



Un transformador Dy 11 de 250 kVA, 15.000/420 V alimenta un motor de 125 kW a través de una línea subterránea.

Las características del transformador son: Impedancia de cortocircuito porcentual 6%. Resistencia de cortocircuito porcentual 3%. Corriente de vacío 3% de la corriente nominal. Factor de potencia en vacío 0,2. Frecuencia 50Hz

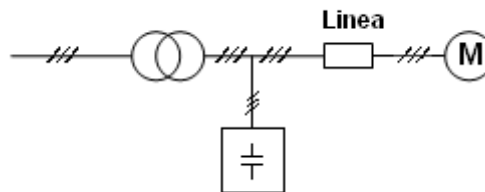
Motor, conexión triángulo, 400 V de tensión nominal, potencia nominal 125 kW. Factor de potencia nominal 0,82. Rendimiento en condiciones nominales 0,79.

Línea: longitud 500 m. Resistencia 0,3 mΩ/m (miliohmios por metro). Se admite resistiva pura.

Condensadores: Conexión triángulo. Capacidad 0,5 mF.

Se pide:

- 1) Tensión en bornas del motor
- 2) Rendimiento del transformador
- 3) Factor de potencia que ofrece el transformador a la red (debe tenerse en cuenta el consumo de la rama magnetizante del transformador)



### Solución

#### **Trafo**

$$Z_{cc} = \frac{\varepsilon_{cc} U_L^2}{S_N 100} = \frac{6 \cdot 420^2}{100 \cdot 250000} = 0,0423 \Omega$$

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc} U_L^2}{S_N 100} = 0,0212 \Omega$$

Pasamos al lado de AT

$$Z'_{cc} = 54 \Omega$$

$$R'_{cc} = 27 \Omega$$

#### **Motor**

$$P_{ABS} = \frac{P_{efe}}{\eta} = \frac{125}{0,79} = 158,23 \text{ kW}$$

$$S = \frac{P_{ABS}}{\cos \varphi} = 192,96 \text{ kVA}$$

$$Z_M = \frac{U^2}{S} = \frac{400^2}{192960} = 0,829 \Omega$$

$$Z'_M = \left( \frac{15000}{420} \right)^2 0,829 = 1058 \Omega$$

### Línea

$$R_L = 0,3 \frac{\Omega}{m} 500m = 0,15 \Omega$$

$$R'_L = \left( \frac{15000}{420} \right)^2 0,15 = 191,3 \Omega$$

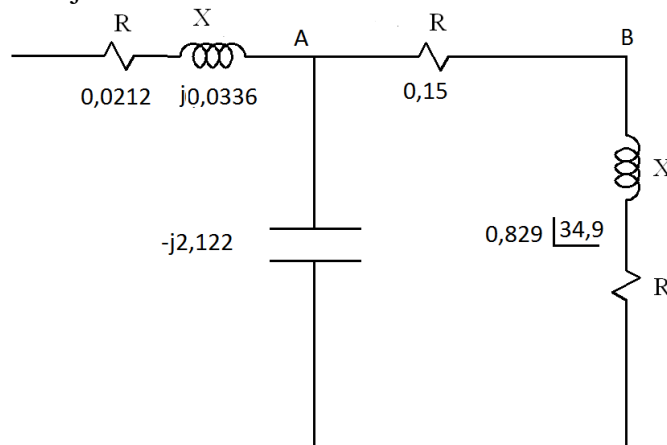
### Condensadores

$$X_{CA} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi 50 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 6,376 \Omega$$

$$X_{CY} = \frac{X_{CA}}{3} = \frac{6,376}{3} = 2,122 \Omega$$

$$X'_C = \left( \frac{15000}{420} \right)^2 2,122 = 2707 \Omega$$

Trabajaremos en el lado de BT



$$\bar{Z}_S = 0,15 + 0,6798 + j0,474 = 0,8298 + j0,474 \Omega$$

$$\bar{Z}_S = 0,956 \Omega \angle 29,74$$

$$\bar{Z}_{eq} = \frac{Z_S Z_C}{Z_S + Z_C} = \frac{0,956 \angle 29,74 \cdot 2,122 \angle -90}{-j2,122 + 0,8298 + j474} = \frac{2,09 \angle -60,36}{0,8298 - j1,648}$$

$$\bar{Z}_{eq} = \frac{2,09 \angle -60,36}{1,845 \angle -63,27} = 1,0997 \angle 3,01$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}_{FN}}{\bar{Z}_{cc} + \bar{Z}_{eq}} = \frac{420 / \sqrt{3}}{0,0212 + j0,0366 + 1,0982 + j0,0577} = \frac{420 / \sqrt{3}}{1,1194 + j0,0943}$$

$$\bar{I} = \frac{420 / \sqrt{3}}{1,1234 \angle 4,815} = 215,85 \angle -4,815$$

$$\bar{U}_A = \frac{420}{\sqrt{3}} - 0,0423 \angle 60 \cdot 215,85 \angle -4,815 = 242,49 - 9,131 \angle 55,19$$

$$\bar{U}_A = 237,28 - 7,497 = 237,4 \angle -1,81$$

La corriente en el motor se obtiene mediante un divisor de intensidad



$$\bar{I}_{Motor} = \bar{I} \frac{-jX_C}{R_L + R_M + jX_M - jX_C}$$

$$\bar{I}_{Motor} = 215,85 \angle -4,815 \frac{-j2,122}{0,15 + 0,6798 + j0,474 - j2,122} = 248,25 A \angle -31,54$$

$$\bar{U}_M = \bar{U}_A - R_L \bar{I}_M = 237,28 - j7,497 - 0,15 \cdot 248,25 \angle -31,54 = 205,89 V \angle 3,34$$

$$U_{M-L} = \sqrt{3} U_{M-FN} = \sqrt{3} \cdot 205,89 = 356,61 V$$

## 2) Rendimiento del transformador

$$K = \frac{I}{I_N} = \frac{215,86}{343,66} = 0,628$$

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 420} = 343,66 A$$

$$\cos \varphi_2 = \cos(U_A I) = \cos(-1,81 + 31,54) = \cos 29,73 = 0,868$$

$$P_{Fe} = \frac{3}{100} S_N \cos \varphi_0 = \frac{3}{100} 250 \cdot 0,2 = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rec}}{100} S_N = \frac{3}{100} 250 = 7,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{S_N K \cos \varphi}{S_N K \cos \varphi + P_{Fe} + K^2 P_{cc}} = \frac{250 \cdot 0,628 \cdot 0,868}{250 \cdot 0,628 \cdot 0,868 + 1,5 + 0,628^2 \cdot 7,5} = 96,83\%$$

## 3) Factor de potencia que presenta el primario a la red

$$\bar{I}'_2 = \frac{\bar{I}_2}{r_t} = \frac{215,86}{\frac{15000}{420}} \angle -4,815 = 6,044 A \angle -4,815$$

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 15000} = 9,62 A$$

$$\bar{I}_1 = I'_2 + \bar{I}_0 = 6,044 \angle -4,815 + \frac{3}{100} 9,62 \angle -78,46 = 6,044 \angle -4,815 + 0,289 \angle -78,46$$

$$\bar{I}_1 = 6,023 - j0,507 + 0,0578 - j0,283 = 6,081 - j0,79 = 6,132 \angle -7,4$$

$$\cos \varphi = \cos 7,4 = 0,9917$$