Indutor em corrente alternada

$$v_L = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

v_L – tensão induzida nos terminais do indutor (V);

N – número de espiras da bobina indutora;

$d\phi/dt$ – taxa de variação do fluxo magnético no tempo (Wb/s);

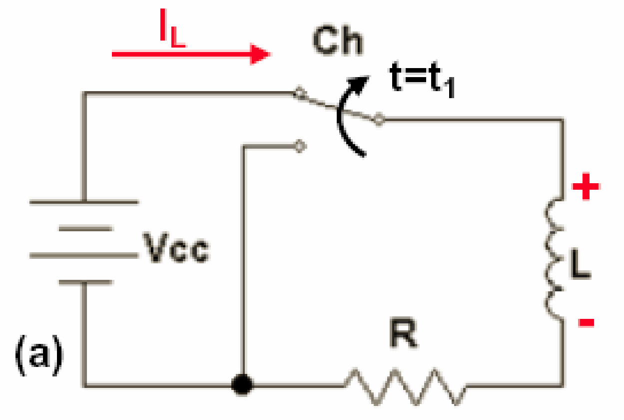
$$L = N \cdot \frac{d\phi}{dI}$$

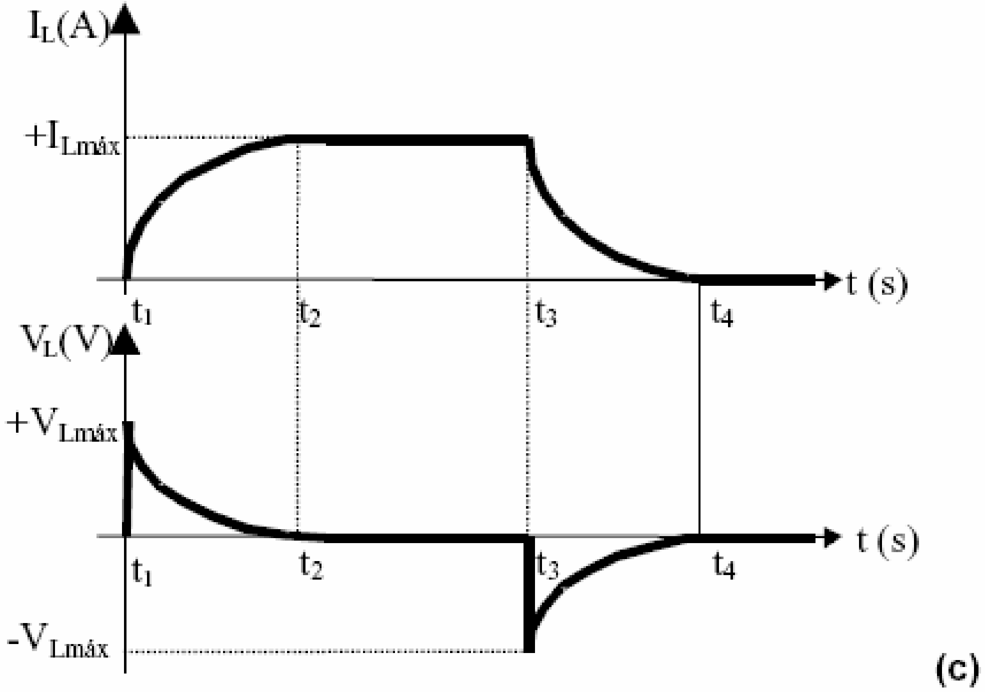
$$v_L = -N \cdot \frac{d\phi}{dt} = -N \cdot \frac{\frac{L \cdot dI}{N}}{dt} = -N \cdot \frac{L \cdot dI}{N} \cdot \frac{1}{dt} = -L \cdot \frac{dI}{dt} \longrightarrow v_L = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$En = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \quad \text{Joules}$$

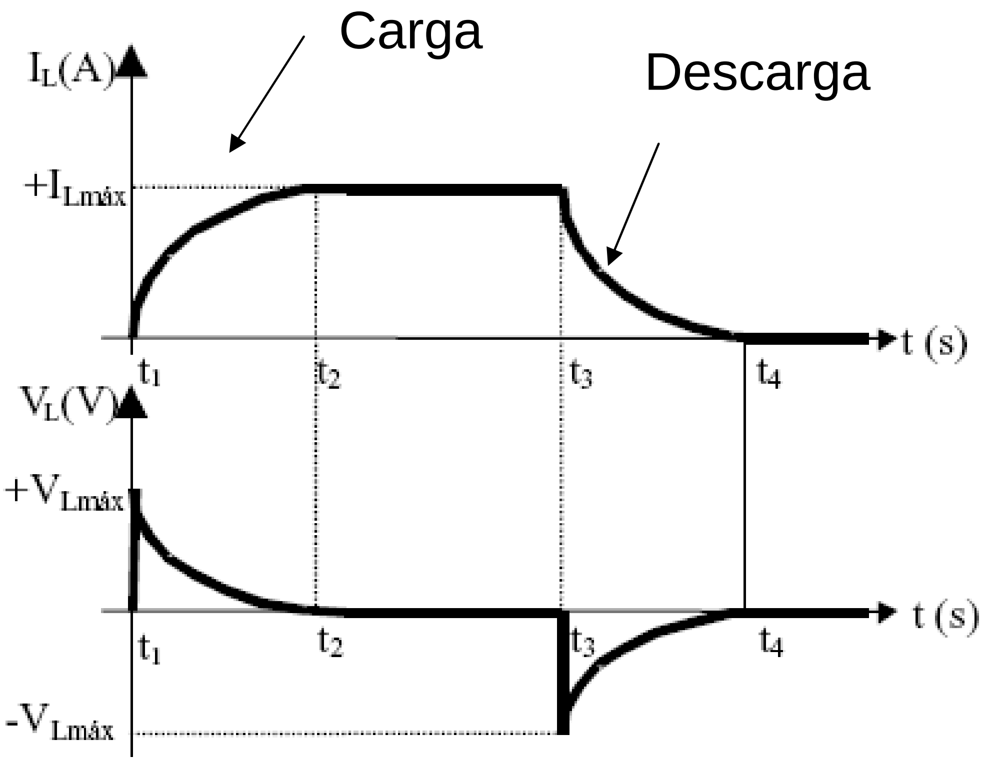
$$v_L(t) = -L \cdot \frac{dI}{dt} \longleftrightarrow i_L = \frac{1}{L} \cdot \int v_L \cdot dt$$

Indutor em corrente alternada





Indutor em corrente alternada



Descarga:

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

$$v_L(t) = -Vcc \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot t}$$

$$i_L(t) = \frac{Vcc}{R} \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot t}$$

Carga:

$$v_R(t) = Vcc \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t}\right)$$

$$v_L(t) = Vcc \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot t} \qquad i_L(t) = \frac{Vcc}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t}\right)$$

Indutor em corrente alternada

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

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

$i_L(t) = I_p \,.\, \text{sen}\,(\omega.t - 90^o)$ ou $\dot{I}_L = V_{ef}\angle -90^o$

$$v_L(t) = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

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

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

$$v_L(t) = L \cdot \frac{di_L}{dt} = L \cdot (\omega \cdot I_p \cdot \cos\omega t) = \omega \cdot L \cdot I_p \cdot \cos\omega t$$

$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_p \cdot \cos(\omega t)$$

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

$$V_p = \omega \cdot L \cdot I$$

$$v_L(t) = V_p \cdot \cos(\omega t)$$

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

Indutor em corrente alternada

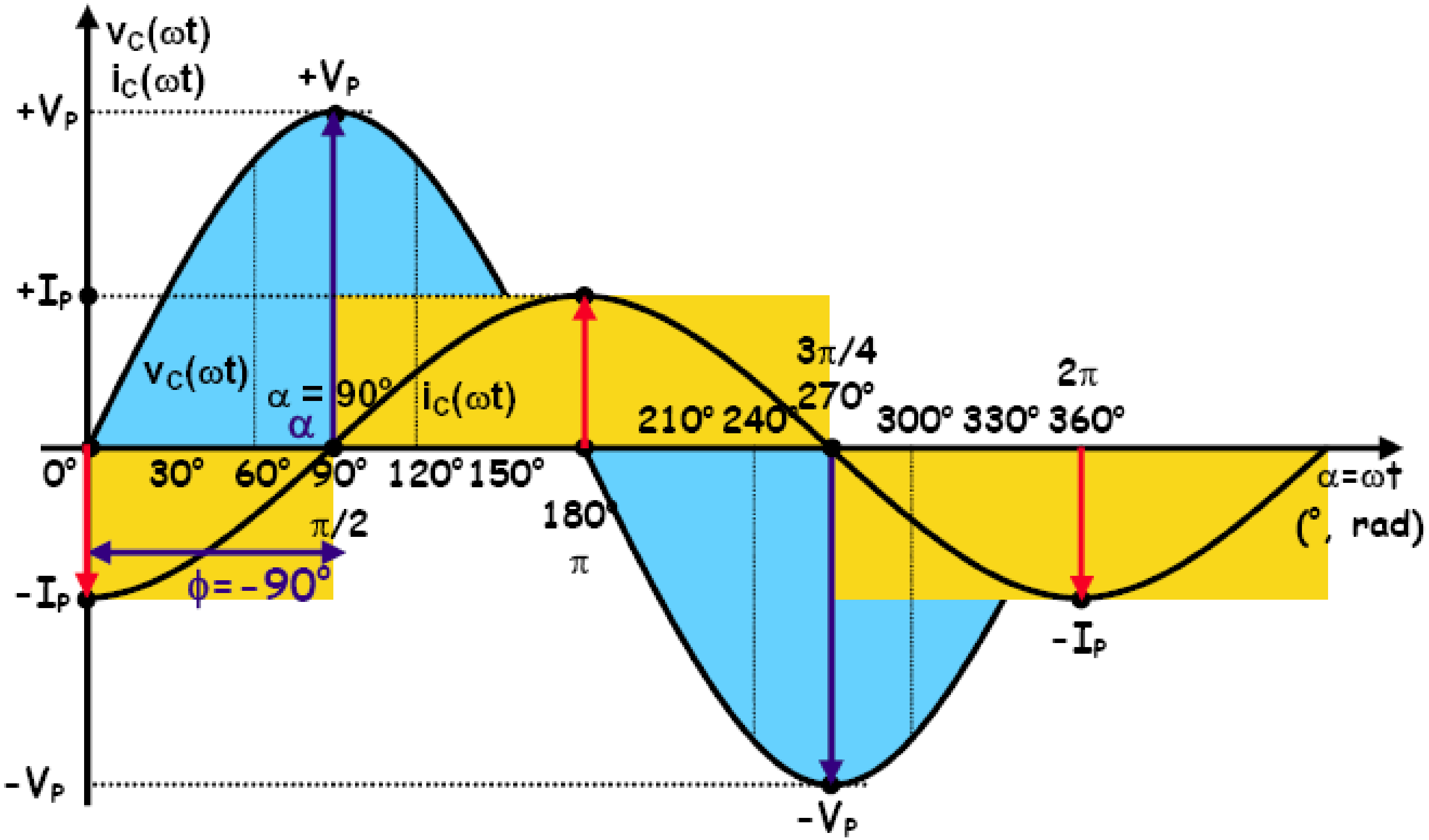
$$i_L(t) = I_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_I)$$

$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_I + 90^o)$$

$$v_L(t) = V_p \cdot sen\left(\omega t \pm \theta_I + 90^o\right)$$

$$\theta_V = \theta_I + 90^o \quad \text{ou} \quad \theta_I = \theta_{VI} - 90^o$$

Indutor em corrente alternada



Reatância Indutiva

$$|X_L| = \omega \cdot L$$

$$|X_L| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$|X_L| = \frac{V_{ef}}{I_{ef}} = \frac{V_p / \sqrt{2}}{I_p / \sqrt{2}} = \frac{V_p}{I_p} = \frac{\omega \cdot L \cdot I_p}{I_p} = \omega \cdot L$$

$|X_L|$ - módulo da Reatância Indutiva (Ω)

L - indutância (H)

f - freqüência do sinal (Hz)

ω - freqüência angular (rad/s)

A Reatância Indutiva X_L é a medida da oposição que um indutor oferece à variação da corrente em seus terminais.

Indutor em corrente alternada

$$\left|X_L\right| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

O **indutor ideal** comporta-se como um **curto-circuito em corrente contínua** e como uma reatância elétrica em corrente alternada - X_L (se opõe à variação de corrente). Para **freqüências muito altas**, o indutor comporta-se praticamente como um **circuito aberto**.

- Em corrente contínua constante a freqüência é nula (f = 0Hz) e a reatância indutiva também é nula ($X_L = 0\Omega$) e o indutor se comporta como um curto-circuito.
- Em corrente alternada, quando a freqüência tende a um valor muito alto ($f \rightarrow \infty$), a reatância indutiva também aumenta muito ($X_L \rightarrow \infty\Omega$) e o indutor se comporta como um circuito aberto.

Lei de Ohm para o indutor em CA

$$X_L = \frac{\dot{V}_L}{\dot{I}_L}$$

X_L – reatância indutiva (Ω);

$\dot{V}_L$ - fasor tensão no indutor (V);

$\dot{I}_L$ - fasor corrente no indutor (A).

$$i_L(t) = I_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_I) \longrightarrow \dot{I}_L = \frac{I_p}{\sqrt{2}}\angle\theta_I = I_{Lef}\angle\theta_I$$

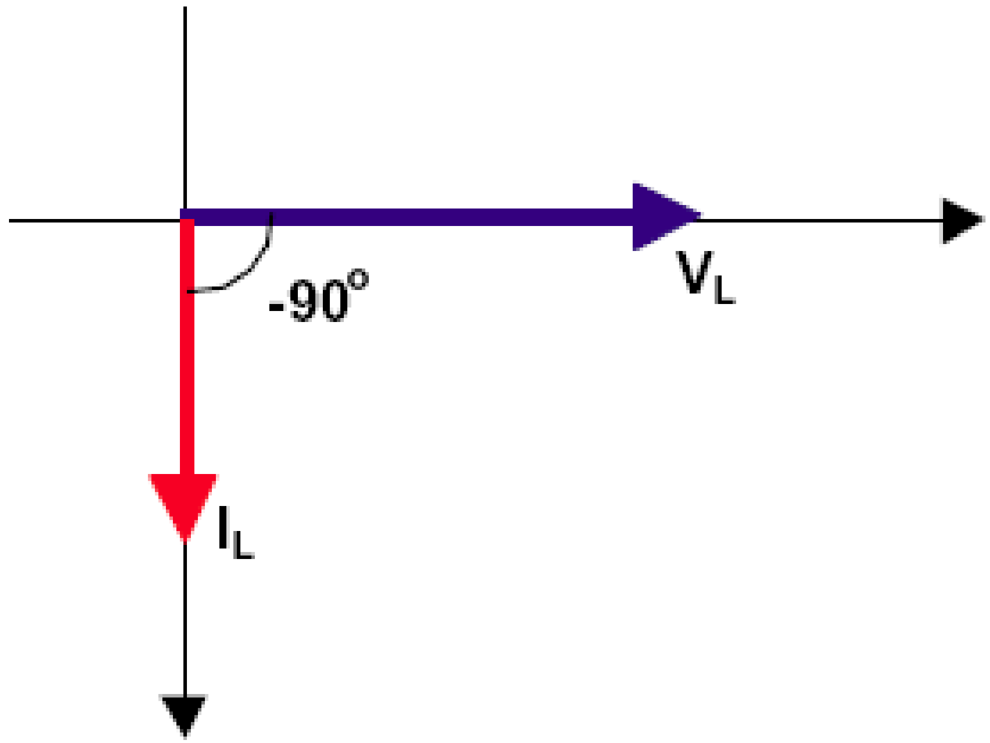
$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_p \cdot sen(\omega t \pm \theta_I + 90^o) \longrightarrow \dot{V}_L = \frac{V_p}{\sqrt{2}}\angle(\theta_I + 90^o) = V_{Lef}\angle(\theta_I + 90^o)$$

$$X_L = \frac{\dot{V}_L}{\dot{I}_L} = \frac{V_{Lef}\angle(\theta_I + 90^o)}{I_{Lef}\angle\theta_I} = \frac{V_{ef}}{I_{ef}}\angle\left[\theta_I + 90^o - \theta_I\right] = \left|X_L\right|\angle + 90^o = +j\cdot\left|X_L\right|$$

$$X_L = j\left|X_L\right| = j\cdot\omega\cdot L = \omega\cdot L\angle 90^o \qquad \left|X_L\right| = \omega\cdot L \quad \text{ou} \quad \left|X_L\right| = (2\cdot\pi\cdot f)\cdot L$$

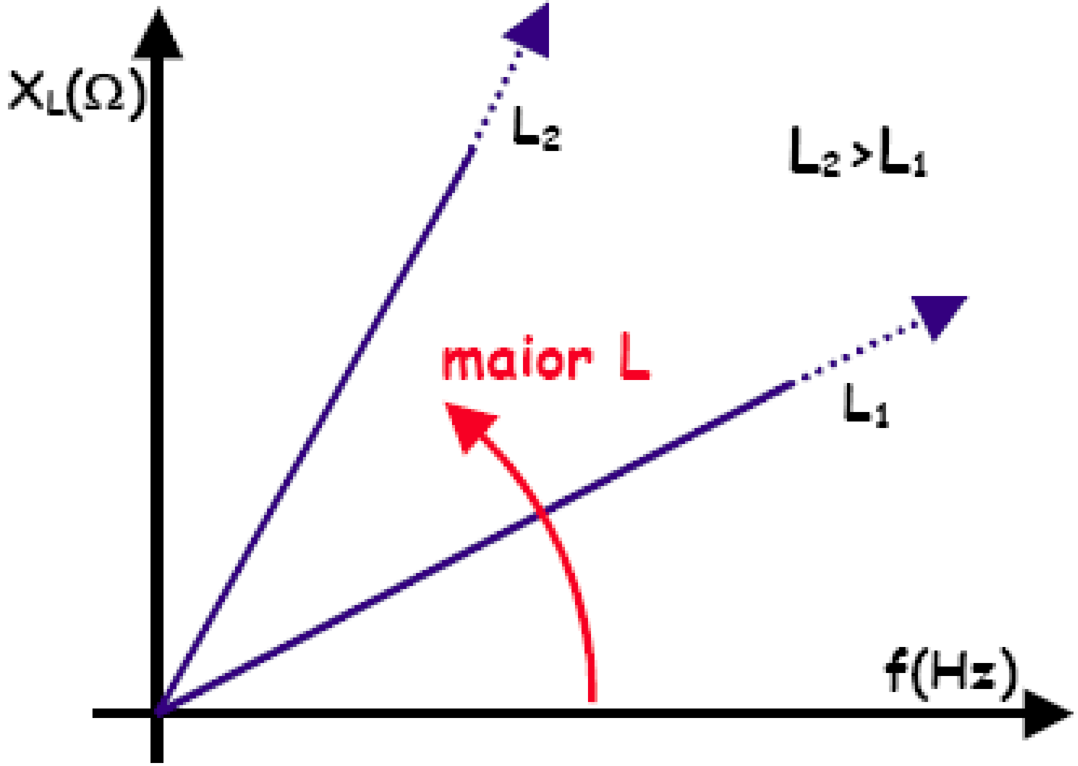
Lei de Ohm para o indutor em CA

$$X_L = j|X_L| = j \cdot \omega \cdot L = \omega \cdot L\angle 90^o$$

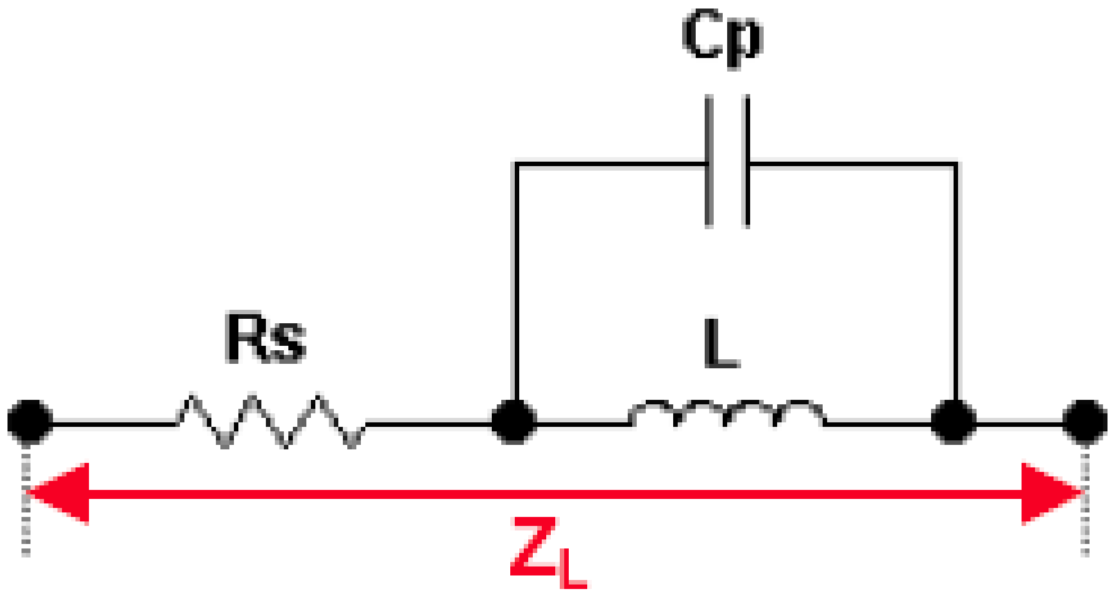


Resposta em freqüência de um indutor

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$



Modelo de um indutor real



Exercícios

6.3.3.3) Dados os circuitos da figura 6.3.7, determine:

a) a reatância indutiva de cada indutor e a total do circuito;

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

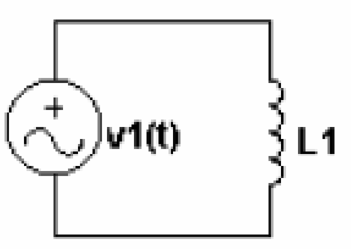
c) a tensão e a corrente em cada indutor (forma fasorial e forma trigonométrica);

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

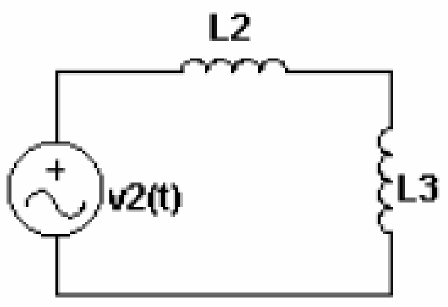
e) diagrama fasorial completo.

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

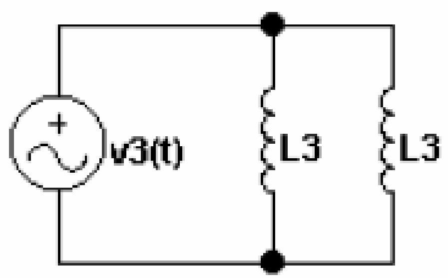
$L1=200mH$; $L2=30mH$; $L3=20mH$



I)



II)



III)