



Eixo Tecnológico
Controle e Processos Industriais

Circuitos Elétricos II – Aula 2

Geração em Corrente Alternada (CA)
Professora Indiara Pitta



REVISÃO



Revisão de conceitos

Tensão elétrica

Corrente elétrica

Potência

Resistência

Capacitor

Indutor



Corrente alternada

Geração de tensão alternada

Valor médio e valor eficaz em corrente alternada

Representação fasorial de sinais senoidais

Representação fasorial de elementos do circuito

Impedância e admitância

GERAÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA (CA)



Representação fasorial de sinais senoidais

Número complexo que representa a amplitude e a fase de uma senoide.

- Senoide

$$v(t) = V_p \text{sen}(\omega t + \theta)$$

- Amplitude
- Frequência
- Fase

- Fasor

$$\dot{V} = r \angle \theta$$

- Amplitude
- Fase

$$\dot{V} = x + jy$$

- Parte real de \dot{V}
- Parte imaginária de \dot{V}

$$j = \sqrt{-1}$$

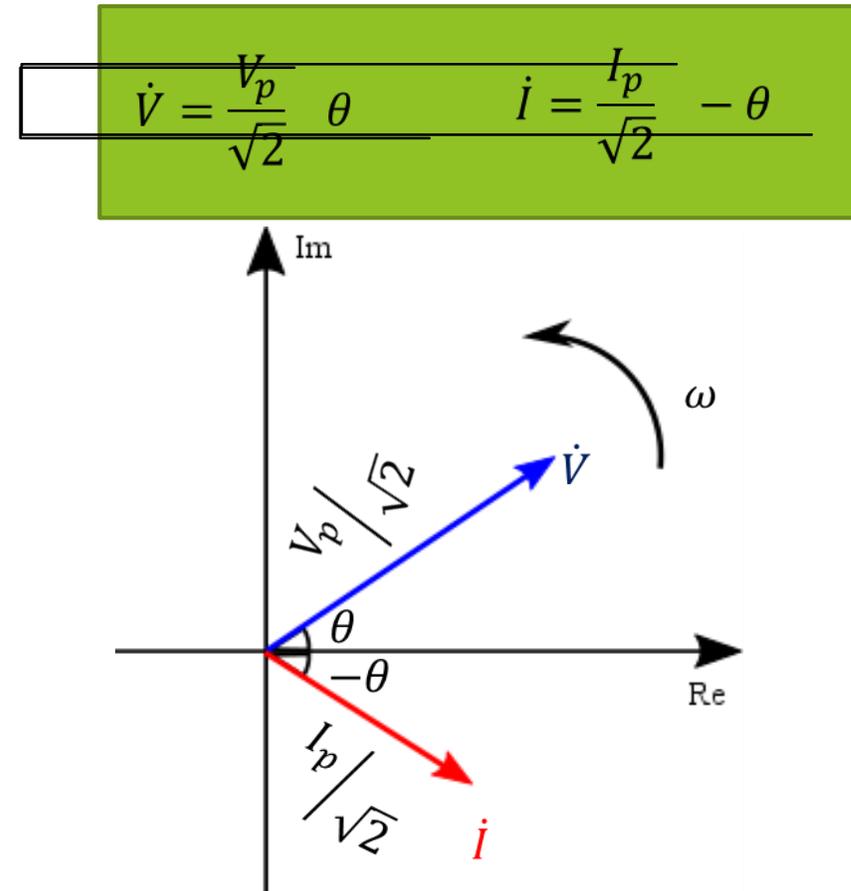
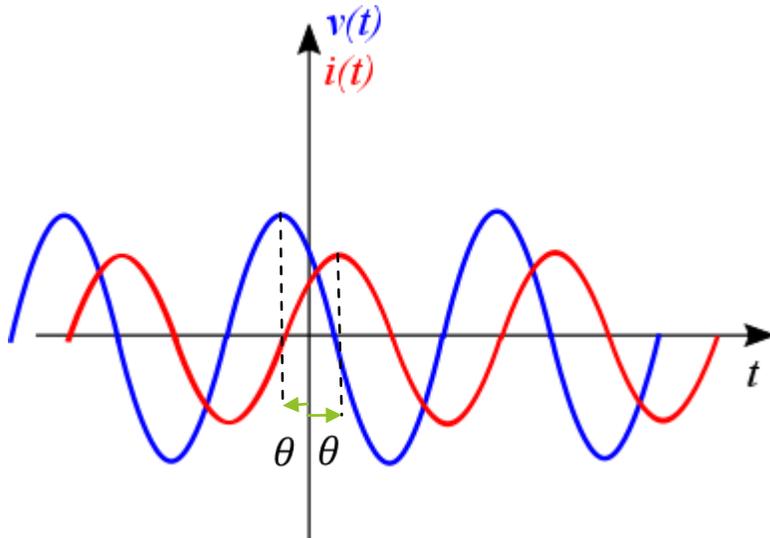
GERAÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de sinais senoidais

Fasor □ Valor RMS

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \theta)$$

$$i(t) = I_p \cos(\omega t - \theta)$$



GERAÇÃO DE CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

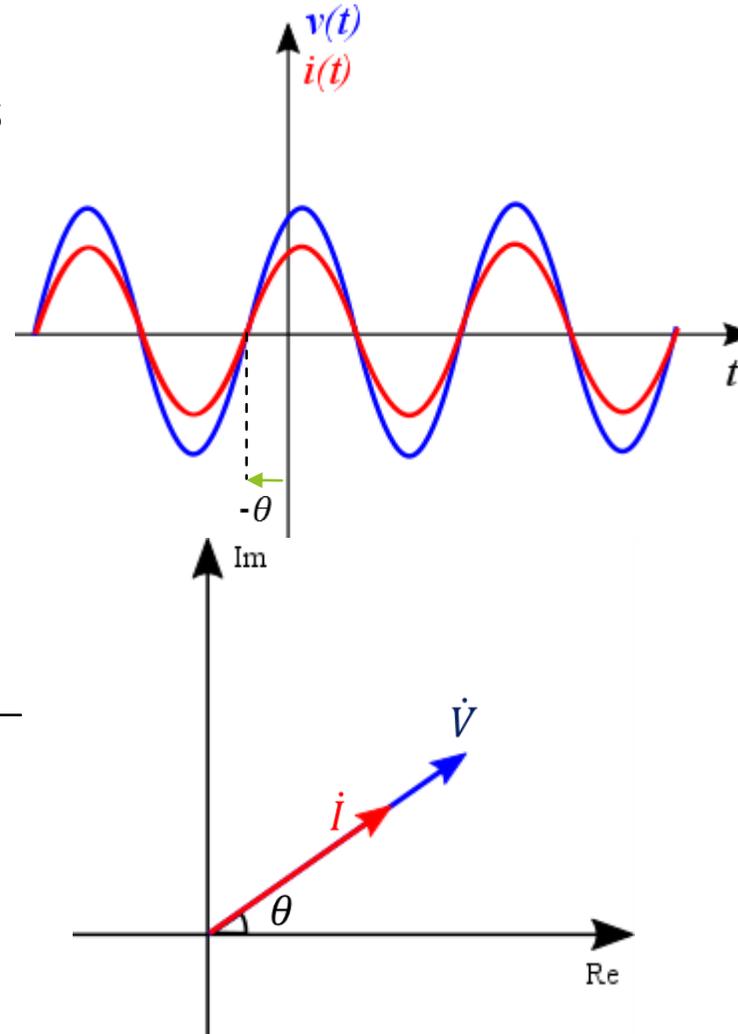
Resistência: Lei de Ohm

$$i(t) = I_p \text{sen}(\omega t + \theta) \longrightarrow \dot{i} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \angle \theta$$



$$\dot{V} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \angle \theta$$
$$i = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \angle -\theta$$

$$R = \frac{\dot{V}}{\dot{i}}$$



5

Tensão e corrente em fase

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

Indutor

$$i_L = I_p \text{sen}(\omega t + \theta) = I_p e^{j\theta} \longrightarrow i = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \angle \theta$$

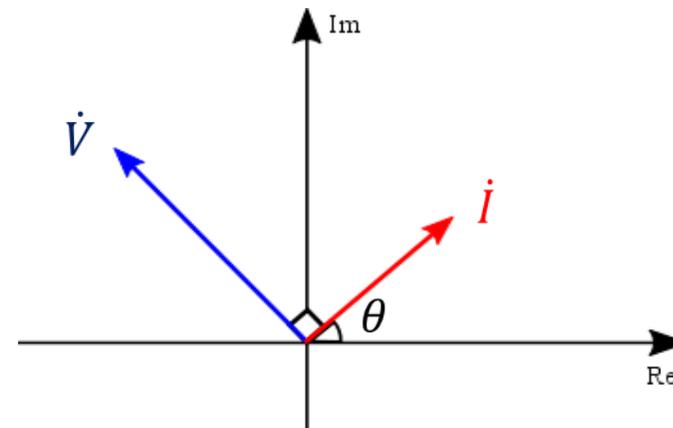
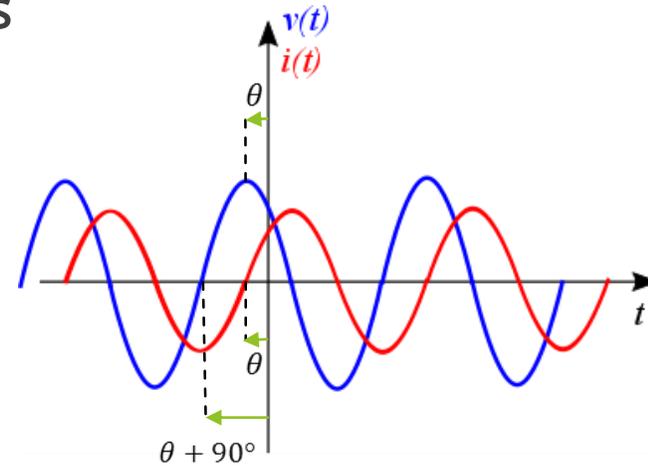
$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = LI_p \omega \cos(\omega t + \theta)$$

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

$$v_L(t) = V_p \text{sen}(\omega t + \theta + 90^\circ) \longrightarrow \dot{V} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \angle \theta + 90^\circ$$

$$\dot{V} = \omega L \dot{i} e^{j(\theta+90^\circ)} = \omega L \dot{i} e^{j\theta} e^{j90^\circ}$$

$$\dot{V}_L = j\omega L \dot{I}_L$$



Corrente atrasada de 90° em relação à tensão

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

Capacitor

$$v_c = V_p \text{sen}(\omega t + \theta) = V_p e^{j\theta} \longrightarrow \dot{V} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \angle \theta$$

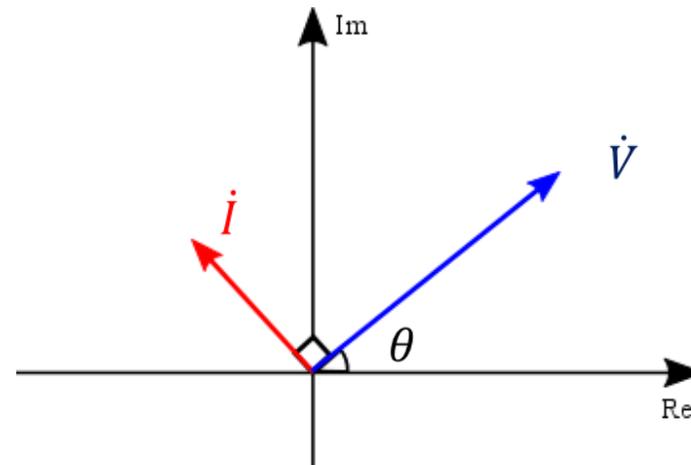
$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} = CV_p \omega \cos(\omega t + \theta)$$

$$i_c(t) = \omega CV_p \text{sen}(\omega t + \theta + 90^\circ)$$

$$i_c(t) = I_p \text{sen}(\omega t + \theta + 90^\circ) \longrightarrow \dot{i} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \angle \theta + 90^\circ$$

$$\dot{i} = \omega C \dot{V} e^{j(\theta+90^\circ)} = \omega C \dot{V} e^{j\theta} e^{j90^\circ} \longrightarrow j$$

$$\dot{V}_C = \frac{\dot{I}_C}{j\omega C} = \frac{-j\dot{I}_C}{\omega C}$$



Corrente adiantada de 90° em relação à tensão

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

- ▶ Representação fasorial de elementos de circuitos
Impedância e Admitância

<i>Elemento</i>	<i>Domínio do tempo</i>	<i>Domínio da frequência</i>	
	<i>Relação v e i</i>		
R	$v(t) = R i(t)$	$\dot{V} = R \dot{I}$	Corrente em fase com a tensão
L	$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$	$\dot{V} = j\omega L \dot{I}$	Corrente atrasada em relação à tensão
C	$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$	$\dot{V} = \frac{1}{j\omega C} \dot{I}$	Corrente adiantada em relação à tensão

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

- ▶ Representação fasorial de elementos de circuitos
Impedância e admitância

$$R \quad \dot{V} = R \dot{I} \quad \longrightarrow \quad \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = R$$

$$L \quad \dot{V} = j\omega L \dot{I} \quad \longrightarrow \quad \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = j\omega L$$

$$C \quad \dot{V} = \frac{1}{j\omega C} \dot{I} \quad \longrightarrow \quad \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = \frac{1}{j\omega C}$$

Lei de Ohm na
forma fasorial

$$Z = \frac{\dot{V}}{\dot{I}}$$

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

► Impedância Z

► Ohm (Ω)

► Dependente da frequência

$$Z = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = R + jX = |Z| \angle \theta \quad \theta = \arctg(X/R)$$

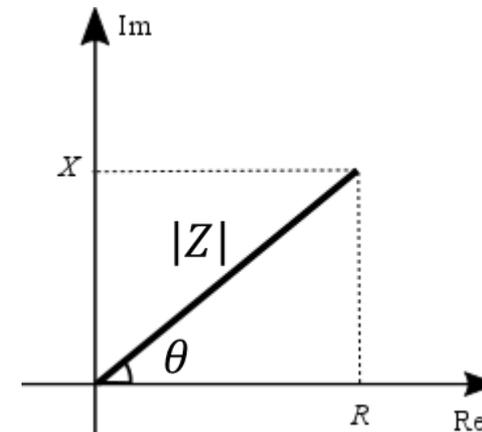
Resistência

Reatância

$$R = |Z| \cos \theta$$

$$X = |Z| \sin \theta$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$



GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

► Impedância Z

► Ohm (Ω)

► Dependente da frequência

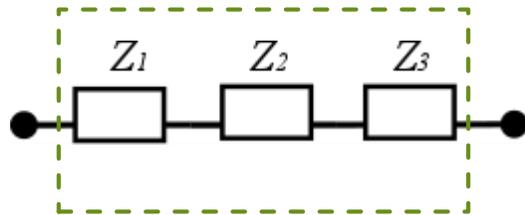
$$Z = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = R + jX = |Z| \angle \theta$$

$$Z_L = j\omega L \begin{cases} \omega = 0 \longrightarrow Z_L = 0 \longrightarrow \text{Curto-circuito} \\ \omega \rightarrow \infty \longrightarrow Z_L \rightarrow \infty \longrightarrow \text{Circuito aberto} \end{cases}$$
$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} \begin{cases} \omega = 0 \longrightarrow Z_C \rightarrow \infty \longrightarrow \text{Circuito aberto} \\ \omega \rightarrow \infty \longrightarrow Z_C = 0 \longrightarrow \text{Curto-circuito} \end{cases}$$

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

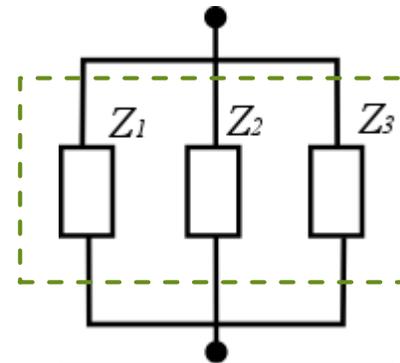
- ▶ Representação fasorial de elementos de circuitos
Associação de impedâncias

Série



$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

Paralelo



$$\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}$$

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

- Admitância Y
 - Simens (S)
 - Dependente da frequência

$$Y = \frac{i}{\hat{v}} = G + jB = |Y| \angle \theta$$

Condução Susceptância

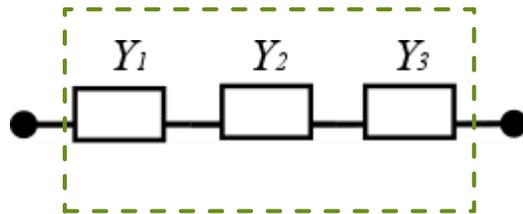
$$G + jB = \frac{1}{R + jX}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} G = \frac{R}{R^2 + X^2} \\ B = \frac{X}{R^2 + X^2} \end{array} \right.$$

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

► Representação fasorial de elementos de circuitos

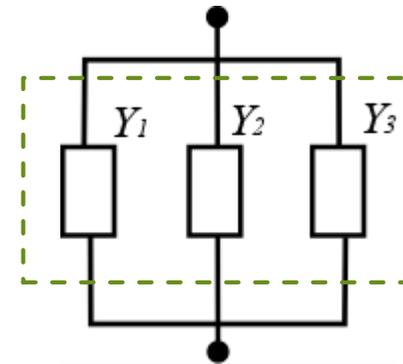
Associação de admitâncias

Série



$$\frac{1}{Y_{eq}} = \frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2} + \frac{1}{Y_3}$$

Paralelo



$$Y_{eq} = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

GERAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA (CA)

- ▶ Frequência complexa

$$s = \sigma + j\omega$$

Descreve a variação da senoide

Amplitude da senoide constan e frequência variável.

$$\sigma = 0$$

$$\omega \neq 0$$

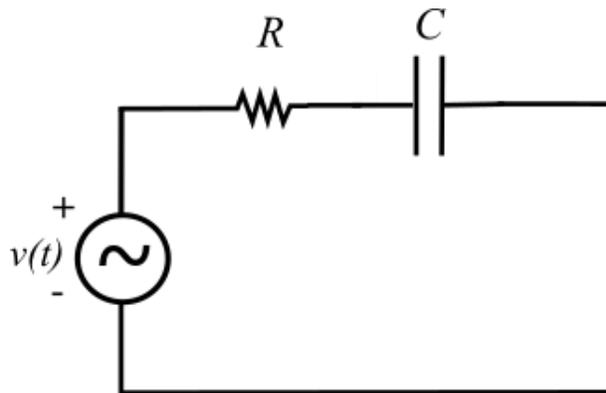
$$s = j\omega$$

$$Z_L = j\omega L = jX_L = sL$$

$$Z_c = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{jX_c} = -\frac{j}{X_c} = \frac{1}{sC}$$

EXEMPLO 1

- ▶ 1) Qual a impedância equivalente deste circuito?

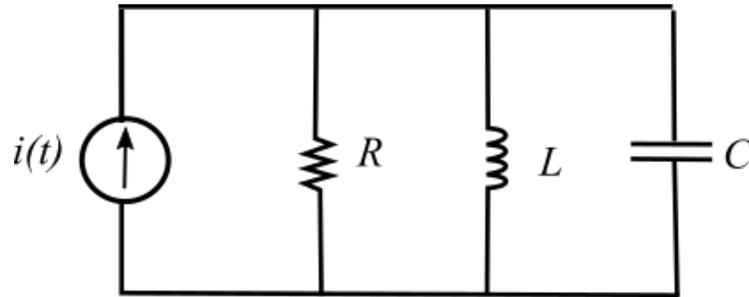


$$\begin{aligned}\omega &= 2 \text{ rad/s} \\ C &= 1 \text{ F} \\ R &= 10 \Omega\end{aligned}$$

www.menti.com
Código: 68 12 44

EXEMPLO 2

- 2) Qual a admitância equivalente deste circuito?



$$\omega = 1 \text{ rad/s}$$

$$C = 0,1 \text{ F}$$

$$R = 2 \Omega$$

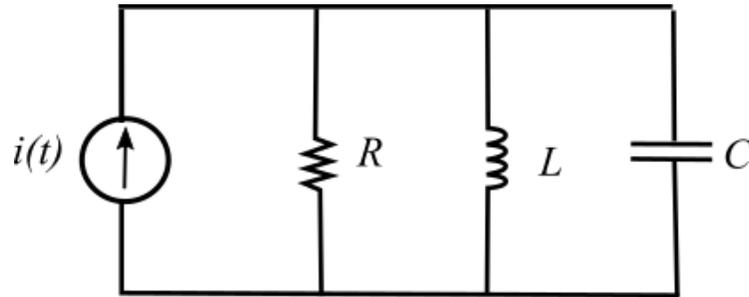
$$L = 1 \text{ H}$$

www.menti.com

Código: 74 22 87 9

EXEMPLOS 3

- 3) Qual a impedância equivalente deste circuito?



$$\omega = 1 \text{ rad/s}$$

$$C = 0,1 \text{ F}$$

$$R = 2 \Omega$$

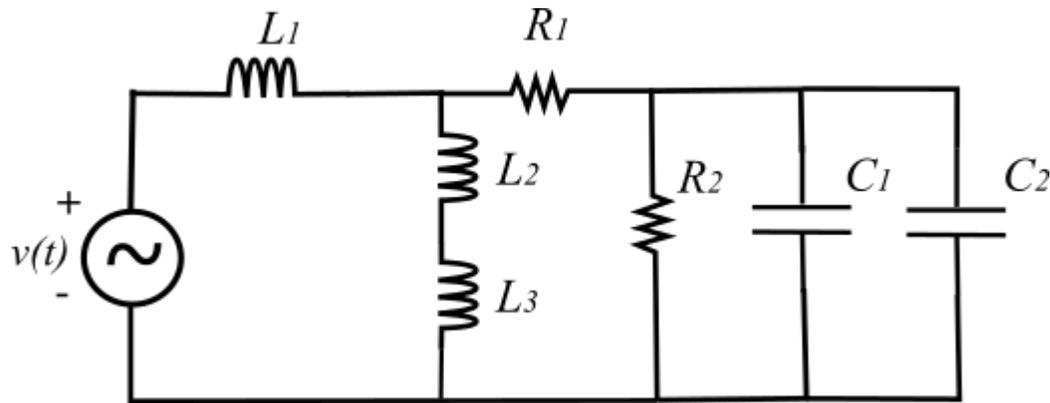
$$L = 1 \text{ H}$$

www.menti.com

Código: 47 48 33 5

TAREFA 2

- Calcule a admitância Y equivalente do circuito abaixo:



$$\omega = 2 \text{ rad/s}$$

$$C_1 = 1 \text{ mF}$$

$$C_2 = 2 \text{ mF}$$

$$R_1 = 5 \Omega$$

$$R_2 = 10 \Omega$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = 0,1 \text{ H}$$

REFERÊNCIAS

SADIKU, M. N. O.; MUSA, S. M.; ALEXANDER, W. K. **Análise de Circuitos Elétricos com Aplicações**. Porto Alegre: McGraw Hill Education, 2014. v. 3.

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

GIF onda eletromagnética. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/cref/camiladebom/Aulas/Pages/2.html>.

GIF onda sonora. Disponível em: <https://gifimage.net/ondas-sonoras-gif-6/>.

GIF oscilação mola. Disponível em:

<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/oscila/oscilacoes.html>.

GIF senoide e fasor. Disponível em: <https://www.mql5.com/pt/articles/288>