



Se tiene un transformador monofásico de 500 VA, tensión nominal primaria 230 V, frecuencia 50 Hz.

El primario del transformador tiene 610 espiras, y el secundario 352 espiras. El núcleo magnético tiene una longitud de 50 cm (suma de la longitud media de las columnas y la longitud media de las culatas) y 10 cm² de sección. La densidad del hierro es 7,8 kg/dm³.

La curva de magnetización en corriente continua viene dada por la expresión

$$B = \frac{1,7H}{100 + H} \quad (\text{con } B \text{ en T y } H \text{ en Av/m})$$

Las pérdidas en el hierro a 1,5 T y 50 Hz son 0,6 W/kg y se admite que vienen dadas por la expresión:

$$p_{Fe} = af^{1,7} B^2$$

Se desea emplear el transformador en una red de 60 Hz y se debe mantener el calentamiento por no preverse refrigeración adicional. Se pide:

1. Nuevo valor de la inducción de trabajo
2. Nuevas tensiones asignadas (o nominales) de primario y secundario
3. Nueva potencia nominal del transformador
4. Pérdidas en el hierro a 60 Hz.
5. Corriente de vacío del transformador a 60 Hz
6. Si las pérdidas en el cobre del transformador son 17 W calcular el calentamiento medio del transformador, sabiendo que el área lateral del mismo es de 1200 cm² y que el coeficiente de convección de calor vale 8 W/m²°K (tómese n=1 para convección natural).
7. Temperatura media del transformador si la temperatura ambiente es de 30 °C

SOLUCIÓN

Inducción a 50 Hz (valor de cresta)

$$B = \frac{U_1}{4,44 f N_1 S_{Fe}} = \frac{230}{4,44 \cdot 50 \cdot 610 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 1,70 T$$

Se debe mantener la suma de las pérdidas en el hierro y en el cobre, de forma que a 50 Hz valgan lo mismo que a 60 Hz. Se podría intentar mantener LA SUMA de ambas pérdidas, pero el problema quedaría indeterminado. Lo mejor es mantener CADA UNA de las pérdidas para evitar calentamientos locales.

$$P_{fe,50} = P_{fe,60}$$

$$a(50)^{1,7} 1,70^2 = a(60)^{1,7} B_{60}^2$$

Resolviendo la ecuación, se obtiene

$$B_{60} = 1,456 T$$

Las nuevas tensiones nominales (eficaces son)



$$U_{1N,60} = 4,44 f N_1 B_{60} s_{fe} = 4,44 \cdot 60 \cdot 610 \cdot 1,456 \cdot 10^{-4} = 236,6 \text{ V}$$

$$U_{2N,60} = 4,44 f N_2 B_{60} s_{fe} = 4,44 \cdot 60 \cdot 352 \cdot 1,456 \cdot 10^{-4} = 136,5 \text{ V}$$

La intensidad nominal es

$$I_{N,50} = \frac{S_{N,50}}{U_{1n,50}} = \frac{500}{230} = 2,17 \text{ A}$$

Las pérdidas en el cobre a 50 Hz y a 60 Hz las mantenemos para no aumentar el calentamiento. Por tanto, también mantendremos la intensidad nominal

La potencia nominal será

$$S_{N,60} = U_{N,60} I_{N,60} = 236,6 \cdot 2,17 = 513 \text{ VA}$$

Para calcular las pérdidas en el hierro hay que obtener el coeficiente a de la fórmula, para ello sabemos que a 1,5T y 50 Hz la chapa tiene 0,6 W/kg

$$a = \frac{P_{fe}}{f^{1,7} B^2} = \frac{0,6}{50^{1,7} 1,5^2} = 3,45 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{kg} \cdot \text{Hz} \cdot \text{T}^2}$$

A 60 Hz las pérdidas serán

$$P_{fe} = l_{fe} s_{fe} \gamma_{fe} P_{fe} = 5 \cdot 10^{-2} 7,83 \cdot 3,45 \cdot 10^{-4} \cdot 60^{1,7} \cdot 1,456^2 = 3,01 \text{ W}$$

Para calcular la corriente de vacío se ha de calcular por separado la componente magnetizante y la componente de pérdidas.

El valor de cresta de la componente magnetizante se obtiene con la curva de magnetización en c.c.

$$B = \frac{1,7H}{100 + H}$$

$$H_{\max} = \frac{100 B_{\max}}{1,7 - B_{\max}} = 596,7 \text{ Av / m}$$

$$I_{\mu \max} = \frac{Hl}{N_1} = \frac{596,7 \cdot 0,5}{610} = 0,489 \text{ A}$$

Como se verá en teoría la corriente magnetizante no es sinusoidal, de forma que la relación entre el valor máximo y el valor eficaz no es $\sqrt{2}$, sin embargo, a falta de saber el valor correcto, lo tomaremos como válido

$$I_{\mu} = \frac{0,489}{\sqrt{2}} = 0,346 \text{ A}$$

La componente de pérdidas se obtiene dividiendo la potencia entre la tensión

$$I_{Fe} = I_0 \cos \varphi_0 = \frac{P_{fe}}{U_{1N,60}} = \frac{3,01}{236,6} = 0,013 \text{ A}$$

La corriente de vacío la obtendremos a partir de las componentes real e imaginaria de la intensidad

$$I_0 = \sqrt{I_{Fe}^2 + I_{\mu}^2} = 0,347 \text{ A}$$



6) Calentamiento del transformador

La ecuación del calentamiento es

$$P_{Tot} = m \cdot c_e \frac{dT}{dt} + kA(T - T_a)^n$$

Donde P_{Tot} son las pérdidas totales

En régimen permanente la temperatura es constante

$$P_{Tot} = kA(T - T_a)^n$$

Tomando $n=1$, el calentamiento vale

$$(T - T_a) = \frac{P_{Tot}}{kA} = \frac{3,01 + 17}{8 \cdot 0,12} = 20,8 \text{ } ^\circ K$$

El calentamiento del transformador sobre el ambiente es de 20,8 °K.

Si la temperatura ambiente es de 30 °C la temperatura del transformador es

$$T = 20,8 + T_a = 50,8 \text{ } ^\circ C$$