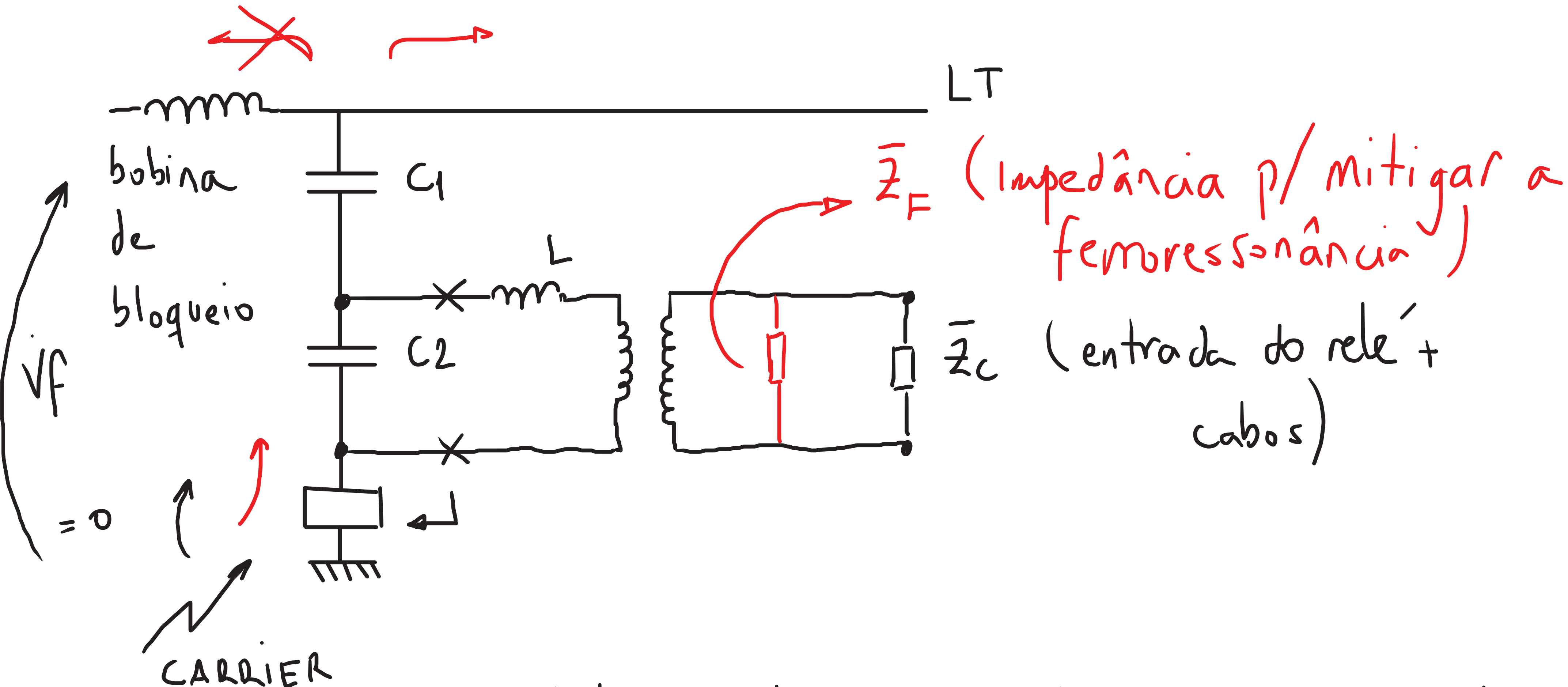
2) Transformadores de instrumentação

2.1) Transformadores de potencial

Transformadores de potencial indutivos são utilizados até certo nível de tensão (provavelmente até cerca de 230 kV) e para maiores valores de tensão são utilizados os transformadores de potencial capacitivos.

O comportamento dinâmico do transformador de potencial indutivo não é muito diferente do seu comportamento de regime (no que se refere à forma de onda do secundário por efeito de saturação), no entanto, no caso do transformador de potencial capacitivo não se pode dizer o mesmo, isto é, seu comportamento dinâmico afeta a forma de onda de tensão no secundário e pode comprometer o tempo de resposta da proteção, sua seletividade, coordenação, etc.

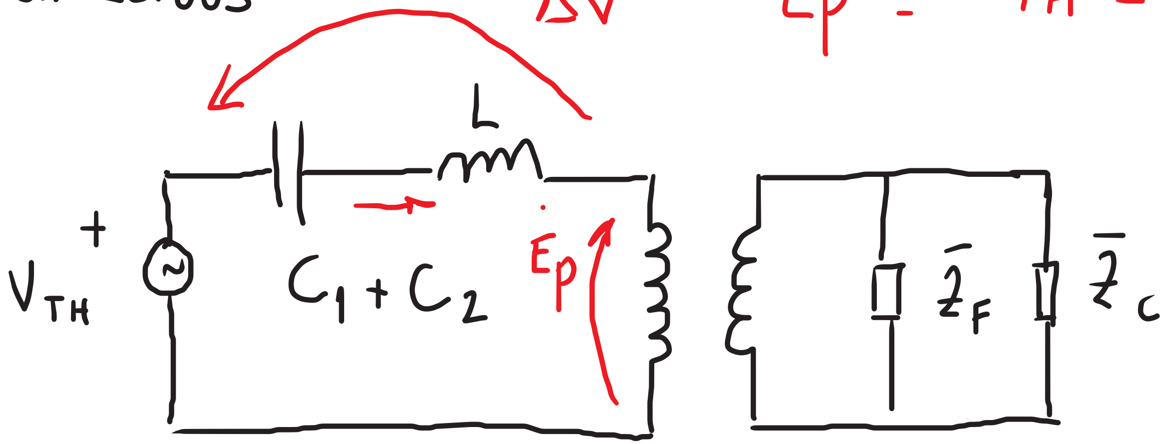
O transformador de potencial capacitivo pode ser exemplificado com o circuito abaixo:



OPLAT (Ondas Portatoras sobre Linhas Aéreas de Transmissão)

O circuito simplificado (sem considerar a ferroressonância) com o equivalente de Thevenin visto pelos pontos marcados

$\dot{\Delta V}$ $\qquad \dot{E_p} = \dot{V}_{TH} - \Delta V, \quad \Delta V = \dot{I} \cdot j\left(\omega L - \frac{1}{\omega (C_1 + C_2)}\right)$



Caso: $\omega L = \frac{1}{\omega (C_1 + C_2)}$

$\Delta V = 0$

ok

$\dot{V}_{TH} = \dot{V}_F \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$

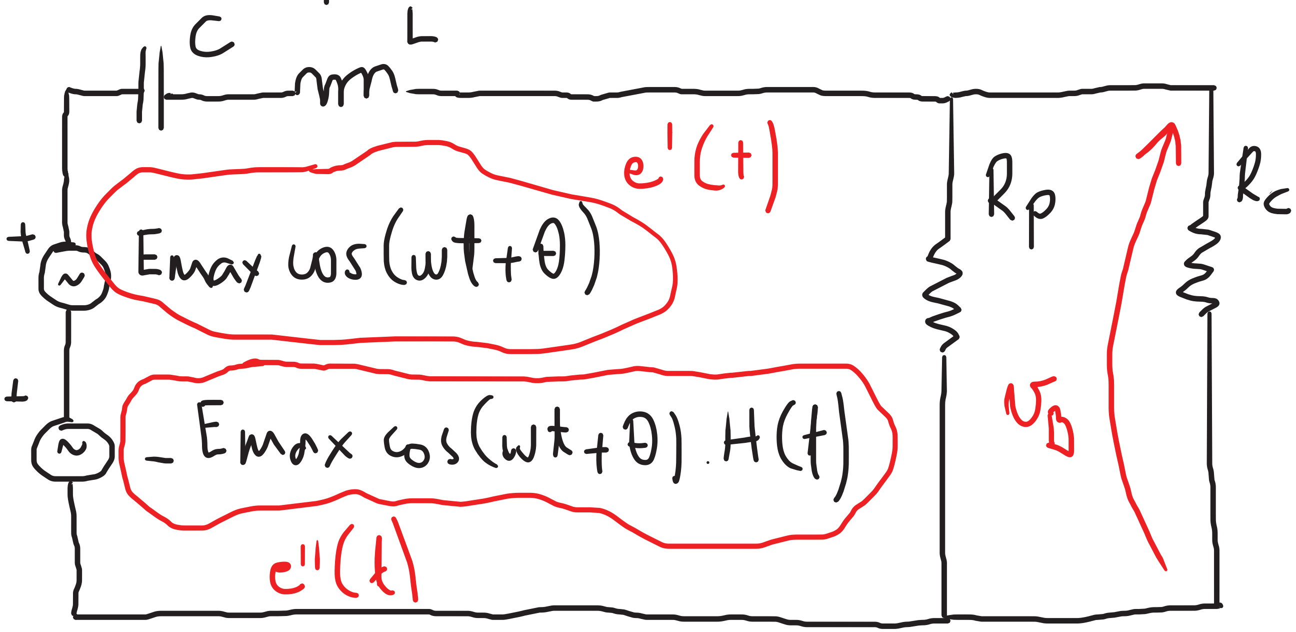
Conforme já mencionado, durante o curto-circuito, resposta dinâmica do TPC pode modificar a forma de onda do primário, ou seja, a forma de onda do secundário é diferente da forma de onda do primário. Um TP capacitivo bem sintonizado não deve produzir erro de regime, mas produzirá erro durante eventos de curto-circuito.

Pra simplificar essa análise: desconsidero Zf, a indutância de magnetização e considero que a carga é puramente resistiva.

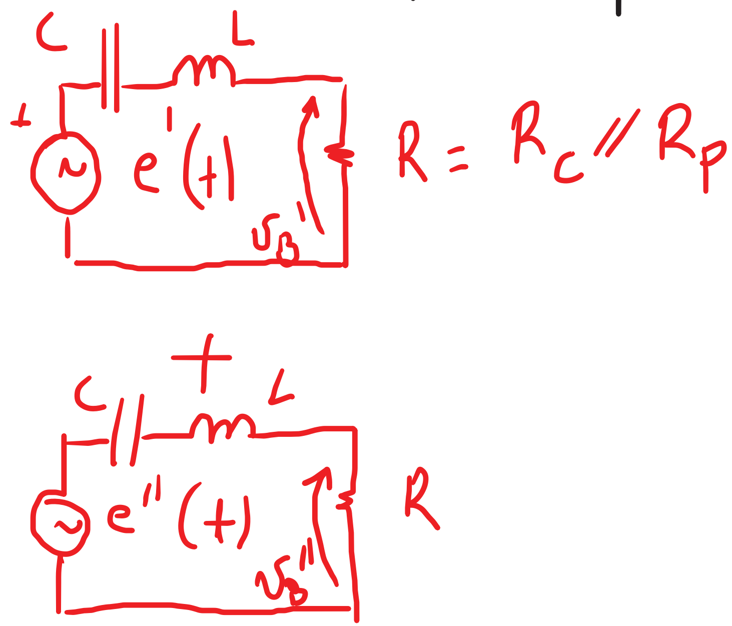
Cenário: curto-circuito franco próximo ao TPC

$$\begin{cases} e(t) = E_{MAX} \cos(\omega t + \theta), & \text{para } t < 0 \\ e(t) = 0, & \text{para } t \geq 0 \end{cases} \rightsquigarrow e(t) = e'(t) + e''(t)$$

Dado que L e C estão sintonizados, a tensão sobre a carga é exatamente a mesma até $t = 0_-$. Pelo princípio da superposição



$\equiv$



$$\begin{cases} v_B' = E_{MAX} \cos(\omega t + \theta) \\ v_B'' = ? \end{cases}$$

A transf. de Laplace de $e''(t)$ é:

$$\mathcal{L}\{e''(t)\} = E''(s) = -E_{MAX} \cos\theta \cdot \frac{s - \omega \operatorname{tg}\theta}{s^2 + \omega^2} \quad (1)$$

Logo $$V_B''(s) = E''(s) \cdot \frac{R}{R + sL + 1/sC} \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2), fazer $\mathcal{L}^{-1}\{\ \}$ e somando a $v_B'(t)$, tem-se: $v_B(t)$

$$v_B(t) = \cos\Theta \cdot \sqrt{1 + (\cot\varphi + \operatorname{cosec}\varphi \cdot tg\,\Theta)^2} \cdot c^{-wt\cos\varphi} \cdot \operatorname{sen}(wt \cdot \operatorname{sen}\varphi + \psi)$$

$$\sec\varphi = 2w\tau \quad , \quad \tau = \frac{L\,(R_p + R_c)}{R_p \cdot R_c}$$

$$\psi = tg^{-1}\left\{ \frac{-\operatorname{sen}\varphi}{\cos\varphi + tg\,\Theta} \right\}$$