

Respuestas problemas práctico 4 (Transformador trifásico)
En caso de encontrar algún error en las respuestas mandar un mensaje al foro de consultas del curso.

Problema 1.

a) Grupo de conexión: YnD11.

b) Potencia consumida por la carga:

$$S_f = \sqrt{3} \times 600 \times \frac{0.4}{\sqrt{3}} \times e^{j30^\circ} = 240.e^{j30^\circ} \text{ VA}$$

La potencia entregada por la fuente debe valer lo mismo pues el transformador es ideal.

Problema 2.

a) Grupo de conexión : Dyn7.

b)

$$I_L = \frac{800}{6\sqrt{3}} = 76.98 \text{ A};$$

$$A3: 76.98 \times \frac{5}{500} = 0.7698 \text{ A}$$

$$A4: 0; A2: 0$$

c) Modulo:

$$I_L = \frac{6000/\sqrt{3}}{4} = 866 \text{ A}$$

Fase:

La fase de la corriente es -210° . Viene dada por el desfase de tensión (índice horario).

d)

$$A3: 866 \cdot 5/500 = 8.66 \text{ A}$$

$$A4: 866 \cdot 5/100 = 43.3 \text{ A}$$

A2: La corriente por el primario circula por la fase 1 y 3, de acuerdo a los puntos la corriente por A2 es 0.

Problema 3.

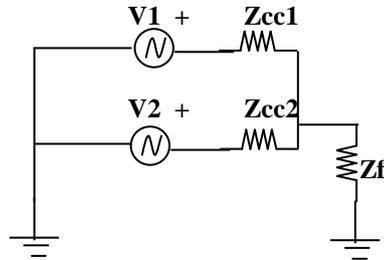
a) Transformador T1:

$$\text{Entonces: } \frac{I_C}{I_{NP}} = \frac{27 \cdot 28}{18 \cdot 83} = 1.45 \Rightarrow \text{sobrecarga T1 45\%}$$

Transformador T2:

$$\frac{I_C}{I_{NP}} = \frac{25.91}{19.245} = 1.34 \Rightarrow \text{sobrecarga : 34\% T2}$$

b) Se calcula el equivalente de Thevenin desde bornes secundarios:
Circuito equivalente desde el secundario:



$$\text{Entonces: } V_{th} = \bar{V}_1 - \frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_2}{\bar{Z}_{cc1} + \bar{Z}_{cc2}} \bar{Z}_{cc1} = 223.96 - 0.202j$$

Donde se pasaron las impedancias de cortocircuito al secundario.

$$V1 = 228.67 \text{ V}$$

$$V2 = 221 \text{ V}$$

$$\bar{Z}_f = (0.45 + j0.23) \Omega$$

La tensión de línea de vacío es raíz de 3 por el modulo de Vth.

La corriente de circulación vale:

$$I = \frac{|\bar{V}_1 - \bar{V}_2|}{|\bar{Z}_{cc1} + \bar{Z}_{cc2}|} \cong 65 \text{ A}$$

c) Para el equivalente de Thevenin falta la impedancia vista, que vale:

$$\bar{Z}_{th} = \bar{Z}_{cc1} // \bar{Z}_{cc2}$$

Con equivalente es muy facil calcular la corriente por la carga y la tensión sobre la carga:

$$\bar{V}_c = \frac{\bar{V}_{th} \bar{Z}_f}{\bar{Z}_{th} + \bar{Z}_f} \Rightarrow U_c = \sqrt{3} \times 220$$

La corriente por cada transformador vale:

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_c}{\bar{Z}_{cc1}}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{V}_2 - \bar{V}_c}{\bar{Z}_{cc2}}$$

$$\frac{I_1}{I_{N1}} = 0.77 \quad \frac{I_2}{I_{N2}} = 0.73$$

d)

$$\eta = \frac{3 \times R_f I_c^2}{P_{01} + P_{02} + P_{cc1} + P_{cc2} + 3 \times R_f I_c^2}$$

Pérdidas rama de cortocircuito:

$$P_{cc1} = 3 \times R_{cc1} I_1^2$$

$$P_{cc2} = 3 \times R_{cc2} I_2^2$$

Las pérdidas de vacío dependen de la tensión:

Si conosco las pérdidas P'_{01} y P'_{02} a tensiones nominales entonces las pérdidas a otra tensión U son:

$$P_{01} = P'_{01} \left(\frac{U}{U_{N1}} \right)^2$$

$$P_{02} = P'_{02} \left(\frac{U}{U_{N2}} \right)^2$$

Evaluando éstas cantidades: rendimiento = 97.8 %

Problema 4.

a) Los transformadores se cargan en igual proporción de su potencia nominal.

b) Los transformadores se cargan en igual proporción.

Los dos casos de estudio anteriormente son dos casos fácil de analizar en forma general. Cualquier otro caso se sugiere se estudie en particular, como el caso (c).

c) Las impedancias calculadas del lado secundario en Ohm dan lo mismo; por lo que:

$$\bar{I}_1 = \frac{(6/6.3)230 - \bar{V}_c}{\bar{Z}_{cc}}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{230 - \bar{V}_c}{\bar{Z}_{cc}}$$

Como la potencia de los trafos. Es la misma: cuando $I_2 = I_{2N}$ el trafo 1 no ha alcanzado la corriente nominal.

Se carga más rápidamente el trafo. 2

Problema 5.

a) Tanto el ensayo de vacío como el de cortocircuito están hechos alimentando desde el secundario.

Los ensayos son para cada trafo. monofásico.

Ensayo de c.c:

Se desprecia la variación de R_{cc} con la frecuencia, X_{cc} hay que corregirla para 50 Hz.

$$\bar{Z}_{cc} = 0.02 + j0.11(\Omega)$$

Impedancia de vacío: hay que corregir la reactancia para 50 Hz.

$$\bar{Z}_o = j20(\Omega)$$

Impedancia del cable del lado primario:

$$\bar{Z}_c = 0.2 + j0.6(\Omega)$$

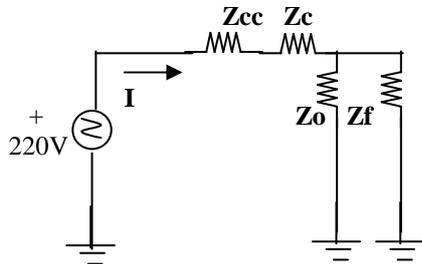
Impedancia de carga por fase modelo estrella:

$$\bar{Z}_f = 1.44 \angle 26^\circ (\Omega)$$

Hay que pasar al secundario la impedancia del cable que esta referida al primario; para eso se necesita la relación de transformación del transformador trifásico: 6000/380.

$$\bar{Z}_c = 0.8 + j2.4(m\Omega)$$

Circuito equivalente desde el lado secundario:



b)

$$\bar{I} = \frac{220}{\bar{Z}_{cc} + \bar{Z}_c + \bar{Z}_o // \bar{Z}_f} = 125.6 - j81.5 \text{ A}$$

$$P_{ent} = \text{Re}(220 \times \bar{I}^*) = 27632 \text{ W}$$

$$\bar{I}_{carga} = \frac{I(\bar{Z}_o // \bar{Z}_f)}{\bar{Z}_f} = 144.9 \angle -29.4^\circ$$

$$P_{sal} = \text{Re}(\bar{Z}_f) I_{carga}^2 = 27174.4 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} = 0.983 \Rightarrow 98.3\%$$

c) Funcionamiento en régimen desequilibrado.

$$I_{cc} = \frac{220}{Z_{cc}} = 1967 \text{ A}$$

Pasada al primario: $I_{ccp} = \frac{220}{6000} I_{cc} = 72.2 \text{ A}$

Problema 6.

$$V'1 = V'2 = V'3 = V''1 = V''2 = V''3 = 22 \text{ V}$$

b)

Corriente por la carga:

$$\bar{I}_{1c} = 22 \angle 0$$

$$\bar{I}_{2c} = 22 \angle -120^\circ$$

$$\bar{I}_{3c} = 22 \angle 120^\circ$$

Corriente por la fase 1 del primario (las I'' se definen entrando al punto):

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{I}'_1}{10} - \frac{\bar{I}''_1}{10} = 2 \frac{\bar{I}_{1c}}{10} = \frac{\bar{I}_{1c}}{5}$$

Analogamente :

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{I}_{2c}}{5}$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{I}_{3c}}{5}$$

c)

Corrientes por la carga:

$$\bar{I}_{1c} = \frac{\bar{V}'_1 - \bar{V}''_3}{R} = 11 \angle 60^\circ$$

$$\bar{I}_{2c} = \frac{\bar{V}'_2 - \bar{V}''_1}{R} = 11 \angle -60^\circ$$

$$\bar{I}_{3c} = \frac{\bar{V}'_3 - \bar{V}''_2}{R} = 11 \angle 180^\circ$$

Corriente por la fase 1 del primario (las I'' se definen entrando al punto):

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{I}_{1c}}{10} + \frac{\bar{I}_{2c}}{10} = 1.1 \angle 0^\circ$$

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{I}_{2c}}{10} + \frac{\bar{I}_{3c}}{10} = 1.1 \angle 120^\circ$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{I}_{3c}}{10} + \frac{\bar{I}_{1c}}{10} = 1.1 \angle -120^\circ$$

d)

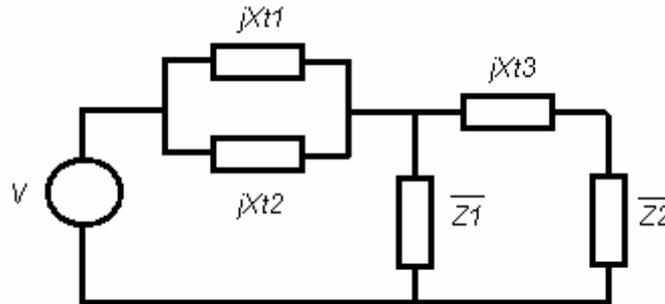
$$\bar{I}_{1c} + \bar{I}_{2c} + \bar{I}_{3c} = 0$$

Como:

El amperimetro indica cero.

Problema 7

- a) Fuente $V = \frac{220}{\sqrt{3}} \text{ V}$, $jX_{T_1} = j3,872 \text{ m}\Omega$, $jX_{T_2} = j1,936 \text{ m}\Omega$, $jX_{T_3} = 2,904 \text{ m}\Omega$,
 $\overline{Z}_1 = 24,255 \text{ m}\Omega \angle 36,9^\circ$, $\overline{Z}_2 = 47,610 \text{ m}\Omega \angle 36,9^\circ$.



- b) $z_{cc_2} \text{ pu} = \frac{Z_{cc_2}}{Z_B} = \frac{36}{30^2/2} = 0,08 \rightarrow 8\%$, como tienen la misma relación de transformación, al tener la misma impedancia en pu, entonces la carga se reparte proporcionalmente en los trafos.

- c) Despreciando X_{T_3} se llega a que $\frac{I_2}{I_{N_2}} = \frac{I_1}{I_{N_1}} = 0,955 \rightarrow 95,5\%$, no hay sobrecarga.

- d) Impongo que al carga que pasa por el transformador 4, sea idéntica a la que pasa por el transformador 3, esto tiene que se así ya que en el transformador 3 tengo un “cuello de botella”.

$$\overline{Z}_{CC4} = \overline{Z}_{CC3} + \overline{Z}_{CC1} // \overline{Z}_{CC2} = 4,194 \times 10^{-3} j \rightarrow z_{cc_4} \text{ pu} = \frac{Z_{cc_4}}{Z_{B4}} = 0,08665 \rightarrow 8,66\%$$

El indice horario de T4 va a ser el se T1(indice igual a T2) mas el de T3.

Entonces $5+7=12$, entonces el indice es 0.

T4) 30/0,22 kV, 1MVA, Yy0(también podría haber sido Dd0), 8,66%