

## EL42C – Conversión Electromecánica de la Energía

### Ejercicio 3: Diseño de transformadores monofásicos

Se desea diseñar un transformador o autotransformador que permita reducir la tensión de 220 [V] a 15 [V], en 50 [Hz], para alimentar un equipo que consume 500 [W] con factor de potencia unitario. Se dispone de láminas E - I de acero silicoso de 0.5 [mm] de espesor, con las dimensiones en [cm] que se indican en la figura 1.

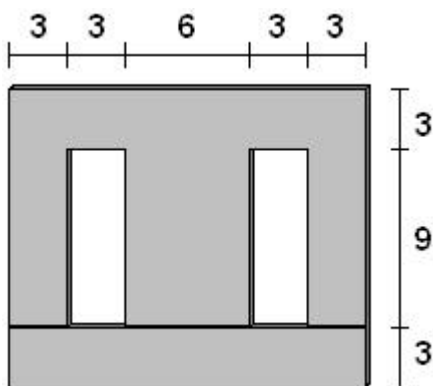


Figura 1: Láminas E – I.

Asuma que la curva B – H de este material ferromagnético se comienza a saturar en 1.6 [T], siendo su permeabilidad magnética  $\mu = 1100 \mu_0$  en zona lineal.

- a) Considerando ecuaciones de diseño simplificadas (del transformador ideal), encuentre las soluciones de mínimo costo para las alternativas como transformador y como autotransformador. Para ello asuma valores razonables de densidad de corriente, densidad de flujo, etc., justificándolos adecuadamente. Compare técnica y económicamente ambas alternativas. ¿Cuál recomendaría?

#### Antecedentes

- Densidad del cobre : 9.0 [kg/dm <sup>3</sup> ]	- Costo del cobre : 18.000 [\$/kg]
- Densidad del acero : 7.6 [kg/dm <sup>3</sup> ]	- Costo del acero : 3.500 [\$/kg]

- Conductores de cobre esmaltados de sección normalizada:

N° AWG	Sección [mm <sup>2</sup> ]
8	8.36
9	6.63
10	5.26
11	4.17
12	3.30
13	2.62
14	2.03
15	1.65
16	1.31
17	1.04
18	0.822

- b) Calcule los parámetros del circuito equivalente del transformador diseñado. Para ello utilice las relaciones de los anexos. Luego evalúe el rendimiento del transformador y la tensión del secundario con carga nominal (500 [W]), cuando el primario se alimenta con 220 [V] a 50 [Hz].
- c) Rediseñe el transformador para tener exactamente 15 [V] en el secundario con carga nominal. Calcule y compare su rendimiento con el calculado en (b) para la solución anterior.

***Si lo considera necesario, para resolver este ejercicio utilice los apuntes de diseño de transformadores que se pondrán a disposición; si lo desea, utilice las curvas  $B - H$  y  $B - \text{pérdidas}$  de las laminaciones de acero silicoso que ahí se entregan.***

***La entrega se realizará en formato .pdf por u-cursos en la sección tareas, con plazo hasta el viernes 18 de Junio de 2010 a las 23:59hrs.***

## Anexos: Parámetros

### Resistencia de los enrollados

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S_c}$$

R : resistencia del enrollado [ $\Omega$ ]

L : longitud del enrollado [m].  $L = (\text{número de vueltas}) \cdot (\text{longitud media por vuelta})$

$\rho$  : resistividad del cobre a temperatura de operación = 0.020 [ $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ ]

$S_c$  : sección transversal del conductor [ $\text{mm}^2$ ]

### Reactancias de fuga

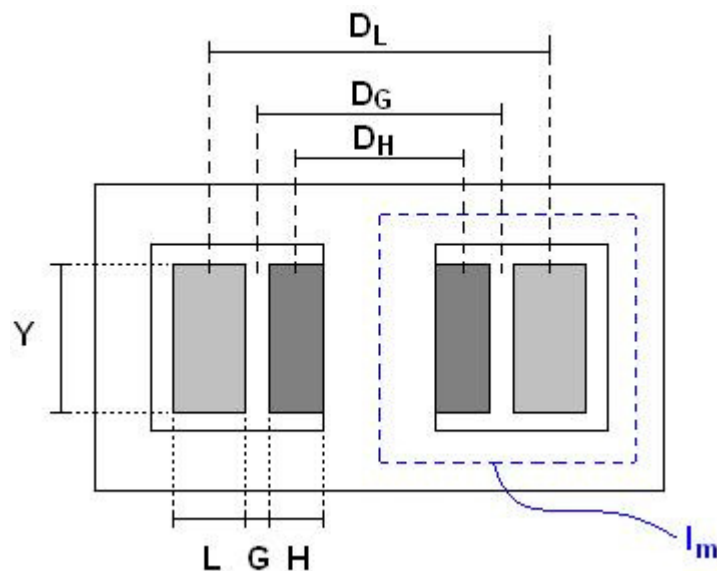
$$X_1 + X_2' = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 3,546 \cdot \mu_0 \cdot \frac{L \cdot D_L + 3G \cdot D_G + H \cdot D_H}{3Y + L + G + H}$$

$X_1 + X_2'$  : reactancia de fuga referida al primario [ $\Omega$ ]

F : frecuencia = 50 [Hz]

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  [Wb / A m]

Las demás dimensiones (en [m]) se indican en la figura:



### Reactancia de magnetización

$$X_M = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot N_1^2 \cdot \mu_{Fe} \cdot \frac{A}{l_m}$$

$X_M$  : reactancia de magnetización [ $\Omega$ ]

$A$  : área transversal de la columna central del núcleo [ $m^2$ ]

$N_1$  : número de vueltas del primario

$\mu_{Fe}$  : permeabilidad magnética del núcleo [ $Wb / A \cdot m$ ]

$l_m$  : trayectoria media indicada en la figura [ $m$ ]

### Resistencia de pérdidas en el núcleo

$$R_{Fe} = \frac{V_1^2}{m_{Fe} \cdot (W/kg)}$$

$R_{Fe}$  : resistencia de pérdidas en el núcleo [ $\Omega$ ]

$m_{Fe}$  : masa del núcleo [ $kg$ ]

$V_1$  : tensión del primario [ $V$ ]

$W/kg$  : pérdidas específicas del núcleo a frecuencia de operación [ $W/kg$ ]. A 50 [Hz] considere:

$B_{max}$ [T]	0.0	0.3	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
$W/kg$ [ $W/kg$ ]	0.0	0.25	0.70	1.30	1.70	2.30	2.75	3.20	3.70	4.30	4.80