

Questão sobre transformador monofásico

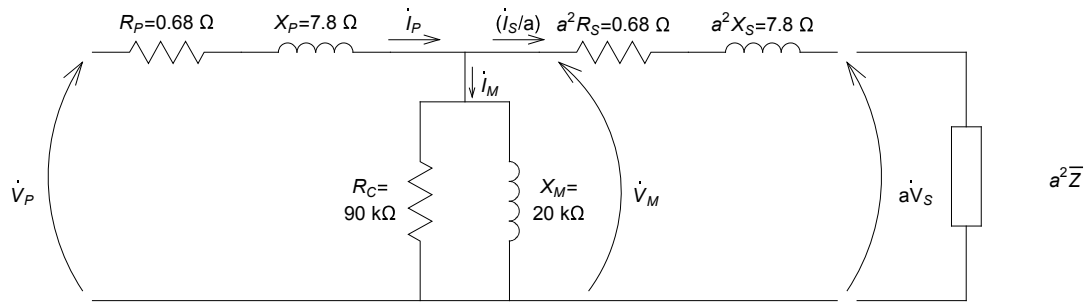
É dado um transformador 2400 V/240 V, com os seguintes parâmetros:

$$R_P=0.68 \, \Omega, R_S=0.0068 \, \Omega, X_P=7.8 \, \Omega, \\ X_S=0.078 \, \Omega, R_C=90 \, \text{k}\Omega, X_M=20 \, \text{k}\Omega,$$

onde R_P , X_P , R_S , X_S são os parâmetros dos enrolamentos primário e secundário e R_C e X_M os parâmetros do ramo de magnetização. Considere que, em seu secundário, é conectada uma carga que, se submetida a tensão nominal, consome 20 kVA com fator de potência 0.88 indutivo.

- a) Se a tensão no primário do transformador for igual à nominal, qual a tensão, corrente e potência complexa no secundário, corrente e potência complexa no primário?
- b) Resolva o item a) desprezando o ramo de magnetização e perdas no núcleo (R_C e X_M).
- c) Se o transformador estiver em vazio (sem impedância de carga) e a tensão no primário do transformador for igual à nominal, qual a tensão no secundário, corrente no primário e potência de entrada?
- d) Caso se deseje que a tensão no secundário seja igual à nominal, qual a tensão, corrente e potência complexa na entrada?
- e) Resolva o item d) desprezando o ramo de magnetização e perdas no núcleo (R_C e X_M).

a) Sabendo que $a = \frac{2400}{240} = 10,$



Não se está afirmando que a tensão no secundário é de 240 V, e sim que, se a tensão sobre a impedância for de 240 V, ela consome 20 kVA $\angle \cos^{-1}0.88^\circ$.

Daí pode-se determinar a sua impedância real:

$$\bar{S} = \dot{V} \dot{I}^* = \dot{V} \left(\frac{\dot{V}}{\bar{Z}} \right)^* = \frac{|\dot{V}|^2}{\bar{Z}^*}$$

$$20000 \angle 28.36^\circ = \frac{240^2}{\bar{Z}^*}$$

$$\text{Então } \bar{Z} = 2.88 \angle 28.36^\circ \Omega = 2.534400 + j1.367924 \Omega$$

Resolvendo o circuito,

$$\bar{Z}_{eq} = R_P + jX_P + ((R_C // jX_M) // (a^2 R_S + ja^2 X_S + a^2 \bar{Z})) =$$

$$\bar{Z}_{eq} = 0.68 + j7.8 + (90000 // j20000) // (0.68 + j7.80 + 253.4400 + j136.7924)$$

$$\bar{Z}_{eq} = 0.68 + j7.8 + (4235.2941 + j19058.8235) // (254.1200 + j144.5924)$$

$$\bar{Z}_{eq} = 250.6674 + j153.7004 \Omega$$

$$\dot{I}_P = \frac{\dot{V}_P}{\bar{Z}_{eq}} = \frac{2400}{250.6674 + j153.7004} = 8.1622 \angle -31.52^\circ \text{ A}$$

$$\bar{S}_P = \dot{V}_P \dot{I}_P^* = 19589.35 \angle 31.52^\circ \text{ VA} = 16699.96 + j10239.82 \text{ VA}$$

$$\dot{V}_M = \dot{V}_P - (R_P + jX_P) \dot{I}_P = 2400 - (0.68 + j7.80) (8.1622 \angle -31.52^\circ)$$

$$\dot{V}_M = 2362.5475 \angle -1.25^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_M = \frac{\dot{V}_M}{R_C // jX_M} = \frac{2362.5475 \angle -1.25^\circ}{4235.2941 + j19058.8235}$$

$$\dot{I}_M = 0.1210 \angle -78.72^\circ \text{ A}$$

$$\frac{\dot{I}_S}{a} = \dot{I}_P - \dot{I}_M = (8.1622 \angle -31.52^\circ) - (0.1210 \angle -78.72^\circ) = 8.0805 \angle -30.89^\circ \text{ A}$$

$$a\dot{V}_S = \dot{V}_M - (a^2 R_S + j * a^2 X_S)$$

$$a\dot{V}_S = (2362.5475 \angle -1.25^\circ) - (0.68 + j7.80) (8.0805 \angle -30.89^\circ)$$

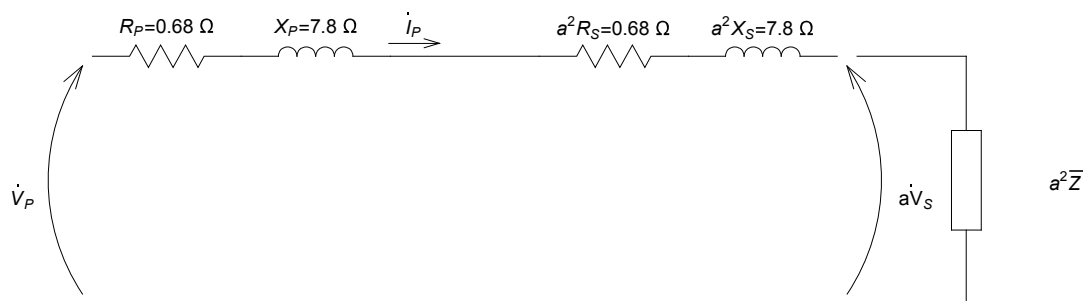
$$a\dot{V}_S = 2327.1843 \angle -2.53^\circ \text{ V}$$

$$\dot{V}_S = (2327.1843 \angle -2.53^\circ) / 10 = 232.7184 \angle -2.53^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_S = 10 * (8.0805 \angle -30.89^\circ) = 80.8050 \angle -30.89^\circ \text{ A}$$

$$\overline{S}_S = \dot{V}_S \dot{I}_S^* = (18804.81 \angle 28.36^\circ) \text{ VA} = 16548.24 + j8931.79 \text{ VA}$$

b) Desprezando o ramo de magnetização,



$$\dot{I}_P = \frac{\dot{I}_S}{a} = \frac{\dot{V}_P}{R_P + jX_P + a^2 R_S + j * a^2 X_S + a^2 \overline{Z}} = \frac{2400 \angle 0^\circ}{254.8000 + j152.3924}$$

$$\dot{I}_P = 8.0837 \angle -30.88^\circ$$

$$\overline{S}_P = \dot{V}_P \dot{I}_P^* = 19400.81 \angle 30.88^\circ \text{ VA} = 16650.10 + j9958.20 \text{ VA}$$

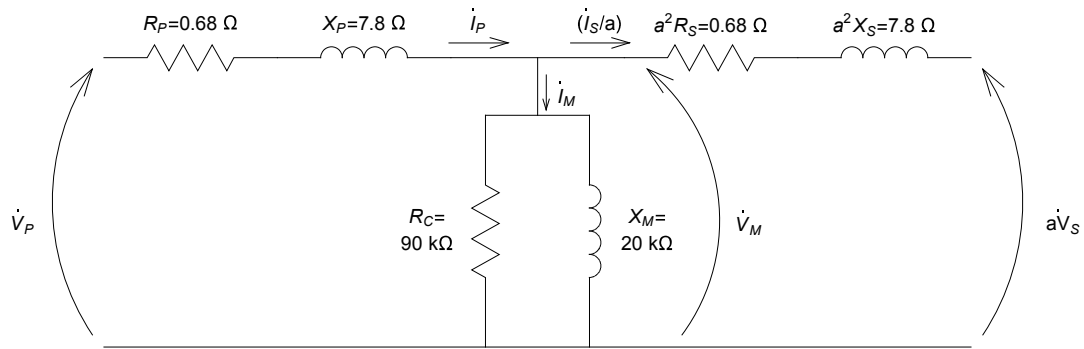
$$a\dot{V}_S = \frac{\dot{I}_S}{a} * a^2 \overline{Z} = (8.0837 \angle -30.88^\circ) (253.4400 + j136.7924) = 2328.0978 \angle -2.53^\circ$$

$$\dot{V}_S = (2328.0978 \angle -2.53^\circ) / 10 = 232.8098 \angle -2.53^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_S = (8.0837 \angle -30.88^\circ) * 10 = 80.8367 \angle -30.88^\circ \text{ A}$$

$$\overline{S}_S = \dot{V}_S \dot{I}_S^* = (18819.58 \angle 28.36^\circ) \text{ VA} = 16561.23 + j8938.81 \text{ VA}$$

c) transformador em vazio = sem carga no secundário



Como, nesse caso, $\dot{I}_S = 0$, então $a\dot{V}_S = \dot{V}_M$ e $\dot{I}_P = \dot{I}_M$

$$\text{Dessa forma, } \dot{I}_P = \frac{\dot{V}_P}{R_P + jX_P + (R_C // jX_M)} = \frac{2400 \angle 0^\circ}{0.68 + j7.80 + 4235.2941 + j19058.8235}$$

$$\dot{I}_P = 0.1229 \angle -77.47^\circ \text{ A}$$

$$\bar{S}_P = \dot{V}_P \dot{I}_P^* = 294.91 \angle 77.47^\circ \text{ VA} = 63.96 + j287.89 \text{ VA}$$

$$a\dot{V}_S = \dot{V}_M = \dot{I}_P (R_C // jX_M) = (0.1229 \angle -77.47^\circ) (4235.2941 + j19058.8235) = 2399.0462 \angle -0.00^\circ$$

$$\dot{V}_S = (2399.0462 \angle -0.00^\circ) / 10 = 239.9046 \angle -0.00^\circ \text{ V}$$

d) $\dot{V}_S = 240 \angle 0^\circ \rightarrow a\dot{V}_S = 2400 \angle 0^\circ \text{ V}$

$$\dot{I}_S = \frac{\dot{V}_S}{Z} = \frac{240 \angle 0^\circ}{2.534400 + j1.367924} = 83.3333 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\frac{\dot{I}_S}{a} = (83.3333 \angle -28.36^\circ) * 10 = 8.3333 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\dot{V}_M = a\dot{V}_S + \frac{\dot{I}_S}{a} (a^2 R_S + j * a^2 X_S) = (2400 \angle 0^\circ) + (8.3333 \angle -28.36^\circ) (0.68 + j7.80) \text{ V}$$

$$\dot{V}_M = 2436.4698 \angle 1.28^\circ \text{ V}$$

$$\dot{I}_M = \frac{\dot{V}_M}{R_C // jX_M} = \frac{2436.4698 \angle 1.28^\circ}{4235.2941 + j19058.8235} = 0.1248 \angle -76.19^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_P = \dot{I}_M + \frac{\dot{I}_S}{a} = (0.1248 \angle -76.19^\circ) + (8.3333 \angle -28.36^\circ)$$

$$\dot{I}_P = 8.4176 \angle -28.99^\circ \text{ A}$$

$$\dot{V}_P = \dot{V}_M + \dot{I}_P (R_P + jX_P) = (2436.4698 \angle 1.28^\circ) + (8.4176 \angle -28.99^\circ) (0.68 + j7.80)$$

$$\dot{V}_P = 2475.0941 \angle 2.53^\circ \text{ V}$$

$$\overline{S}_P = \dot{V}_P I_P^* = 20834.40 \angle 31.52^\circ \text{ VA} = 17761.36 + j10890.64 \text{ VA}$$

e) Desprezando o ramo de magnetização, $\dot{I}_P = \frac{\dot{I}_S}{a}$.

Do item anterior, $\frac{\dot{I}_S}{a} = 8.3333 \angle -28.36^\circ \text{ A}$ e $a\dot{V}_S = 2400 \angle 0^\circ \text{ V}$

$$\dot{I}_P = 8.3333 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\dot{V}_P = a\dot{V}_S + \dot{I}_P (R_P + jX_P + a^2R_S + j*a^2X_S) = (2400.0000 \angle 0.00^\circ) + (8.3333 \angle -28.36^\circ) (1.36 + j15.60)$$

$$\dot{V}_P = 2474.1229 \angle 2.53^\circ \text{ V}$$

$$\overline{S}_P = \dot{V}_P I_P^* = 20617.6907 \angle 30.88^\circ \text{ VA} = 17694.44 + j10582.81 \text{ VA}$$