

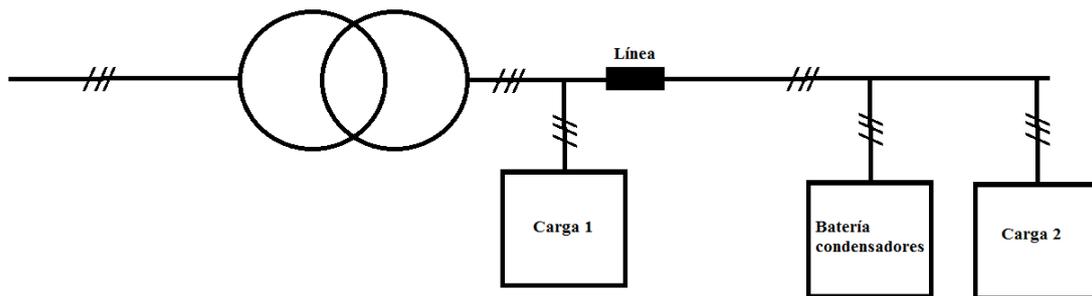
Un transformador de 600 kVA, 20.000/420 V, 50 Hz Dyn11 con una tensión de cortocircuito porcentual del 5,3% y unas pérdidas en el cobre a plena carga de 18 kW alimenta dos cargas, como se muestra en la figura.

La carga 1 se encuentra en bornas del transformador. Está conectada en estrella y consta de una resistencia de 1,01  $\Omega$ /fase en serie con una reactancia de 0,75  $\Omega$ /fase y en serie con un condensador de 7,6 mF/fase.

La carga 2 se encuentra unida al transformador a través de una línea con una inductancia 0,09 mH. Esta carga está conectada en triángulo y consta de una resistencia de 1,37  $\Omega$ /fase en serie con una reactancia de 1,1  $\Omega$ /fase. Para compensar el factor de potencia de la carga 2 se dispone de una batería de condensadores en estrella de 1,1 mF.

Si la tensión de alimentación al transformador es 20 kV, se pide:

1. Tensión en bornas de la carga 1
2. Intensidad consumida por la carga 2
3. Tensión en bornas de la carga 2
4. Potencia activa y reactiva consumida por la carga 2



### SOLUCIÓN:

Trabajaremos con el circuito equivalente referido al secundario, ya que muchas de las impedancias las dan referidas al secundario y las magnitudes que hay que obtener son magnitudes referidas al secundario.

#### IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

$$\varepsilon_{cc} = \frac{Z_{ccY} I_{1NL}}{U_{1NFN}^2} 100 = \frac{Z_{ccY} S_N}{U_{1NL}^2} 100$$

$$Z_{ccY} = \frac{\varepsilon_{cc} U_{1NL}^2}{S_N \cdot 100} = \frac{5,3 \cdot 420^2}{600.000 \cdot 100} = 15,58 \text{ m}\Omega$$

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{1N}} = \frac{600.000}{\sqrt{3} \cdot 420} = 825 \text{ A}$$

$$R_{ccY} = \frac{P_{cc}}{3I_{2N}^2} = \frac{18000}{3 \cdot 17,32^2} = 8,82 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ccY} = \sqrt{Z_{ccY}^2 - R_{ccY}^2} = \sqrt{15,58^2 - 8,82^2} = 12,84 \text{ m}\Omega$$

#### CARGA 1

$$\bar{Z}_{C1Y} = R + j\left(X_L - \frac{1}{\omega C}\right) = 1,01 + j\left(0,75 - \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 7,6 \cdot 10^{-3}}\right)$$

$$\bar{Z}_{C1Y} = 1,01 + j(0,75 - 0,42) = 1,01 + j0,33 = 1,063 \Omega \angle 18,2^\circ$$

#### CARGA 2+ Batería de Condensadores

$$\bar{Z}_{C2\Delta} = 1,37 + j1,1 \Omega$$

$$\bar{Z}_{C2Y} = 0,457 + j0,367 = 0,586 \Omega \angle 38,76^\circ$$

$$\bar{Z}_{condY} = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}} = -j2,894 \Omega$$

$$\bar{Z}_{p2} = \frac{\bar{Z}_{condY} \cdot \bar{Z}_{C2Y}}{\bar{Z}_{condY} + \bar{Z}_{C2Y}} = \frac{0,586 \angle 38,76^\circ \cdot 2,894 \angle -90^\circ}{0,457 + j0,367 - j2,894} = \frac{1,696 \angle -51,24^\circ}{0,457 - j2,527}$$

$$\bar{Z}_{p2} = \frac{1,696 \angle -51,24^\circ}{0,457 - j2,527} = \frac{1,696 \angle -51,24^\circ}{2,568 \angle -79,75^\circ} = 0,66 \angle 28,5^\circ = 0,58 + j0,315 \Omega$$

#### CONJUNTO DE 2 CARGAS MÁS LÍNEA

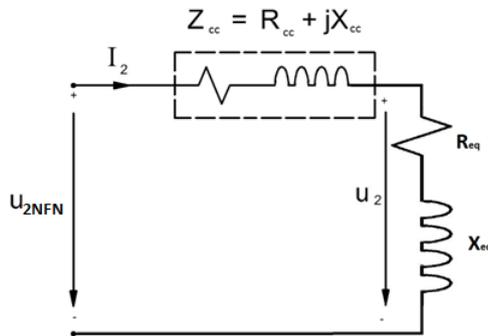
$$\bar{Z}_S = 0,58 + j0,315 + j2\pi 50 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,58 + j0,315 + j0,028 \Omega$$

$$\bar{Z}_S = 0,58 + j0,343 = 0,674 \Omega \angle 30,6^\circ$$

La impedancia total vista desde el secundario del transformador es:

$$\bar{Z}_{p1} = \frac{\bar{Z}_S \cdot \bar{Z}_{C1Y}}{\bar{Z}_S + \bar{Z}_{C1Y}} = \frac{0,674 \angle 30,6^\circ \cdot 1,063 \angle 18,2^\circ}{0,58 + j0,343 + 1,01 + j0,33} = \frac{0,716 \angle 48,8^\circ}{1,59 + j0,673}$$

$$\bar{Z}_{p1} = \frac{0,716 \angle 48,8^\circ}{1,727 \angle 22,9^\circ} = 0,415 \angle 25,86^\circ = 0,373 + j0,181 \Omega$$

CORRIENTE SUMINISTRADA POR EL TRANSFORMADOR AL CONJUNTO DE CARGAS


$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_{2NFN}}{\bar{Z}_{ccY} + \bar{Z}_{p2}} = \frac{\frac{420}{\sqrt{3}}}{0,0088 + j0,0128 + 0,373 + j0,181} = \frac{\frac{420}{\sqrt{3}}}{0,428 \angle 26,9} = 567 \text{ A} \angle -26,9$$

- 1) Tensión en bornes de la carga 1

$$\bar{U}_{2FN} = \bar{U}_{2NFN} - \bar{I}_2 \bar{Z}_{ccY} = \frac{420}{\sqrt{3}} - 567 \angle -26,9 (0,0088 + j0,0128)$$

$$\bar{U}_{2FN} = \frac{420}{\sqrt{3}} - 8,83 \angle 28,61^\circ = 234,8 - j4,2 = 234,8 \text{ V} \angle -1,03^\circ$$

La tensión de línea será

$$U_{2L} = \sqrt{3} \cdot U_{2FN} = 406,7 \text{ V}$$

- 2) Corriente consumida por la carga 2

En primer lugar obtendremos la corriente que circula por la línea (suma de la corriente consumida por la batería de condensadores más la corriente consumida por la carga 2) aplicando un divisor de intensidad

$$\bar{I}_L = \bar{I}_2 \frac{\bar{Z}_{C1Y}}{\bar{Z}_{C1Y} + \bar{Z}_S} = 567 \angle -26,9 \frac{1,063 \angle 18,12^\circ}{1,01 + j0,33 + 0,58 + j0,343}$$

$$\bar{I}_L = 567 \angle -26,9 \frac{1,063 \angle 18,12^\circ}{1,727 \angle 22,9} = 349 \text{ A} \angle -31,68^\circ$$

Seguidamente aplicamos un segundo divisor de intensidad para obtener la corriente que circula por la carga 2

$$\bar{I}_{C2} = \bar{I}_L \frac{\bar{Z}_{CondY}}{\bar{Z}_{CondY} + \bar{Z}_{C2Y}} = 349 \angle -31,68 \frac{2,894 \angle -90^\circ}{-j2,894 + 0,457 + j0,367}$$

$$\bar{I}_{C2} = 349 \angle -31,68 \frac{2,894 \angle -90^\circ}{2,568 \angle -79,75} = 393,3 \text{ A} \angle -41,93$$

- 3) Tensión en bornes de la carga 2

$$\bar{U}_{C2FN} = \bar{U}_{2FN} - \bar{U}_L = 234,8 - j4,2 - j0,028 \cdot 349 \angle -31,68$$

$$\bar{U}_{C2FN} = 234,8 - j4,2 - 9,77 \angle 58,32^\circ = 234,8 - j4,2 - 5,1 - j8,3$$

$$\bar{U}_{C2FN} = 229,7 - j12,5 = 230 \text{ V} \angle -3,11^\circ$$

$$U_{C2L} = \sqrt{3} \cdot U_{C2FN} = 398 \text{ V}$$

La intensidad en la carga 2 se puede hallar como

$$\bar{I}_{C2} = \frac{\bar{U}_{C2FN}}{\bar{Z}_{C2Y}} = \frac{230 \angle -3,11}{0,457 + j0,367} = \frac{230 \angle -3,11}{0,586 \angle 38,76} = 392,5 \text{ A} \angle -41,87$$

La diferencia entre este valor y el anteriormente calculado es debida a errores en el acarreo de decimales.

- 4) Potencia activa y reactiva consumida por la carga 2

$$S_{C2} = 3 \bar{U}_{C2FN} \bar{I}_{C2}^* = 3 \cdot 230 \angle -3,11^\circ \cdot 392,5 \angle 41,87^\circ = 271,377 \text{ kVA} \angle 38,82^\circ$$

$$P_{C2} + jQ_{C2} = 211,44 \text{ kW} + j170,12 \text{ kVAr}$$