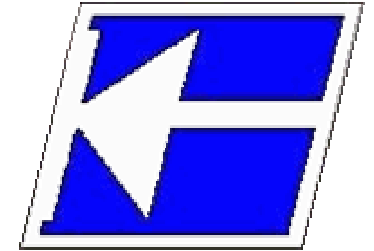


**Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina**  
**Departamento de Eletrônica**



**Retificadores**

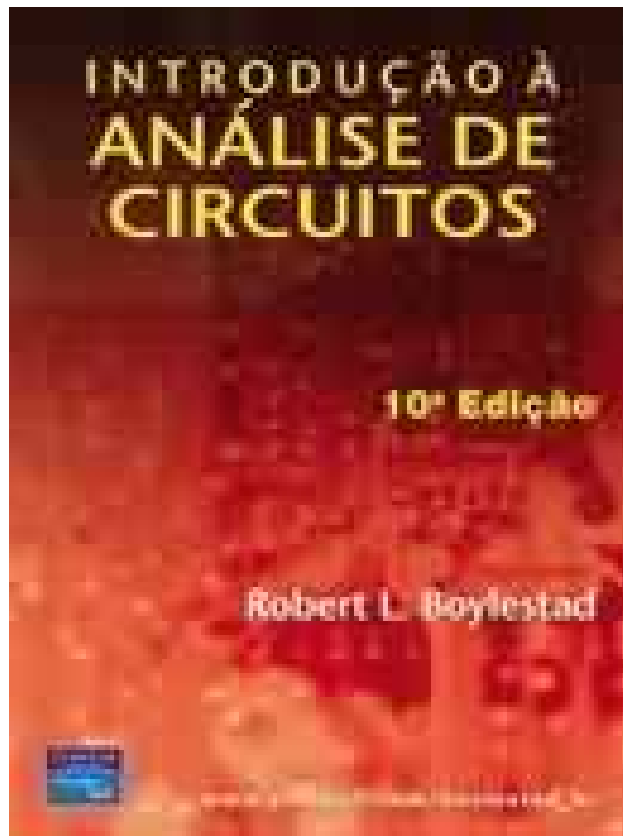


**Relação tensão e corrente  
nos elementos passivos:  
Indutores**

**Clóvis Antônio Petry, professor.**

**Florianópolis, abril de 2007.**

# Bibliografia para esta aula



Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina  
Gerência Educacional de Eletrônica



Prof. Fernando Luiz Rosa Mussoi

Terceira Edição

Florianópolis - Março, 2006.

# Nesta aula

---

## **Seqüência de conteúdos:**

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

# 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);

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

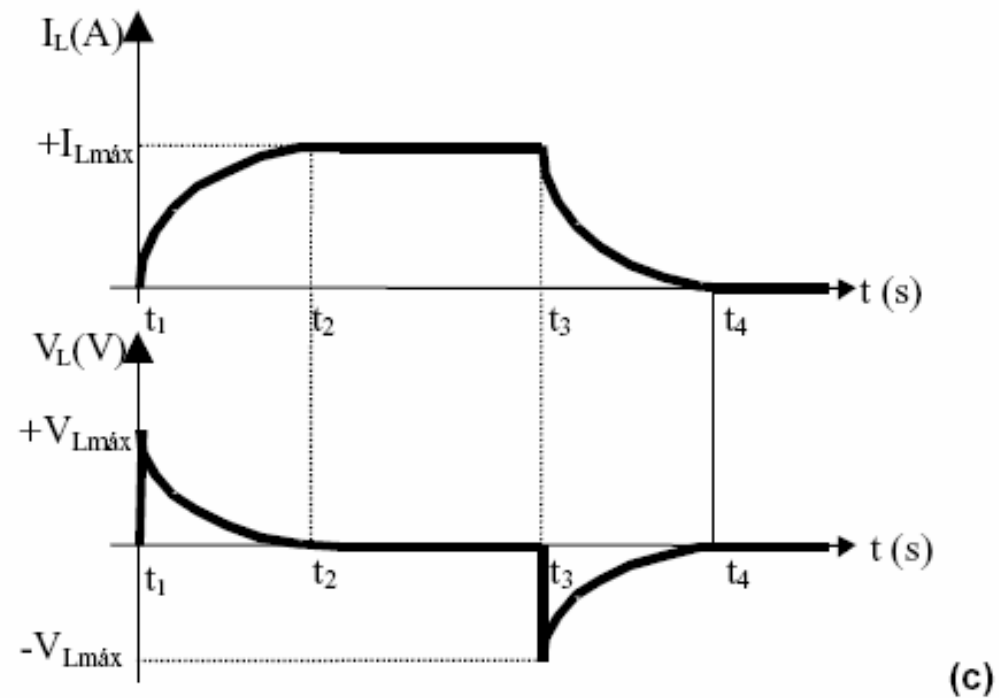
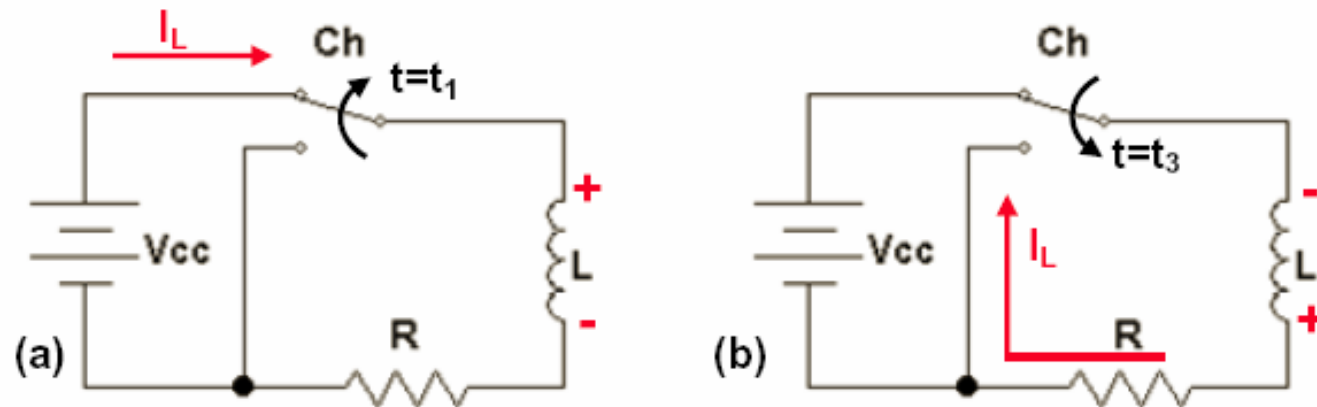
$$v_L = -N \cdot \frac{d\phi}{dt} = -N \cdot \frac{L \cdot di}{N} = -N \cdot \frac{L \cdot di}{N} \cdot \frac{1}{dt} = -L \cdot \frac{di}{dt} \longrightarrow v_L = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$E_n = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$$

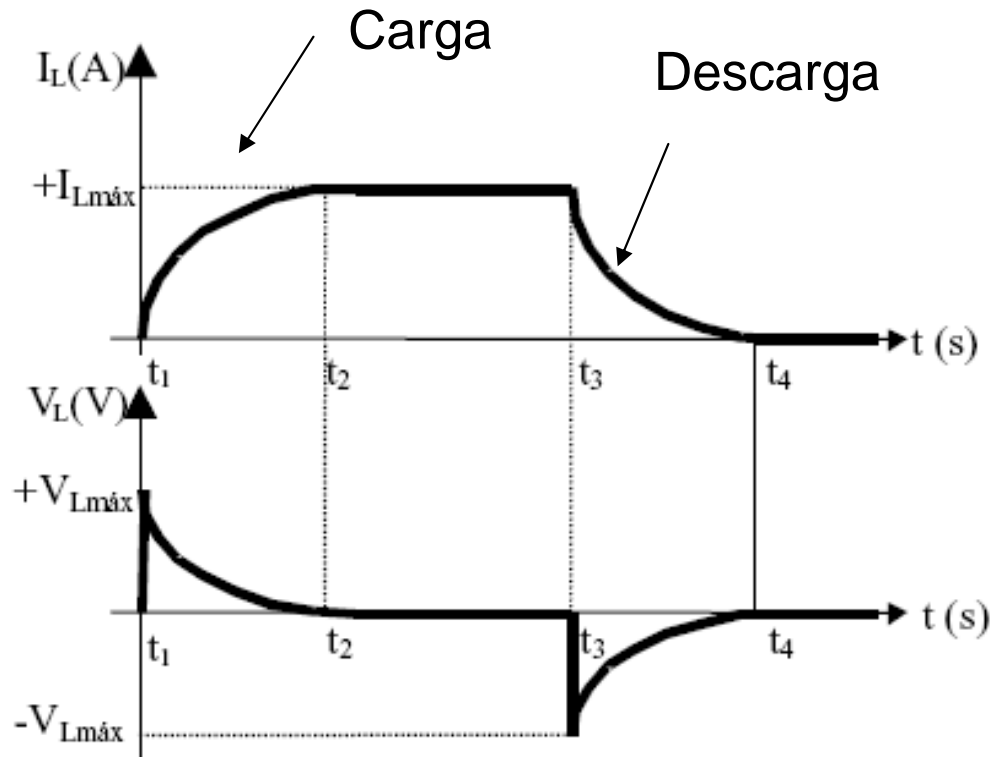
Joules

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

# Indutor em corrente alternada



# Indutor em corrente alternada



Descarga:

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

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

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

Carga:

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

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

# Indutor em corrente alternada

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

$$v_L(t) = V_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + 0^\circ)$$

ou

$$\dot{V}_L = V_{\text{ef}} \angle 0^\circ$$

$$i_L(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega \cdot t - 90^\circ)$$

ou

$$\dot{I}_L = I_{\text{ef}} \angle -90^\circ$$

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

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

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

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

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

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

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

$$v_L(t) = V_p \cdot \text{cos}(\omega t)$$

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

## Indutor em corrente alternada

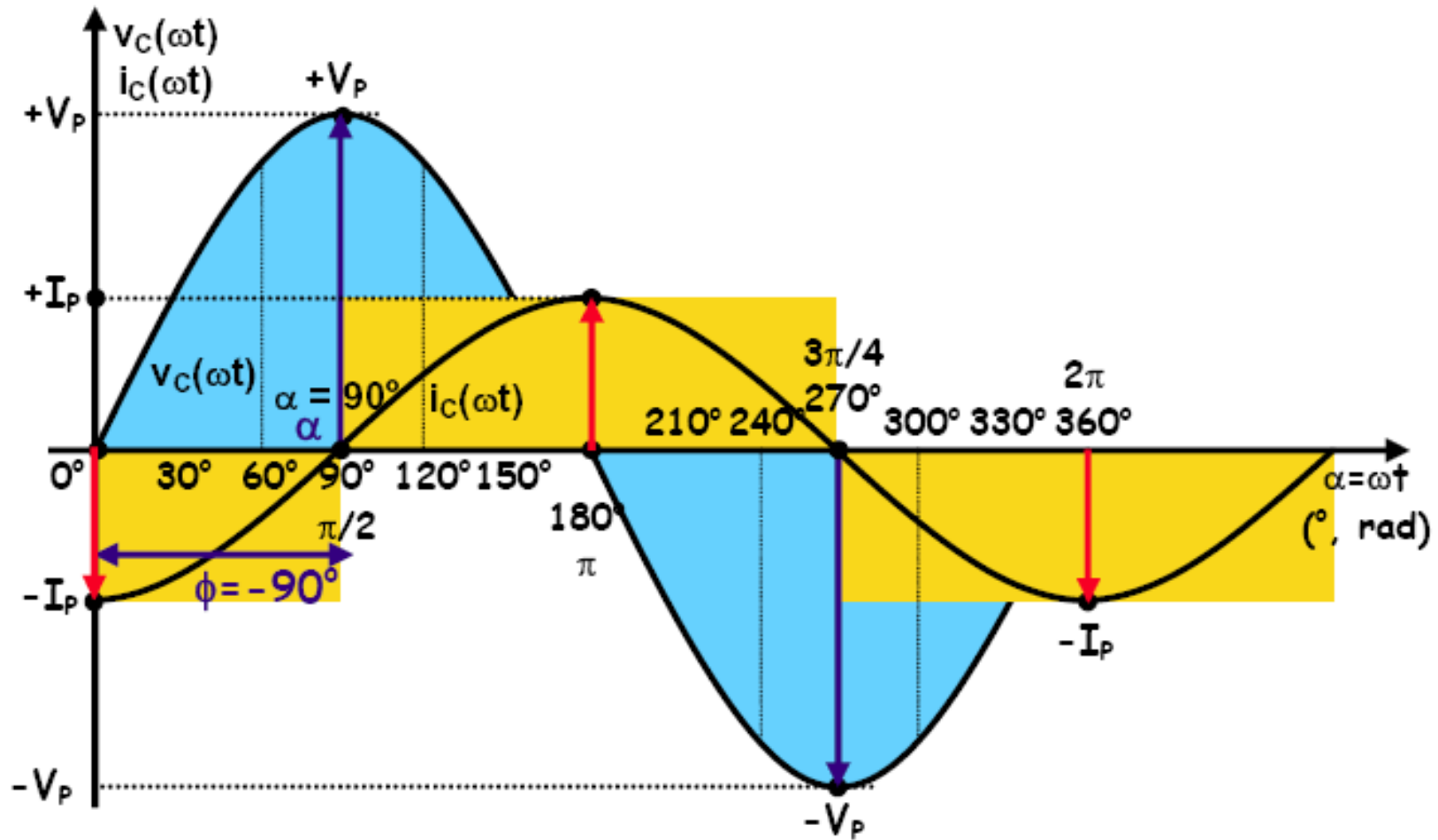
$$i_L(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta_I)$$

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

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

$$\theta_V = \theta_I + 90^\circ \quad \text{ou} \quad \theta_I = \theta_V - 90^\circ$$

# Indutor em corrente alternada



# Reatância Indutiva

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

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

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

$|X_L|$  - módulo da Reatância Indutiva ( $\Omega$ )

L - indutância (H)

f - frequência do sinal (Hz)

$\omega$  - frequência 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

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

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 ( $f = 0\text{Hz}$ ) 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 ( $\Omega$ );

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

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

$$i_L(t) = I_p \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta_1) \longrightarrow \dot{I}_L = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \angle \theta_1 = I_{Lef} \angle \theta_1$$

$$v_L(t) = \omega \cdot L \cdot I_p \cdot \text{sen}(\omega t \pm \theta_1 + 90^\circ) \longrightarrow \dot{V}_L = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \angle (\theta_1 + 90^\circ) = V_{Lef} \angle (\theta_1 + 90^\circ)$$

$$X_L = \frac{\dot{V}_L}{\dot{I}_L} = \frac{V_{Lef} \angle (\theta_1 + 90^\circ)}{I_{Lef} \angle \theta_1} = \frac{V_{ef}}{I_{ef}} \angle [\theta_1 + 90^\circ - \theta_1] = |X_L| \angle +90^\circ = +j \cdot |X_L|$$

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

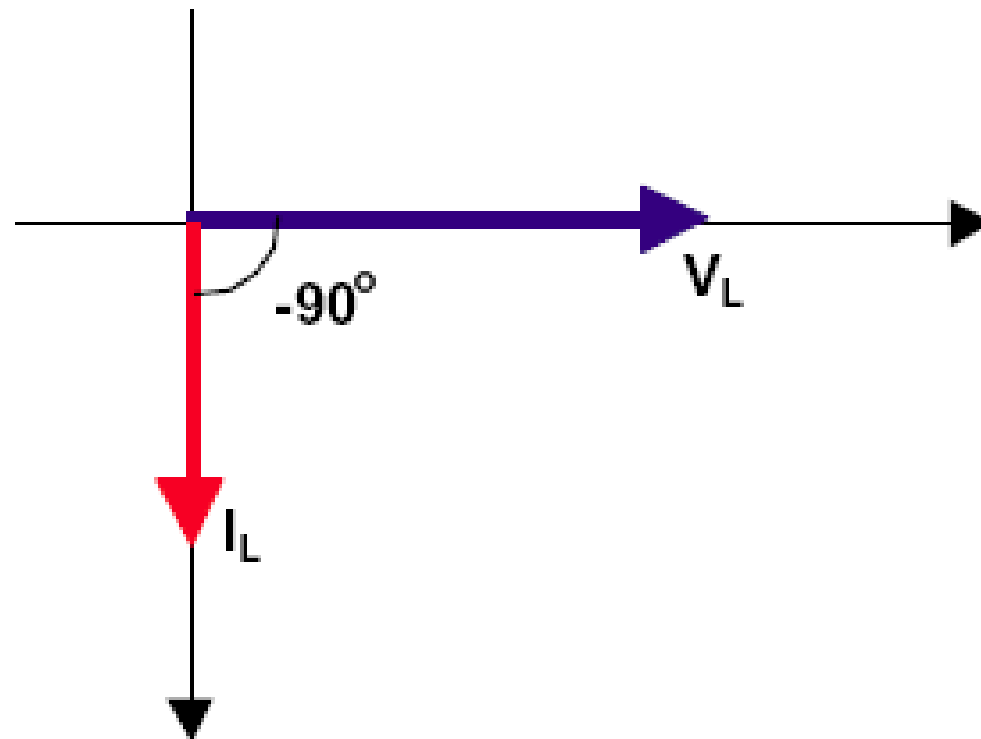
$$|X_L| = \omega \cdot L$$

ou

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

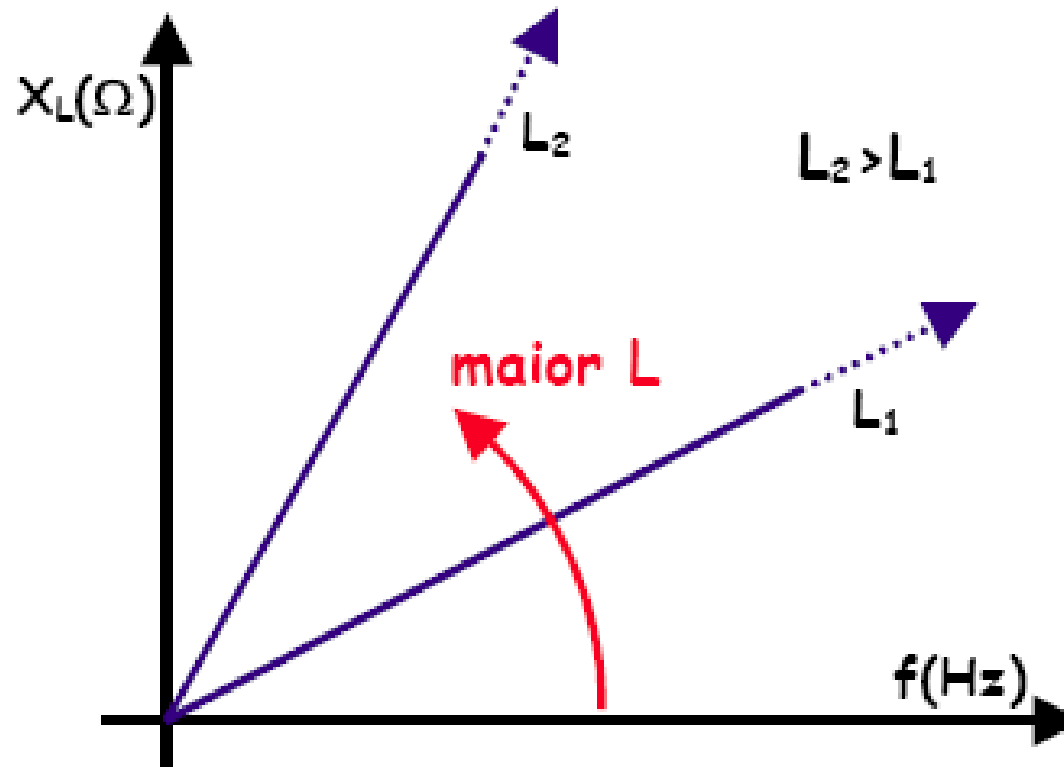
# Lei de Ohm para o indutor em CA

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

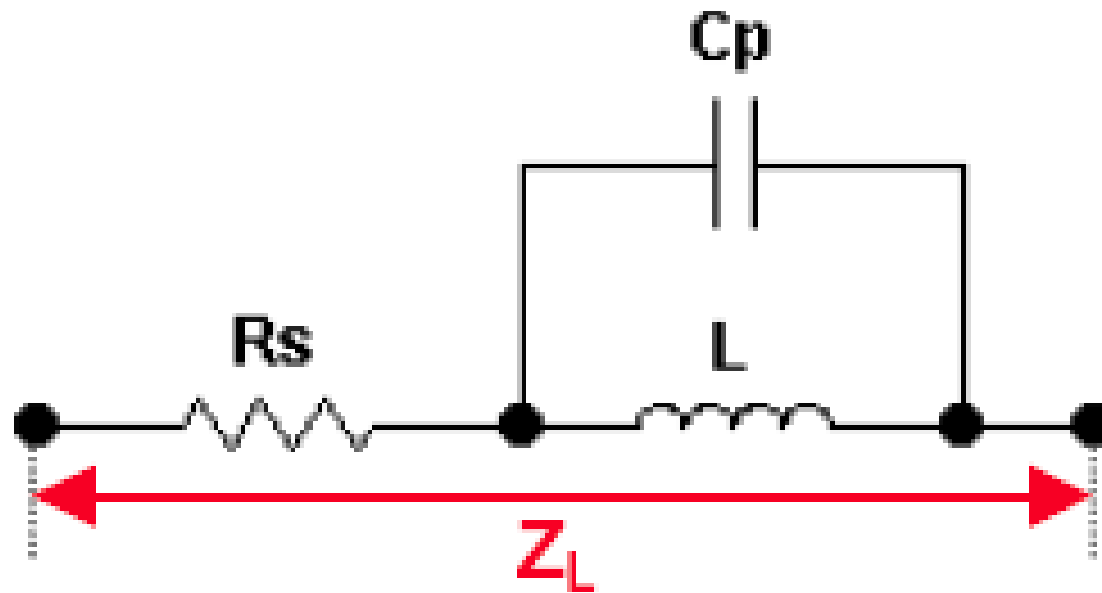


# Resposta em frequência de um indutor

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



# Modelo de um indutor real



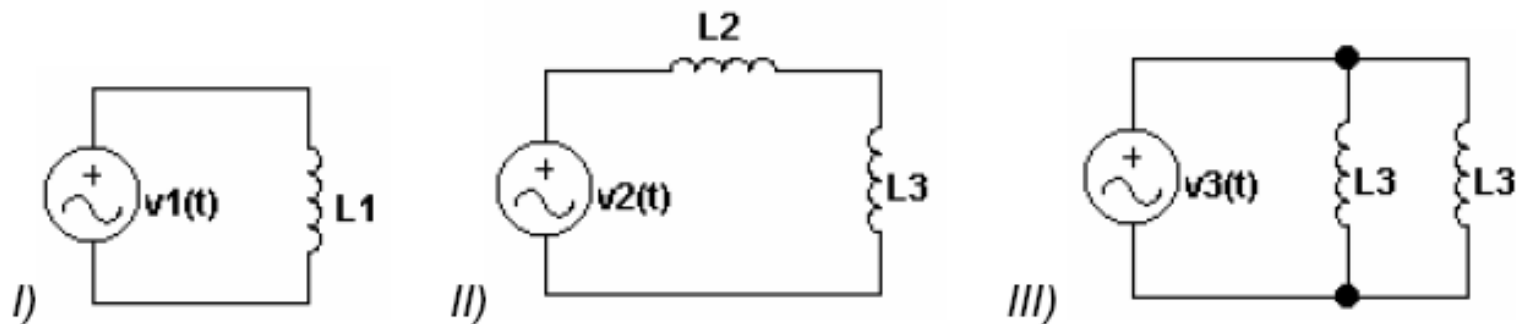
# Exercícios

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:  $v_1(t) = 220.\text{sen}(377.t+90^\circ)$  ;  $v_2(t) = 100.\text{sen}(1000.t+0^\circ)$  ;  $v_3(t) = 100.\text{sen}(1000.t-60^\circ)$

$L_1=200\text{mH}$  ;  $L_2=30\text{mH}$  ;  $L_3=20\text{mH}$



# Na próxima aula

---

## **Seqüência de conteúdos:**

1. Impedância;
2. Admitância;
3. Associação de impedâncias e admitâncias;
4. Potência e energia em corrente alternada.