TRANSFORMADORES

Exercício de Circuito equivalente

Exemplo

- Vamos a um exemplo numérico:

1. Trafo 220:12 (V_{CA}) 60 Hz
2. $R_1 = 900\ \Omega$ $X_1 = 1200\ \Omega$
3. $R_2 = 400\ \Omega$ $X_2 = 620\ \Omega$ e $X_m = 40\ K\Omega$

Calcule:

a) Módulo e fase da tensão com o 2ario em vazio
b) Módulo e fase da corrente no 2ario em curto-circuito
c) Módulo e fase da tensão e corrente no 2ario com carga Z = 1KΩ

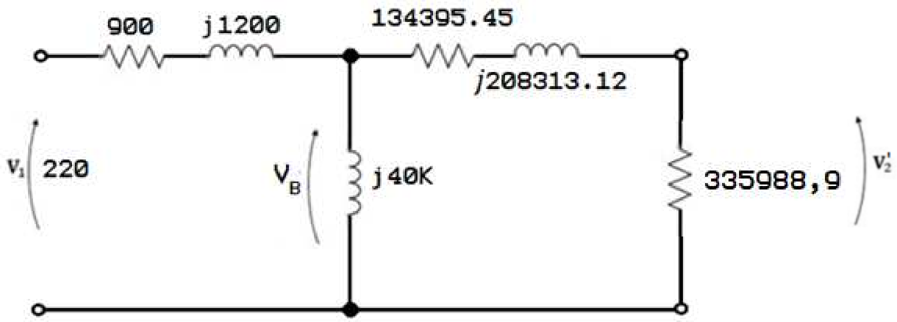
Começamos calculando R'_2 e X'_2 e redesenhando o modelo com as características apresentadas.

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{220}{12} = 18.33$$

$$R'_2 = (18.33)^2 \times 400 = 134395.45\ \Omega$$

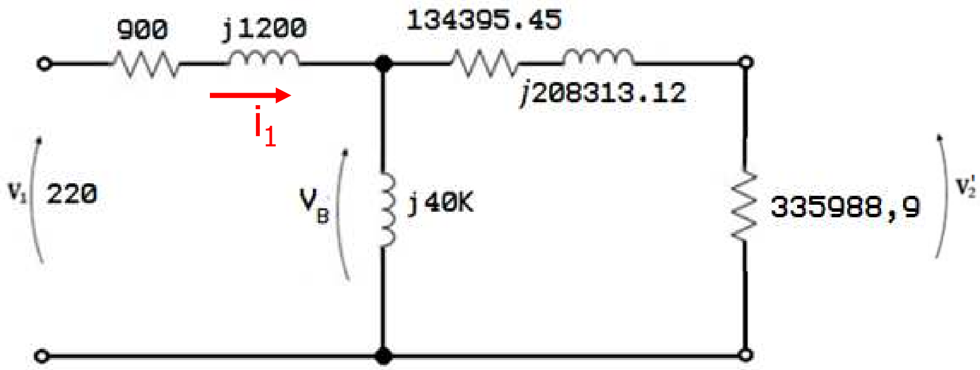
$$X'_2 = (18.33)^2 \times j620 = j208313.12\ \Omega$$

$$Z'_2 = (18.33)^2 \times 1000 = 335988.9\ \Omega$$



b) Secundário em curto-circuito

Uma vez calculadas as reflexões, o que temos é:



$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{\frac{1}{134395.45 + j208313.12 + 335988.9} + \frac{1}{j40000}}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{\frac{1}{470384.35 + j208313.12} + \frac{1}{40000\angle 90°}}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{\frac{1}{514 \times 10^3 \angle 23.9°} + (2.50 \times 10^{-5} \angle -90°)}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}}$$

Continuando...

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{1.94 \times 10^{-6} \angle -23.9° + (2.50 \times 10^{-5} \angle -90°)}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{1.78 \times 10^{-6} - j787 \times 10^{-9} + (-j2.50 \times 10^{-5})}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{1.78 \times 10^{-6} - j787 \times 10^{-9} - j2.50 \times 10^{-5}}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{1.78 \times 10^{-6} \ - j25.8 \times 10^{-6}}$$

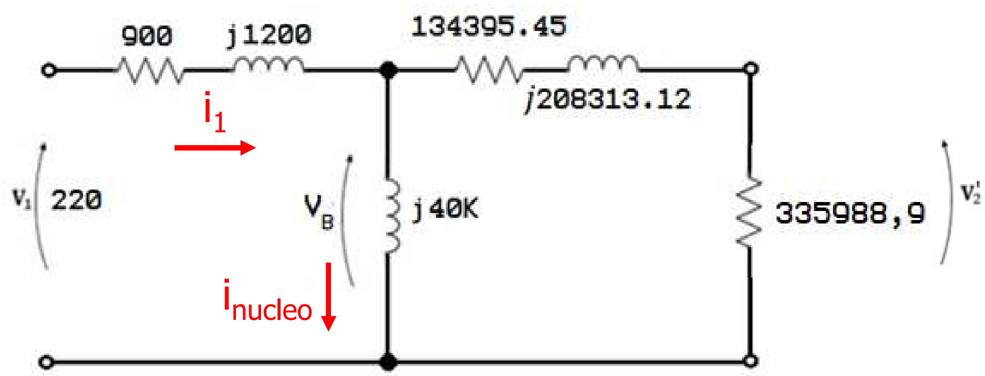
$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + \frac{1}{2.58 \ \times 10^{-5} \angle -86{,}0513°}$$

$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + 38759.6899 \angle 86{,}0513°$$

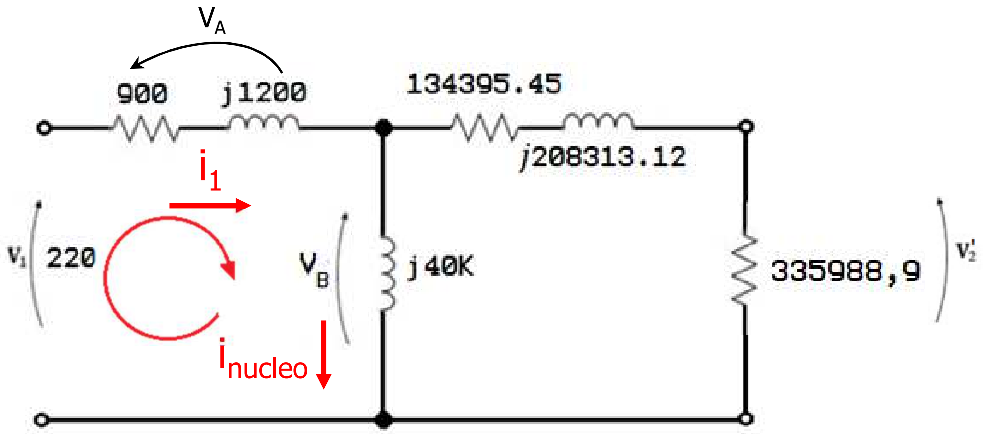
$$Z_{eqa} = (900 + j1200) + (2.67 \times 10^{3} + j38.7 \times 10^{3})$$

$$Z_{eqa} = 3.57 \times 10^{3} + j39.9 \times 10^{3} ou \ \ 40027.1209 \angle 84.88° \ \Omega$$

$$i_1 = \frac{220}{40027.1209 \angle 84.88°} = 0.0055 \angle -84.88° \quad ou \ \ 0.0005 \ - j0.0055 \ A$$



Para poder calcular as correntes desejadas, vamos calcular as quedas de tensão V_A e V_B:



$$V_A = (900 + j1200) \times i_1$$

$$V_A = (1500 \angle 53.13°) \times (0.0055 \angle -84.88°)$$

$$V_A = 8.244 \angle -31.752° \;\; ou \;\; 7.01 - j4.34 \;\; V$$

Da malha:

$$V_B = 220 - V_A$$

$$V_B = 220 - (7.01 - j4.34) = 212.99 + j4.34 \;\; \text{ou} \;\; 213.034 \angle 1.167° \; V$$

Continuando...

Assim, podemos calcular a corrente sobre o indutor j40K:

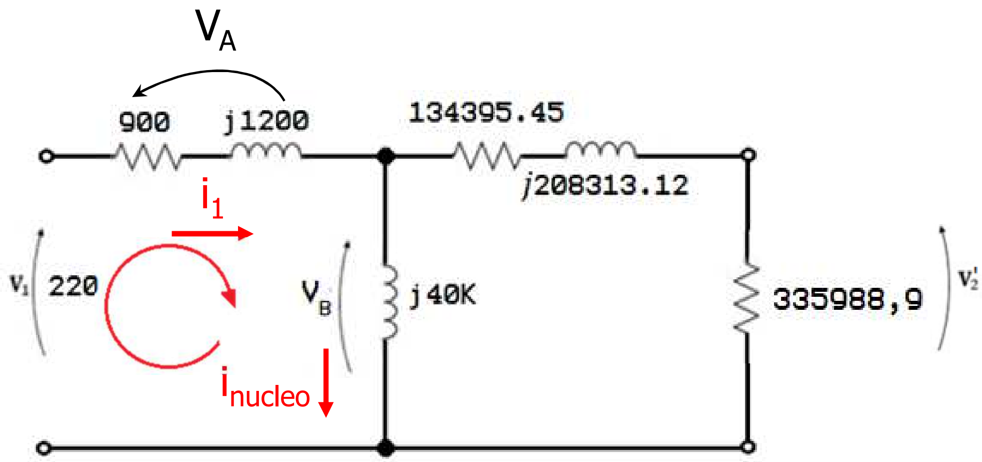
$$i_{nucleo} = \frac{V_B}{j40000} = \frac{213.034\angle 1.167°}{40000\angle 90°} = 0.0053\angle -88.83° \;\; ou \;\; 0.0001 - j0.0053\ A$$

Portanto:

$$i_2' = i_1 - i_{nucleo} = (0.0005 - j0.0055) - (0.0001 - j0.0053)$$

$$i_2' = i_1 - i_{nucleo} = 0.0005 - j0.0055 - 0.0001 + j0.0053$$

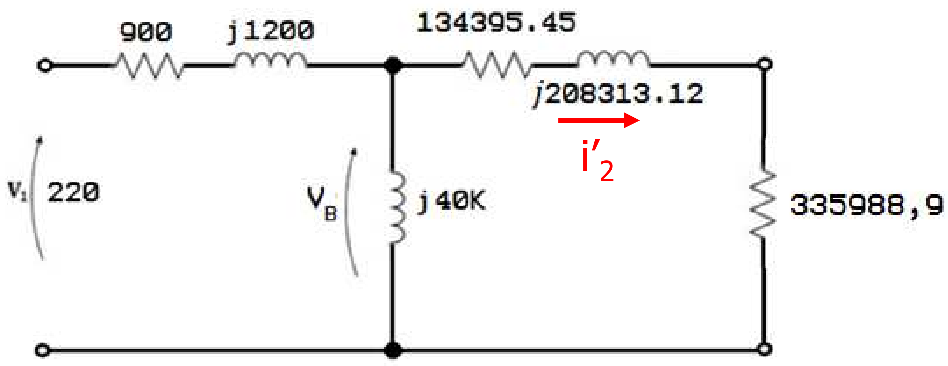
$$i_2' = i_1 - i_{nucleo} = 0.0004 - j0.0002 \;\; ou \;\; 0.0004\angle -26.5651°\ A$$



Então:

$$i_2 = a \times i_2' = 18.33 \times 0.0004\angle -26.5651° = 0.0082\angle -26.5651°\ A$$

Concluindo os cálculos



$V_2' = 335988.9 \times i_2'$

$V_2' = 335988.9 \times 0.0004\angle -26.5651°$

$V_2' = 134.3956\angle -26.5651°\ ou\ 120.2070 - j60.1036\ V$

Considerações

- Vamos a alguns cálculos adicionais:

Se X_1 = 1200 Ω X_2 = 620 Ω e X_m = 40 KΩ

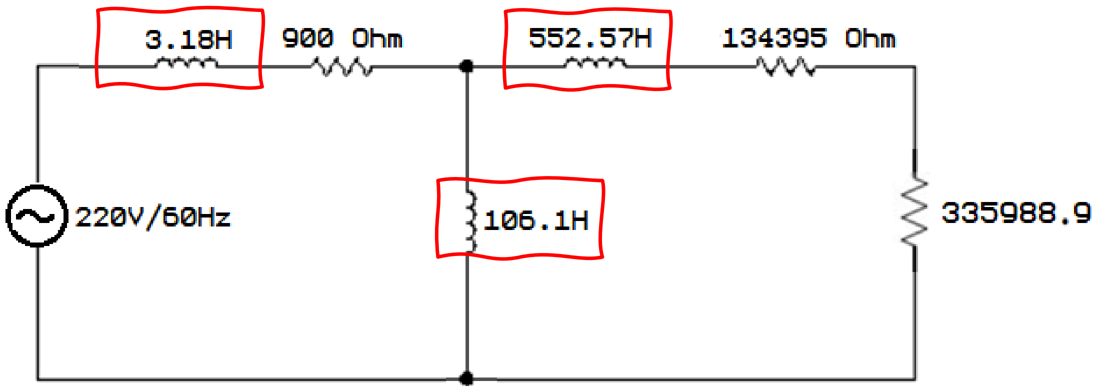
$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$X_1 = 2\pi f L_1 \Rightarrow L_1 = \frac{1200}{2\times\pi\times 60}$$

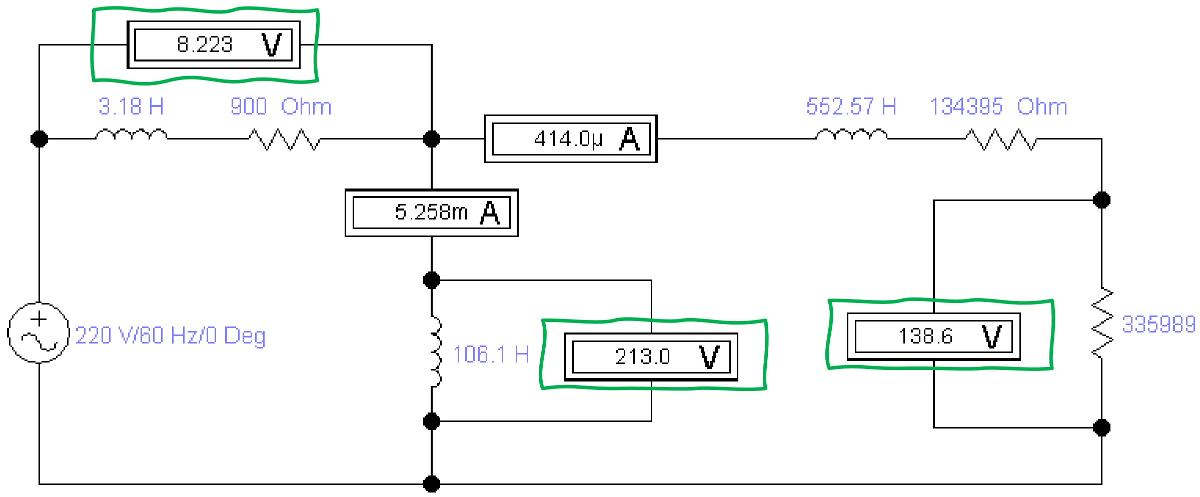
$$L_1 = \boxed{3.18H}$$

$$L_2 = \frac{208313.12}{2\times\pi\times 60} = \boxed{552.57H}$$

$$L_m = \frac{40000}{2\times\pi\times 60} = \boxed{106.10H}$$



Adicionado no simulador EWB



- Do simulador:

$$V_A = 8.334\,V$$
$$V_B = 212.7\,V$$
$$V_2' = 138.6\,V$$

- Calculados:

$$V_A = 8.244\angle -31.752°\,V$$
$$V_B = 213.034\angle 1.167°\,V$$
$$V_2' = 134.3956\angle -26.5651°\,V$$

Muito obrigado !
Até breve !