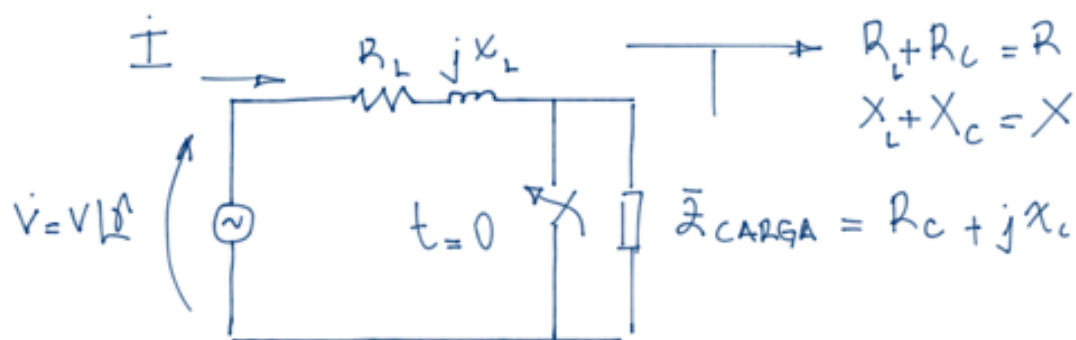


2.1.3) Saturacão por DC

Para essa análise a rede de potência será representada, de forma simplificada, por um modelo de primeira ordem, conforme ilustrado na figura.



✓ Antes do fechamento da chave:

$$\dot{V} = (R + j\omega L) \cdot \dot{I} \rightarrow \dot{I} = \frac{\dot{V}(R - j\omega L)}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\dot{I} = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot \dot{V} + \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot \dot{V} \cdot 1 \angle -90^\circ$$

No domínio do tempo:

$$i(t) = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot V_p \cos(\omega t + \delta) + \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot V_p \cos(\omega t + \delta - 90^\circ) \quad (1)$$

✓ O transitório de fechamento da chave fica:

$$v(t) = R_L \cdot i(t) + L_L \frac{di(t)}{dt}$$

✓ No domínio da frequência, tem-se:

$$V(s) = R_L \cdot I(s) + L_L s \cdot I(s) - L_L i(t=0_-)$$

$$(R_L + s \cdot L_L) \dot{I}(s) = V(s) + L_L i(t=0_-)$$

↳ Para voltar p/ o domínio do tempo deve-se determinar as referências

Sabendo que

$$\begin{cases} v(t) = V_p \cos(\omega t + \delta) = V_p \cos(\omega t) \cos \delta - V_p \sin(\omega t) \sin \delta ; e \\ i(t=0_-) = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} \cos \delta + \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \cos(\delta - 90^\circ) \end{cases}$$

$$(R_L + s \cdot L_L) I(s) = V_p \cos \delta \cdot \frac{s}{s^2 + \omega^2} - V_p \sin \delta \cdot \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} + L_L \left\{ \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} \cos \delta + \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} \cos(\delta - 90^\circ) \right\}$$

$$i(t) = \frac{R_L V_p \cos \delta \cos \omega t - R_L V_p \sin \delta \sin \omega t + \omega L_L V_p \sin \delta \cos \omega t + \omega L_L V_p \cos \delta \sin \omega t}{R_L^2 + \omega^2 L_L^2}$$

$$+ \frac{e^{-\frac{R_L}{L_L} t}}{(R^2 + \omega^2 L^2)(R_L^2 + \omega^2 L_L^2)} \left\{ -V_p \sin \delta \omega^3 L^2 L_L - V_p \cos \delta \omega^2 L^2 R_L + \cos(\delta - 90^\circ) \omega^3 L_L^2 L \right.$$

$$+ \cos(\delta - 90^\circ) L \cdot R_L^2 \cdot \omega + \cos \delta \cdot L_L^2 \cdot R \cdot \omega^2 - V_p \sin \delta L_L \cdot R^2 \cdot \omega$$

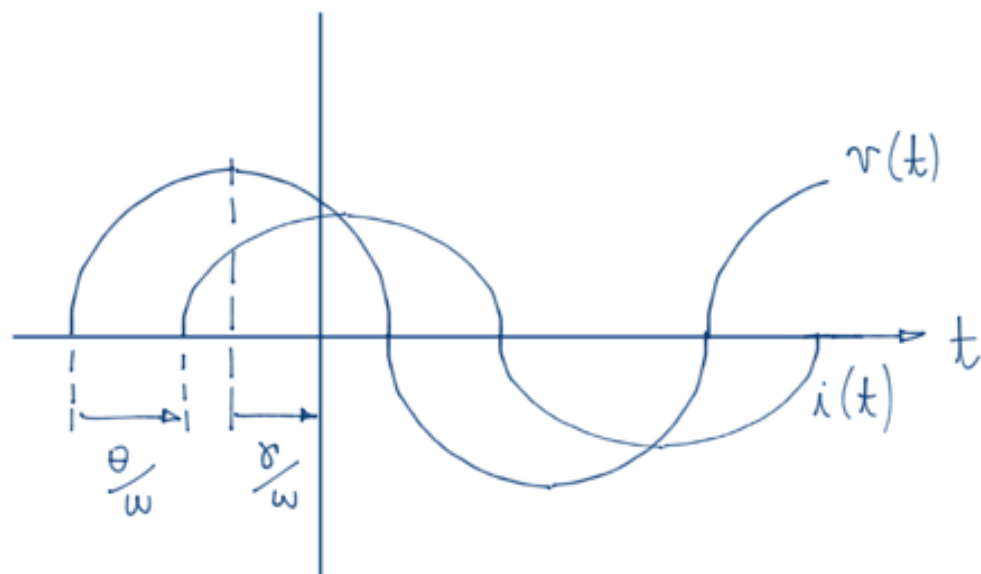
$$\left. - V_p \cos \delta R^2 \cdot R_L + \cos \delta R \cdot R_L^2 \right\}$$

Outra forma de resolução superpõe o curto-circuito em R.P.S. à solução natural do circuito. Portanto:

✓ tensão no equivalente da rede: $v(t) = V_p \cos(\omega t + \delta)$.

✓ A componente da corrente de falta em R.P.S.: $I_{ca} = I_{ca}^P \angle \varphi - \theta$
onde $I_{ac}^P = \frac{\sqrt{2} V}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}}$ e $\theta = \tan^{-1} \frac{X_L}{R_L}$

Graficamente, tem-se:



Onde: φ define em que ponto da onda de tensão ("point on wave" POW) o curto-circuito ocorre.

- $\varphi = 0 \rightarrow$ curto-circuito no pico da tensão;
- $\varphi = 90^\circ \rightarrow$ curto-circuito no zero da corrente.

A solução completa do sinal de corrente, admitindo-se a linha em vazio antes da falta é:

$$\begin{cases} i(t=0^-) = 0 & (t < 0) \\ i(t) = \text{solução forçada} + \text{solução natural} & (t > 0) \end{cases}$$

$$i(t) = I_{CA} \cos(\omega t + \delta - \theta) + A_0 e^{-\beta t}, \quad \beta = \frac{R_L}{L_L}$$

Além disso: $i(t=0^-) = i(t=0^+) \therefore A_0 = -I_{CA} \cos(\delta - \theta)$

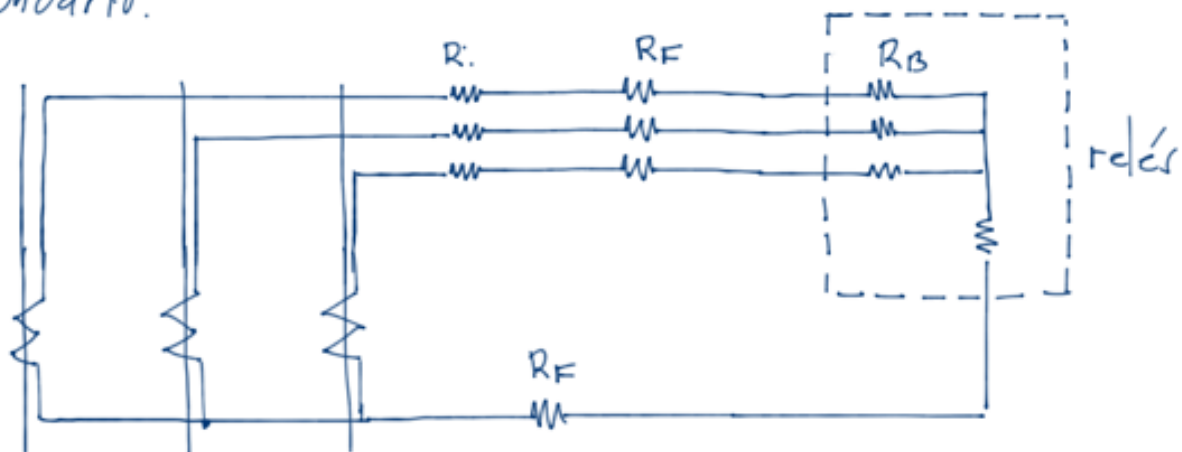
2.1.4) Crêterios de dimensionamento de TCs

a) Atendimento   classe de precisão padronizada (condi o imposta pelos fabricantes:

a.1) $\frac{I_{CC}^{MAX}}{I_{NOM}^{Pri}} \leq 1,8$ (90% de $20 \cdot I_N$)

a.2) $\frac{V_{SEC}^{MAX}}{V_{CLASSE}} \leq 0,8$ (80% da classe de precisão para o TAP selecionado).

Obs: a forma de liga o dos TCs define como se calcula a tensão no secundário.



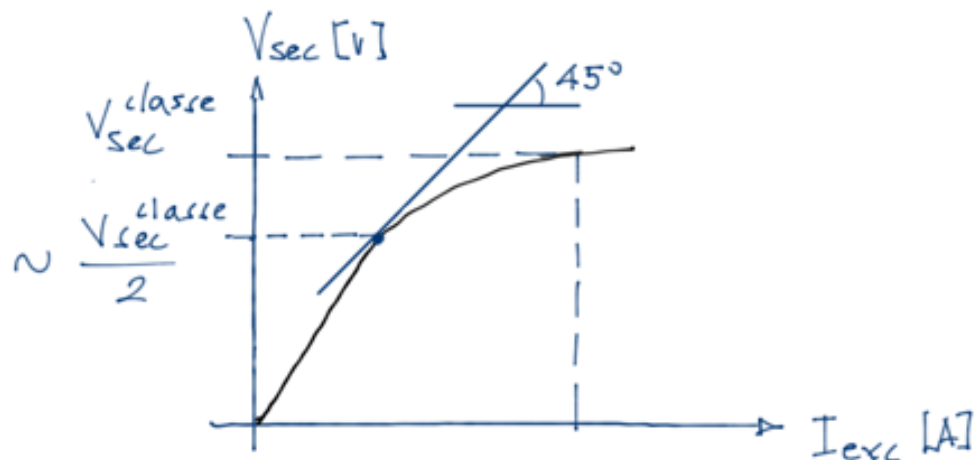
Onde: R_i : resistência do secundário do TC ($R_e \{2 \times 2\} \rightarrow$ TC de baixa reatância de dispersão)

R_F : resistência da fiação;

R_B : resistência do burden.

Nesse arranjo: $V_{SEC}^A = (R_i + R_F + R_B) \cdot I_A + (R_F + R_B) I_N$

- b) O atendimento à classe de precisão não assegura que o TC estará operando SEM saturação. Grosseiramente, um erro de 10% em 100 [A] (20 I_N , para $I_N < 5$ [A]) implica corrente de magnetização superior a 10 [A]. Essa saturação é produzida somente devido à corrente de falta em R.P.S. sem levar em conta a componente exponencial amortecida.



Sendo assim, muitos projetistas consideram mais conveniente trabalhar no joelho da curva (ponto onde uma reta de 45° de inclinação tangencia a curva). Esse ponto apresenta impedância de magnetização bem elevada.

A "regra empírica" é impor uma carga secundária de 50% da carga especificada pela classe de precisão, isso corresponde a operar próximo ao joelho da curva. Esta regra mitiga os efeitos de saturação por AC. Para correntes assimétricas (com componente aperiódica exponencial) provavelmente a saturação irá ocorrer, deve-se, portanto, trabalhar com carga ainda menor.

c) Critérios usados para mitigar saturação por DC

c.1) Trabalhar com uma tensão secundária igual à meta de da tensão de joelho.

c.2) Limitar a tensão secundária em $V_{sec} \leq \frac{V_{CLASSE\ SEC}}{1 + \frac{X}{R}}$,
mas nem sempre é viável
do eq. de Thévenin