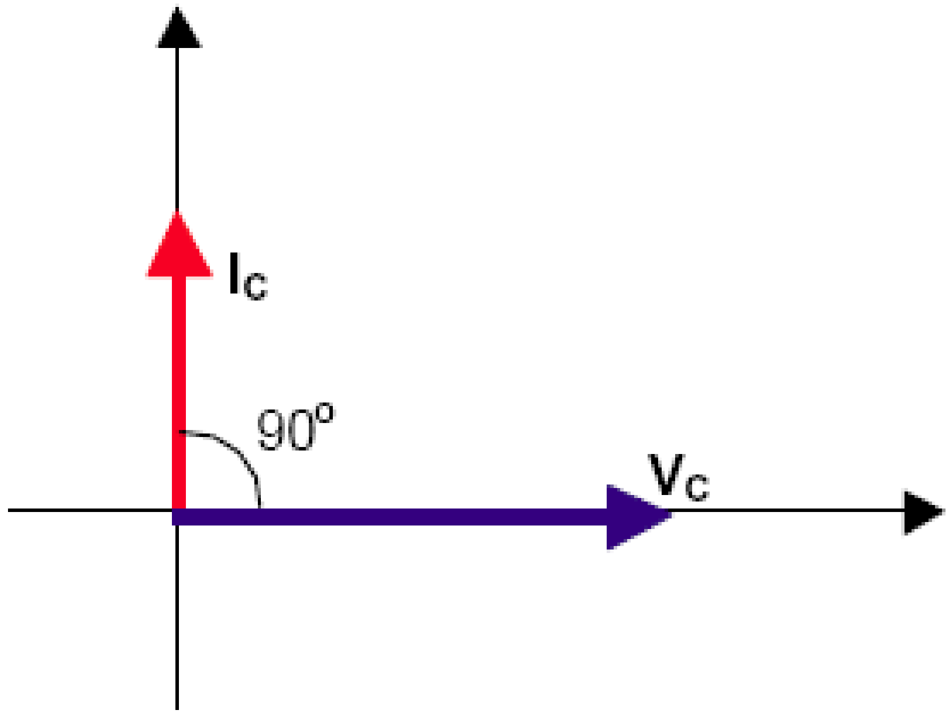
$$X_C = \frac{\dot{V}_C}{\dot{I}_C} = \frac{V_{Cef}\angle\theta_V}{I_{Cef}\angle(\theta_V + 90^\circ)} = \frac{V_{Cef}}{I_{Cef}}\angle\left[\theta_V - (\theta_V + 90^\circ)\right] = |X_c|\angle -90^\circ = -j\cdot|X_C|$$

Lei de Ohm para o capacitor em CA

$$X_C = -j|X_C| = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C}$$

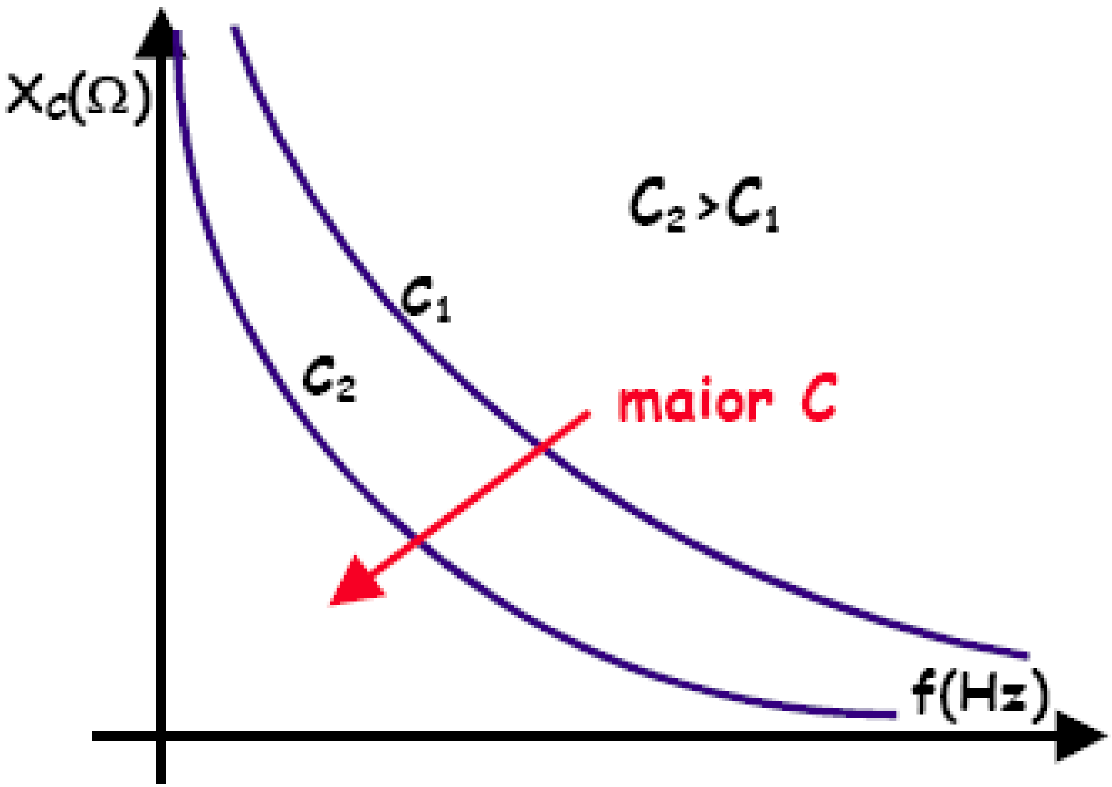
$$-j = \frac{1}{+j}$$

$$X_C = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = \frac{1}{j \cdot (2\pi f) \cdot C}$$

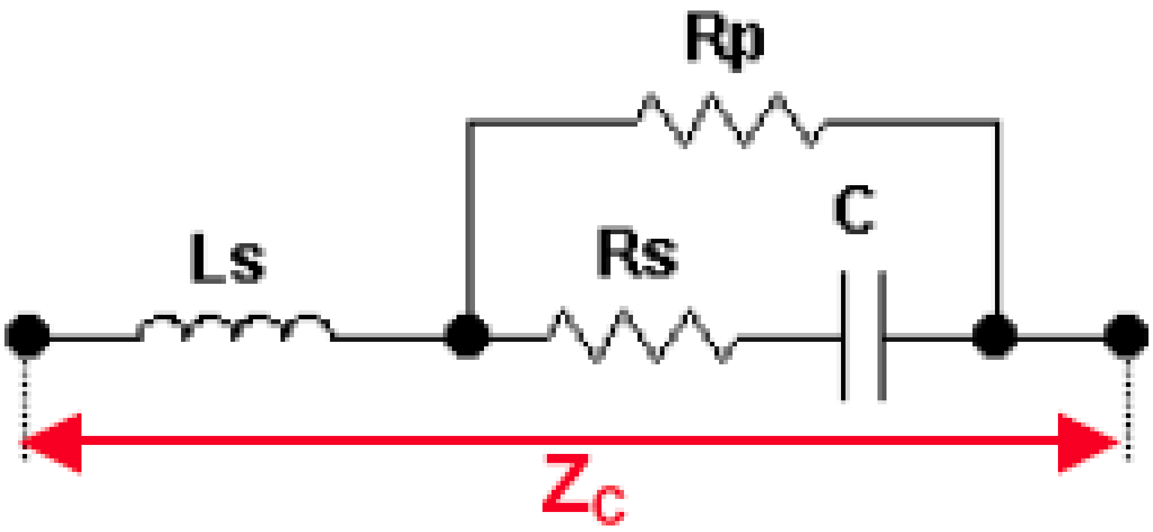


Resposta em freqüência de um capacitor

$$|X_C| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$



Modelo de um capacitor real



Exercícios

6.2.5.5) Dados os circuitos da figura 6.2.6, determine:

a) a reatância capacitiva de cada capacitor e a total do circuito;

b) a corrente fornecida pela fonte na forma trigonométrica e fasorial;

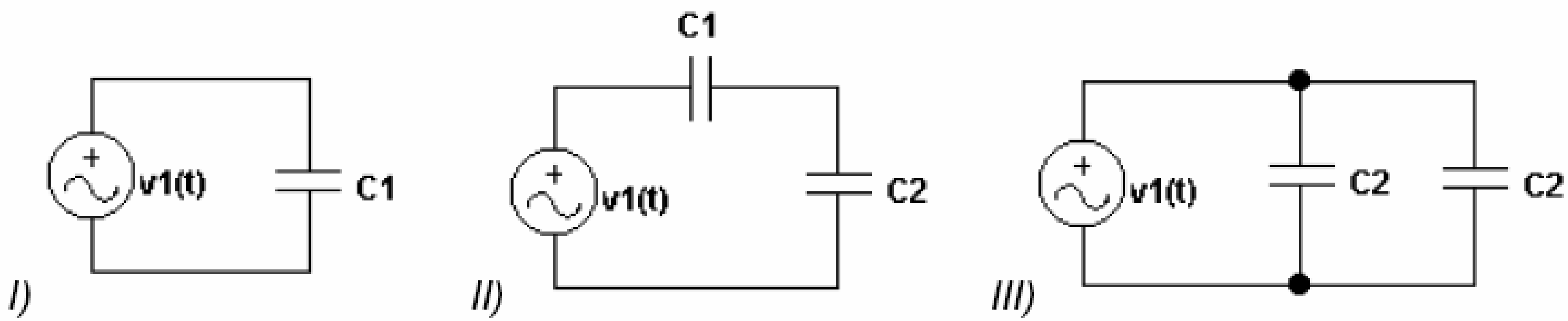
c) a tensão e a corrente em cada capacitor (forma fasorial e forma trigonométrica);

d) formas de onda da tensão e da corrente da fonte e em cada capacitor em função do tempo, num mesmo gráfico;

e) diagrama fasorial completo.

Dados: $v1(t) = 220.sen(377.t+90^o)$; $v2(t) = 100.sen(1000.t+0^o)$; $v3(t) = 100.sen(1000.t-60^o)$

$C1=5,6nF$; $C2=10nF$



Na próxima aula

Seqüência de conteúdos:

1. Relação entre tensão e corrente nos elementos passivos: Indutores.