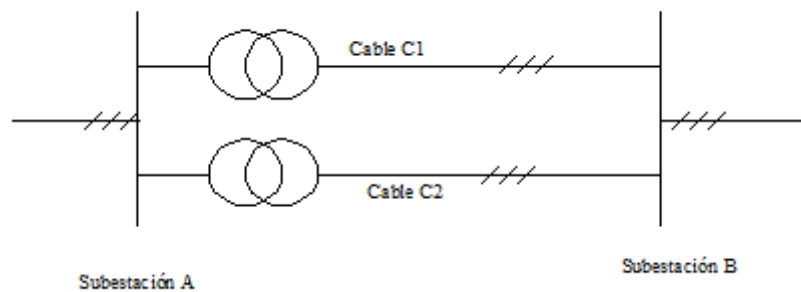


Un transformador Yd11 de 15 MVA, 132/15 kV, una tensión de cortocircuito porcentual 11% y unas pérdidas en cortocircuito de 96 kW, situado en una subestación A transfiere energía a otra subestación B a través de un cable subterráneo C1 de 10 km e impedancia 0,05 Ω/km (se admite resistiva pura).

En un momento dado, el consumo de energía ha crecido hasta un punto tal que se decide poner un segundo transformador Yd11 de 10 MVA, tensión de cortocircuito 10,5% y pérdidas en cortocircuito 60 kW, de tal manera que los primarios de ambos transformadores se alimentan de idénticas barras en la subestación A. En el secundario de este segundo transformador se lleva otro cable, también de 10 km e impedancia 0,03 Ω/km (se admite resistiva pura) a la subestación B y en ella se unen los extremos de los dos cables citados.

Se pide:

- 1) Si la tensión de las barras en la subestación A es de 134 kV y la corriente demandada por la subestación B es de 550 A con factor de potencia 0,85 inductivo¹, calcular la tensión que habrá en barras de la subestación B
- 2) Calcular la potencia activa y reactiva que el transformador de 15 MVA entrega a la subestación B
- 3) Calcular el rendimiento del primero de los transformadores si sus pérdidas en vacío son 23 kW
- 4) Dibujar un diagrama fasorial mostrando las tensiones de las subestaciones A y B, las corrientes de ambos transformadores así como las relaciones entre las diferentes tensiones e intensidades



Solución

Trafo de 15 MVA (Referido al lado de 132 kV)

$$Z_{ccT1} = \frac{\epsilon_{ccT1} U_L^2}{S_{NT1} 100} = \frac{11}{100} \frac{132^2}{15} = 127,78 \Omega$$

$$I_{NT1} = \frac{S_{NT1}}{\sqrt{3} U_L} = \frac{15000}{\sqrt{3} 132} = 65,6 A$$

$$R_{ccT1} = \frac{P_{ccT1}}{3 I_{NT1}^2} = \frac{96000}{3 \cdot 65,6^2} = 7,44 \Omega$$

$$X_{ccT1} = \sqrt{Z_{ccT1}^2 - R_{ccT1}^2} = \sqrt{127,78^2 - 7,44^2} = 127,56 \Omega$$

¹ Aunque no es estrictamente cierto, tómesese que el desfase es respecto a la tensión de la subestación A

$$R_{cable1} = 10 \cdot 0,05 \cdot \left(\frac{132}{15} \right)^2 = 38,72 \Omega$$

Trafo de 10 MVA (Referido al lado de 132 kV)

$$Z_{ccT1} = \frac{\varepsilon_{ccT1} U_L^2}{S_{NT1} 100} = \frac{10,5}{100} \frac{132^2}{10} = 182,95 \Omega$$

$$I_{NT1} = \frac{S_{NT1}}{\sqrt{3} U_L} = \frac{10000}{\sqrt{3} 132} = 43,7 A$$

$$R_{ccT1} = \frac{P_{ccT1}}{3 I_{NT1}^2} = \frac{60000}{3 \cdot 43,7^2} = 10,45 \Omega$$

$$X_{ccT1} = \sqrt{Z_{ccT1}^2 - R_{ccT1}^2} = \sqrt{182,95^2 - 10,45^2} = 182,65 \Omega$$

$$R_{cable2} = 10 \cdot 0,03 \cdot \left(\frac{132}{15} \right)^2 = 23,23 \Omega$$

Las impedancias de cada una de las ramas son

$$\bar{Z}_1 = 38,72 + 7,44 + j127,56 = 135,66 \angle 70,11^\circ$$

$$\bar{Z}_2 = 23,23 + 10,45 + j182,73 = 185,73 \angle 79,55^\circ$$

La impedancia equivalente al conjunto de las dos impedancias en paralelo

$$\bar{Z}_{eq} = \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \frac{135,66 \angle 70,11 \cdot 185,73 \angle 79,55}{135,66 \angle 70,11 + 185,73 \angle 79,55}$$

$$\bar{Z}_{eq} = \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \frac{135,66 \angle 70,11 \cdot 185,73 \angle 79,55}{320,32 \angle 75,57} = 78,66 \angle 74,09$$

Corriente demandada por la carga referida al lado de 132 kV

$$I'_c = I_c \frac{1}{r_t} = 550 \frac{15}{132} = 62,5 A$$

La tensión en bornas de la carga será

$$\bar{U}'_2 = \bar{U}_1 - Z_{eq} I'_c = \frac{134000}{\sqrt{3}} - 78,66 \angle 74,09 \cdot 62,5 \angle -31,79$$

$$\bar{U}'_2 = 73.804 \angle -2,58$$

La tensión de línea en la subestación es

$$U_{2L} = \sqrt{3} \cdot 73.804 \frac{15}{132} = 14.526,40 V$$

2) Cálculo de la potencia activa y reactiva del primer transformador

Hay que calcular el reparto de corriente entre los dos trafos. Además, como la potencia activa depende del fdp, ese cálculo ha de ser fasorial. Nótese que el fdp con el que trabaja cada uno de los transformadores es diferente.

Aplicaremos divisor de intensidad

$$\bar{I}_{T1} = \bar{I}'_c \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = 62,5 \angle -31,79 \frac{185,73 \angle 79,55}{320,32 \angle 75,57} = 36,24 \angle -27,85$$

La potencia aparente que entrega el transformador 1 a la carga será

$$\bar{S}_{T1} = 3\bar{U}'_2 \bar{I}_{T1}^* = 3 \cdot 73804 \angle -2,58 \cdot 36,24 \angle +27,85 = 8.024kVA \angle 25,23$$

$$\bar{S}_{T1} = 8.024kVA \angle 25,23 = 7.258,5kW + j3420kVAR$$

5) Rendimiento del transformador 1

El grado de carga del transformador 1 es

$$k_{T1} = \frac{I_{T1}}{I_{NT1}} = \frac{36,24}{65,6} = 0,55$$

El rendimiento de este transformador será

$$\eta_{T1} = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{Fe} + k_{T1} P_{ccT1}} = \frac{7.258.500 + 3 \cdot 38,72 \cdot 36,24^2}{7.258.500 + 3 \cdot 38,72 \cdot 36,24^2 + 23.000 + 0,55^2 \cdot 96.000}$$

$$\eta_{T1} = \frac{7,411}{7,463} 100 = 99,3\%$$

4) Diagrama fasorial

