



Se tienen dos transformadores de idéntica relación de transformación (400/230 V ambos) y de idéntica potencia nominal (15 kVA ambos), frecuencia 50 Hz.

Ambos transformadores están contruidos con idéntica chapa magnética, pero el núcleo magnético del primero (transformador A) tiene todas sus dimensiones un 6,5% mayores que las del segundo (transformador B). Los arrollamientos de ambos transformadores son idénticos.

Las pérdidas en el hierro del transformador A son 180 W y las pérdidas en el cobre 480 W. La corriente de vacío del transformador A es de 1,3 A. La inducción de trabajo del transformador A es de 1,6 T. El primario del transformador A tiene 60 espiras.

La característica de magnetización de la chapa magnética en corriente continua viene dada en la siguiente tabla:

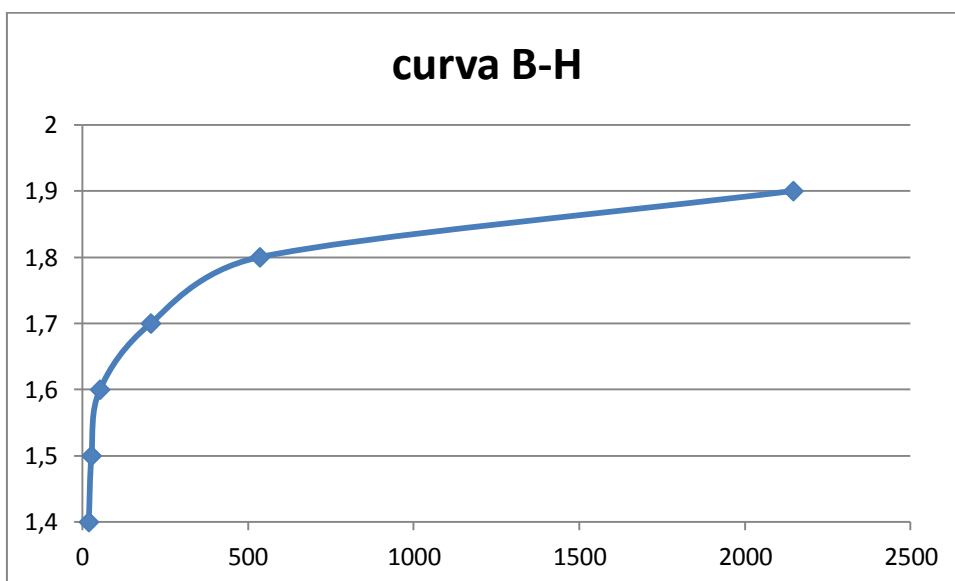
B (T)	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
H (Am ⁻¹)	18,8	20,8	52,5	206	535	2145

Se pide:

- Pérdidas en el hierro del transformador B
- Corriente de vacío del transformador B

Si la cuba del transformador A tiene todas sus dimensiones un 5% mayores que las del segundo, se pide

- Comparar el calentamiento de ambos transformadores supuesto que el coeficiente de convección sea idéntico (tómese $n=1$ en la ecuación del calentamiento)
- Valora si compensa reducir la sección del transformador en este caso



SOLUCIÓN:

A) Pérdidas en el hierro del transformador B

Las pérdidas en el hierro vienen dadas por la expresión

$$P_{Fe} = (K_H f B^2 + K_{Fo} f^2 B^2) Vol_{Fe}$$

Para el caso del problema donde la frecuencia no cambia no la chapa magnética cambia se puede escribir

$$P_{Fe} = (K_H f + K_{Fo} f^2) B^2 Vol_{Fe} = k B^2 Vol_{Fe} \quad (1)$$

Las pérdidas en el hierro del transformador A son conocidas. También es posible relacionar las el volumen de hierro de cada transformador. Para hallar las pérdidas del transformador B debemos calcular su inducción.

Para el transformador A

$$U_1 = 4,44 f N_1 S_{Fe,A} B_A \quad (2)$$

Para el transformador B

$$U_1 = 4,44 f N_1 S_{Fe,B} B_B \quad (3)$$

Dividiendo (2) y (3) resulta

$$1 = \frac{S_{Fe,B} B_B}{S_{Fe,A} B_A} \quad (4)$$

La relación entre las secciones del núcleo magnético A y B es

$$\frac{S_{Fe,A}}{S_{Fe,B}} = 1,065^2 = 1,13 \quad (5)$$

Con lo cual la relación entre las inducciones será (ec. (4))

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{S_{Fe,B}}{S_{Fe,A}} = \frac{1}{1,13} = 0,882 \quad (6)$$

Dividiendo las pérdidas en el hierro, ecuación (1), de ambos transformadores

$$\frac{P_{Fe,A}}{P_{Fe,B}} = \frac{k B_A^2 Vol_{Fe,A}}{k B_B^2 Vol_{Fe,B}} = 0,882^2 \cdot 1,065^3 = 0,939 \quad (7)$$

Con lo cual las pérdidas en el hierro del transformador B serán

$$P_{Fe,B} = \frac{P_{Fe,A}}{0,939} = \frac{180}{0,939} = 191,7 \text{ W}$$

B) Corriente de vacío del transformador B

El razonamiento sobre la corriente de vacío debe hacerse por separado para la componente de pérdidas en el hierro y para la componente magnetizante.

La componente de pérdidas en el hierro se obtiene como

$$I_{Fe,B} = \frac{P_{Fe,B}}{U_{1N}} = \frac{191,7}{400} = 0,479 \text{ A}$$

Para el transformador A

$$I_{Fe,A} = \frac{P_{Fe,A}}{U_{1N}} = \frac{180}{400} = 0,45 \text{ A}$$

Para hallar la componente magnetizante de la corriente se utiliza la curva de magnetización en corriente continua, para lo cual se debe conocer el valor de la inducción del transformador B. De la ecuación (6)

$$B_B = \frac{B_A}{0,882} = \frac{1,6}{0,882} = 1,81 \text{ T}$$

De la curva de magnetización, entrando con $B=1,81 \text{ T}$ se obtiene el valor de H

$$H_B = 535 + \frac{2145 - 535}{1,9 - 1,8} (1,81 - 1,8) = 696 \text{ Av/m}$$

Para hallar $I_{\mu B}$ se sabe que en el transformador A $B=1,6 \text{ T}$, con lo que $H=52,5 \text{ Av/m}$ y

$$H_A l_A = N_1 I_{\mu A}$$

El valor de $I_{\mu A}$ es:

$$I_{\mu A} = \sqrt{I_{0A}^2 - I_{FeA}^2} = \sqrt{1,3^2 - 0,45^2} = 1,22 \text{ A}$$

Aunque sabemos que la relación entre el valor de cresta de I_m y su valor eficaz sólo es raíz de dos para el caso de ondas sinusoidales, lo tomaremos como cierto también en este problema.

Con lo que

$$l_A = \frac{N_1 I_{\mu A \max}}{H_A} = \frac{60 \cdot 1,22 \sqrt{2}}{52,5} = 1,97 \text{ m}$$

Y la longitud del circuito magnético del transformador B será



$$l_B = \frac{l_A}{1,065} = \frac{1,97}{1,065} = 1,85 \text{ m}$$

La corriente magnetizante del transformador B es

$$I_{\mu B \max} = \frac{H_B l_B}{N_1} = \frac{696 \cdot 1,85}{60} = 21,5 \text{ A}$$

Y el valor eficaz de I_{μ} es

$$I_{\mu B} = \frac{I_{\mu B \max}}{\sqrt{2}} = \frac{21,5}{\sqrt{2}} = 15,2 \text{ A}$$

La corriente de vacío será, pues

$$I_0 = \sqrt{I_{\mu B}^2 + I_{Fe}^2} = \sqrt{15,2^2 + 0,479^2} = 15,2 \text{ A}$$

C) Comparar el calentamiento de ambos transformadores supuesto que el coeficiente de convección sea idéntico

$$P = kA(T - T_{amb})^n$$

Tomando $n=1$ y particularizando para los transformadores A y B se tiene

$$180 + 480 = k1,05^2 A(T_A - T_{amb}) \dots\dots\dots \text{Para el transformador A}$$

$$192 + 480 = kA(T_B - T_{amb}) \dots\dots\dots \text{Para el transformador A}$$

Dividiendo ambas ecuaciones queda

$$\frac{660}{672} = 1,05^2 \frac{(T_A - T_{amb})}{(T_B - T_{amb})}$$

Por tanto

$$(T_A - T_{amb}) = \frac{660}{672 \cdot 1,05^2} (T_B - T_{amb}) = 0,89(T_B - T_{amb})$$

Por tanto se calienta un poquito más el transformador B

D) Valora si compensa reducir la sección del transformador en este caso

No compensa reducir la sección, pues la corriente de vacío se dispara. Bien es cierto que las pérdidas se reducen, pero muy poco, con lo que no compensa. Además, debido a la reducción del área de la cuba el calentamiento aumenta.