UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CCE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL

Medidas Elétricas e Magnéticas
ELT210

AULA 04 – Corrente CA

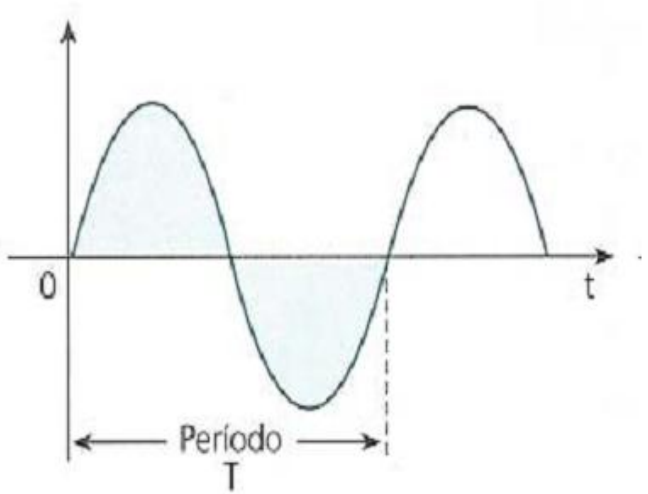
Prof. Tarcísio Pizziolo

1. Função Senoidal

Função trigonométrica que é aplicada como modelo matemático para estudo de tensão (ou corrente) alternada.

CARACTERÍSTICAS

Período: É o tempo em que ocorre um ciclo completo da função.



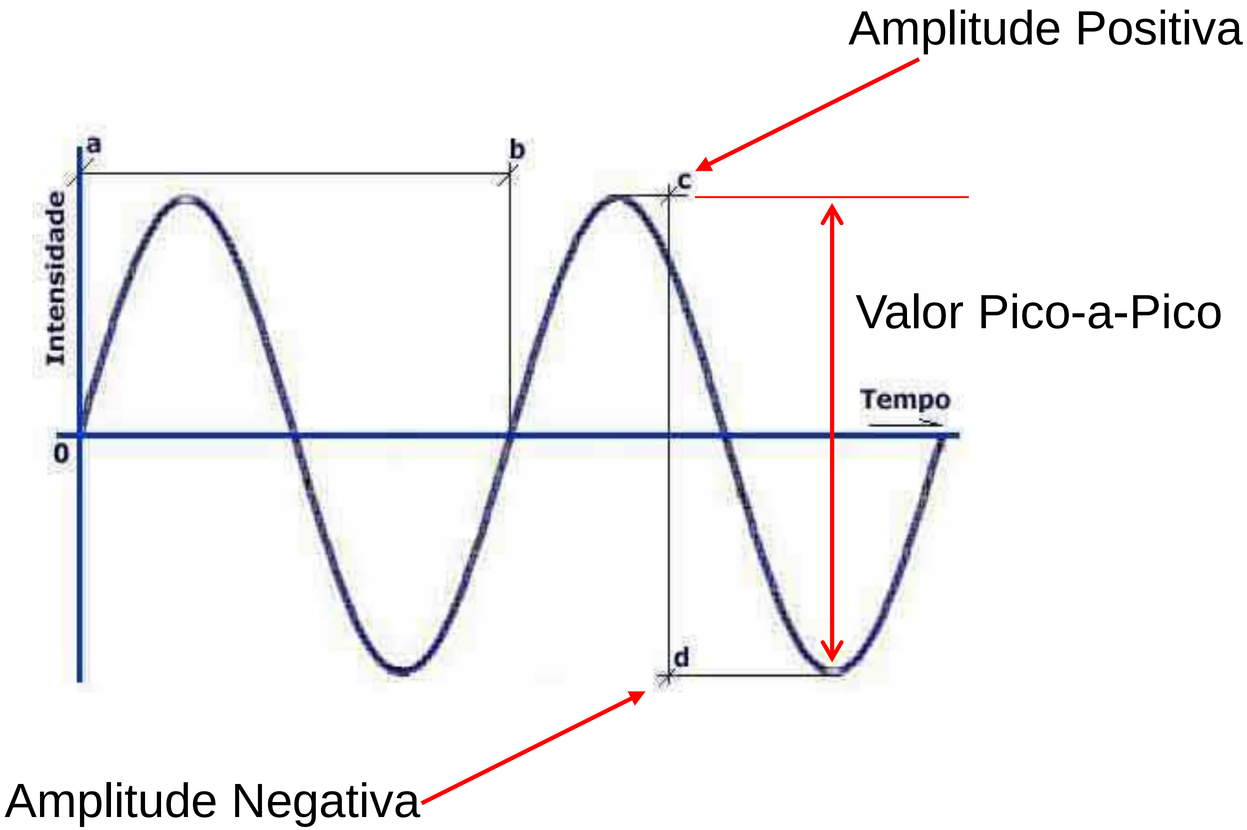
Portanto, a Função Senoidal é PERIÓDICA!

Frequência: É o número de ciclos ocorridos por segundo. Representa-se por **f** e a sua unidade é o **Hz** (Hertz). A frequência está relacionada com o período da seguinte forma: $f = \frac{1}{T}$

1. Função Senoidal

Amplitude: É o valor instantâneo mais elevado (ou mínimo) atingido pela função. Existe **amplitude positiva** (**0-c**) e **amplitude negativa** (**0-d**).

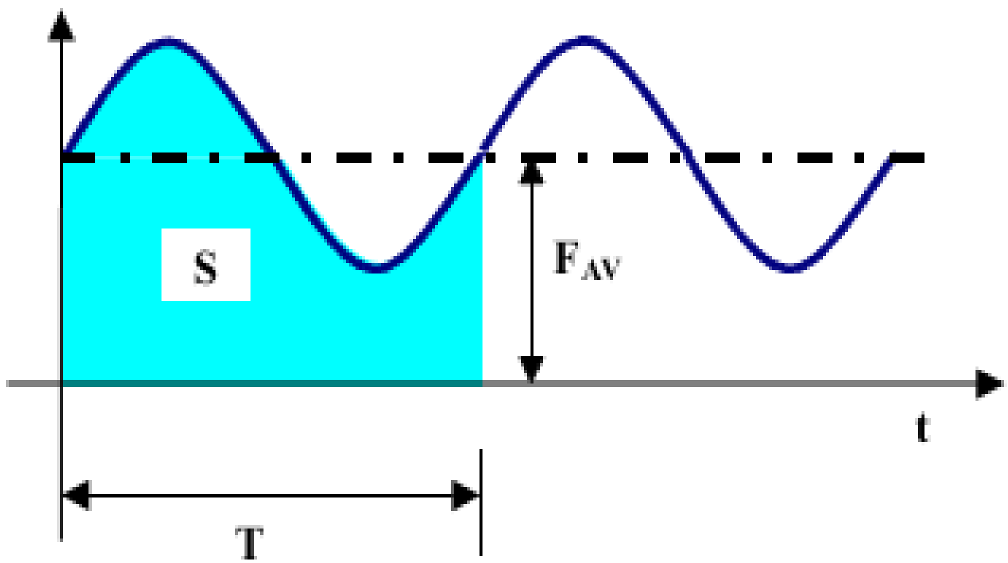
Valor Pico-a-Pico (V_{PP}): É o valor medido entre os valores de amplitude positiva e amplitude negativa (**c-d**).



1. Função Senoidal

<u>Valor Médio:</u> (Average ou av) de uma onda periódica está relacionado com a componente contínua desta onda.

$$\boxed{F_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt}$$



1. Função Senoidal

Valor Eficaz

- Na representação senoidal de corrente e de tensão alternadas estas grandezas variam com o tempo (**v(t)** e **i(t)**).
- Considerando a variação da grandeza no tempo os medidores ficariam oscilando na medição! (É nesta situação que se utiliza o conceito de **Valor Eficaz**).

Definição de Valor Eficaz

Consideremos uma corrente alternada **$i(t) = I_m.sen(wt)$ (A)**. O seu **Valor Eficaz** (**que será constante!**) é igual ao valor de uma **corrente contínua I_{CC}** que, atravessando um resistor com resistência **R**, dissipe a mesma **Potência Média $p_m(t)$** devido a **i(t)**. (O mesmo vale para a tensão **v(t)**).

1. Função Senoidal

Determinação do Valor Eficaz

Dada uma corrente ***i*(*t*)** periódica com período ***T***, o valor da **Potência Instantânea** dissipada em um resistor de resistência ***R*** é dada por **$p(t=t_0) = R.i(t=t_0)^2$** mas a **Potência Média $p_m(t)$** é dada por:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T Ri^2(t)dt$$

$$\boxed{F_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt}$$

O valor da **Potência Média $p_m(t)$** dissipada nesse mesmo resistor por uma **corrente contínua** de valor ***I*** é ***$R(I_{ef})^2$*** . Igualando os valores destas potência o **Valor Eficaz** da corrente ***i*(*t*)** é:

$$\mathbf{p_m(t)_{CC} = p_m(t)_{CA} \Rightarrow R.(I_{ef})^2 = \frac{1}{T}\int_0^T R.[i(t)]^2.dt \Rightarrow}$$

$$\mathbf{\Rightarrow I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T [i(t)]^2.dt}}$$

Generalizando, o valores eficazes corrente **I_{ef}** e de tensão **V_{ef}** são dados por:

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt} \qquad V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$$

Note que a obtenção de ***I_{ef}*** (ou ***V_{ef}***) requer que tomemos a ***raiz quadrada do valor médio do quadrado* da corrente** *i*(*t*) (ou ***v*(*t*)**). Por esse motivo, freqüentemente, denomina-se o **Valor Eficaz** de **valor rms** (***root mean square***).

Exemplo

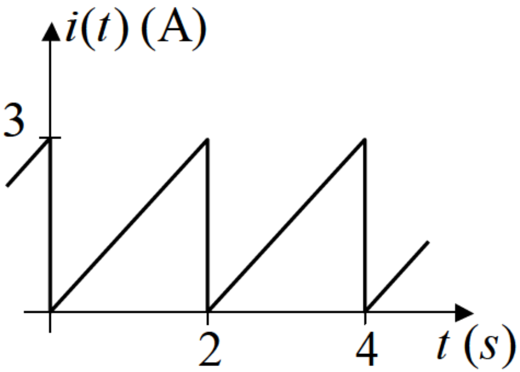
1) Qual é o Valor Eficaz V_{ef} da tensão $v(t) = V_p sen(wt)$?

$$V_{(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t).dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_p^{\,2}\cdot sen^2(\omega.t)\cdot d\omega t} = \sqrt{\frac{V_p^{\,2}}{2\pi}\cdot\int_0^{2\pi} sen^2(\omega t)\cdot d\omega t} =$$

$$= \sqrt{\frac{V_p^{\,2}}{2\pi}\left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\cos 2\omega t}{4}\right]_0^{2\pi}} = \sqrt{\frac{V_p^{\,2}}{2\pi}\left[\frac{2\pi}{2} - \frac{\cos 4\pi}{4} - \frac{0}{2} + \frac{\cos 0}{4}\right]} =$$

$$= \sqrt{\frac{V_p^{\,2}}{2\pi}\left[\frac{2\pi}{2}\right]} = \sqrt{\frac{V_p^{\,2}}{2}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

2) Qual é o Valor Eficaz I_{ef} da corrente dada pelo gráfico abaixo?



$$P = \frac{1}{T}\int_0^T Ri^2(t)dt = \frac{1}{2}\int_0^2 R\left(\frac{3}{2}t\right)^2 dt$$

$$= \frac{9R}{8}\frac{t^3}{3}\bigg|_0^2 = 3R$$

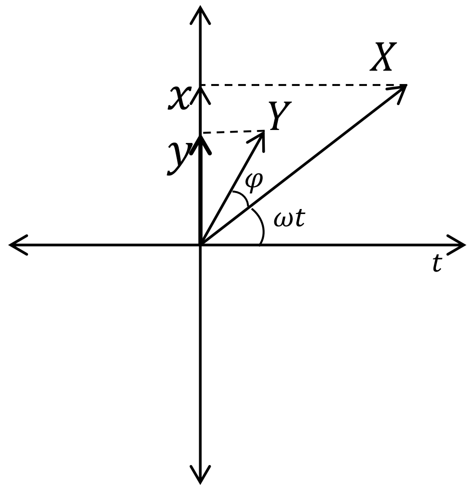
$$i(t) = \frac{3}{2}t \text{ para } 0 \le t < 2$$

$$RI_{ef}^2 = 3R \quad \rightarrow \quad \boxed{I_{ef} = \sqrt{3}\text{A}}$$

2. FASORES

Grandezas que variam "**senoidalmente**" em função do tempo podem ser representadas **geometricamente** através de **Diagramas Fasoriais**.

Diagrama Fasorial



$$x = Xsen(\omega t)$$
$$y = Ysen(\omega t + \varphi)$$

$\boldsymbol{\omega}$: velocidade angular de rotação (sentido anti-horário);

X e **Y**: representam as amplitudes das funções;

$\boldsymbol{x}\ e\ \boldsymbol{y}$: representam as projeções no eixo vertical indicando os valores instântaneos das funções;

$\boldsymbol{\varphi}$: representa o ângulo de rotação (diferença de fase entre fasores).

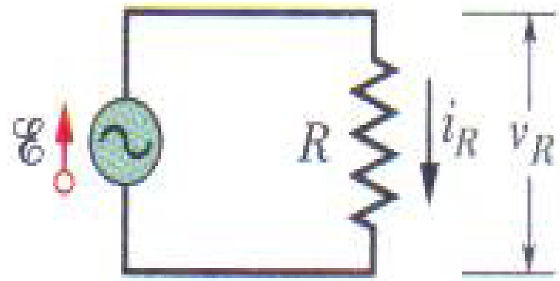
Aplicando LKT no circuito:

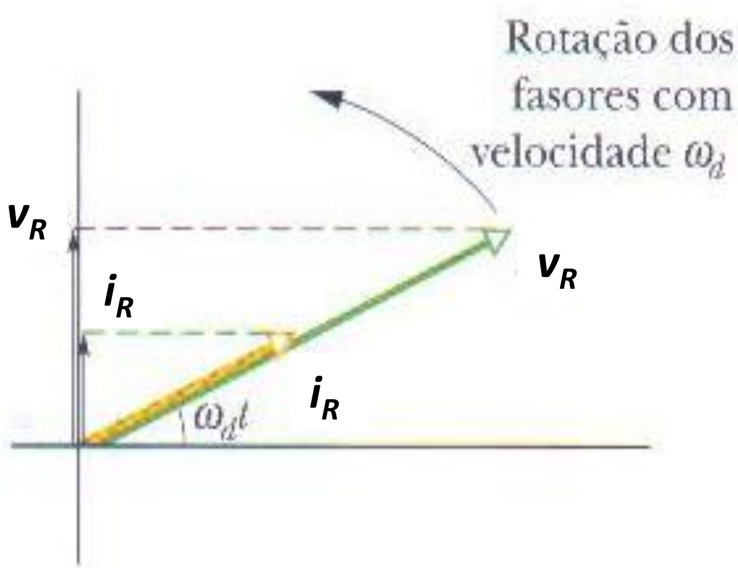
$$\mathscr{E} - v_R = 0.$$

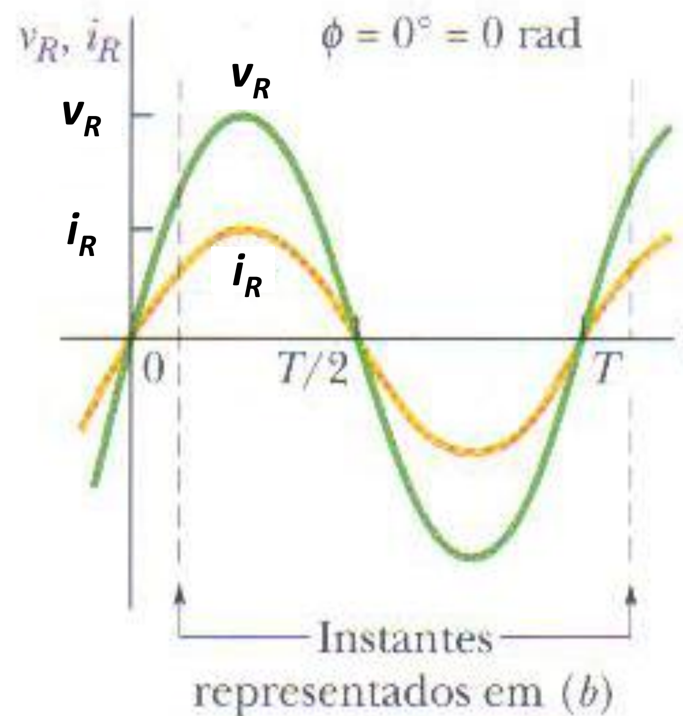
$$v_R = \mathscr{E}_m \operatorname{sen} \omega_d t.$$

$$v_R = V_R \operatorname{sen} \omega_d t.$$

$$i_R = \frac{v_R}{R} = \frac{V_R}{R} \operatorname{sen} \omega_d t.$$







A corrente está em fase com a tensão!

Aplicação de Fasores em Circuito Capacitivo

A tensão no capacitor é dada por:

$$v_C = V_C \operatorname{sen} \omega_d t$$

$$i_C = C.\frac{dv_C}{dt} \Rightarrow i_C = w_d.C.V_C.\cos(w_d t)$$

Define-se: $X_C = \dfrac{1}{\omega_d C}$ = Reatância Capacitiva

Como:

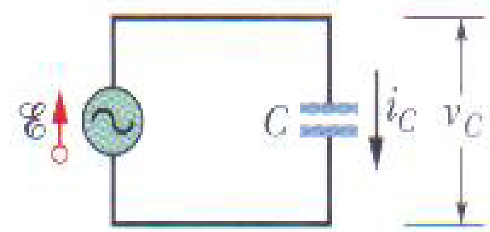
$$\cos \omega_d t = \operatorname{sen}(\omega_d t + 90°)$$

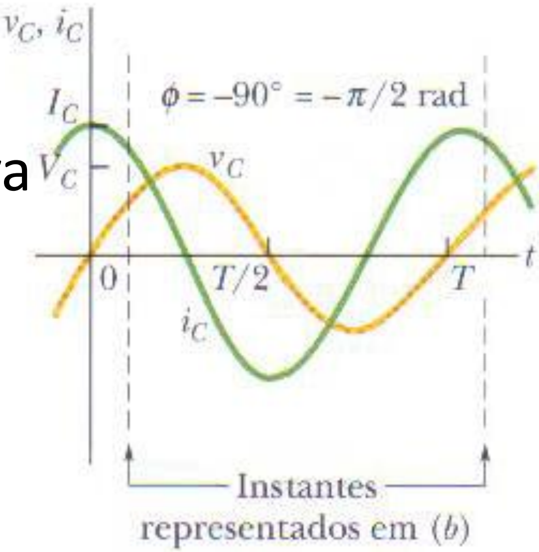
Tem-se que:

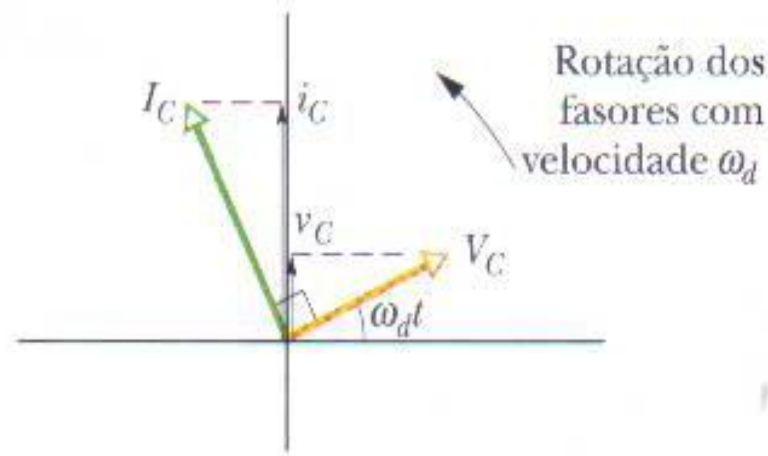
$$i_C = \left(\frac{V_C}{X_C}\right) \operatorname{sen}(\omega_d t + 90°)$$

A corrente está defasada (**adiantada**) de 90º da tensão!

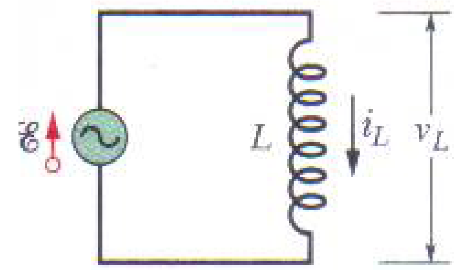
Fasorialmente: $V_C = I_C X_C$







Aplicação de Fasores em Circuito Indutivo

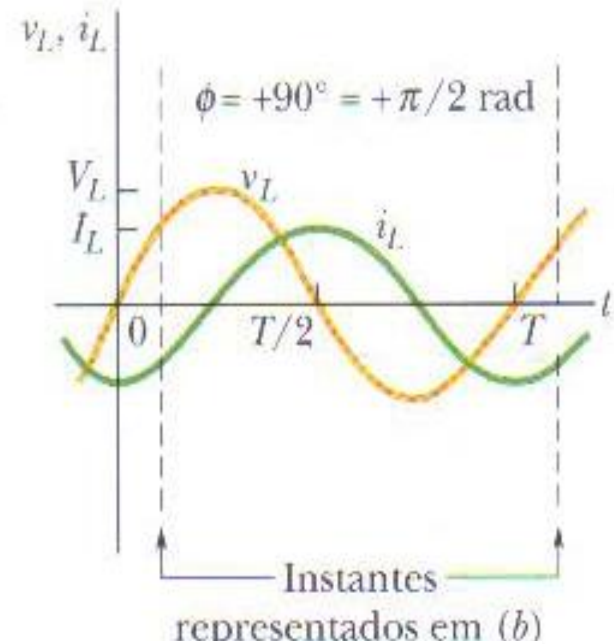


A tensão no indutor é dada por:

$$v_L = V_L \operatorname{sen} \omega_d t$$

$$\mathbf{i_L = \frac{1}{L}\int_0^t v_L(t).dt = \frac{1}{L}\int_0^t V_L.sen(w_d t).dt =}$$

$$\mathbf{= -\frac{V_L}{w_d.L}.cos(w_d t)}$$

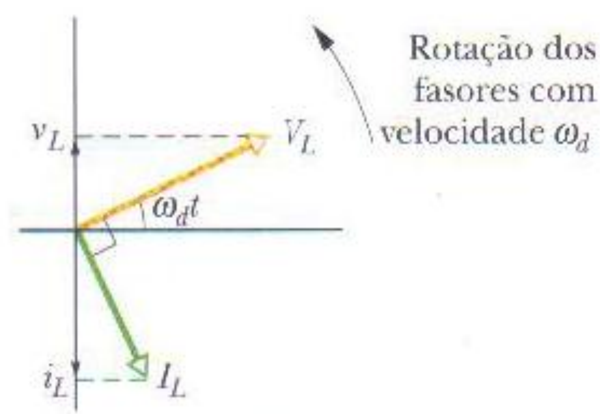


Define-se: $X_L = \omega_d L$ = Reatância Indutiva

Como: $-\cos \omega_d t = \operatorname{sen}(\omega_d t - 90°)$

Tem-se que $i_L = \left(\frac{V_L}{X_L}\right) \operatorname{sen}(\omega_d t - 90°)$

A corrente está defasada (**atrasada**) de 90º da tensão!



Fasorialmente: $V_L = I_L X_L$

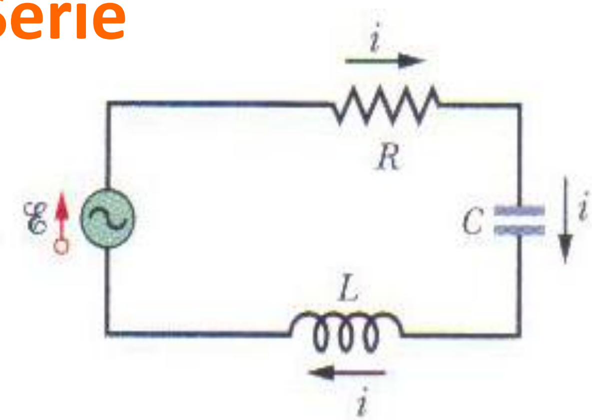
Quadro Resumo

Elemento	Símbolo	Resistência ou Reatância	Fase da Corrente
Resistor	R	R	Em fase com v_R
Capacitor	C	$X_C = 1/\omega_d C$	Adiantada de 90° (= $\pi/2$ rad) em relação a v_C
Indutor	L	$X_L = \omega_d L$	Atrasada de 90° (= $\pi/2$ rad) em relação a v_L

Elemento	Símbolo	Constante de Fase (ou Ângulo) ϕ	Relação de Amplitudes
Resistor	R	0° (= 0 rad)	$V_R = I_R R$
Capacitor	C	−90° (= $-\pi/2$ rad)	$V_C = I_C X_C$
Indutor	L	+90° (= $+\pi/2$ rad)	$V_L = I_L X_L$

3. Fasores Aplicados ao Circuito RLC Série

Seja uma fem aplicada no circuito RLC:



$$\mathscr{E} = \mathscr{E}_m \operatorname{sen} \omega_d t$$

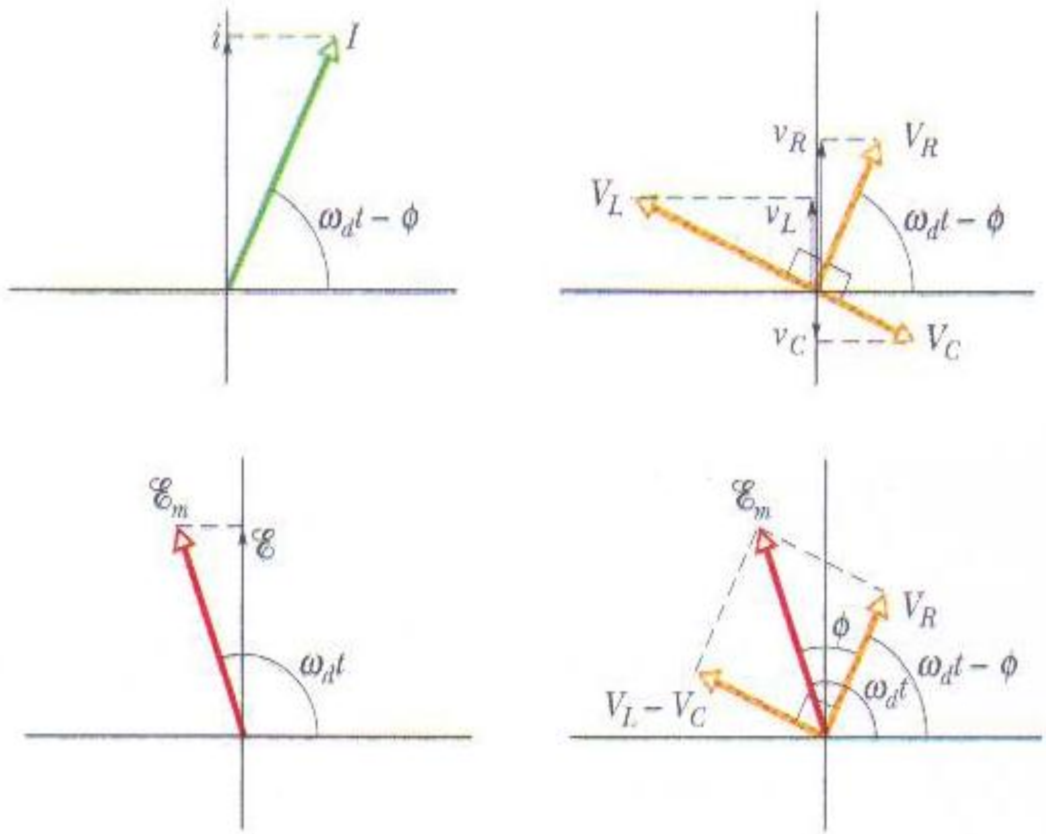
A corrente que circula será dada por:

$$i = I \operatorname{sen}(\omega_d t - \phi)$$

Determinação da amplitude ***I*** e da fase ***Φ***:

$$\mathscr{E} = v_R + v_C + v_L$$

Diagramas Fasoriais



Pelo Diagrama Fasorial:

$$\mathscr{E}_m^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

Então:

$$\mathscr{E}_m^2 = (IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2$$

Daí:

$$I = \frac{\mathscr{E}_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}.$$

4. Impedância

É a relação do **Fasor Tensão** pelo **Fasor Corrente**.

A **Impedância** possui Módulo (amplitude) e Fase (ângulo).

$$\textbf{Da Lei de Ohm}: Z = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = |Z|\angle\Phi$$

Determinação do **Módulo da Impedância**:

$$I = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}, \quad \Rightarrow \frac{\varepsilon m}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = |Z|$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Determinação da **Fase da Impedância**:

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} \quad \text{ou} \quad \tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

A fase será positiva se $X_L > X_C$ e negativa se $X_C > X_L$.

5. Potência Ativa (W) em Circuitos CA

A **potência ativa instantânea** em um resistor **R** é dada por:

$$P = i^2R = [I\,\mathrm{sen}(\omega_d t - \phi)]^2 R = I^2 R\,\mathrm{sen}^2(\omega_d t - \phi)$$

A potência média dissipada no mesmo resistor é:

$$P_{\text{méd}} = \frac{I^2R}{2} = \left(\frac{I}{\sqrt{2}}\right)^2 R$$

Observe que $\frac{I}{\sqrt{2}}$ é a **corrente rms** do circuito. Isso implica que a **potência média e rms** dissipada no resistor é: $P_{\text{méd}} = I_{\text{rms}}^2 R$

Então:

$$I_{\text{rms}} = \frac{\mathscr{E}_{\text{rms}}}{Z} \qquad P_{\text{méd}} = \frac{\mathscr{E}_{\text{rms}}}{Z} I_{\text{rms}} R = \mathscr{E}_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \frac{R}{Z} \qquad \frac{R}{Z} = \cos\phi$$

$$P_{\text{méd}} = \mathscr{E}_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos\phi$$

$\cos\phi =$ **Fator de Potência**

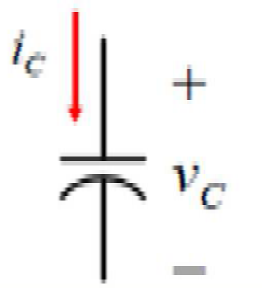
Aplicações de Capacitores e de Indutores

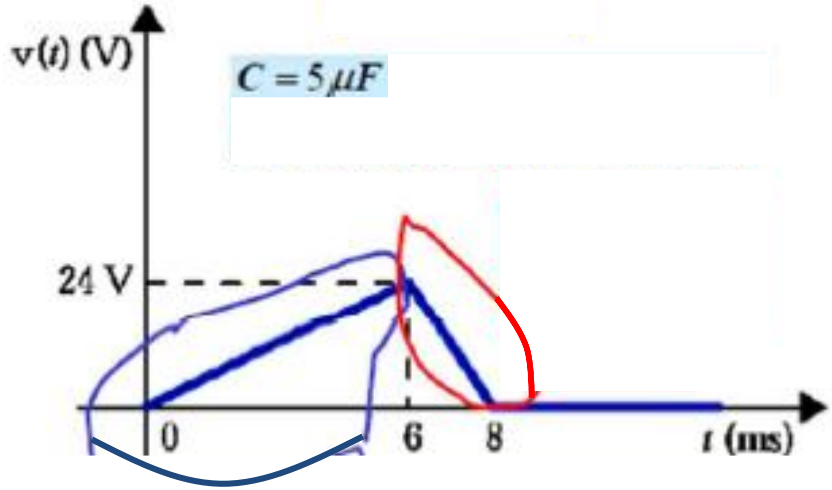
6. Considerações Iniciais

- Os capacitores e os indutores são amplamente utilizados em circuitos de medições!
- Uma grande aplicação é a condição de derivação e integração de funções as quais expressam as grandezas tensão e corrente, CC ou CA.
- A tensão nos terminais de um capacitor não varia bruscamente quando esta é submetida a uma variação em relação ao valor inicial, ou seja, $v_C(t=0^-) = v_C(t=0^+)$.
- A corrente que flui em um indutor não varia bruscamente quando esta é submetida a uma variação em relação ao valor inicial, ou seja, $i_L(t=0^-) = i_L(t=0^+)$.

6.1 Aplicações de Capacitores

Um capacitor C = 5 μF é submetido a uma tensão v(t) variável no tempo conforme o gráfico abaixo.

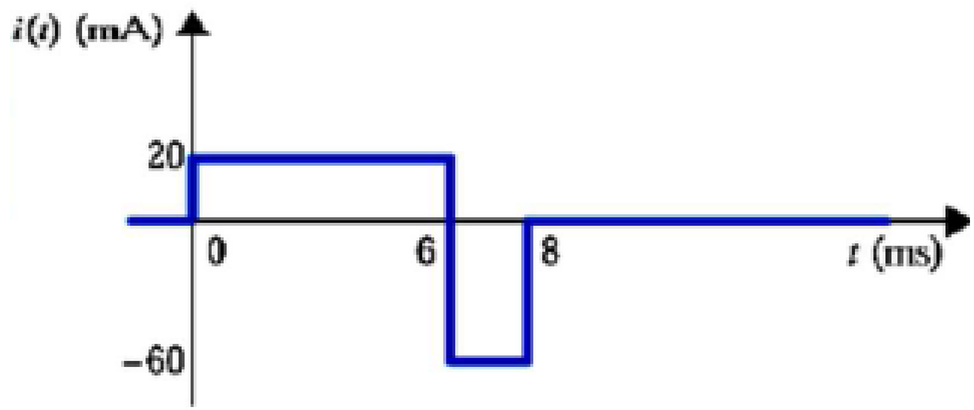




A variação da corrente i(t) no capacitor C = 5μF é dada pelo gráfico:

Determinar a corrente!

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



A potência instantânea para um capacitor C é dada por:

Potência Instantânea

$$p_C(t) = v_C(t) i_C(t) \quad \boxed{\mathbf{W}}$$

$$p_C(t) = \underbrace{\frac{1}{C} q_C(t)}_{v_c(t)} \overbrace{\frac{dq_C}{dt}(t)}^{i_c(t)}$$

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

$$p_C(t) = C v_C(t) \frac{dv_c}{dt} \longrightarrow p_C(t) = C \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2} v_C^2(t)\right)$$

A energia armazenada em um capacitor C é dada por:

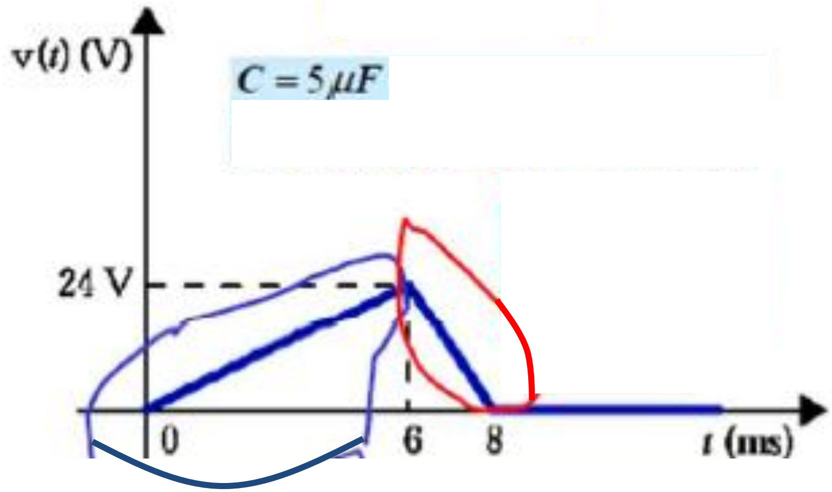
$$w_C(t_2, t_1) = \frac{1}{2} C v_C^2(t_2) - \frac{1}{2} C v_C^2(t_1) \qquad w_C(t_2, t_1) = \frac{1}{C} q_C^2(t_2) - \frac{1}{C} q_C^2(t_1)$$

A energia armazenada em um capacitor C = 5 μF no intervalo de t = 0 a t = 6 ms é dada por:

Energia armazenada de 0 - 6 ms

$$w_C(0,6) = \frac{1}{2}Cv_C^2(6) - \frac{1}{2}Cv_C^2(0)$$

$$w_C(0,6) = \frac{1}{2}5*10^{-6}[F]*(24)^2[V^2]$$



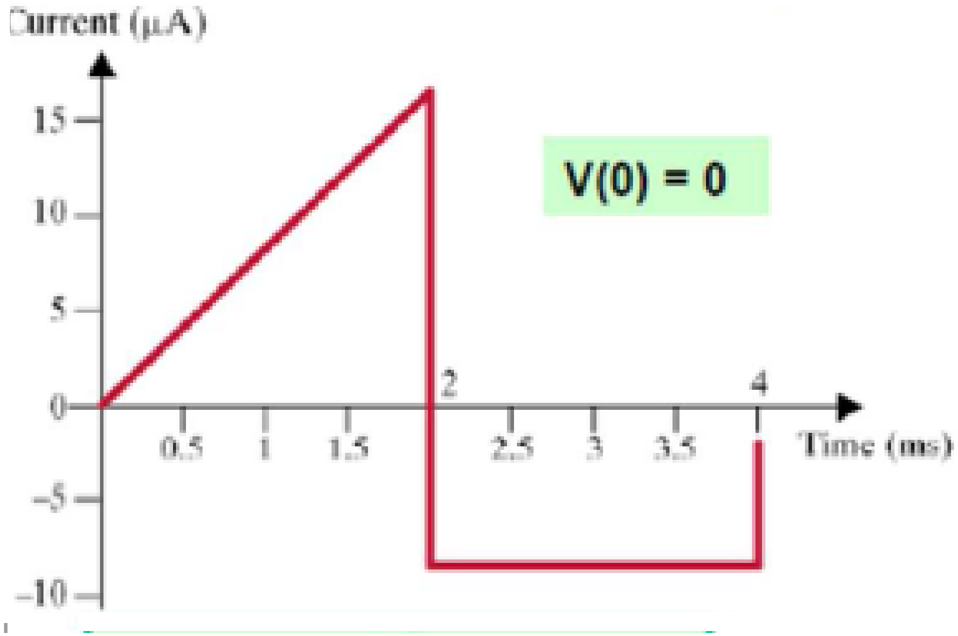
A carga armazenada em um capacitor C = 5μF em 3 ms é dada por:

Carga armazenada em 3ms

$$q_C(3) = Cv_C(3)$$

$$q_C(3) = 5*10^{-6}[F]*12[V] = 60\mu C$$

Uma corrente i(t) variável no tempo dada pelo gráfico a seguir flui em um capacitor C = 4 μF. Determine a tensão nos terminais de C.

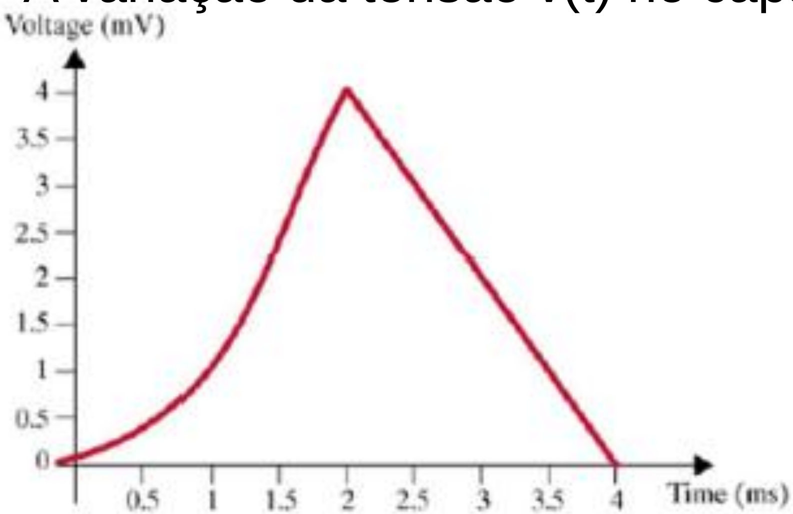


$$i(t) = \frac{16 \times 10^{-6}\, t}{2 \times 10^{-3}} \qquad 0 \le t \le 2 \text{ ms}$$
$$= -8 \times 10^{-6} \qquad 2 \text{ ms} \le t \le 4 \text{ ms}$$
$$= 0 \qquad 4 \text{ ms} < t$$

$$v(t) = v(0) + \frac{1}{C}\int_0^t i(x)dx;\ t > 0$$

$$v(t) = \frac{1}{(4)(10^{-6})}\int_0^t 8(10^{-3})x\, dx = 10^3 t^2$$

A variação da tensão v(t) no capacitor C = 4μF é dada pelo gráfico:



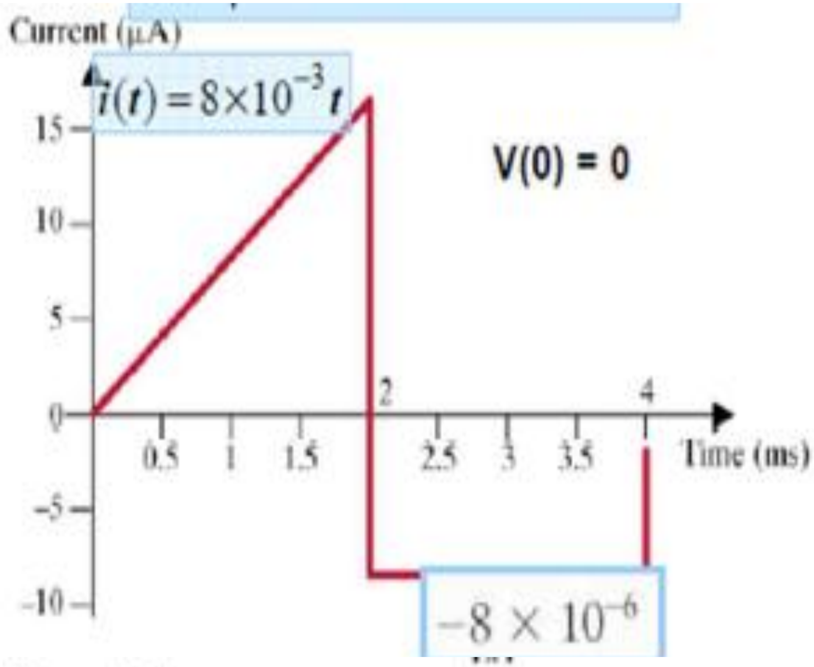
$$v(2 \text{ ms}) = 10^3(2 \times 10^{-3})^2 = 4 \text{ mV}$$

$$v(t) = \frac{1}{(4)(10^{-6})}\int_{2(10^{-3})}^t -(8)(10^{-6})\, dx + (4)(10^{-3})$$

$$2 < t \le 4ms$$

$$v(t) = -2t + 8\times10^{-3}[V]$$

Uma corrente i(t) variável no tempo dada pelo gráfico a seguir flui em um capacitor C = 4 μF. Determine a variação da potência no capacitor C.

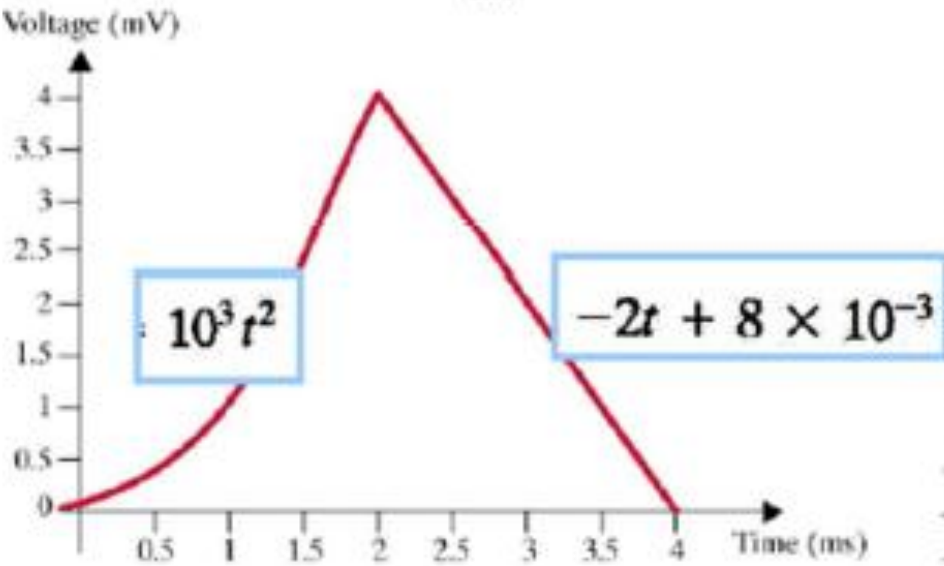


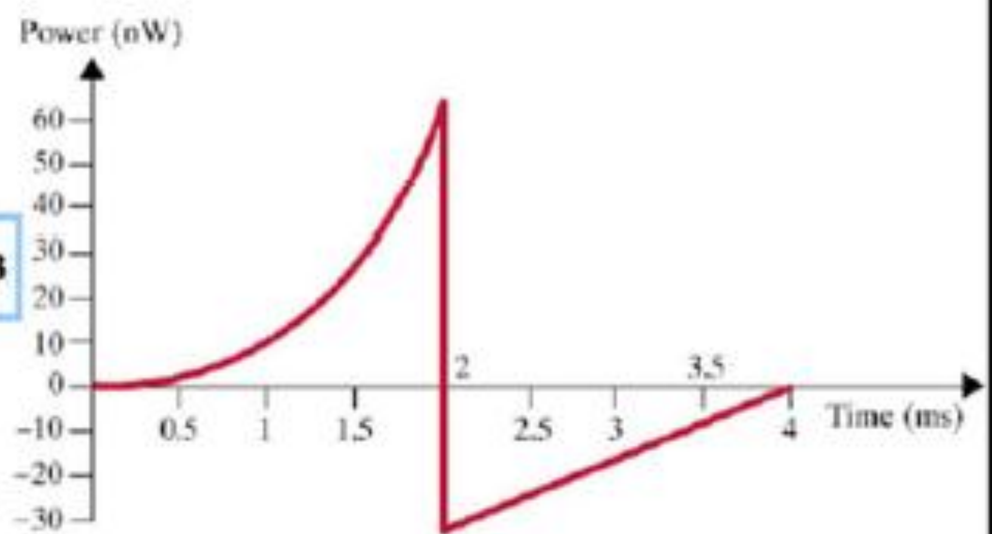
$$\boxed{p(t) = v(t)i(t)}$$

$$p(t) = 8t^3,\ 0 \le t \le 2ms$$

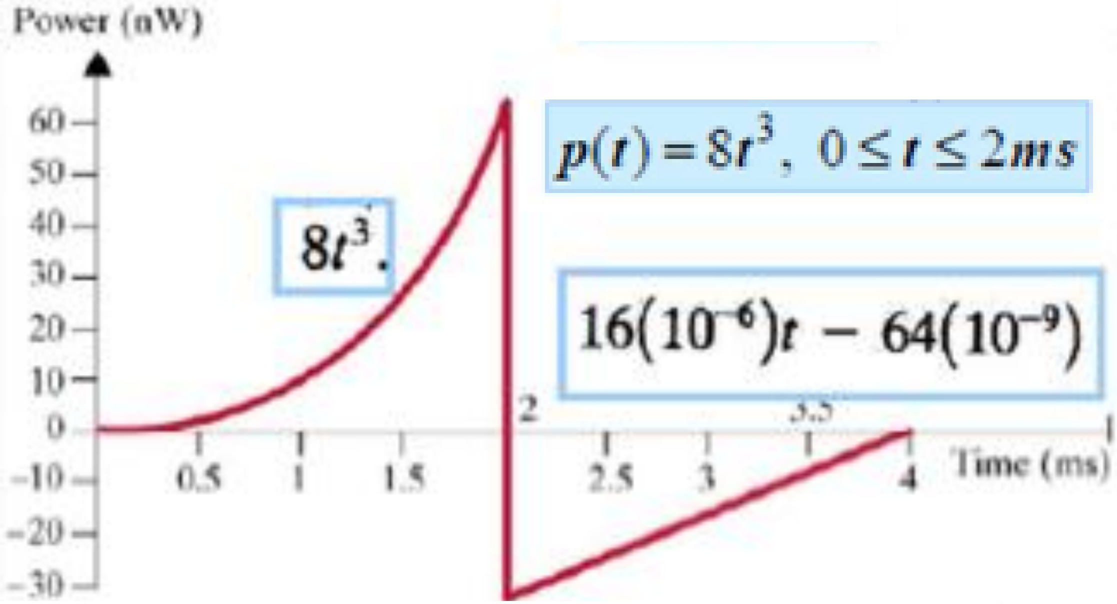
$$\begin{aligned} p(t) &= -(8)(10^{-6})(-2t + 8 \times 10^{-3}) \\ &= 16(10^{-6})t - 64(10^{-9}) \end{aligned}$$

$$2 < t \le 4ms$$





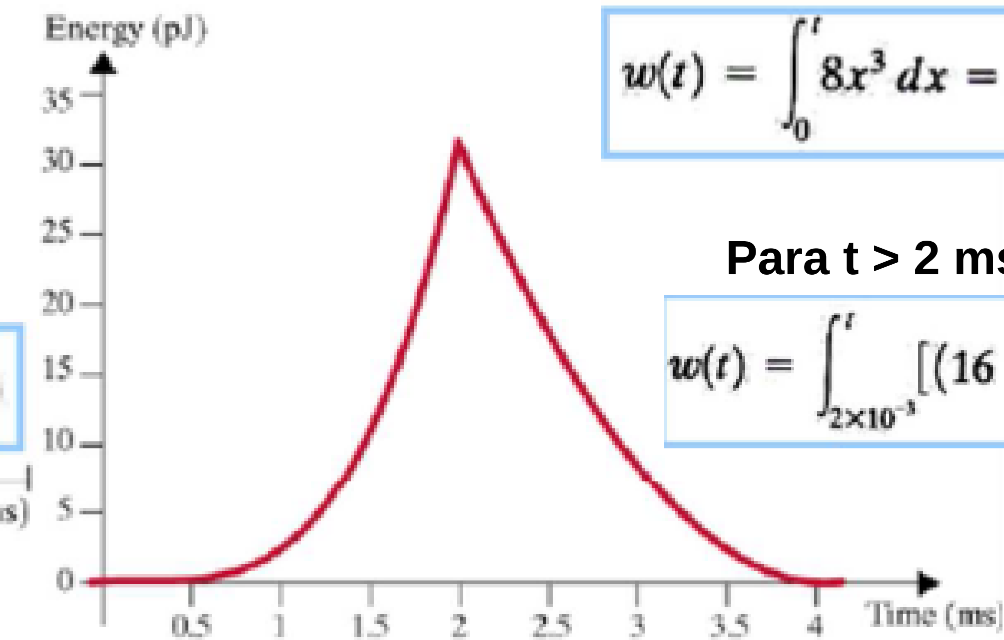
Uma corrente i(t) variável no tempo dada pelo gráfico a seguir flui em um capacitor C = 4 μF. Determine a variação da energia no capacitor C.



$$p(t) = 8t^3,\ 0 \le t \le 2ms$$

$$16(10^{-6})t - 64(10^{-9})$$

$$w(t) = \int_{t_0}^{t} p(x)\,dx + w(t_0)$$



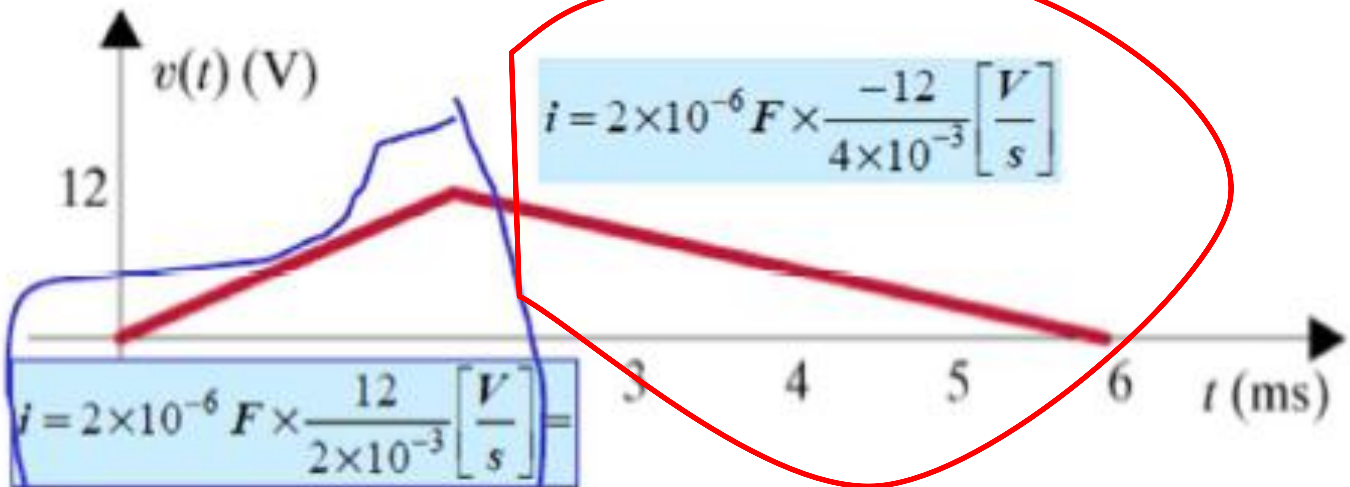
$$w(t) = \int_0^t 8x^3\,dx = 2t^4$$

$$w(2\text{ ms}) = 32\text{ pJ} \qquad 0 \le t \le 2ms$$

Para t > 2 ms:

$$w(t) = \int_{2\times10^{-3}}^{t} [(16\times10^{-6})x - (64\times10^{-9})]\,dx + 32\times10^{-12}$$

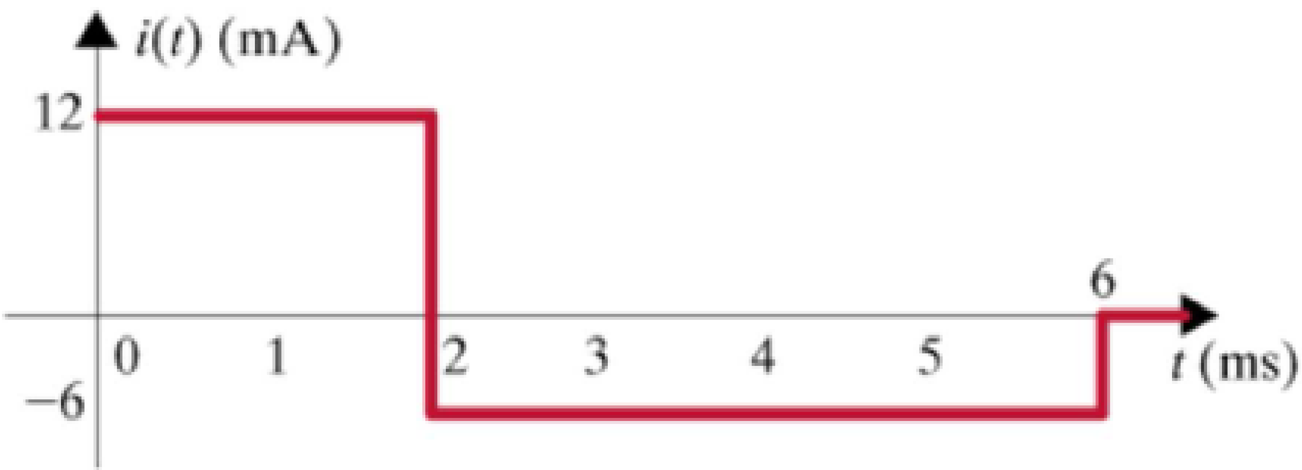
Uma tensão v(t) variável no tempo dada pelo gráfico a seguir é aplicada nos terminais de um capacitor C = 2 μF. Determine a corrente que flui no capacitor C.



$$i = 2\times10^{-6}\,F\times\frac{-12}{4\times10^{-3}}\left[\frac{V}{s}\right]$$

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

$$i = 2\times10^{-6}\,F\times\frac{12}{2\times10^{-3}}\left[\frac{V}{s}\right] =$$

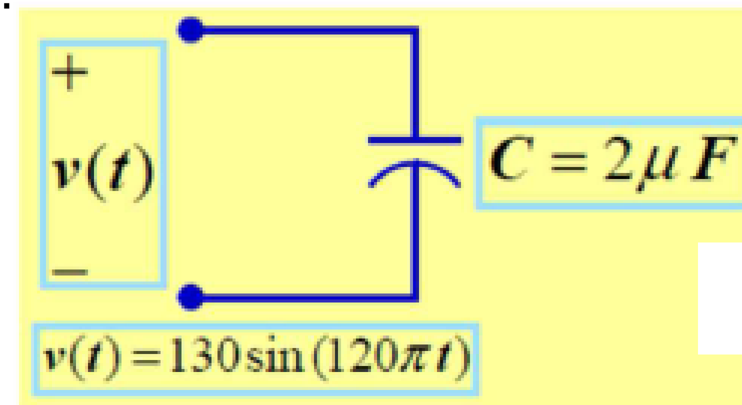


Uma tensão v(t) senoidal v(t) = 130.sen(120πt) (V) é aplicada nos terminais de um capacitor C = 2 μF. Determine:

a) a energia armazenada em t = 1/240 s.

b) a carga armazenada em t = 1/120 s.

c) a corrente no capacitor em t = 1/120 s



a) $$E(t) = \frac{1}{2} C v_C^2(t)$$

$$E(1/240) = \frac{1}{2} 2 * 10^{-6} [F] * 130^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}\right) \quad \text{J}$$

b) $$q_C(t) = C v_C(t)$$

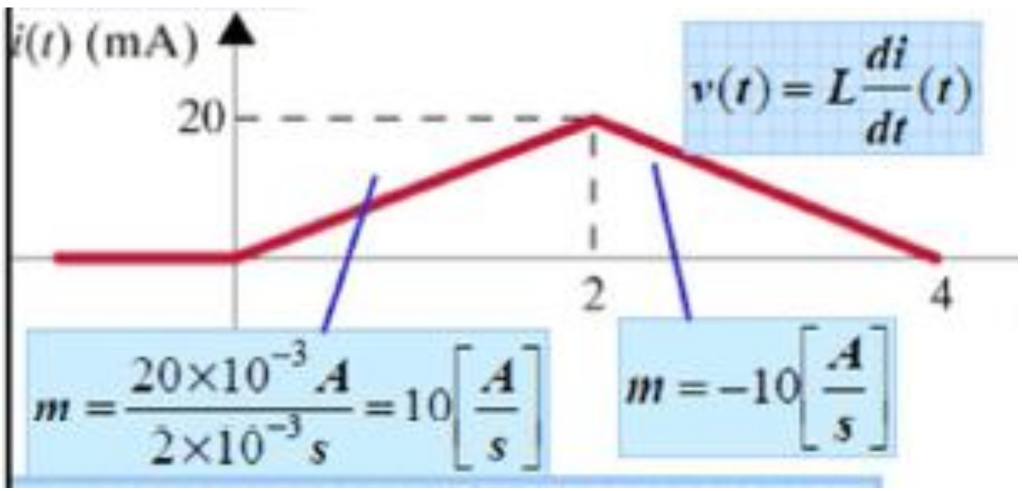
$$q_C(1/120) = 2 * 10^{-6} [C] * \sin(\pi) [V] = 0 \quad \text{C}$$

c) $$i_C = C \frac{dv_C}{dt}(t)$$

$$i_C(1/120) = 2 * 10^{-6} * 130 * 120\pi \cos(\pi) \quad \text{A}$$

6.2 Aplicações de Indutores

Um indutor L = 10 mH é submetido a uma corrente i(t) variável no tempo conforme o gráfico abaixo. Determine a variação da tensão neste indutor.



$$v(t) = L\frac{di}{dt}(t)$$

$$m = \frac{20\times10^{-3}\,A}{2\times10^{-3}\,s} = 10\left[\frac{A}{s}\right]$$

$$m = -10\left[\frac{A}{s}\right]$$

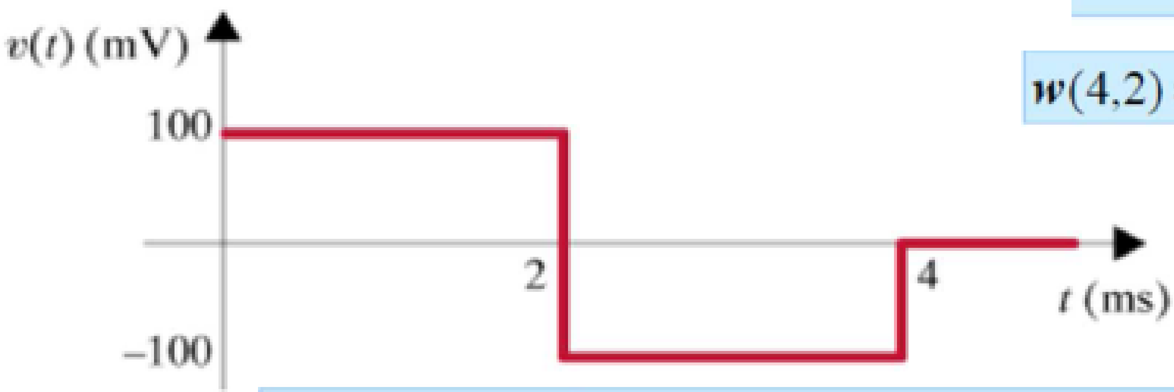
A DERIVADA DE UMA LINHA RETA É UMA CONSTANTE

$$\frac{di}{dt} = \begin{cases} 10(A/s) & 0 \le t \le 2ms \\ -10(A/s) & 2 < t \le 4ms \end{cases}$$

ENERGIA ARMAZENADA ENTRE 2 AND 4 ms

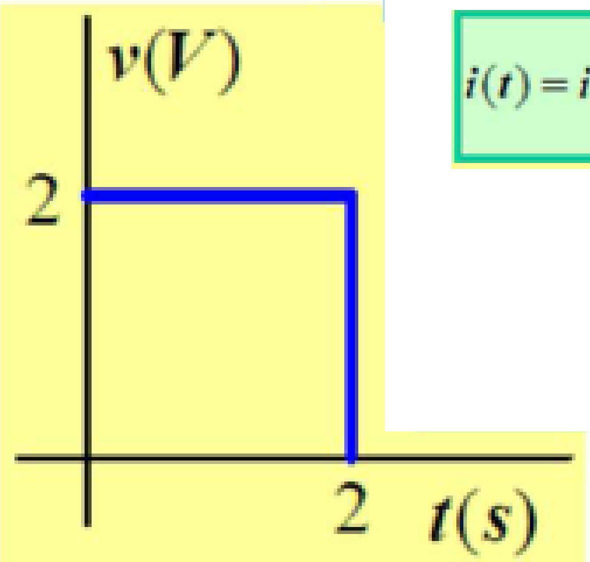
$$w(4,2) = \frac{1}{2}Li_L^2(4) - \frac{1}{2}Li_L^2(2)$$

$$w(4,2) = 0 - 0.5*10*10^{-3}(20*10^{-3})^2 \text{ J}$$



$$\left.\begin{aligned} &\frac{di}{dt}(t) = 10(A/s) \\ &L = 10\times10^{-3}\,H \end{aligned}\right\} \Rightarrow v(t) = 100\times10^{-3}V = 100mV$$

Um indutor L = 100 mH é submetido a uma tensão v(t) variável no tempo conforme o gráfico abaixo. Determine a variação da corrente neste indutor para t > 0 dado que i(0) = 2 A.

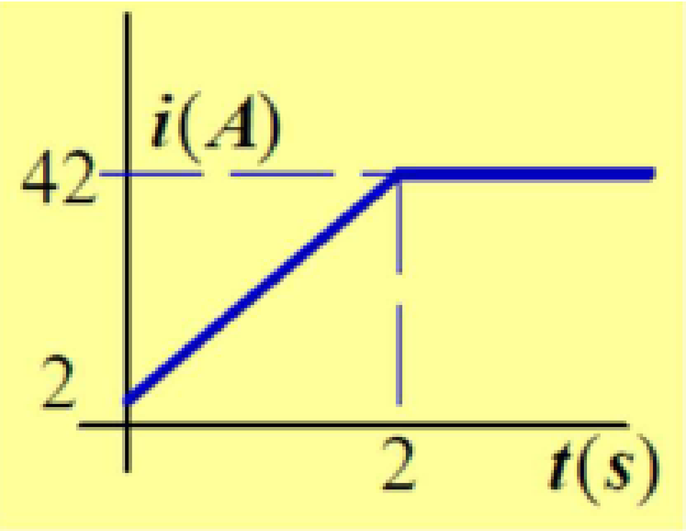


$$i(t) = i(0) + \frac{1}{L}\int_0^t v(x)dx$$

$$v(x) = 2 \Rightarrow \int_0^t v(x)dx = 2t; \quad 0 < t \le 2$$

$$L = 0.1H \Rightarrow i(t) = 2 + 20t; 0 \le t \le 2s$$

$$v(x) = 0; t > 2 \Rightarrow i(t) = i(2); t > 2s$$



CÁLCULOS DA ENERGIA

Energia armazenada entre 0 e 2 sec

$$w(t_2, t_1) = \frac{1}{2}Li_L^2(t_2) - \frac{1}{2}Li_L^2(t_1)$$

$$w(2,0) = \frac{1}{2}Li_L^2(2) - \frac{1}{2}Li_L^2(0)$$

$$w(2,0) = 0.5 * 0.1 * (42)^2 - 0.5 * 0.1 * (2)^2$$

$$w(2,0) = 88[J]$$

Um indutor L = 2 mH é atravessado por uma corrente i(t) = 2.sen(377t) A. Determine:

a) a tensão nos terminais neste indutor.
b) A energia armazenada no indutor.

a)

$$v(t) = L\frac{di(t)}{dt} = (2 \times 10^{-3})\frac{d}{dt}(2 \sin 377t)$$

$$v(t) = 1.508 \cos 377t \text{ V}$$

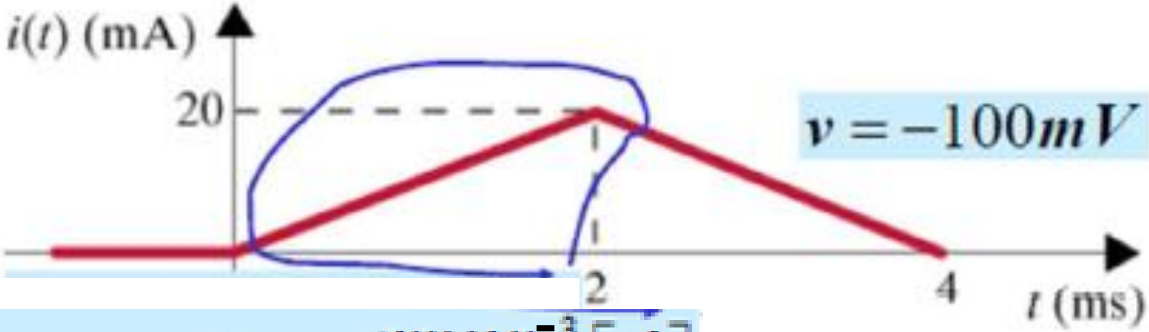
b)

$$w_L(t) = \frac{1}{2}Li^2(t)$$

$$w_L(t) = \frac{1}{2}(2 \times 10^{-3})(2 \sin 377t)^2$$

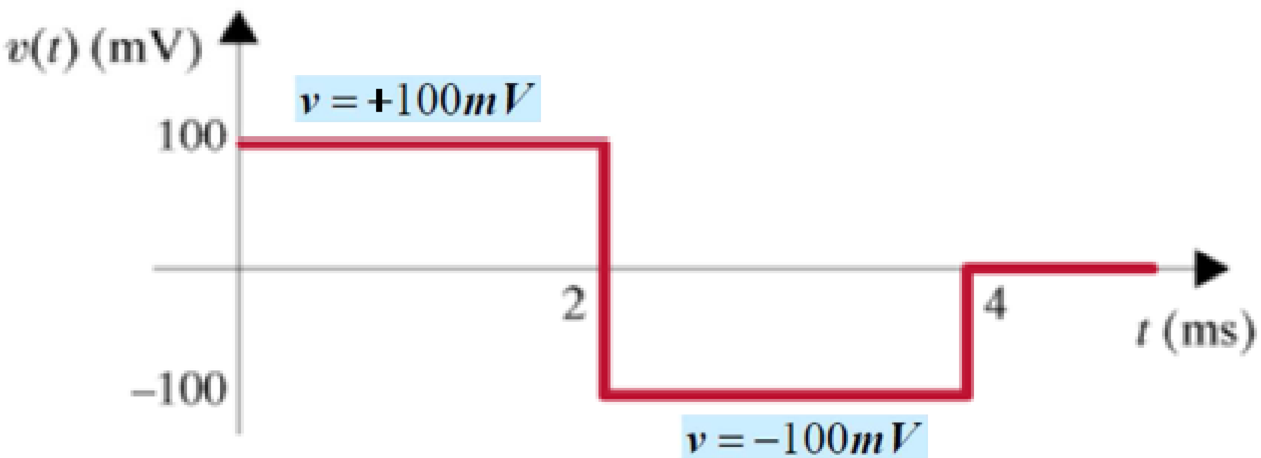
$$= 0.004 \sin^2 377t \text{ . (J)}$$

Um indutor L = 10 mH é percorrido por uma corrente i(t) variável no tempo conforme o gráfico abaixo. Determine a variação da corrente neste indutor para t > 0 dado que i(0) = 2 A.

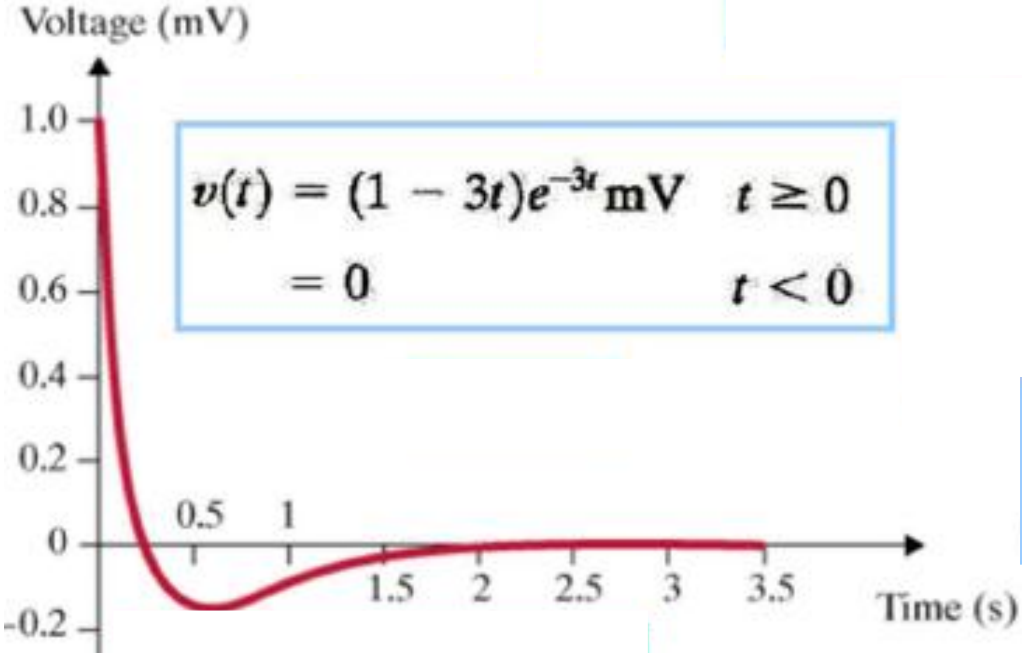


$$v(t) = L\frac{di}{dt}(t)$$

$$v = 10\times10^{-3}[H]\times\frac{20\times10^{-3}}{2\times10^{-3}}\left[\frac{A}{s}\right]$$



Um indutor L = 200 mH é submetido a uma tensão v(t) em seus terminais conforme as sentenças abaixo. Determine a corrente neste indutor.



$$v(t) = \begin{cases} (1-3t)e^{-3t}\,\text{mV} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

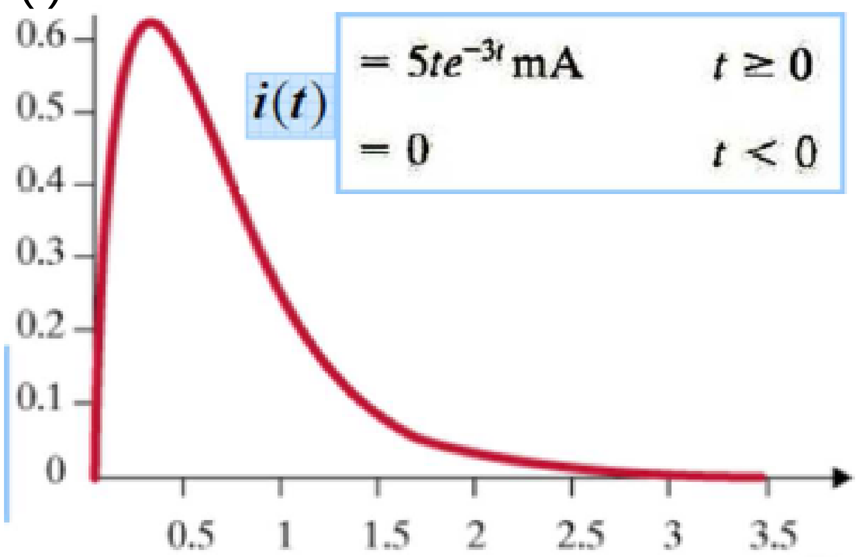
$$v(t) = 0;\ t < 0 \Rightarrow i(0) = 0$$

$$i(t) = i(0) + \frac{1}{L}\int_0^t v(x)dx;\ t > 0$$

$$i(t) = \frac{10^3}{200}\int_0^t (1-3x)e^{-3x}\,dx =$$

$$= 5\left\{\int_0^t e^{-3x}\,dx - 3\int_0^t xe^{-3x}\,dx\right\}$$

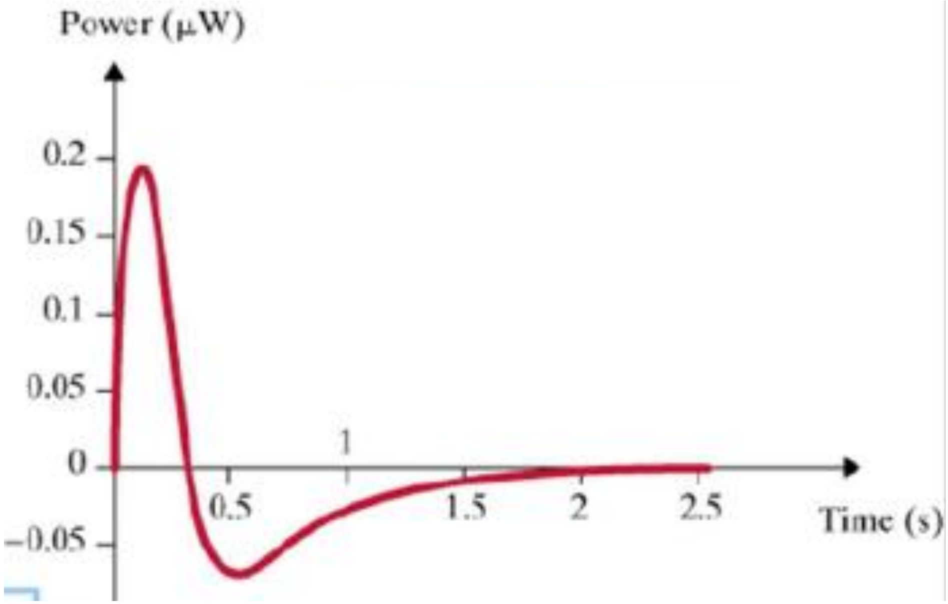
$$i(t) = 5\left\{\frac{e^{-3x}}{-3}\Big|_0^t - 3\left[-\frac{e^{-3x}}{9}(3x+1)\right]_0^t\right\}$$



$$i(t) \begin{cases} = 5te^{-3t}\,\text{mA} & t \geq 0 \\ = 0 & t < 0 \end{cases}$$

$$i(t) \begin{cases} = 5te^{-3t}\,\text{mA} & t \geq 0 \\ = 0 & t < 0 \end{cases}$$

Para o caso anterior, obter a potência e a energia no indutor.



L=200mH

$$v(t) = (1 - 3t)e^{-3t}\,\text{mV} \quad t \geq 0$$
$$= 0 \quad t < 0$$

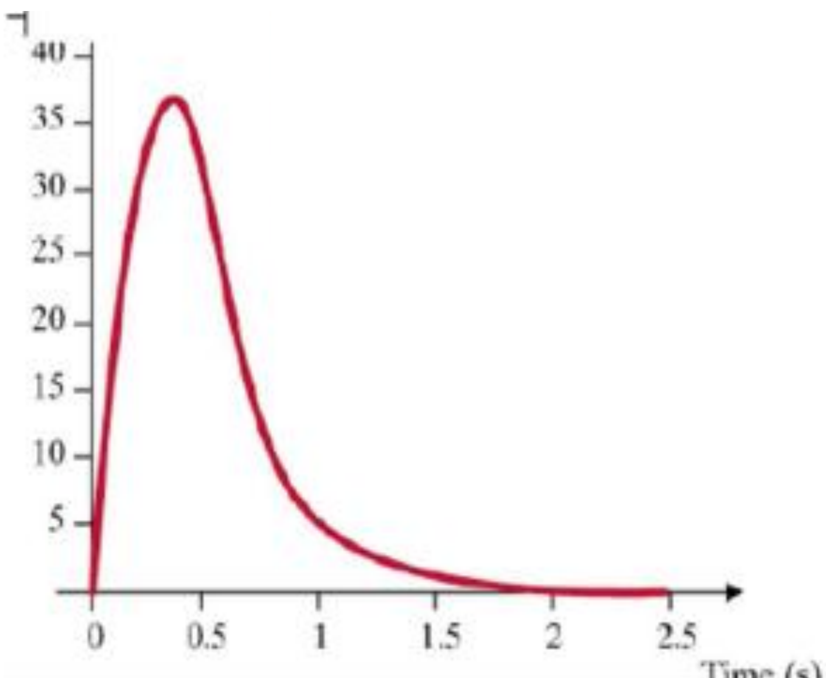
$$i(t) = 5te^{-3t}\,\text{mA} \quad t \geq 0$$
$$= 0 \quad t < 0$$

POWER $p(t) = v(t)i(t)$

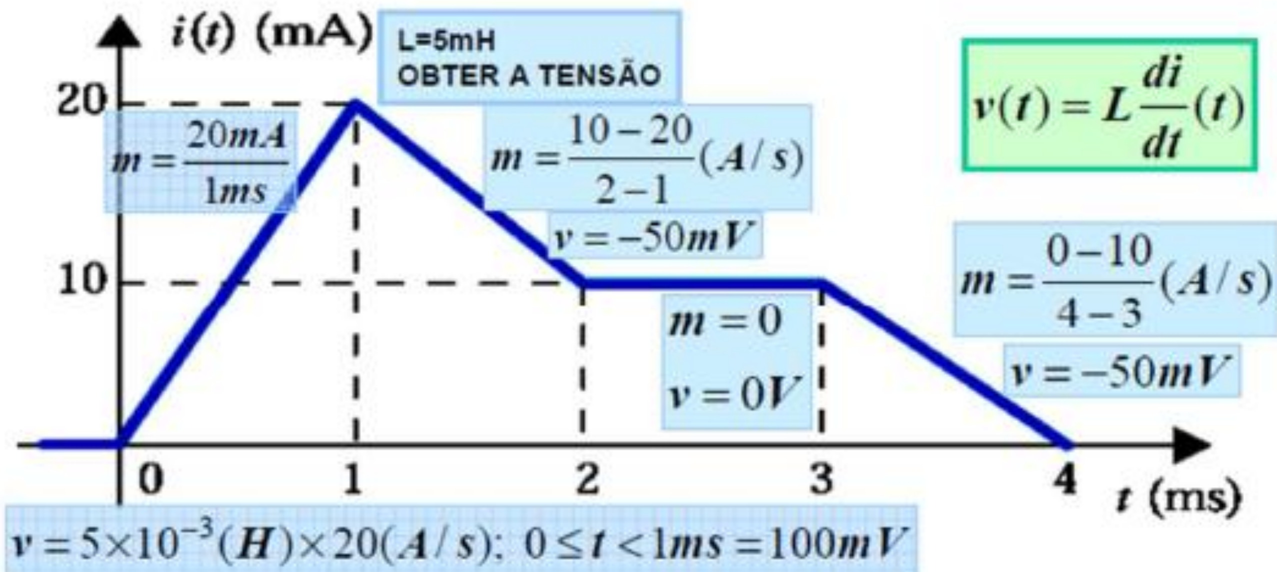
$$p(t) = 5t(1 - 3t)e^{-6t}\,\mu\text{W} \quad t \geq 0$$
$$= 0 \quad t < 0$$

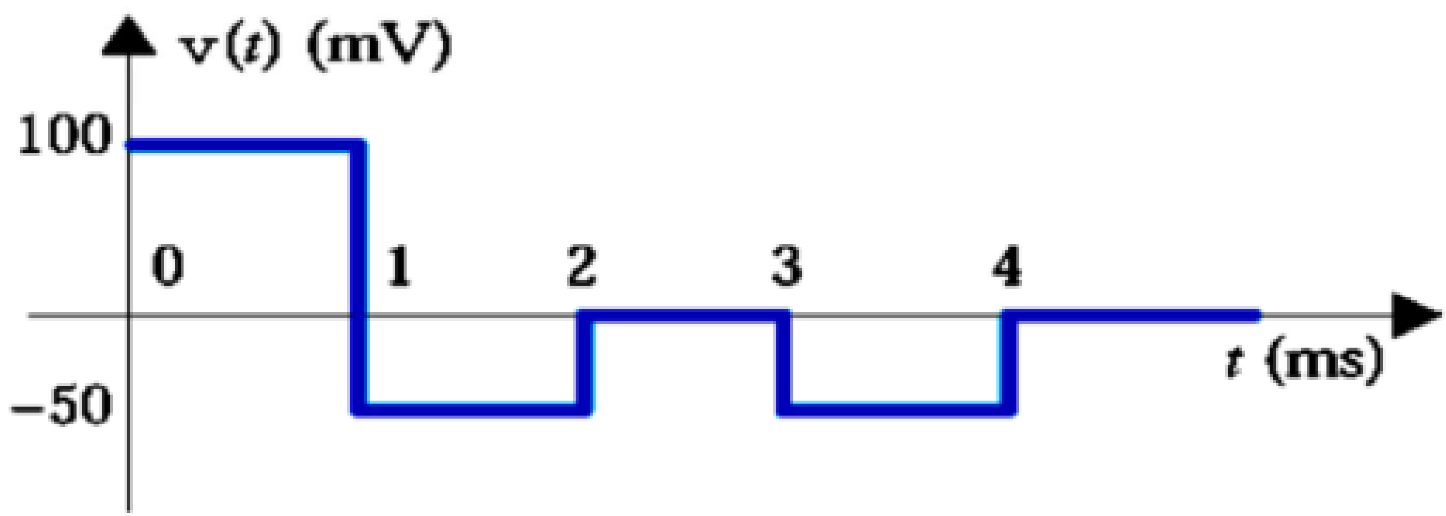
ENERGIA $w(t) = \frac{1}{2}Li^2(t)$

$$w(t) = 2.5t^2 e^{-6t}\,\mu\text{J} \quad t \geq 0$$
$$= 0 \quad t < 0$$

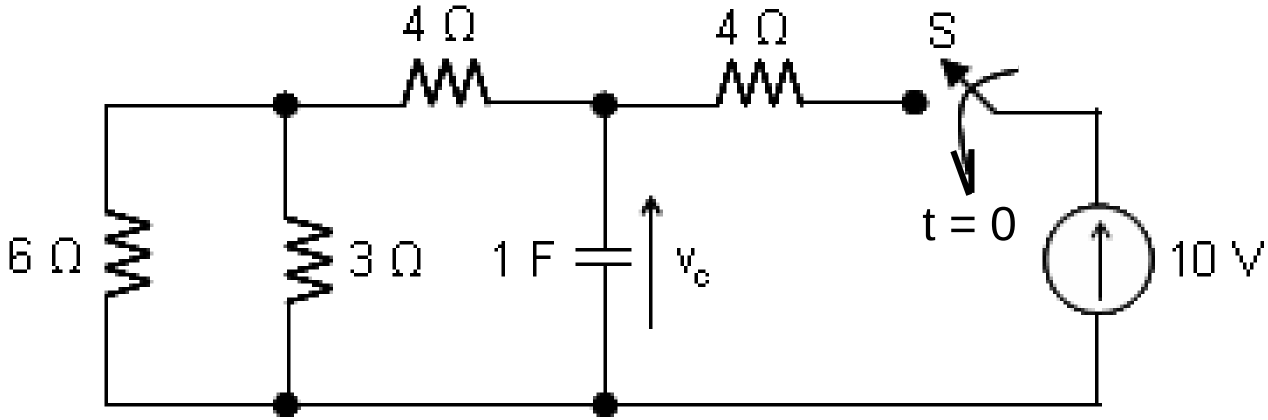


Um indutor L = 5 mH é submetido a uma corrente i(t) conforme o gráfico abaixo. Determine a tensão nos terminais deste indutor.





No circuito a seguir o capacitor está descarregado em $t < 0$. A chave S é fechada em $t = 0$. Determine a tensão v_c no capacitor para $t \rightarrow \infty$ (estado permanente).



No circuito a seguir o indutor está descarregado em $t < 0$. A chave S é fechada em $t = 0$. Determine a corrente i_L no indutor para $t \rightarrow \infty$ (estado permanente).