



FÍSICA III

Professora Mauren Pomalis

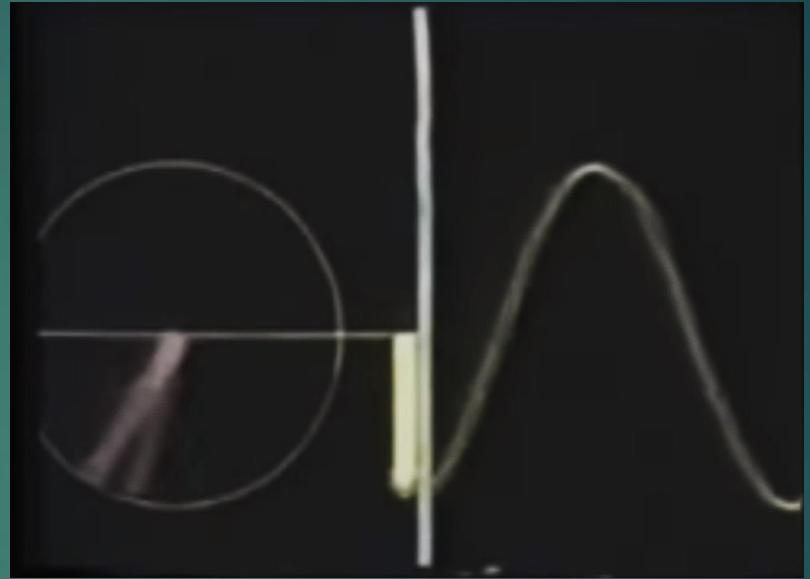
mauren.pomalis@unir.br

ENGENHARIA ELÉTRICA - 3º PERÍODO

UNIR/PORTO VELHO

2017/1

C.A.



Sumário

- ▶ Introdução
- ▶ C.A.
- ▶ Circuito Resistivo
- ▶ Circuito Capacitivo
- ▶ Circuito Indutivo
- ▶ Circuito RLC
- ▶ Circuito LC

Introdução

- ▶ A corrente alternada (C.A.) é mais adequada para o uso em máquinas rotativas, tais como geradores e motores, do que a corrente contínua (C.C.).

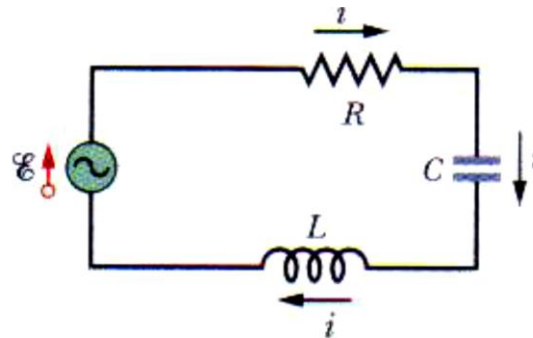


FIG. 31-7 Circuito de uma malha formado por um resistor, um capacitor e um indutor. Um gerador, representado por uma senoide no interior de um círculo, produz uma força eletromotriz alternada que estabelece uma corrente alternada no circuito. O sentido da força eletromotriz e da corrente varia periodicamente.

Vídeo explicativo C.A.



<https://www.youtube.com/watch?v=dGkwpug0298>

Corrente Contínua & Corrente Alternada

– Qual a melhor?

Quando a eletricidade passou a ser explorada comercialmente como forma de energia consumível, houve uma séria “briga” entre os especialistas da época para decidir se ela deveria ser transmitida na forma de corrente contínua ou corrente alternada.

A briga teve como protagonistas os maiores inventores da época, Thomas Edison e Nikola Tesla que “inventaram” a maioria dos dispositivos que geravam eletricidade e também os primeiros motores.

Edison era a favor da corrente contínua enquanto que Tesla era a favor da transmissão da energia elétrica na forma de corrente alternada. O grande problema que se mostrou logo de início é que, alimentadas por corrente contínua as lâmpadas apresentavam instabilidades de funcionamento e além disso, na tensão gerada, as tensões contínuas não podiam ser transmitidas a distâncias maiores do que umas poucas milhas do gerador. As tensões contínuas não podiam ser alteradas pelo uso de transformadores.

Por outro lado, a corrente alternada tem por vantagem a facilidade com que ela pode ter seu valor alterado através de transformadores. Hoje, o sistema de distribuição de energia faz uso das duas formas de corrente: para a transmissão da usina até os centros de consumo são usadas linhas de altas tensões contínuas.

Para a distribuição para o consumidor é usada a corrente alternada.

A principal vantagem da corrente alternada é a seguinte: *Quando a corrente muda de sentido o mesmo acontece com o campo magnético em torno no condutor.* Isso torna possível usar a lei de indução de Faraday, o que, entre outras coisas, significa que podemos aumentar ou diminuir à vontade a diferença de potencial usando um dispositivo, conhecido como transformador, que será discutido mais tarde. Além disso, a corrente alternada é mais fácil de gerar e utilizar que a corrente contínua no caso de máquinas rotativas como geradores e motores.

Em relação à aceitação geral da transmissão CA, alguns engenheiros jamais esqueceram as vantagens da transmissão em CC. Foi então proposta não a troca da CA, mas um suplemento com CC. Eles queriam superpor um “link” de transmissão CC sobre um sistema de CA, ou a interconexão de dois sistemas CA por uma linha de transmissão CC. A geração, uso, e a maior parte da transmissão e distribuição deveriam permanecer em CA.

CORRENTE CONTÍNUA APRESENTA MENORES CUSTOS COM CABOS E CONSTRUÇÃO DE TORRES.

É RECOMENDADA PARA DISTÂNCIAS SUPERIORES A 2.500 QUILOMETROS (KM)



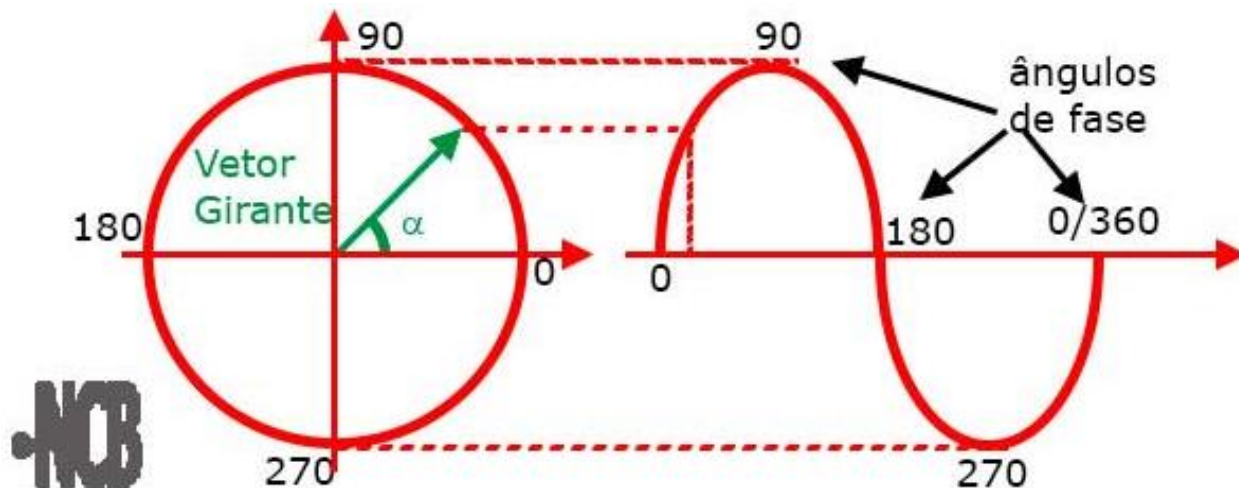
C.A.

- ▶ Uma forma de se gerar corrente alternada é através de dispositivos denominados alternadores.
- ▶ Esses dispositivos geram uma corrente alternada cuja forma de onda é senoidal e, em nosso país, tem uma frequência de 60 hertz (60 Hz).
- ▶ Isso significa que, em cada segundo, a tensão empurra os elétrons num sentido 60 vezes e no sentido oposto 60 vezes. Temos então 120 inversões de polaridade por segundo.
- ▶ Um alternador típico consiste num conjunto de bobinas que gira no interior de um campo magnético.



C.A.

- ▶ O movimento rotativo das bobinas faz com que a tensão alternada gerada por esses dispositivos tenha a forma de onda denominada senoidal.



$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Fórmulas importantes:

$$\Delta v = \Delta V_{\max} \sin \omega t$$

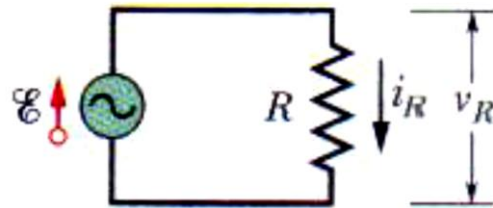
$$i_R = \frac{\Delta v}{R} = \frac{\Delta V_{\max}}{R} \sin \omega t = I_{\max} \sin \omega t$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0.707 I_{\max}$$

$$\Delta V_{\text{rms}} = \frac{\Delta V_{\max}}{\sqrt{2}} = 0.707 \Delta V_{\max}$$

Circuito Resistivo

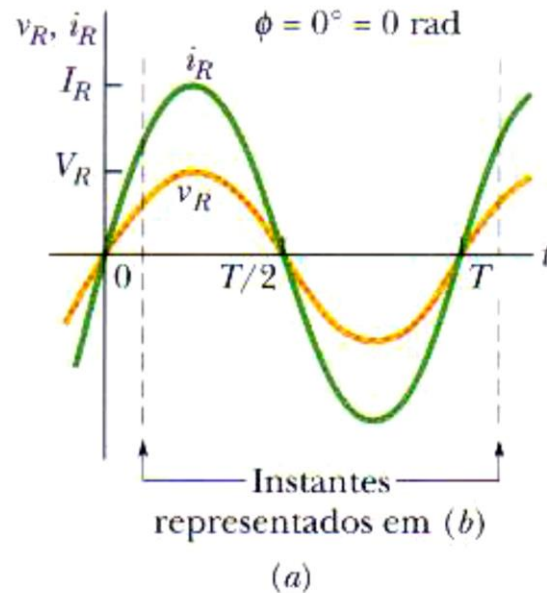
- Sendo um gerador de corrente alternada e um elemento resistivo:



$$\mathcal{E} - v_R = 0.$$

Circuito Resistivo

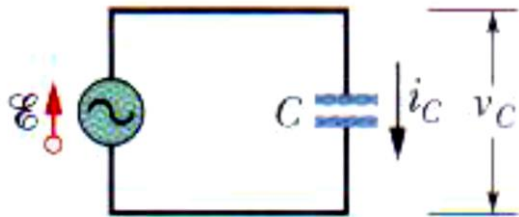
- ▶ Com uma carga puramente resistiva, a constante de fase vale $\phi=0$ graus.



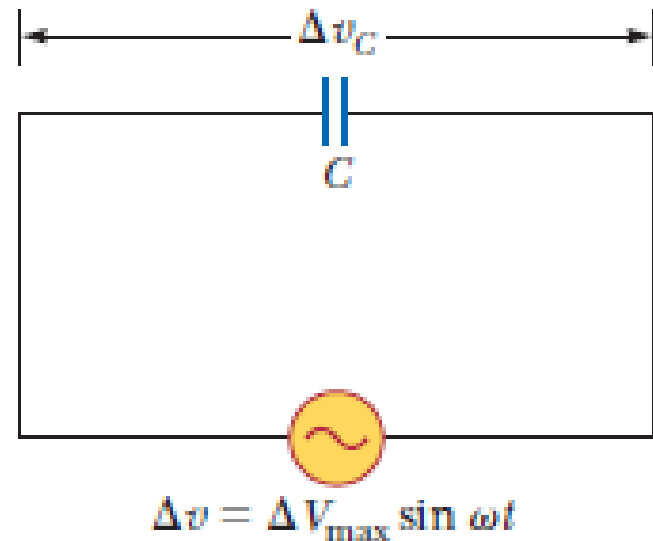
$$V_R = I_R R \quad (\text{resistor}).$$

Circuito Capacitivo

- ▶ Circuito formado por gerador de corrente alternada e um capacitor C.

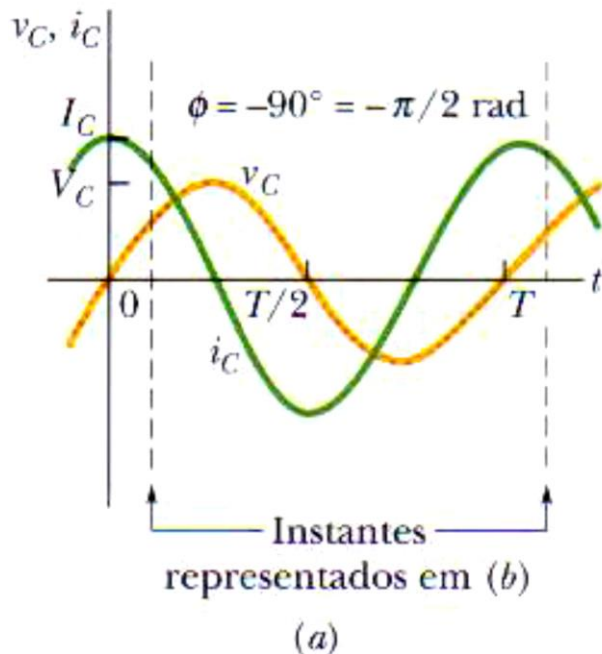


$$X_C = \frac{1}{\omega_d C} \quad (\text{reatância capacitiva}).$$



Circuito Capacitivo

- ▶ Com uma carga puramente capacitiva, a constante de fase vale $\phi = -90^\circ = -\pi/2$ rad, pois a corrente está adiantada de v_C .



$$\Delta v - \frac{q}{C} = 0$$

$$V_C = I_C X_C \quad (\text{capacitor}).$$

$$i_C = \omega C \Delta V_{\max} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

IDÉIA-CHAVE Em um circuito com uma carga puramente capacitiva a diferença de potencial $v_C(t)$ entre os terminais do capacitor é sempre igual à diferença de potencial $\mathcal{E}(t)$ entre os terminais do gerador.

Exercício 1

- ▶ Dado um circuito de carga capacitiva pura, com $C=15\mu\text{Farad}$ e gerador produzindo uma força eletromotriz senoidal de ξ_m igual a 36 V, e $f_d=60\text{Hz}$, a) qual é a diferença de potencial $v_C(t)$ entre os terminais do indutor? b) qual é amplitude V_C de $v_C(t)$? c) qual é a corrente $i_C(t)$ do circuito? e d) qual é o valor de I_C ?

$$v_C(t) = \mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_m \text{sen } \omega_d t.$$

- ▶ a) $v_C(t) = 36.\text{sen } 2\pi 60.t = 36.\text{sen } 120\pi t$

- ▶ b) $V_C=36\text{V}$

$$i_C = I_C \text{sen}(\omega_d t - \phi) \quad I_C = \frac{V_C}{X_C} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f_d C}$$

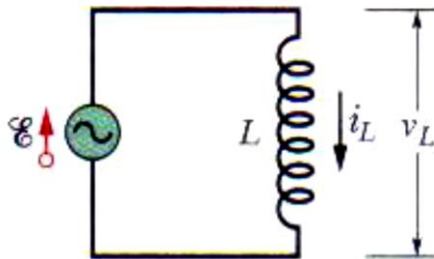
- ▶ c) $i_C = I_C.\text{sen}(120\pi - (-90^\circ))$

- ▶ d) $X_C=177\Omega$ então $I_C=V_C/X_C \rightarrow I_C=0,203 \text{ A}$

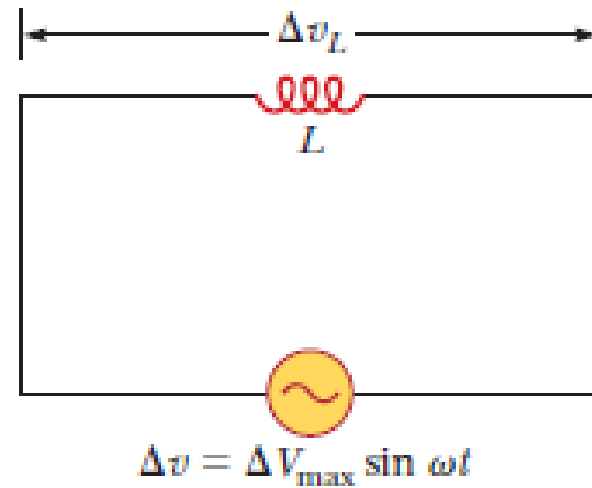
- ▶ E $i_C=0,203.\text{sen}(120\pi+90^\circ)$

Circuito Indutivo

- ▶ Circuito formado por um gerador de corrente alternada e um indutor L .



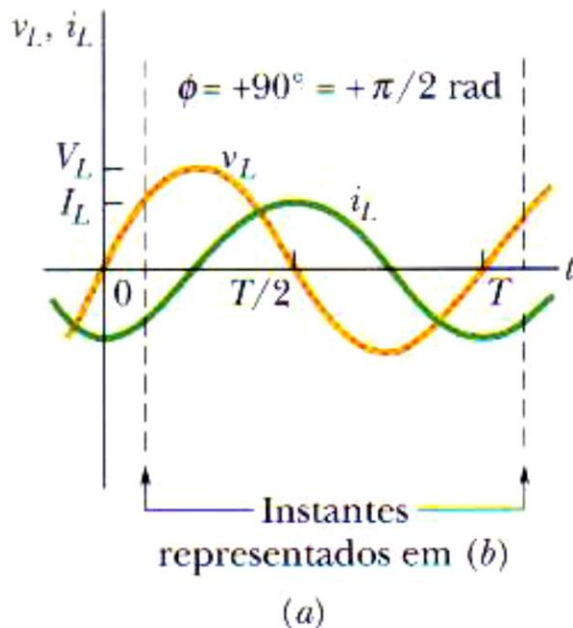
$$X_L = \omega_d L \quad (\text{reatância indutiva}).$$



$$\Delta v = \Delta V_{\max} \sin \omega t$$

Circuito Indutivo

- ▶ Com uma carga puramente indutiva, a constante de fase vale $\phi = +90^\circ$ graus, pois a corrente está atrasada de v_L .



$$V_L = I_L X_L \quad (\text{indutor}).$$

$$i_L = \frac{\Delta V_{\max}}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

IDÉIA-CHAVE

Em um circuito com uma carga puramente indutiva a diferença de potencial $v_L(t)$ entre os terminais do indutor é sempre igual à diferença de potencial $\mathcal{E}(t)$ entre os terminais do gerador.

Exercício 2

- ▶ Dado um circuito de carga indutiva pura, com $L=230\text{mH}$ e gerador produzindo uma força eletromotriz senoidal de ξ_m igual a 36 V , e $f_d=60\text{Hz}$, a) qual é a diferença de potencial $v_L(t)$ entre os terminais do indutor? b) qual é amplitude V_L de $v_L(t)$? c) qual é a corrente $i_L(t)$ do circuito? e d) qual é o valor de I_L ?

$$v_L(t) = \mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_m \text{sen } \omega_d t,$$

- ▶ a) $v_L = 36 \cdot \text{sen } 120\pi t$

- ▶ b) $V_L = 36\text{V}$

$$i_L = I_L \text{sen}(\omega_d t - \phi)$$

$$I_L = \frac{V_L}{X_L}$$

$$X_L = 2\pi f_d L$$

- ▶ c) $i_L = I_L \cdot \text{sen}(120\pi t - (+90^\circ))$

- ▶ d) $X_L = 86,7\Omega$ então $I_L = V_L / X_L \rightarrow I_L = 0,415\text{ A}$

- ▶ e) $i_L = 0,415 \cdot \text{sen}(120\pi t - 90^\circ)$

Circuito RLC

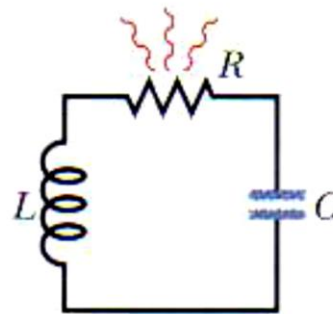


FIG. 31-5 Circuito *RLC* série. Enquanto a carga contida no circuito oscila entre o indutor e o capacitor, parte da energia do circuito é dissipada no resistor, o que reduz progressivamente a amplitude das oscilações.

$$I = \frac{\mathcal{E}_m}{Z}.$$

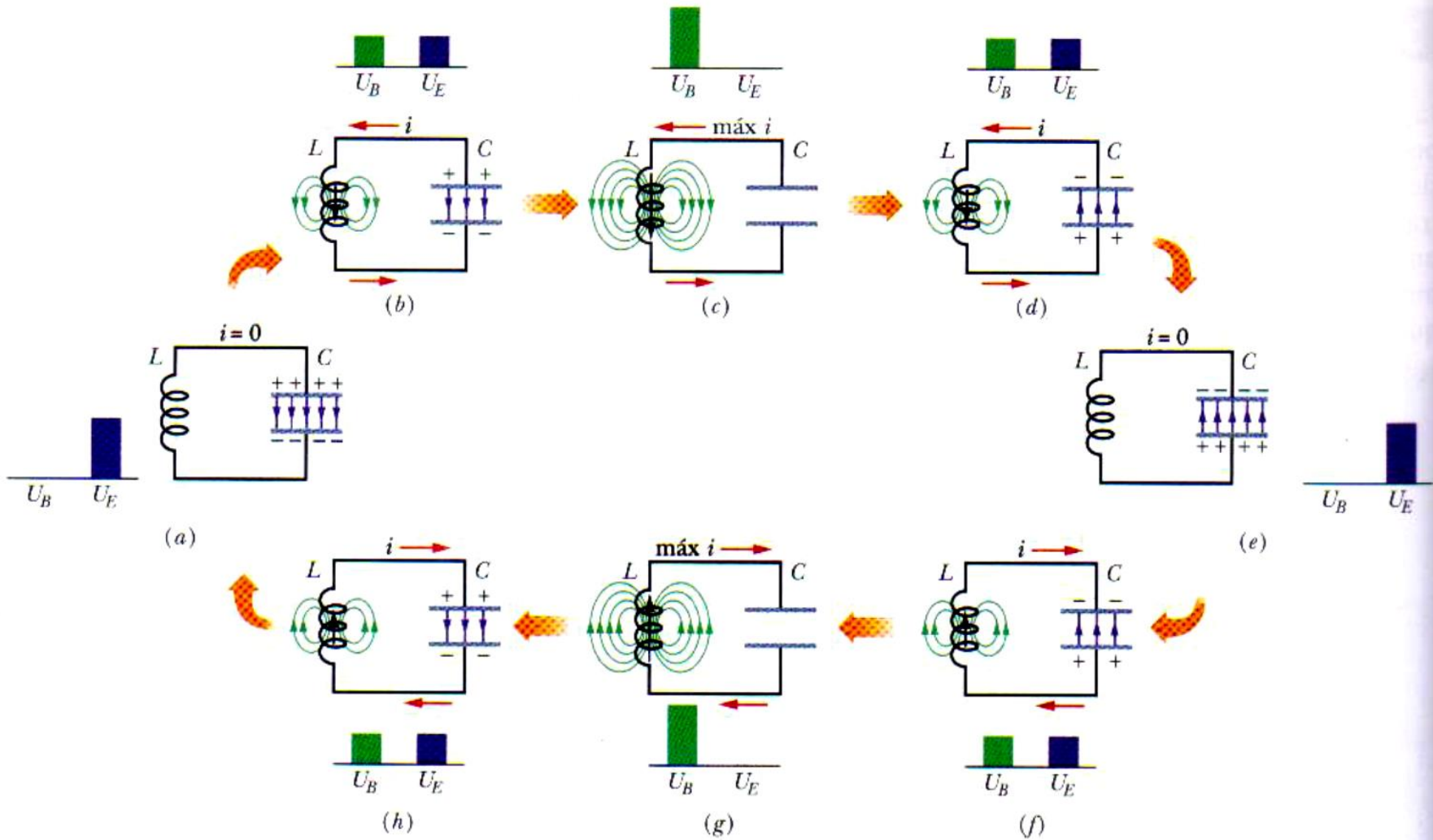
$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (\text{definição de impedância}).$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R^2 + (\omega_d L - 1/\omega_d C)^2}} \quad (\text{amplitude da corrente}).$$

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = 0 \quad (\text{circuito } RLC)$$

Circuito LC

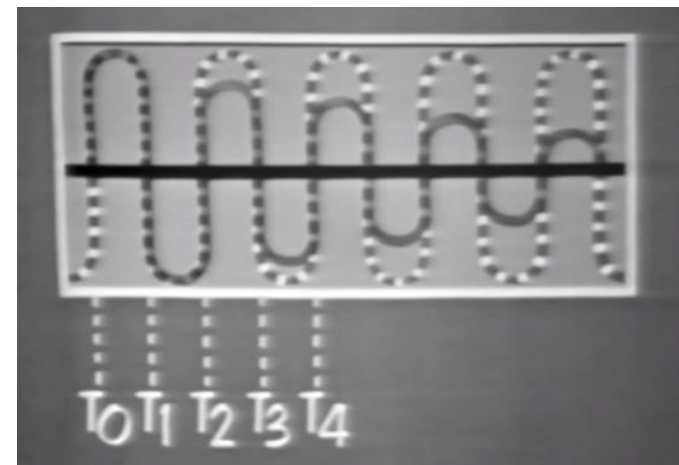


Teste



TESTE 1 Um capacitor carregado e um indutor são ligados em série no instante $t = 0$. Em termos do período T das oscilações resultantes, determine o tempo necessário para que as seguintes grandezas atinjam o valor máximo: (a) a carga do capacitor; (b) a tensão do capacitor, com a polaridade inicial; (c) a energia armazenada no campo elétrico; (d) a corrente no circuito.

R.: $T/2, T, T/2, T/4$



Circuito LC

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (\text{circuito } LC).$$

$$\omega_d = \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (\text{ressonância}).$$

Relações de Fase e Amplitude para Correntes e Tensões Alternadas

Elemento	Símbolo	Resistência ou Reatância	Fase da Corrente	Constante de Fase (ou Ângulo) ϕ	Relação de Amplitudes
Resistor	R	R	Em fase com v_R	$0^\circ (= 0 \text{ rad})$	$V_R = I_R R$
Capacitor	C	$X_C = 1/\omega_d C$	Adiantada de $90^\circ (= \pi/2 \text{ rad})$ em relação a v_C	$-90^\circ (= -\pi/2 \text{ rad})$	$V_C = I_C X_C$
Indutor	L	$X_L = \omega_d L$	Atrasada de $90^\circ (= \pi/2 \text{ rad})$ em relação a v_L	$+90^\circ (= +\pi/2 \text{ rad})$	$V_L = I_L X_L$

Referências Bibliográficas

- ▶ HALLIDAY, Resnick. Física 3. 4ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 1996.
- ▶ HALLIDAY, Resnick. Física 3. 8ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2009.
- ▶ DIAS, V. S. Michael Faraday: Subsídios para metodologia de trabalho experimental. Dissertação de mestrado. USP, Instituto de Física. São Paulo, 2004.
- ▶ SERWAY, R.A.& JEWETT, J.W. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 8ª edição. Ed Brooks/Cole Cengage, 2010.
- ▶ TIPLER, Paul. Física Volume 2. 5ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2006.
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=3AZcVRDGIk>
- ▶ <http://www.newtoncbraga.com.br>