

Problema

Un transformador trifásico de 1000 kVA ha dado en el ensayo de vacío 2130 W de pérdidas y en el ensayo de cortocircuito 14000 W. Determinar

- El rendimiento a Plena Carga y $\cos\varphi=1$
- La Carga P' del máximo rendimiento para estos P_{perdidas} y $P_{\text{cortocircuito}} = P' = d \cdot P_N$
- El rendimiento máximo para la Carga P' y $\cos\varphi=1$

Solución

- Plena Carga implica que $d = 1$

$$\text{Con } \begin{cases} d = 1 \\ \cos\varphi = 1 \end{cases} \text{ implico } P_U = P_N \quad \text{ya que } \boxed{P_U = P_N \cdot d \cdot \cos\varphi}$$

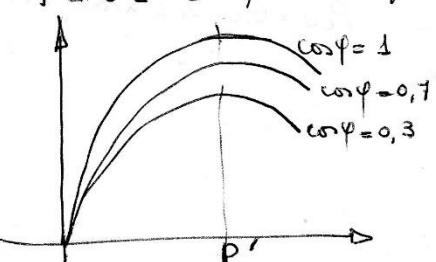
$$P_U = S_N \cdot d \cdot \cos\varphi$$

$$\eta = \frac{P_U}{P_U + P_{Fe} + P_{Cu}} \cdot 100 = \frac{1000}{1000 + 2,13 + 14,0} \times 100 = 98,41\%$$

$$\eta = 100 - 100 \cdot \frac{P_{Fe} + P_{Cu}}{\underbrace{P_N \cdot d \cdot \cos\varphi}_{P_U} + P_{Fe} + P_{Cu}} = 100 - 100 \cdot \frac{2,13 + 14}{1000 + 2,13 + 14}$$

$$= 100 - 1,58739 = 98,4126\%$$

- Vemos las curvas del η en función de la Carga P para diferentes valores del $\cos\varphi$



$$\frac{P_U}{P_N} = d \cdot \cos\varphi$$

Como se observa en la figura el rendimiento es máximo para $\cos\varphi = 1$

y cuando $P_U = d \cdot P_N$

$$P' = P_U = d \cdot P_N$$

$$P' = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{CuN}}} \cdot P_N = \sqrt{\frac{2,13}{14}} \cdot 1000$$

$$P' = 390 \text{ kVA}$$

$$P_U = U_2 I_2 \omega \varphi_2$$

$$P_U = P_N d \cos\varphi_2$$

$$P_U = U_{2N} I_{2N} d \cos\varphi_2$$

$$U_2 I_2 = P = P_N d$$

El rendimiento tiene 1 punto para una carga del 39% de la potencia Nominal $\eta(P_{Fe}/P_{Cu})$

c) El rendimiento se

dado para $\cos\varphi = 1$ y cuando las $P_{Fe} = P_U$
con $d = 0,39$

$$\eta_{max} = \frac{P_U}{P_U + 2P_{Fe}} \cdot 100 = \frac{390}{390 + 2 \cdot 2,13} \cdot 100 = 98,91$$

Otra forma de obtener d y η_{max} es utilizando

$$a = \frac{P_{Fe}}{P_N} = \frac{2,13}{1000} = 0,00213 \quad b = \frac{P_{CuN}}{P_N} = \frac{14}{1000} = 0,014$$

$$d = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_U}} = \sqrt{\frac{2,13}{14}} = 0,39005 \quad d^2 = 0,1521 \quad d^2 b = 0,00213$$

$$d^2 b + a = 0,00426 \quad \eta = 100 - \frac{100 \sqrt{b+a}}{d \cos\varphi_2 + d^2 b + a} = 100 - \frac{100}{0,39005 + 0,00426} = 98,91\%$$

$$\eta_{max} = 98,91\% \quad P_{Fe} = 2,13 \text{ kW} \quad P_U = 0,00213 \times 1000 = 2,13 \text{ kW}$$

$$\eta_{max} = 100 - \frac{100 \sqrt{ab}}{1 + 2\sqrt{ab}} = 98,91\%$$

Ampliamos la respuesta del punto a

Calcularemos las P_{Fe} , P_{Cu} y η para otros valores de d

$$\text{Para } d = 0,5 \Rightarrow d^2 = 0,25, d^2b = 0,0035, d^2b + a = 0,00563$$

$$P_{Fe} = 2,13 \text{ kW} \quad P_{Cu} = d^2b \cdot P_N = 3,5 \text{ kW}$$

$$\eta \% = 100 - \frac{0,00563}{0,5 + 0,00563} = 98,88 \%$$

$$\text{Para } d = 1 \Rightarrow d^2 = 1, d^2b = 0,014, d^2b + a = 0,01613$$

$$P_{Fe} = 2,13 \text{ kW} \quad P_{Cu} = d^2b \cdot P_N = 0,014 \times 1000 = 14 \text{ kW}$$

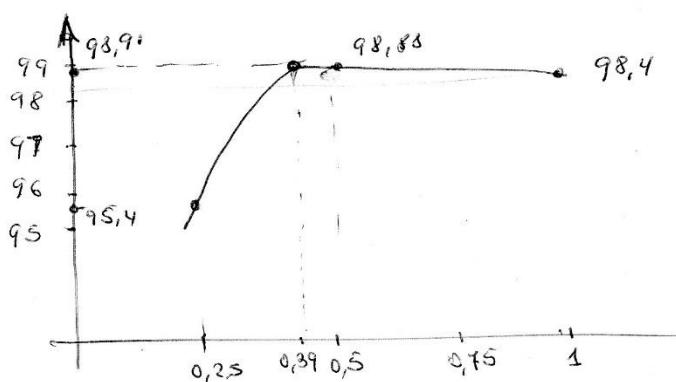
$$\eta \% = 100 - \frac{0,01613}{1 + 0,01613} = 98,41 \%$$

$$\text{Para } d = 0,25 \Rightarrow d^2 = 0,0625, d^2b = 0,000875$$

$$d^2b + a = 0,003005$$

$$P_{Fe} = 2,13 \text{ kW} \quad P_{Cu} = 0,000875 \times 1000 = 0,875 \text{ kW}$$

$$\eta \% = 100 - \frac{0,003005}{0,0625 + 0,003005} = 95,41 \%$$



Como se observa el η_{max} se obtiene cuando P_{Cu} se iguala a los P_{Fe}

$P_{Cu} = P_{Fe} = 2,13 \text{ kW}$
y para un factor de demanda $d = 0,39$

$$\text{Lo que da una } P_U = P_N \cdot d \cdot \cos\phi = 1000 \times 0,39 = 390 \text{ kW}$$

Problema

1

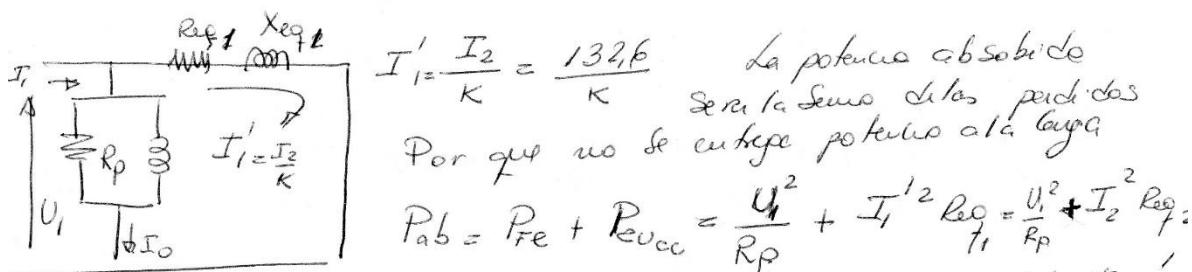
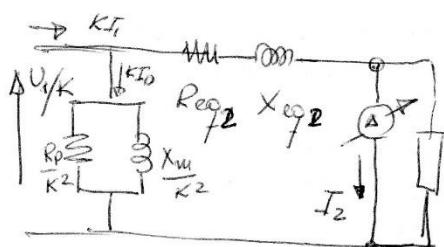
Los perdidos Nominales en el cobre de un hilo mono faseico de 600 VA, 220/125V, son de $P_{UN} = 10,46 \text{ W}$.

Los perdidos en el hierro cuando se alimenta con su Tension Nominal $P_{Fe} = 121 \text{ W}$. Si se mantiene el hilo alentado a ser tension Nominal, ¿Que potencia absorbera de la red si se conecta directamente un capacitor en paralelo con la Carga y este marca 132,6 A?

Por el circuito referido al Secundario

$$\text{Circulo } I_2 = 132,6 \text{ A}$$

Si utilizamos el circuito referido al Primario



$$I'_1 = \frac{I_2}{K} = \frac{132,6}{K} \quad \text{La potencia absorbida sera la suma de los perdidos}$$

Por que no se entrega potencia a la carga

$$P_{ab} = P_{Fe} + P_{UCC} = \frac{U^2}{R_p} + I'^2 R_g = \frac{U^2}{R_p} + I_2^2 R_g$$

Los $P_{Fe} = 121 \text{ W}$ No varian con la carga, solo dependen de la Tension de alimentacion la cual no ha variado

Para determinar las Perdidas debemos determinar R_g

Tenemos como dato $P_{UN} = I_{2N}^2 R_g$ pero no conocemos ni I_{2N} ni R_g

Podemos saber $P_{UN} = R_g I_2^2$ para esto de la carga utilizamos de

$$\text{donde } \frac{P_{UN}}{P_{ab}} = \frac{I_{2N}^2}{I_2^2} \Rightarrow \boxed{P_{UN} = \left(\frac{I_2}{I_{2N}} \right)^2 \cdot P_{ab}}$$

$$S_N = U_{2N} \cdot I_{2N} \Rightarrow I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}} = \frac{600 \text{ VA}}{125 \text{ V}} = 4,80 \text{ A}$$

$$P_{UCC} = 10,46 \left(\frac{132,6}{4,80} \right)^2 = 7982,2 \text{ W} \Rightarrow P_{ab} = 121 + 7982,2 = 8103,2 \text{ W}$$

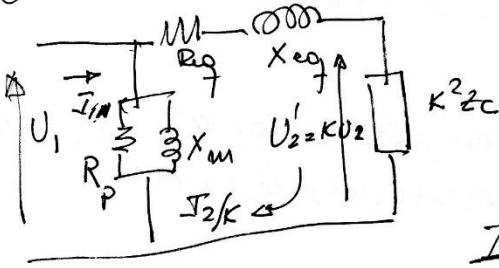
Las pruebas de Vacío y Corto Circuito de un transformador mono fase 200/400V, 50Hz, 6kVA han dado los siguientes resultados

Ejercicio de Vacío $U_1 = 200V$, $I_0 = 0,85A$, $P_0 = 75W$

Ejercicio de C.C. $U_{CC} = 2,5\% U_N$ $P_{CC} = 45W$

El transformador debe alimentar una carga $Z_2 = 26,7 \angle 41^\circ$ a una tensión de 400V. Calcule la regulación y el rendimiento en dichas condiciones.

$$U_2 = 400V \text{ entonces}$$



$$U_2' = k U_2 = 0,5 \times 400V = 200V$$

$$Z_2' = k^2 Z_2 = 0,5^2 \cdot 26,7 \angle 41^\circ = 6,675 \angle 41^\circ$$

$$I_1' = \frac{U_2'}{Z_2'} = \frac{200 \angle 0^\circ}{6,675 \angle 41^\circ} = 29,96 \angle -41^\circ$$

$$I_{IN} = \frac{S_N}{U_{IN}} = \frac{6000}{200} = 30A$$

$$P_{CC} = I_{CC}^2 \cdot R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = \frac{P_{CC}}{I_{CC}^2} = \frac{45}{30^2} = 0,05\Omega$$

$$U_{CC} = \frac{2,5}{100} \cdot 200V = 5V$$

$$\cos \phi_{CC} = \frac{P_{CC}}{U_{CC} \cdot I_{IN}} = \frac{45}{5V \times 30A} = 0,3 \Rightarrow \tan \phi_{CC} = 3,18$$

$$X_{eq} = R_{eq} \cdot \tan \phi_{CC} = 0,05 \times 3,18 = 0,16\Omega$$

Def. ejercicio en vacío

$$R_p = \frac{U_1^2}{P_0} = \frac{200^2}{75} = 533,33\Omega$$

Tanto para calcular el rendimiento como la regulación
nos hace falta conocer U_1 , para ese efecto se carga
utilizamos la ec. de Kirchhoff

$$\bar{U}_1 = \bar{U}'_e + \bar{I}'_1 (R_{eq} + jX_{eq})$$

$$\bar{U}_1 = 200 \angle 0^\circ + 29,96 \angle 41^\circ (0,05 + j0,16) = 204,35 \angle 10,75^\circ$$

Ahora podemos calcular las

$$P_{Fe} = \frac{U_1^2}{R_p} = \frac{204,35^2}{533,33} = 78,3W$$

$$P_{Cu} = I_1'^2 R_{eq} = 29,96^2 \times 0,05 = 44,88W$$

$$\eta = \frac{U'_2 I_1' \cos \varphi}{U'_2 I_1' \cos \varphi + P_{Fe} + P_{Cu}} = \frac{200 \times 29,96 \times \cos 41^\circ}{200 \times 29,96 \times \cos 41^\circ + 78,3 + 44,88} = 0,973$$

$$r = \frac{U_{1,Carga} - U_{1,V}}{U_{1,V}} = \frac{204,35 - 200}{200} = 0,02175$$

$$\boxed{r\% = 2,175 \%}$$

Un trafo monofásico 6000 / 380 V, 200 kVA mantiene la tensión nominal en el Secundario para todas las condiciones de Trabajo. Tiene un $\eta = 98\%$ cuando trabaja a plena Carga con factor de potencia unidad. Si funciona a media Carga con $\cos \varphi = 1$, presenta un $\eta = 98,5\%$.

La caída de tensión a plena Carga es del 4%, si el receptor al que alimenta tiene un $\cos \varphi = 0,8$ inductivo.

Calcular:

- La resistencia equivalente de los devanados y la reactancia de dispersión.
- El valor de la resistencia que models las pérdidas en el núcleo referida al lado de baja tensión.

Solución

a) Conocemos $S_N = 200 \text{ kVA}$ y si funciona a media Carga con $\cos \varphi = 1$ $P_2 = \frac{S_N}{2} = S \Rightarrow d = \frac{S}{S_N} = 0,5$

Para la primera condición $P_2 = S_N \cdot \cos \varphi = 200 \cdot 10^3 \times 1 = 200 \cdot 10^3 \text{ W}$

Para la segunda condición de trabajo $P_2 = d \cdot S_N \cdot \cos \varphi = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 10^3 = 100 \cdot 10^3 \text{ W}$
Las ecuaciones de rendimiento para estas condiciones de trabajo son:

$$\textcircled{1} \quad 0,98 = \frac{200 \cdot 10^3 \text{ W}}{200 \cdot 10^3 + P_{Fe} + P_{CuN}} \quad \text{y} \quad \textcircled{2} \quad 0,985 = \frac{100 \cdot 10^3 \text{ W}}{100 \cdot 10^3 + P_{Fe} + P_{Cu}}$$

sabemos $P_{Cu} = d^2 \cdot P_{CuN} = \frac{1}{4} P_{CuN}$

De \textcircled{1} $P_{Fe} + P_{CuN} = 4081,63$ de \textcircled{2} $P_{Fe} + \frac{1}{4} P_{CuN} = 1522,84$

considerando $P_{Fe} = \text{cte}$ Despejamos y obtenemos

$$P_{CuN} = 3411,72 \quad \text{y} \quad P_{Fe} = 669,91 \text{ W}$$

como para $\cos \varphi = 1$

$$I_{2N} = \frac{S_N}{U_2} = \frac{200 \times 10^3 W}{380 V} = 526,32 A$$

$$Reg_2 = \frac{P_{CON}}{I_{2N}^2} = \frac{3411,72}{526,32^2} = 0,0123 \Omega \quad \boxed{Reg_2 = 0,0123}$$

Para obtener la X_{eq} partimos de la regulación y utilizando la aproximación de Kapp. Se tiene

$$r = \frac{U_1' - U_{2N}}{U_{2N}} = \frac{I_{2N} (Reg_2 \cos \varphi_2 + X_{eq_2} \sin \varphi_2)}{U_{2N}} \text{ entonces}$$

$$0,04 = \frac{526,32 (0,0123 \times 0,8 + X_{eq_2} \times 0,6)}{380} \text{ de donde}$$

$$\boxed{X_{eq_2} = 16,7 \Omega}$$

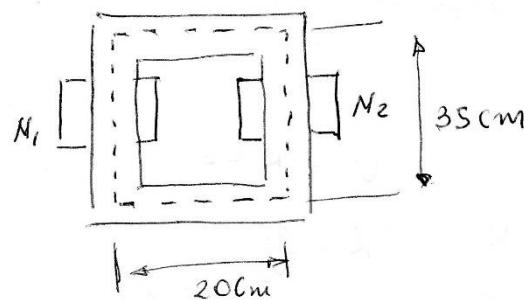
b) $R_P = \frac{U_2^2}{P_{fe}} = \frac{380^2}{669,91} = 215,55 \Omega$

$$\boxed{R_P = 215,55 \Omega}$$

Un transformador monofásico con relación de tensiones 3000V / 230V que opera a 50 Hz dispone de un núcleo magnético con las siguientes características.

Sección media uniforme 90 cm^2
Longitud media del trayecto del flujo 110 cm
Chapa RG-10 de $0,3 \text{ mm}$ de espesor

Factor de apilado $0,9$
Sabiendo que se dispone de 1000 espiras en el primario, se pide determinar las pérdidas en el hierro.



$$\boxed{\text{---}} \quad S_{Fe} = 90 \text{ cm}^2$$

$$F_{ap} = 0,9$$

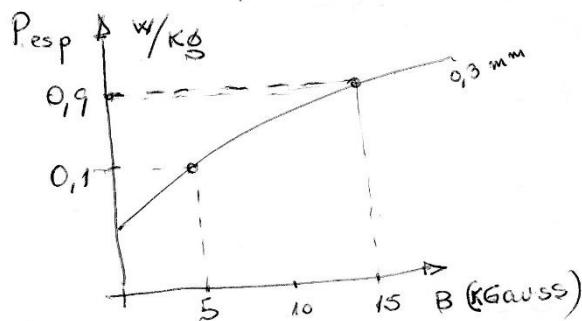
$$\rho_{Fe} = 7,65 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{re} = S \cdot l \cdot F_{ap} = 90 \text{ cm}^2 \times 110 \text{ cm} \times 0,9 = 8910 \text{ cm}^3$$

$$P_{Fe} = \rho \cdot V = 7,65 \text{ g/cm}^3 \times 8910 \text{ cm}^3 = 68,161 \text{ Kg}$$

$$U_1 = 4,44 \cdot B_{max} \cdot S.f. N_1$$

$$B_{max} = \frac{U_1}{4,44 \cdot S.f. N_1} = \frac{3000}{4,44 \times 90 \times 10^4 \times 50 \times 1000} = 1,5 \text{ Tesla}$$



$$1 \text{ Tesla} = 1 \frac{\text{wb}}{\text{m}^2} = 10000 \text{ Gauss}$$

Del gráfico con

$$B_{max} \rightarrow P_{esp} = 0,9 \text{ W/Kg}$$

$$P_{Fe} = P_{esp} \cdot P_{Fe} = 0,9 \frac{\text{W}}{\text{Kg}} \times 68,161 \text{ Kg}$$

$$P_{Fe} = 61,34 \text{ W.}$$

Un transformador de 50 KVA de 2400 V a 240 V dio durante el ensayo las siguientes indicaciones

Ensayo en Corto Circuito

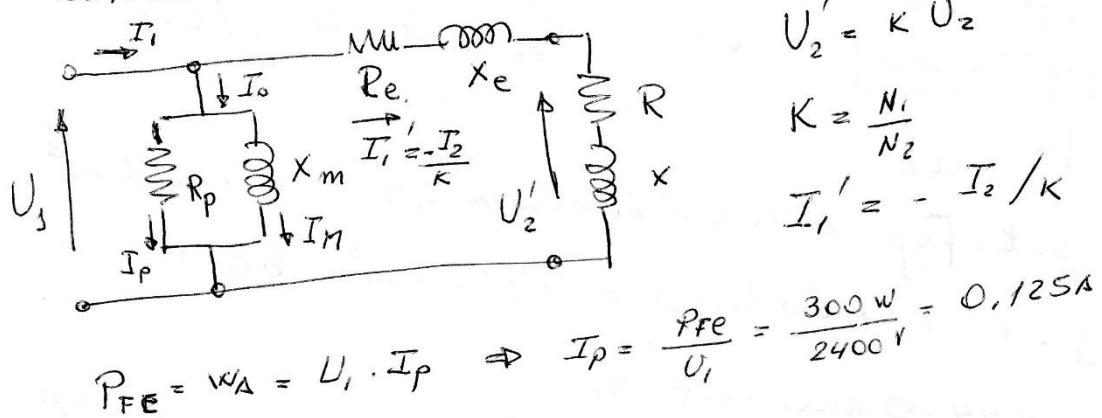
$$U_{1,\text{red}} = 78 \text{ V}, I_1 = 20,8 \text{ A}, W_B = 433 \text{ W}$$

Ensayo en Circuito Abierto

$$U_{1,N} = 2400 \text{ V}, I_0 = 0,8 \text{ A}, W_A = 300 \text{ W}$$

Determinar el Circuito Equivalente aproximado.

Solución



$$R_p = \frac{U_1}{I_p} = \frac{2400 \text{ V}}{0,125 \text{ A}} = 19200 \Omega$$

$$I_m = \sqrt{I_0^2 - I_p^2} = \sqrt{(0,8)^2 - (0,125)^2} = 0,79 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{U_1}{I_m} = \frac{2400 \text{ V}}{0,79 \text{ A}} = 3037 \Omega$$

$$R_e = \frac{W_B}{I_1^2} = \frac{433 \text{ W}}{(20,8)^2} = 1 \Omega$$

$$Z_e = \frac{U_{1,\text{red}}}{I_1} = \frac{78 \text{ V}}{20,8 \text{ A}} = 3,75 \Omega$$

$$X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2} = \sqrt{3,75^2 - 1} = 3,61 \Omega$$