

Se tiene un transformador trifásico de tres arrollamientos Yy0d11. Las tensiones nominales, potencias nominales e impedancias de cada uno de los arrollamientos son

$$U_{1N}=380V; S_{1N}=1500VA; R_1=1,91\Omega; X_{1d}=2,54\Omega$$

$$U_{2N}=110V; S_{2N}=1000VA; R'_2=2,12\Omega; X'_{2d}=2,83\Omega$$

$$U_{3N}=230V; S_{3N}=1000VA; R'_3=2,65\Omega; X'_{3d}=3,54\Omega$$

(Todas las impedancias están ya reducidas al primario)

La carga conectada en el secundario demanda un 80% de la intensidad nominal con factor de potencia 0,8 inductivo

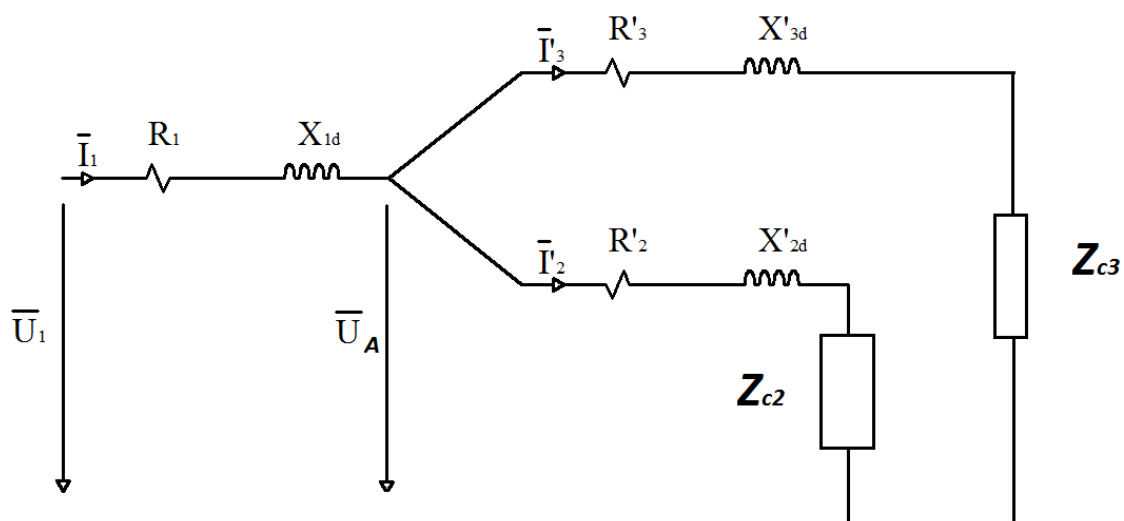
La carga conectada en el terciario es de 83Ω (impedancia en bornas del terciario) con factor de potencia 0,9 inductivo.

Se pide:

- 1) Calcular la tensión que se debe aplicar en el primario si se desea que la tensión en el secundario sea la nominal
- 2) Calcular la tensión en bornas del terciario en esas circunstancias
- 3) Despreciando la corriente de vacío ¿cuál será el factor de potencia que el transformador ofrece a la red?
- 4) Rendimiento del transformador si las pérdidas en el hierro son 30 W

SOLUCIÓN

El circuito equivalente del transformador es el siguiente:



1) Aplicando la segunda ley de Kirhhoff, la tensión en el primario se obtendrá sumando a la tensión en bornas de la carga 2 (la tensión nominal) las caídas de tensión en el secundario y en el primario.

La corriente I_2 referida al primario será:

$$I_2 = 0,8 \cdot I_{2N} = 0,8 \cdot \frac{S_{2N}}{\sqrt{3} \cdot U_{N2}}$$

$$I'_2 = \frac{I_2}{r_{12}} = I_2 \cdot \frac{110}{380}$$

$$\bar{I}'_2 = 0,8 \cdot \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 110} \cdot \frac{110}{380} = 1,213_{/-36,87^\circ} \text{ A}$$

La tensión en el secundario es la tensión nominal

$$U'_2 = U'_{2N} = 380V$$

En primer lugar obtendremos la tensión en el punto A de la figura

$$\bar{U}_A = \bar{I}'_2 \cdot \bar{Z}'_2 + \bar{U}'_2$$

$$\bar{U}_A = 1,213_{/-36,87^\circ} \cdot (2,12 + 2,83j) + 380/\sqrt{3} = 223,51_{/0,31^\circ} V$$

Y seguidamente la intensidad que circula por el terciario

$$Z'_{c3} = Z_{c3} \cdot r_{t13}^2 = 83 \cdot \left(\frac{380}{230} \right)^2$$

$$\bar{Z}'_{c3} = 226,56_{/\arccos(0,9)} = 203,90 + 98,76j\Omega$$

La corriente I'_3 vale

$$\bar{I}'_3 = \frac{\bar{U}_A}{\bar{Z}'_3 + \bar{Z}'_{c3}} = \frac{223,51_{/0,31^\circ}}{2,65 + 3,54j + 203,90 + 98,76j} = 0,97_{/-26,04^\circ} \text{ A}$$

La corriente I_1 valdrá

$$\bar{I}_1 = \bar{I}'_2 + \bar{I}'_3 = 2,17 \text{ A} \angle -32^\circ$$

$$U_1 = U_A + I_1 \cdot Z_1$$

$$U_1 = 230,02_{/0,92^\circ} V$$

$$U_{1L} = U_1 \cdot \sqrt{3} \approx 230,02 \cdot \sqrt{3} = \underline{\underline{398,40V}}$$

2) La tensión en bornas del terciario se calculará de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\bar{U}'_3 &= \bar{U}_A - \bar{I}'_3 \cdot \bar{Z}'_3 \\ \bar{U}'_3 &= 223,51_{/0,31^\circ} - 0,97_{/-26,04^\circ} \cdot (2,65 + 3,54j) = 219,69_{/-0,19^\circ} V \\ \bar{U}_3 &= \frac{\bar{U}'_3}{r_{13}} = 219,69_{/-0,19^\circ} \cdot \frac{230}{380} = 132,97_{/-0,19^\circ} V \\ U_{3L} &= U_3 \cdot \sqrt{3} \approx 132,97 \cdot \sqrt{3} = \underline{\underline{230,31V}}\end{aligned}$$

3) El transformador (con las cargas conectadas) ofrecerá el siguiente factor de potencia a la red:

$$\begin{aligned}fdp &= \cos[\arg(\bar{Z}_{TOT})] \\ \bar{Z}_{TOT} &= \bar{Z}_1 + \frac{(\bar{Z}'_2 + \bar{Z}'_{c2}) \cdot (\bar{Z}'_3 + \bar{Z}'_{c3})}{(\bar{Z}'_2 + \bar{Z}'_{c2} + \bar{Z}'_3 + \bar{Z}'_{c3})} \\ \bar{Z}_{TOT} &= (1,91 + 2,54j) + \frac{(2,12 + 2,83j + 144,64 + 108,48j) \cdot (2,65 + 3,54j + 203,90 + 98,76j)}{(2,12 + 2,83j + 144,64 + 108,48j + 2,65 + 3,54j + 203,90 + 98,76j)} \\ \bar{Z}_{TOT} &= 88,76 + 57,59j\Omega \rightarrow \arg = 32,97^\circ \\ fdp &= \cos(32,97^\circ) = \underline{\underline{0,84}}\end{aligned}$$

4) El rendimiento de un transformador de tres arrollamientos se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_2 + P_3}{P_1} = \frac{P_2 + P_3}{P_2 + P_3 + P_{Fe} + P_{Cu}} = \frac{K_2 \cdot S_{N2} \cdot \cos \varphi_2 + K_3 \cdot S_{N3} \cdot \cos \varphi_3}{K_2 \cdot S_{N2} \cdot \cos \varphi_2 + K_3 \cdot S_{N3} \cdot \cos \varphi_3 + P_{Fe} + P_{Cu}} \\ P_{Cu} &= R_1 \cdot I_1^2 + R'_2 \cdot I'^2_2 + R'_3 \cdot I'^2_3\end{aligned}$$

$$K = \frac{I}{I_N}$$

$$K_2 = \frac{I'_2}{I'_{2N}} = \frac{I'_2}{\frac{S_{2N}}{\sqrt{3} \cdot U_{2N} \cdot r_{12}}} = \frac{1,213_{/-36,87^\circ}}{\frac{1000 \cdot 110}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 380}} = 0,80$$

$$K_3 = \frac{I'_3}{I'_{3N}} = \frac{I'_3}{\frac{S_{3N}}{\sqrt{3} \cdot U_{3N} \cdot r_{13}}} = \frac{0,97_{/-26,04^\circ}}{\frac{1000 \cdot 230}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 380}} = 0,64$$



$$\cos \varphi_2 = 0,8$$

$$\cos \varphi_3 = \cos(26,35^\circ) = 0,9$$

$$P_{Fe} = 30W$$

$$P_{Cu} = 3 \cdot 1,91 \cdot 2,17^2 + 3 \cdot 2,12 \cdot 1,21^2 + 3 \cdot 2,65 \cdot 0,97^2 = 262,3 W$$

$$\eta = \frac{0,80 \cdot 1000 \cdot 0,8 + 0,64 \cdot 1000 \cdot 0,9}{0,80 \cdot 1000 \cdot 0,8 + 0,64 \cdot 1000 \cdot 0,9 + 30 + 262,3} = 0,9426$$

$$\underline{\underline{\eta = 94,26 \%}}$$