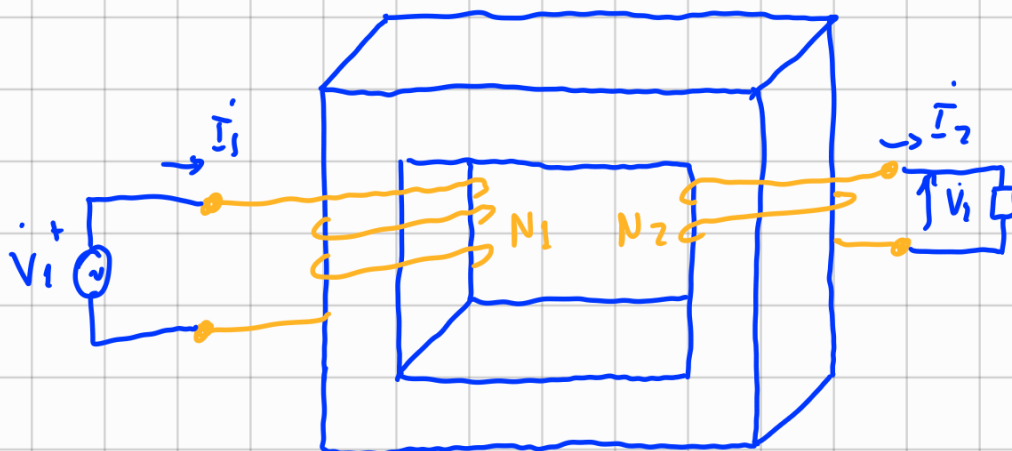
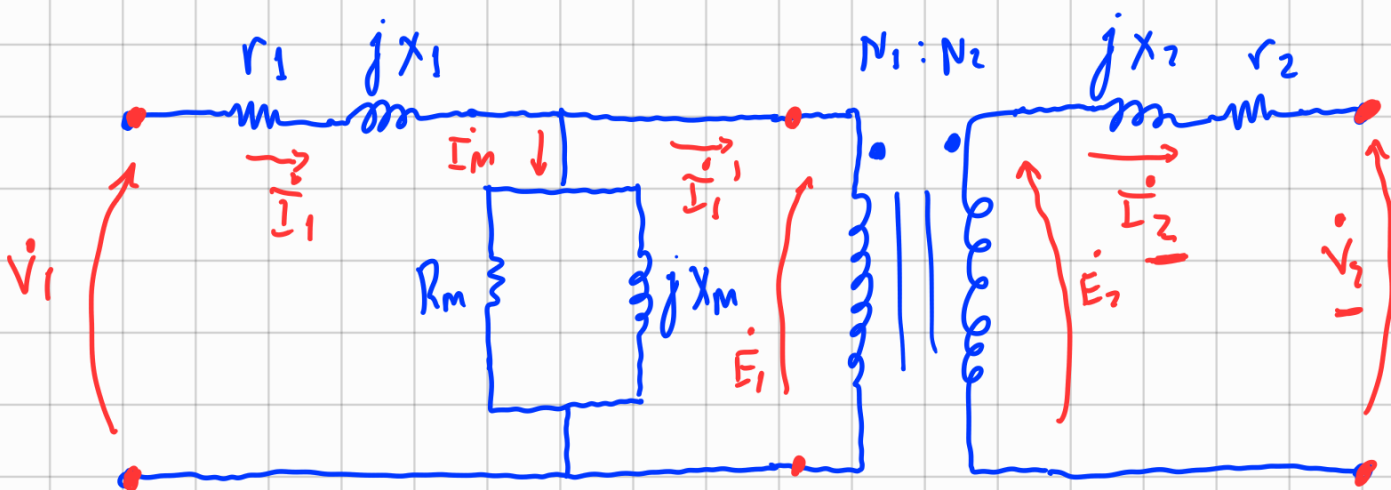


# Revisão



Relação de transformação:  $\frac{N_1}{N_2} = a$

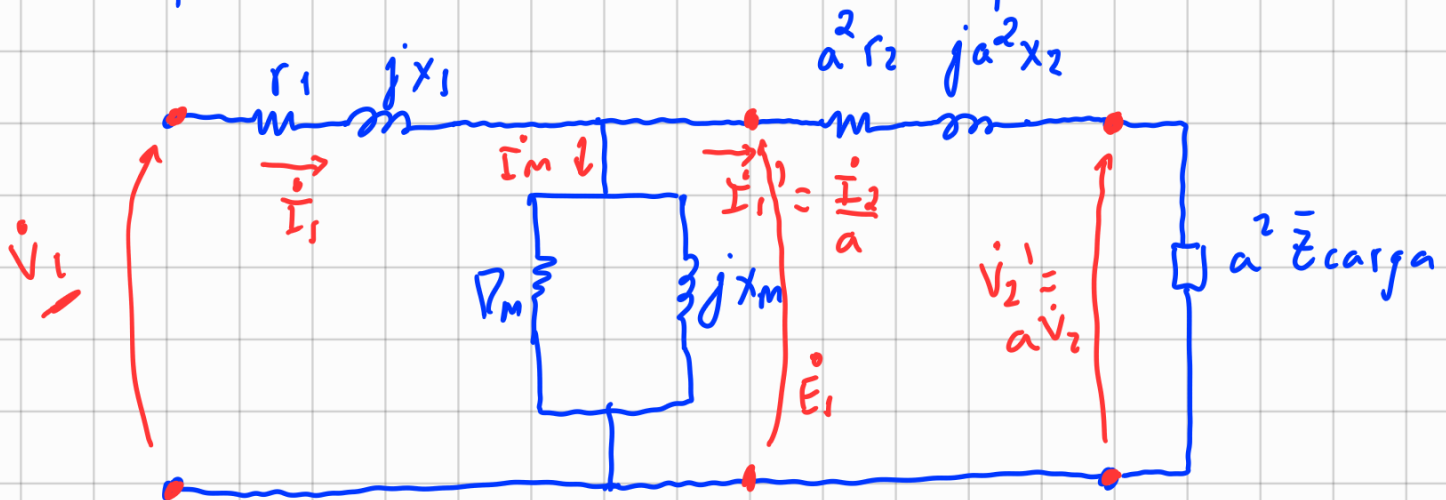
$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \Bigg| \quad \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{a}$$



$$\frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

$$\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Refletindo o secundário ao primário:



### Exercício

Dado o transformador na relação 13,8 kV/440V, potência nominal de 250 kVA e com os seguintes parâmetros:

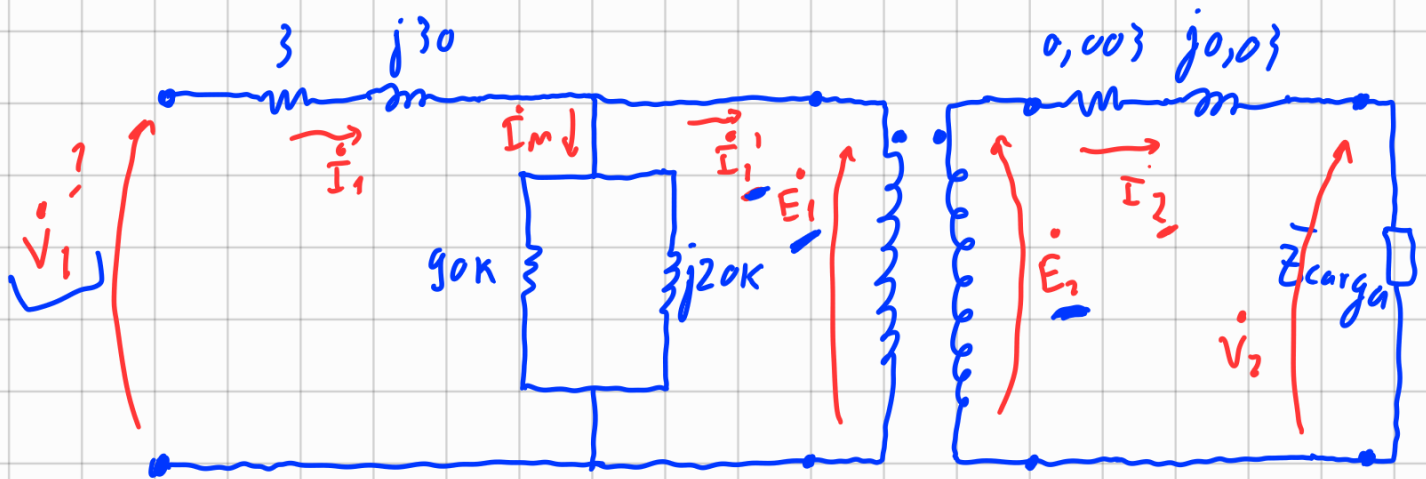
$$r_1 = 3 (\Omega) \quad r_2 = 0,003 (\Omega) \quad R_m = 90 (k\Omega)$$

$$x_1 = 30 (\Omega) \quad x_2 = 0,030 (\Omega) \quad X_m = 20 (k\Omega)$$

O transformador alimenta em seu secundário uma carga com potência igual à nominal do transformador e FP = 0,8 ind. Essa potência é consumida quando a carga está submetida a uma tensão igual à nominal do transformador.

Desta forma, pede-se:

a) Nas condições citadas acima para a carga, determine a tensão nos terminais do primário do transformador.



$$\begin{cases} \dot{E}_{1N} = 13,8 \cdot 10^3 \text{ (V)} \\ \dot{E}_{2N} = 440 \text{ (V)} \end{cases}$$

$$a = \frac{13800}{440} = 31,36$$

Condição de contorno do problema:

$$\dot{V}_2 = \dot{E}_{2N} = 440 \angle 0^\circ \text{ (V)}$$

↳ arbitrado

$$\bar{S}_{carga} = \frac{|\dot{V}_2|^2}{\bar{Z}_{carga}^*}$$

$$|\bar{S}_{carga}| = S_{N\text{transf}} = 250 \cdot 10^3 \text{ (VA)}$$

$$\bar{S}_{carga} = |\bar{S}_{carga}| \angle \varphi_{carga}$$

$$\varphi_{\text{carga}} = ?$$



$$FP = \cos \varphi_{\text{carga}} = 0,8 \text{ ind.}$$

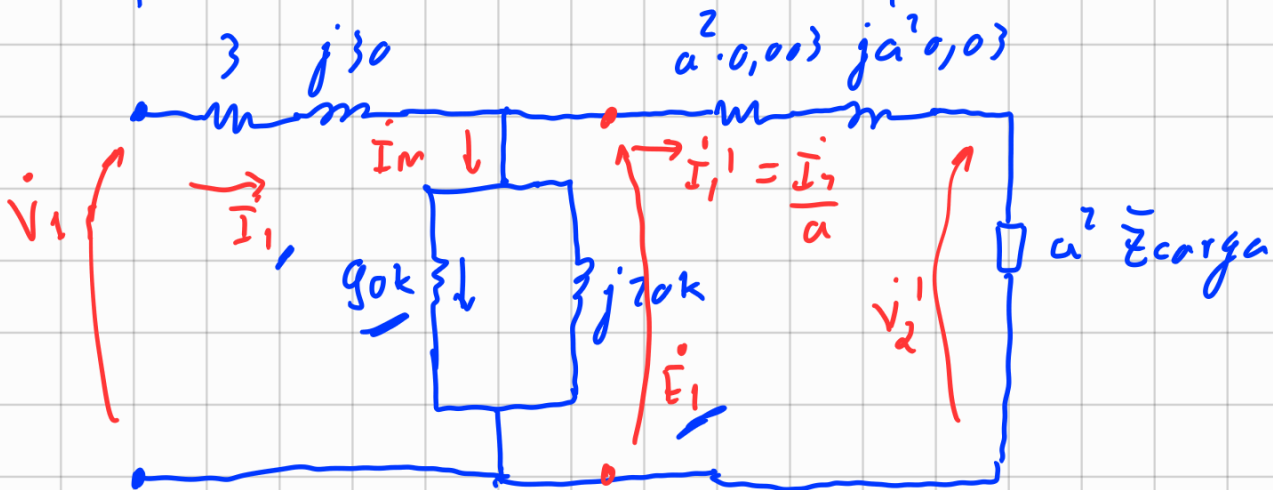
$$\varphi_{\text{carga}} = \cos^{-1} 0,8 = +36,9^\circ$$

$$\bar{S}_{\text{carga}} = 250 \cdot 10^3 \angle 36,9^\circ \text{ (VA)}$$

$$\bar{Z}_{\text{carga}} = \frac{|V_2|^2}{\bar{S}_{\text{carga}}^*} = \frac{440^2}{250 \cdot 10^3 \angle -36,9^\circ}$$

$$\bar{Z}_{\text{carga}} = 0,774 \angle 36,9^\circ \text{ (}\Omega\text{)}$$

Refletindo o secundário ao primário:



$$\dot{I}_1' = \frac{V_2'}{a^2 \bar{Z}_{\text{carga}}} = \frac{a \cdot V_2}{a^2 \bar{Z}_{\text{carga}}} = \frac{a \cdot 440 \angle 0^\circ}{a^2 \cdot 0,774 \angle 36,9^\circ}$$

$$\dot{I}_1' = \frac{440 \angle 0^\circ}{31,36 \cdot 0,774 \angle 36,9^\circ} = 18,13 \angle -36,9^\circ \text{ (A)}$$

$$\frac{\dot{I}_1'}{\dot{I}_2} = \frac{1}{a} \rightarrow \dot{I}_1' = \frac{\dot{I}_2}{a}$$

Pela 2<sup>a</sup> LK:

$$\dot{E}_1 = (a^2 r_2 + j a^2 x_2) \dot{I}_1' + \dot{V}_2'$$

$$\dot{E}_1 = 31,36^2 (0,003 + j 0,03) \cdot 18,13 \angle -36,9^\circ + \underbrace{a}_{= 31,36} \cdot 440 \angle 0^\circ$$

$13900 \angle 0^\circ$

$$\dot{E}_1 = 14169 \angle 1,6^\circ \text{ (V)}$$

Ainda: Pela 1<sup>a</sup> LK:

$$\dot{I}_m = \frac{\dot{E}_1}{(R_m // j X_m)}$$

$$(R_m // j X_m) = \frac{90 \cdot 10^3 \cdot j 20 \cdot 10^3}{90 \cdot 10^3 + j 20 \cdot 10^3} = 19,52 \angle 77,47^\circ \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$\dot{I}_m = \frac{14169 \angle 1,6^\circ}{19,52 \cdot 10^3 \angle 77,47^\circ} = 0,726 \angle -75,87^\circ \text{ (A)}$$

Novamente pela 1ª LK:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_m + \dot{I}_1'$$

$$\dot{I}_1 = \underline{18,70} \angle -38,3^\circ \text{ (A)}$$

Aplicando a 2ª LK:

$$\dot{V}_1 = (3 + j30) \cdot \dot{I}_1 + \dot{E}_1$$

$$\dot{V}_1 = \underline{14577,1} \angle 3,15^\circ \text{ (V)}$$

b) Calcule as perdas de potência ativa no transformador.

- 1)  $P_{\text{bobinas}}$
- 2)  $P_{H+F}$

1) primário + secundário

$$P_{\text{bob}} = P_{\text{bob1}} + P_{\text{bob2}}$$

$$P_{\text{bob}} = \underline{r_1 \cdot |\dot{I}_1|^2} + \underline{r_2 \cdot |\dot{I}_2|^2}$$

$$\frac{\dot{I}_1'}{\dot{I}_2} = \frac{1}{a} \rightarrow \dot{I}_2 = a \dot{I}_1'$$

$$P_{bob2} = r_2 \cdot |a \cdot \dot{I}_1|^2 = \underbrace{a^2 r_2}_{\uparrow} \cdot |\dot{I}_1|^2$$

$$P_{bob} = 3 \cdot 18,7^2 + 31,36 \cdot 0,003 \cdot 18,13^2$$

$$P_{bob} = 2018,8 \text{ (w)}$$

2) histerese + Foucault:

$$P_{H+F} = \frac{|E \dot{I}|^2}{R_m} = \frac{14169^2}{90000}$$

$$P_{H+F} = 2230,7 \text{ (w)}$$

$$\text{Perda total} = P_{bob} + P_{H+F} = 4249,5 \text{ (w)}$$

c) Calcule o rendimento do transformador.

$$\eta = \frac{P_{\text{util}}}{P_{\text{total fornecida}}} \cdot 100\%$$

$$P_{\text{util}} = 250 \cdot 10^3 \cdot \text{FP} = 250 \cdot 10^3 \cdot 0,8$$

$$P_{\text{util}} = 200 \text{ (kw)}$$

$$P_{\text{total fornecida}} = P_{\text{útil}} + P_{\text{perdas}}$$

$$\eta = \frac{200 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3 + 4249,5} \times 100\%$$

$$\eta = 97,92 (\%)$$