

Se tiene un transformador 45.000/16.050 V, 50 Hz, conexión Yy0d11, de 15 MVA con una tensión de cortocircuito porcentual del 11% y una resistencia de cortocircuito porcentual del 0,508%. Las pérdidas en el hierro son 12.900 W

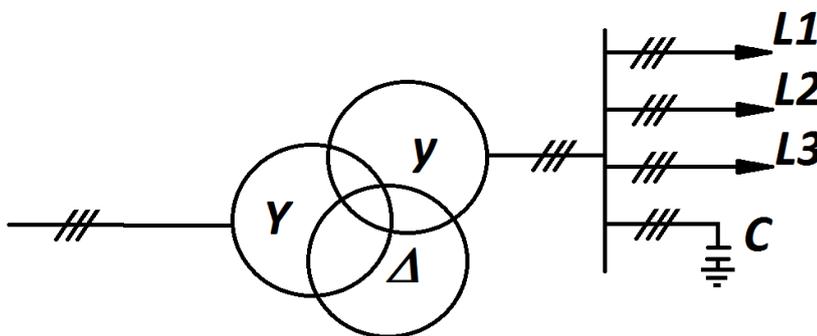
En el terciario del transformador no se coloca carga alguna. El transformador alimenta tres líneas eléctricas y una batería de condensadores. En un determinado momento la tensión en bornas del secundario es de 15.167 V y el consumo de potencia por cada una de las líneas es

- Línea L1: 2,5 MVA con factor de potencia 0,8 inductivo
- Línea L2: 3 MVA con factor de potencia 0,85 inductivo
- Línea L3: 5 MVA con factor de potencia 0,79 inductivo

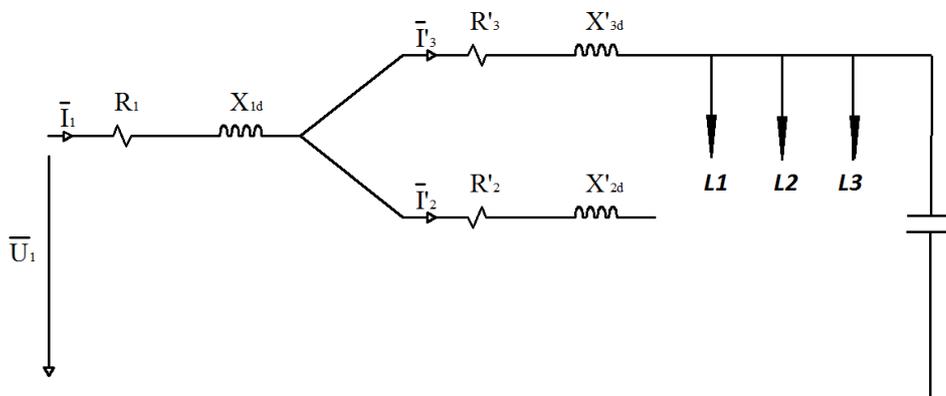
La batería de condensadores está compuesta por tres condensadores de 14 μF conectados en triángulo.

Se pide:

- 1) Tensión en bornas del primario del transformador en las condiciones de carga indicadas
- 2) Rendimiento del transformador
- 3) Potencia reactiva consumida o entregada por el transformador de/a la red de 45 kV (indicar si es consumida o si es entregada)



SOLUCIÓN



Impedancia equivalente de los condensadores en estrella

$$X_{cY} = \frac{1}{3} \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3} \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 14 \cdot 10^{-6}} = 75,788\Omega$$

Corriente consumida del transformador

$$I_{L1} = \frac{S_{L1}}{\sqrt{3}U_2} = \frac{2,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15.167} = 95,17A$$

$$I_{L2} = \frac{S_{L2}}{\sqrt{3}U_2} = \frac{3 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15.167} = 114,20A$$

$$I_{L3} = \frac{S_{L3}}{\sqrt{3}U_2} = \frac{5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15.167} = 190,33A$$

$$I_{cY} = \frac{U_2}{\sqrt{3}X_{cY}} = \frac{15.167}{\sqrt{3} \cdot 75.788} = 115,54A$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{L1} + \bar{I}_{L2} + \bar{I}_{L3} + \bar{I}_{cY} = 95,17 \angle -36,86 + 114,20 \angle -31,79 + 190,33 \angle -37,81 + 115,54 \angle 90$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{L1} + \bar{I}_{L2} + \bar{I}_{L3} + \bar{I}_{cY} = 323,56 - j118,41 = 344,55 \angle -20,1$$

Intensidad nominal del transformador

$$I_{N2} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{N2}} = \frac{15.000.000}{\sqrt{3} \cdot 16.050} = 539,58A$$

Impedancia del transformador

$$Z_{cc2} = \frac{\epsilon_{cc} U_{L2}^2}{100S_N} = \frac{11 \cdot 16050^2}{100 \cdot 15 \cdot 10^6} = 1,889 \Omega$$

$$R_{cc2} = \frac{\epsilon_{Rcc} U_{L2}^2}{100S_N} = \frac{0,508 \cdot 16050^2}{100 \cdot 15 \cdot 10^6} = 0,087 \Omega$$

$$X_{cc2} = \sqrt{Z_{cc2}^2 - R_{cc2}^2} = 1,887 \Omega$$

1) Tensión en bornas del primario del transformador

$$\bar{U}'_1 = \bar{U}_2 + \bar{Z}_{cc2} \bar{I}_2 = \frac{15167}{\sqrt{3}} + 1,889 \angle 87,36 \cdot 344,55 \angle -20,1$$

$$\bar{U}'_1 = \bar{U}_2 + \bar{Z}_{cc2} \bar{I}_2 = 9.028,24 \angle 3,81$$

$$U'_{L1} = \sqrt{3} \cdot 9.028,24 = 15.637V$$

$$U_{L1} = U'_{L1} r_t = 15.637 \frac{45000}{16050} = 43.843V$$

2) Rendimiento del transformador

$$k = \frac{344,55}{539,58} = 0,639$$

$$P_2 = 2500 \cdot 0,8 + 3000 \cdot 0,85 + 5000 \cdot 0,79 = 8.500kW$$



$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + k^2 P_{cc} + P_{Fe}} = \frac{8.500}{8.500 + 0,639^2 76,2 + 12,9} = 99,48 \%$$

- 3) Potencia reactiva consumida o entregada por el transformador de/a la red de 45 kV (indicar si es consumida o si es entregada)

La tensión primaria fase neutro referida al lado de 16.050 es

$$\bar{U}'_1 = 9.028,24 \angle 3,81$$

La intensidad consumida de la red de 45 kV referida al lado de 16.050V es

$$\bar{I}_2 = 344,55 \angle -20,1$$

Como se ve la intensidad está retrasada respecto de la tensión, por lo que el transformador consume potencia reactiva de la red

$$Q = 3U_{FN} I_L = 3 \cdot 9028,24 \cdot 344,5 = 9.331 \text{ kVAR}$$

Es sabido que en un transformador la potencia se conserva