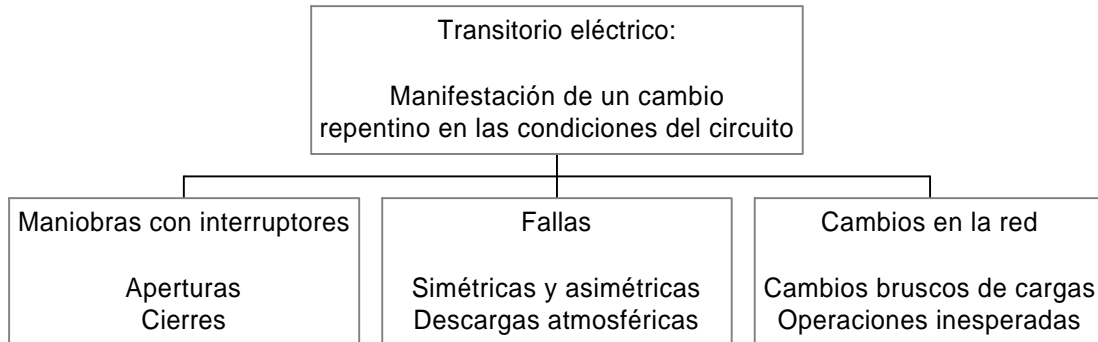


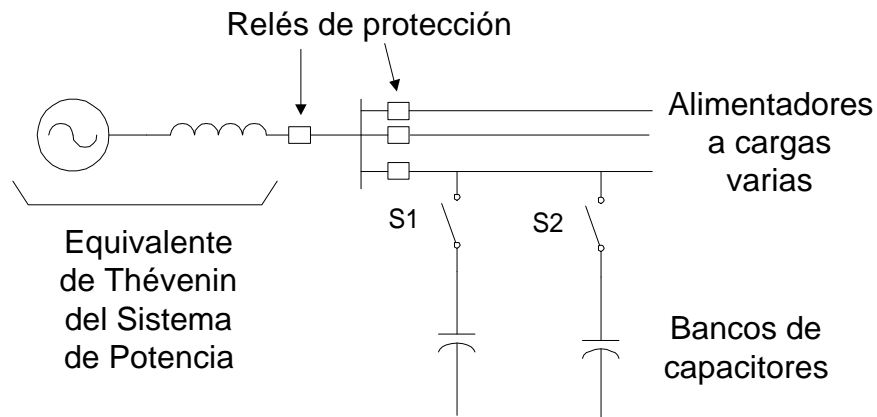
Transitorios en sistemas eléctricos



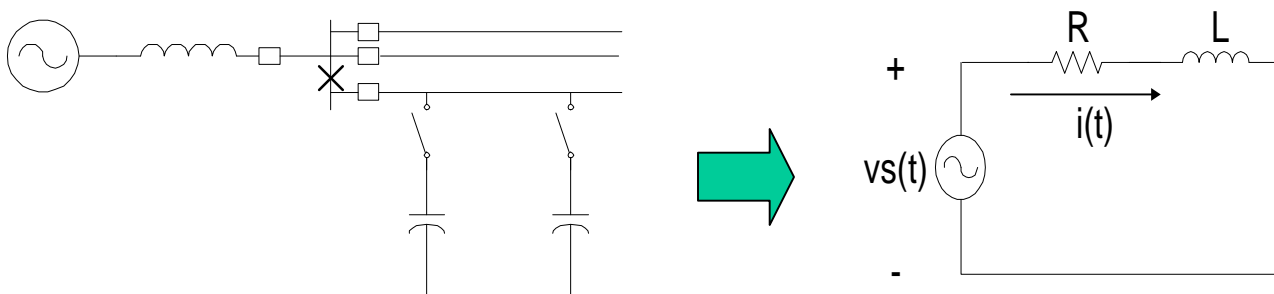
- Fenómenos muy rápidos
 - Causan grandes esfuerzos debido a corrientes y/o voltajes excesivos
 - Daños a equipo
 - Desconexiones indeseadas
 - Paros imprevistos
 - Apagones

Transitorios Sencillos Ocasionados por Maniobras con Interruptores

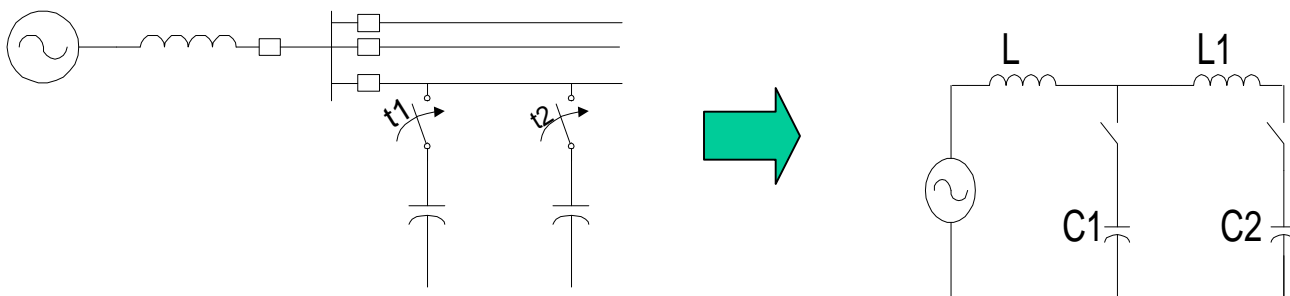
Sistema de Estudio



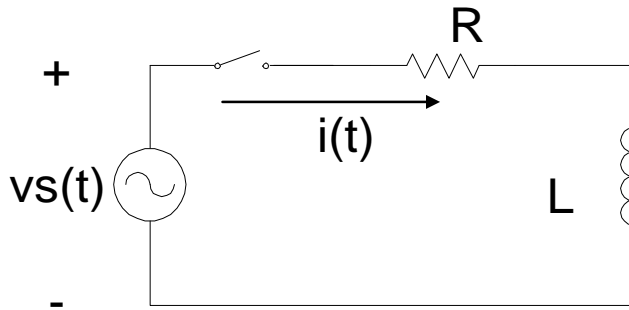
Caso 1. Falla en acometida principal



Caso 2. Conexiones de bancos de capacitores



Energización de un circuito RL



$$v_s = Ri + L \frac{di}{dt} \quad i(0) = 0$$

$$V_{\max} \sin(\omega t + \mathbf{q}) = Ri + L \frac{di}{dt}$$

La solución para la corriente contiene una respuesta forzada (estado estable) y una respuesta transitoria (natural):

$$i(t) = i_{\text{edo. estable}} + i_{\text{transitoria}}$$

La respuesta forzada o de estado estable se puede obtener utilizando fasores:

$$I_{\text{edo. estable}} = \frac{V_s}{Z} = \frac{V_{\max} \angle \mathbf{q}}{Z \angle \mathbf{j}} = \left(\frac{V_{\max}}{Z} \right) \angle (\mathbf{q} - \mathbf{j}) = I_{\max} \angle \mathbf{q} - \mathbf{j}$$

$$i_{\text{edo. estable}} = I_{\max} \sin(\omega t + \mathbf{q} - \mathbf{j})$$

$$\text{donde:} \quad Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \quad \text{y} \quad \mathbf{j} = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$$

La respuesta transitoria es la respuesta natural del circuito, la cual es la solución a la ecuación diferencial homogénea:

$$Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

$$i_{\text{transitoria}} = K e^{\frac{-R}{L} t}$$

Por lo tanto, la respuesta completa es:

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \mathbf{q} - \mathbf{j}) + K e^{\frac{-R}{L} t}$$

$$\text{si } i(0) = 0, \quad \text{entonces} \quad 0 = K e^0 + I_{\max} \sin(\mathbf{q} - \mathbf{j})$$

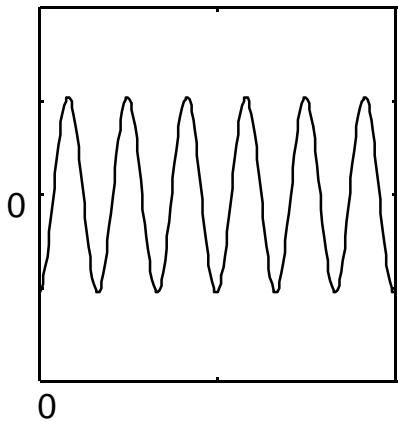
$$\text{de donde:} \quad K = -I_{\max} \sin(\mathbf{q} - \mathbf{j}) = I_{\max} \sin(\mathbf{j} - \mathbf{q})$$

$$i(t) = I_{\max} \left[\sin(\omega t + \mathbf{q} - \mathbf{j}) + e^{\frac{-R}{L} t} \sin(\mathbf{j} - \mathbf{q}) \right]$$

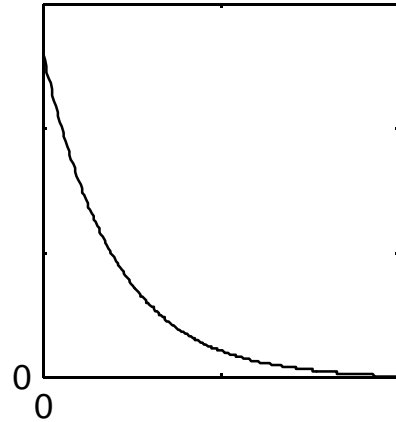
$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi - \theta) + I_{\max} e^{-\frac{R}{L}t} \sin(\theta - \varphi)$$

forzada

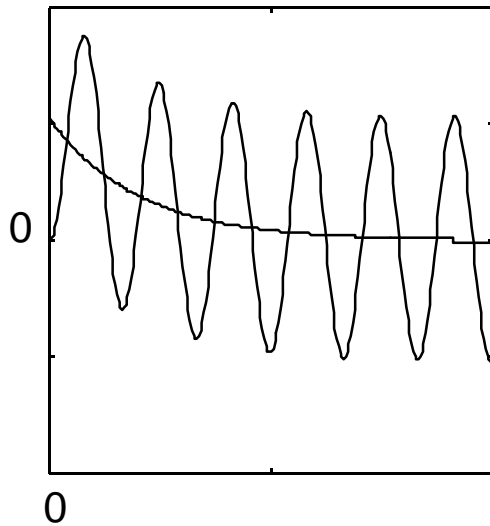
natural



+



=



Corriente total

$$\text{si } \theta = \varphi$$

$$i(t) = I_{\max} \sin \omega t$$

no hay transitorio

$$\text{si } \theta - \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$$

$$i(t) = \pm I_{\max} \cos \omega t \mp I_{\max} e^{-\frac{R}{L}t} \quad \text{el transitorio es máximo}$$

Interruptores de protección

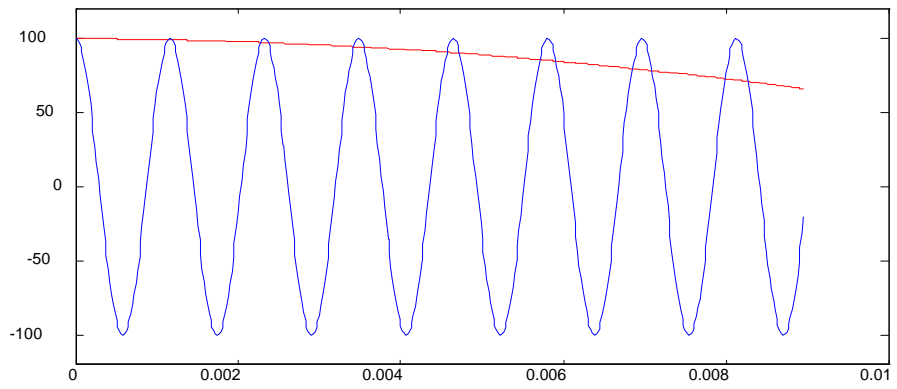
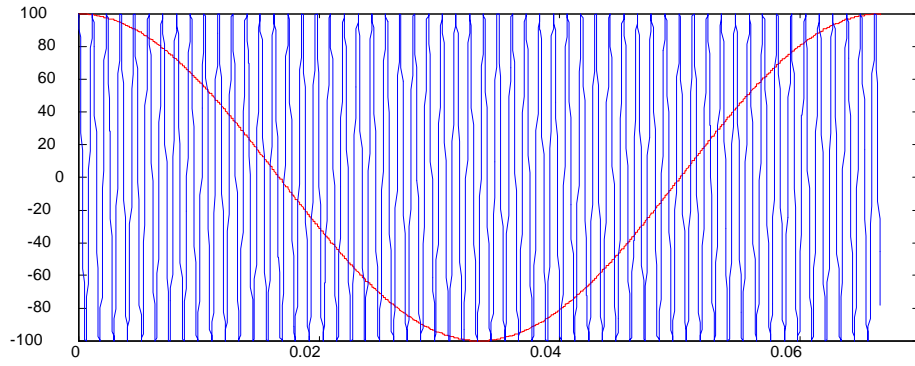
- Llevan la corriente de corto circuito
- Deben diseñarse eléctrica, mecánica y térmicamente para soportar los transitorios

$$\text{fuerza} \propto I^2$$

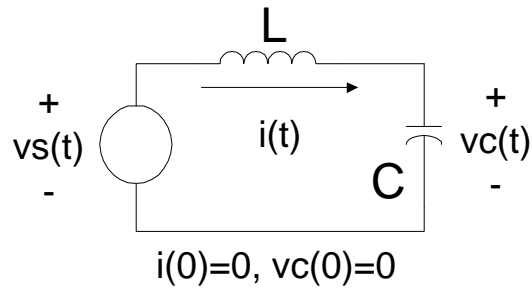
- Vibran y se establecen arcos
 - Forman soldaduras y/o derretimientos
 - El interruptor debe ser capaz de vencer este inconveniente, abrir sus contactos y liberar la falla
- En el caso del circuito RL, dado que los voltajes están a 120° . Es probable que alguna fase se aproxime a la condición:

$$\theta - \varphi = \pm \pi / 2$$

- Selección del interruptor (breaker)
 - Corriente de carga nominal
 - Corriente momentánea máxima
 - Corriente máxima de interrupción
 - Nivel de aislamiento



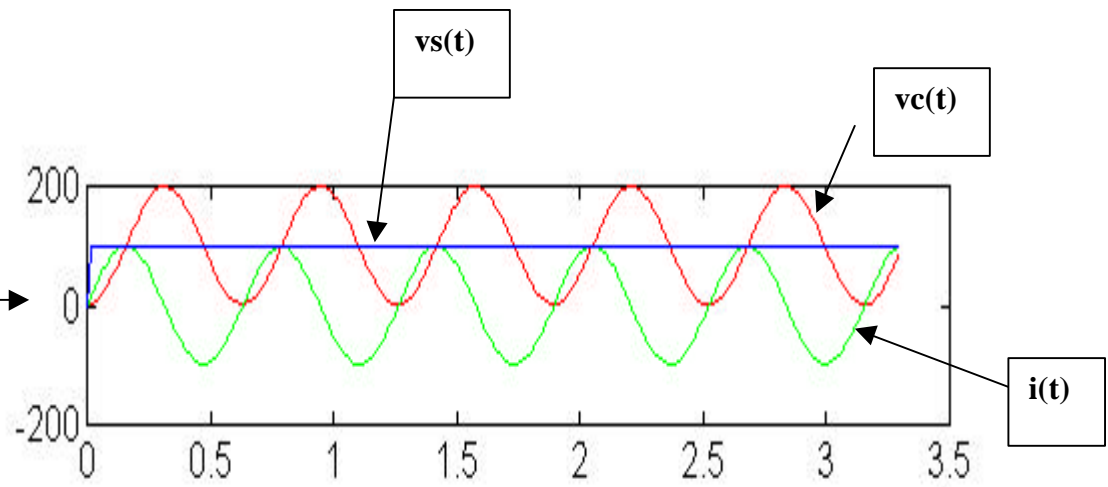
SOLUCION DEL CIRCUITO LC (sin amortiguamiento)



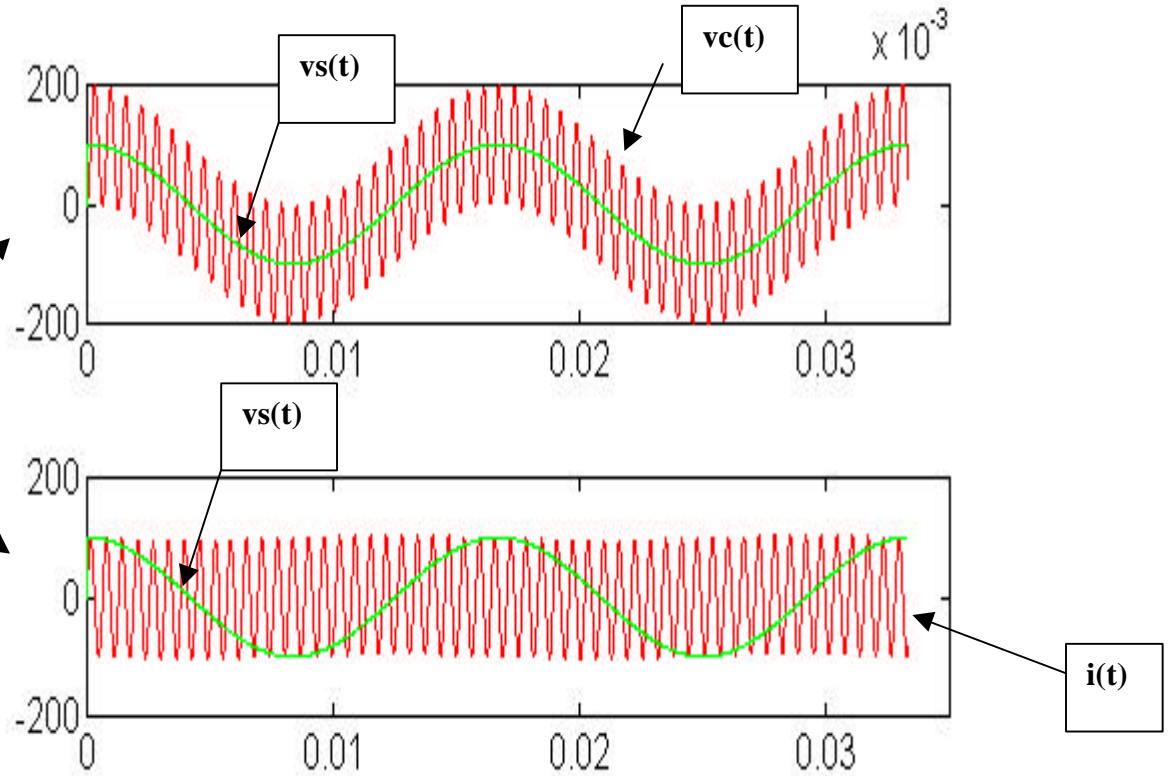
$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Excitación con C. D.
 $v_s(t) = \text{cte.}$



Excitación con C. A.
 $V_s(t) = V_m \cos \omega t$
 $\omega \ll \omega_0$



SOLUCION DEL CIRCUITO LC (con amortiguamiento)
Excitación con C.A.

