

TK 25
B4

EJEMPLQ 3

Se tiene un núcleo magnético del material llamado "Transformador 72" (curva # 3, Figs. 27 y 28-I), bosquejado en la Fig. 16. El factor de apilamiento es de 0.95 y se desea determinar la fuerza magnetomotriz necesaria en la bobina para establecer un flujo de 600 000 Max. en el circuito. Las dimensiones se indican en la Fig.

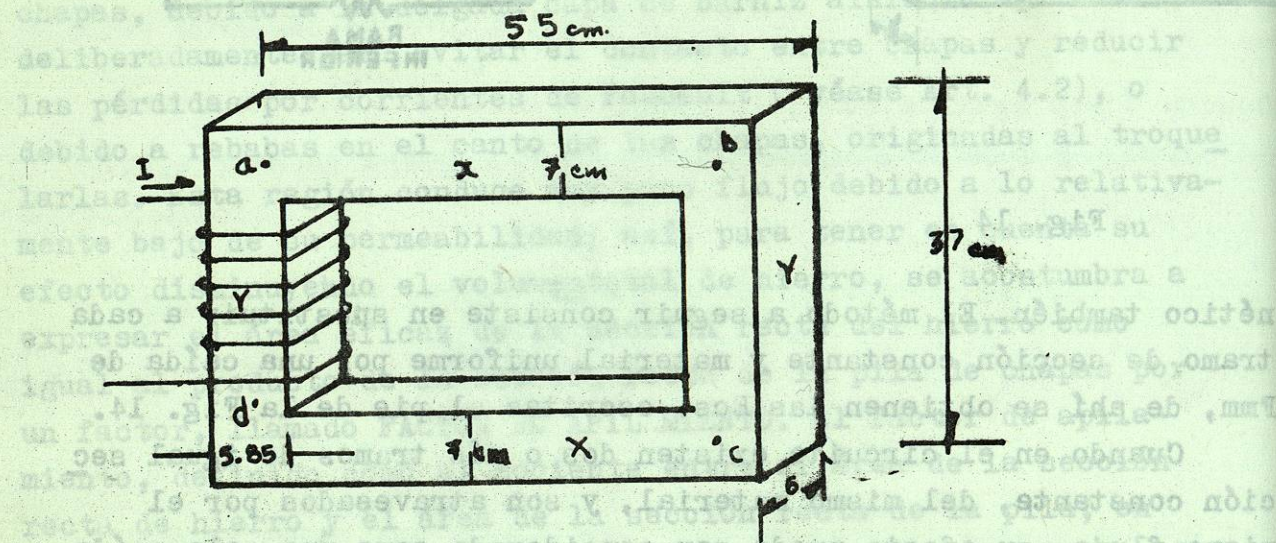


Fig. 16

SOLUCION

Considerando a las ramas X como una sola equivalente:

$$\phi = 600\ 000\ \text{Max}$$

$$\begin{aligned} \beta_x &= \frac{\phi}{A} \\ &= \frac{600\ 000}{7(6)(0.95)} = 15\ 040\ \text{gauss} = 1.5\ \text{T} \end{aligned}$$

De la curva # 3, Fig. 27-I:

$$H_x = 4\ 600\ \text{Lenz}$$

$$U_x = H_x L_x$$

Y

$$L_x = 2(55 - 5.85)(10^{-2}) = 0.983\ \text{m}$$

$$\Rightarrow U_x = 4600(0.983) = 4\ 522\ \text{A-v}$$

Para la rama equivalente a la suma de las ramas Y:

$$\phi = 600\ 000\ \text{Max.}$$

$$\begin{aligned} \beta_y &= \frac{\phi}{A_y} \\ &= \frac{600\ 000}{5.85(6)(0.95)} = 17\ 990\ \text{gauss} = 1.8\ \text{T} \end{aligned}$$

De la curva # 3, Fig. 28-I (Véase la nota al final de este artículo para la lectura de las curvas logarítmicas):

$$H_y = 24\ 000\ \text{Lenz}$$

$$U_y = H_y L_y$$

$$= 24\ 000(37 - 7)(10^{-2})(2) = 14\ 400\ \text{A-v}$$

Nótese que, aunque las ramas Y son más cortas que las ramas X, la caída de Fmm en aquellas es más de tres veces mayor que la de las ramas X; la explicación se encuentra al observar la gran densidad de flujo de las ramas Y, que las sitúa en la zona de saturación magnética. Aplicando la ley de Ampere:

$$F_{mm} = \sum U$$

$$F_{mm} = U_{\text{Horiz.}} + U_{\text{vert.}}$$

$$= 4\ 522 + 14\ 400$$

$$= 18\ 922\ \text{A-v} \quad *$$

TK2
B4

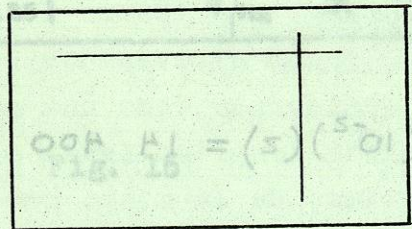
Cualquier combinación, dentro de ciertos límites, de N e I que dé un producto de 19 162 podrá utilizarse en el circuito magnético, para establecer el flujo de 600 000 Max.

xxx

xxx

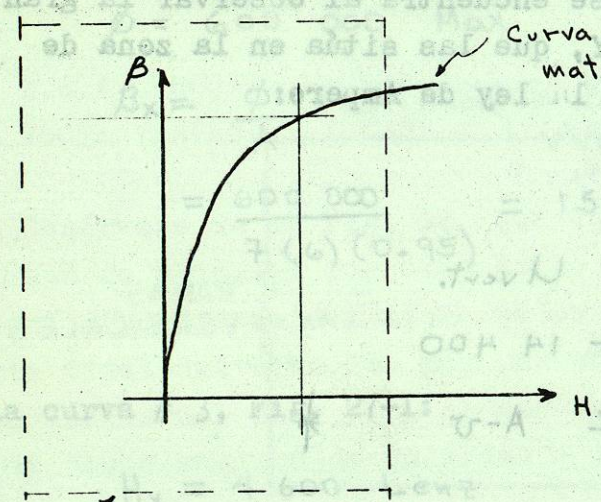
LECTURA DE LAS GRAFICAS

A fin de aumentar la precisión y rapidez en la lectura de gráficas se recomienda al alumno utilizar el siguiente artificio, por demás sencillo: sobre una hoja de plástico transparente (una mica, por ejemplo) se traza un cuadrante utilizando una pluma de punto fino. La mica se coloca sobre la gráfica a leer, haciendo coincidir el origen del cuadrante con el punto sobre la curva de la gráfica, y los lados del cuadrante con los valores de los ejes vertical y horizontal correspondientes. La lectura de una gráfica se hace así fácil y rápida:



Hoja de mica con un cuadrante trazado.

Al leer una gráfica:



Curva característica de un material ferromagnético.

Los valores correspondientes al punto marcado de B y H son las intersecciones del cuadrante con los ejes horizontal y vertical.

Mica con el cuadrante centrado en el punto de interés de la curva.

En la gráfica representada en la Fig. 28-1, de tipo semi-logarítmico, puede observarse que es bastante difícil el obtener valores de campo magnético intermedios a los marcados en el eje (4, 20, 40, 200, etc.), aun utilizando una lupa y tratando de contar las líneas entre trazos numerados. Así, por ejemplo, trátase de localizar el punto H= 140 Lenz sobre la escala horizontal, y se comprenderá lo anterior.

Mediante una escala graduada en milímetros, y aplicando una fórmula simple para relacionar el valor de H con la distancia del origen de la gráfica (H= 4) al punto en cuestión, se pueden obtener o localizar valores de H con dos cifras significativas:

$$H = 4 \left(10^{\frac{x}{28.4}} \right)$$

H → campo magnético, en Lenz
x → Distancia en mm desde H=4 hasta el punto en cuestión.

En caso de conocer H y tratar de determinar x :

$$x = 28.4 \left(\log H - \log 4 \right)$$

Utilizando cualquier calculadora con funciones científicas, las fórmulas dadas son de fácil aplicación. Suponiendo un error máximo de 0.5 mm para una escala graduada en milímetros, se analizará la precisión de las fórmulas dadas:

$$H = 4 \left(10^{\frac{x}{28.4}} \right)$$

$$dH = 4 \left(10^{\frac{x}{28.4}} \right) (\ln 10) \left(\frac{1}{28.4} \right) dx$$

$$e_{\text{relativo}} = \frac{dH}{H} = \frac{\ln 10}{28.4} dx$$

si dx = 0.5 mm

$$e_{\text{rel}} = \frac{\ln 10}{28.4} (0.5) = 0.04$$

$$e_{\text{porcentual}} = 4 \%$$

TK2
B4

donde:

$e_{rel.} \rightarrow$ error relativo
 $e_{porcentual} \rightarrow$ error porcentual

Así, si $H = 400\ 000$ Lenz, puede haber un error máximo de:

$$e = 400\ 000 (0.04) = 16\ 000 \text{ Lenz}$$

Por lo que se recomienda tomar únicamente dos cifras significativas para H.

EJEMPLO 4

A fin de ilustrar lo expuesto, se resolverá el problema del ejemplo 3, considerando ahora como dato conocido la Fmm aplicada, y como incógnita al flujo ϕ que se establece. El circuito magnético queda entonces representado por la misma Fig. 16.

SOLUCION

Ya que se conoce la Fmm aplicada y no se conoce el flujo, sólo puede decirse que la suma de caídas de Fmm será igual a la Fmm aplicada; pero no puede determinarse en forma analítica la forma en que se reparte ésta entre las ramas horizontales y verticales.

Aplicando el método de aproximaciones sucesivas; de acuerdo a las condiciones del sistema:

$$F_{mm} = U_{horiz} + U_{vert.} \quad (1)$$

$$\phi_x = \phi_y \quad (2)$$

$$F_{mm} = 18\ 922 \text{ A-v}$$

Considerando a las ramas X como una sola equivalente:

$$U_{horiz} = H_x L_x = 0.983 H_x$$

Considerando a las ramas Y como una sola equivalente:

$$U_{vert.} = H_y L_y = 0.6 H_y$$

$$\phi_x = A_x \beta_x = 3.99 \times 10^{-3} \beta_x$$

$$\phi_y = A_y \beta_y = 3.335 \times 10^{-3} \beta_y$$

Substituyendo en 1 y 2:

$$18\ 922 = 0.983 H_x + 0.6 H_y \quad (1)$$

$$3.99 \beta_x = 3.335 \beta_y \quad (2)$$

De esta forma, se tienen ya dos ecuaciones en función de valores que pueden leerse directamente de las curvas de imanación.

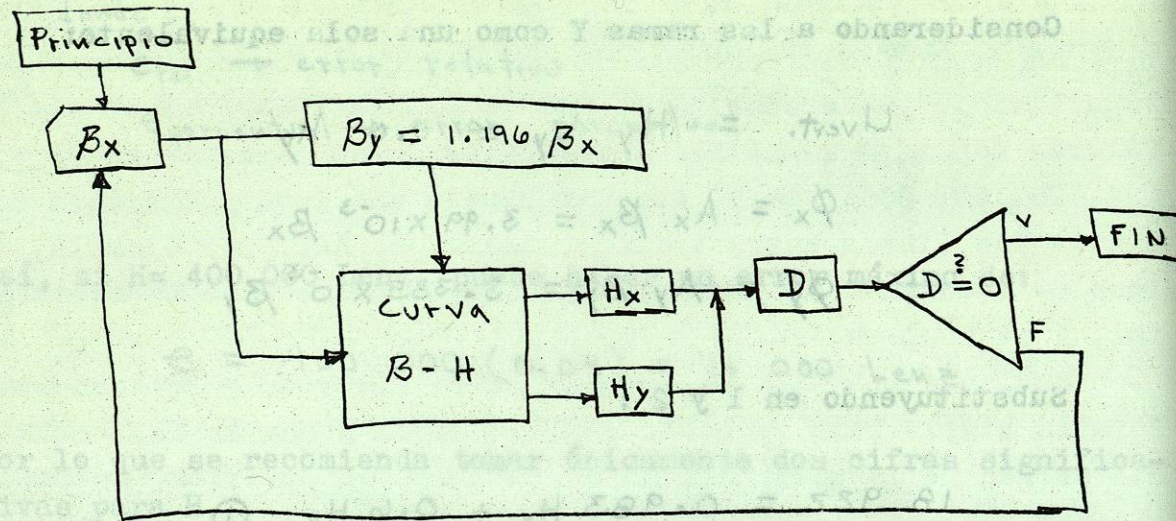
Las variables de menor rango son β_x y β_y , eligiendo β_x como variable de sondeo, β_y queda automáticamente determinado por la Ec. 2 y estos valores a su vez definen los valores de H_x y H_y de acuerdo a la curva de imanación. La variable de control será la diferencia entre la Fmm aplicada y la suma de caídas de Fmm en el circuito; de la Ec. 1:

$$D = 18\ 922 - 0.983 H_x - 0.6 H_y \stackrel{?}{=} 0$$

Se escoge arbitrariamente un valor de $\beta_x = 1.15$ Tesla como primer sondeo, y se continúa el proceso utilizando la curva # 3, Fig. 28-I:

Diagrama de Flujo:

TK2
B4



Los resultados quedan tabulados así:

B_x (T)	B_y (T)	H_x (A/m)	H_y (A/m)	D	Observaciones
1.15	1.38	400	1600	17 570	B_x bajo
1.20	1.44	500	3 200	16 510	B_x bajo
1.50	1.79	4 600	23 000	600	B_x muy próximo, D es tan sólo un 3% de la Fmm aplicada.
1.55	1.85	6 000	40 000	-11 000	B_x alto
1.51	1.81	4 800	28 000	-2 596	B_x alto

De aquí que el valor más próximo obtenido es de:

$$B_x = 1.5 \text{ Tesla}$$

$$\Rightarrow \phi = B_x A_x = 1.5 (3.99 \times 10^{-3}) = 5.99 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$= 599 000 \text{ Maxwell} *$$

Nótese que el proceso pudo haberse suspendido desde la tercera aproximación, al ser la diferencia entre la Fmm aplicada y la suma de caídas (definida como D) menor del 5 % admisible.

XXX

En la solución de problemas en los que se repetirá varias veces la misma secuencia de operaciones, es conveniente escribir previamente un diagrama de flujo. Los resultados parciales se controlan fácilmente anotándolos en una tabla y el problema se simplifica en gran medida al mecanizarse.

2.6.5 CIRCUITO MAGNETICO CON RAMAS EN PARALELO. (CASO # 4)

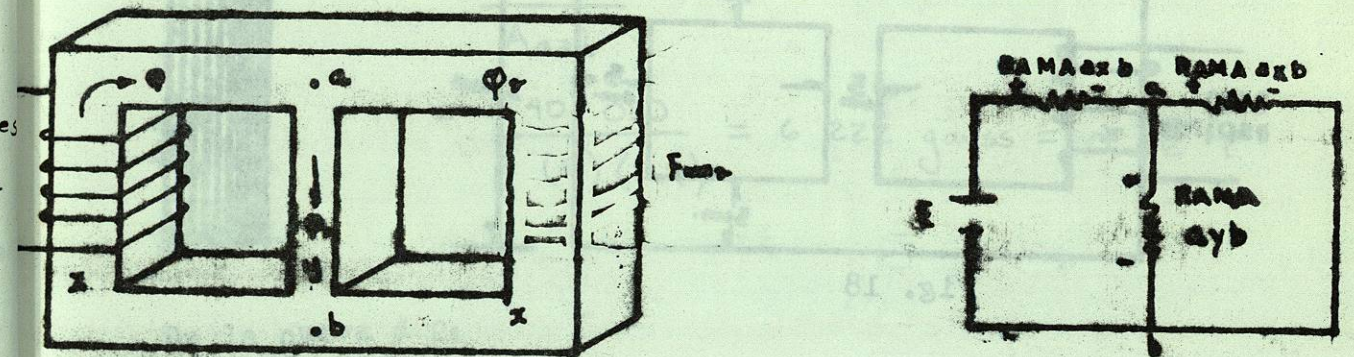


Fig. 17

De la ley de Gauss del Magnetismo :

$$\phi = \phi_1 + \phi_2$$

De la ley de corrientes de Kirchhoff :

$$i = i_1 + i_2$$