De la ley de Ampere:

$$F_{mm} = U_{azb} + U_{ayb}$$
$$= U_{axb} + U_{azb}$$

y

$$U_{ayb} = U_{azb}$$

De la ley de Tensiones de Kirchhoff:

$$E = e_{azb} + e_{ayb}$$
$$= e_{axb} + e_{azb}$$

y

$$e_{ayb} = e_{azb}$$

(Ramas en paralelo)

EJEMPLO 5

El circuito magnético de la Fig. 18 está constituido de acero eléctrico (curva # 2, Figs. 27 y 28-I) y tiene un factor de apilamiento de 0.9. ¿Qué corriente se requiere en la bobina para establecer un flujo de 140 000 Max. en la rama de la derecha (rama Z)?

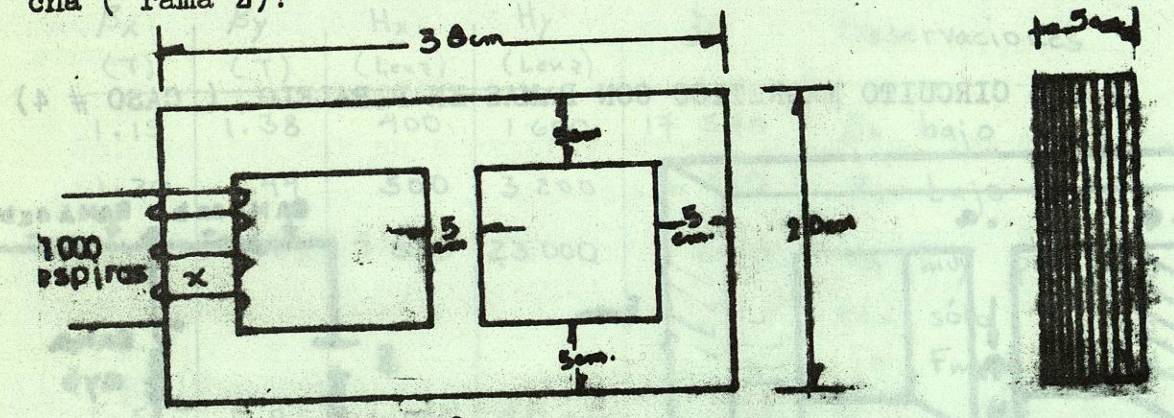


Fig. 18

SOLUCION

Del circuito eléctrico análogo puede determinarse la ruta a seguir:

$$\text{Principio} \rightarrow i_2 \rightarrow e_{ab} \rightarrow i_1 \rightarrow i \rightarrow e_{axb} \rightarrow E \rightarrow \text{Fin}$$

Por analogía, para el circuito magnético:

$$\text{Principio} \rightarrow \phi_z \rightarrow U_{ab} \rightarrow \phi_1 \rightarrow \phi \rightarrow U_{axb} \rightarrow F_{mm} \rightarrow \text{Fin}$$

Del diagrama de flujo anterior, puede observarse que el cálculo es directo. Se hace hincapié nuevamente en la ventaja que representa el trazar un sencillo diagrama de flujo, como los anteriores, a fin de establecer rápidamente la trayectoria de la solución de un problema. El método consiste sismplemente en definir las cantidades que deben conocerse para obtener la solución y establecer una cadena lógica con respecto a los datos, puede partirse de los datos y seguir la cadena hasta la solución, según el criterio del estudiante.

$$\phi_{azb} = 140\ 000 \ \text{Max}$$

$$B_{azb} = \frac{\phi_{azb}}{A_{azb}}$$

$$= \frac{140\ 000}{5\ (5)\ (0.9)} = 6\ 222 \text{ gauss} = 0.62 \text{ T}$$

De la curva # 2:

$$H_{azb} = 100 \text{ Lenz}$$

$$U_{azb} = H_{azb} \, L_{azb}$$

$$= 100 \left[\left(\frac{38}{2} - 2.5 \right)(2) + (20-5) \right] (10^{-2})$$

$$= 48 \text{ A-V}$$

$$U_{ayb} = U_{azb} = 48 \ \text{A-v}$$

$$H_{ayb} = \frac{U_{ayb}}{L_{ayb}} = \frac{48}{(20-5)(10^{-2})} = 320 \ \text{Lenz}$$

De la curva # 2:

$$\beta_{ayb} = 1.1 \ \text{Tesla} = 11\,000 \ \text{gauss}$$

$$\phi_{ayb} = \beta_{ayb} \, A_{ayb}$$

$$= 1.1 \times 10^{4} (5)(5)(0.9)$$

$$= 247\,500 \ \text{Max.}$$

$$\phi_{axb} = \phi_{azb} + \phi_{ayb}$$

$$= 140\,000 + 247\,500 = 387\,500 \ \text{Max.}$$

$$\beta_{axb} = \frac{\phi_{axb}}{A_{axb}} = \frac{387\,000}{5(5)(0.9)} = 17\,220 \ \text{gauss}$$

$$= 1.72 \ \text{Tesla}$$

De la curva # 2, Fig. 28-I:

$$H_{axb} = 12\,000 \ \text{Lenz}$$

$$U_{axb} = H_{axb} \, L_{axb}$$

$$= 12\,000 \, (0.48) = 5\,760 \ \text{A-v}$$

$$F_{mm} = U_{axb} + U_{ayb}$$

$$= 5\,760 + 48 = 5\,808 \ \text{A-v}$$

$$I = \frac{F_{mm}}{N}$$

$$= \frac{5\,808}{1\,000} = 5.81 \ \text{Amp.}$$

*

xxx

2.6.6 CIRCUITO MAGNETICO CON DOBLE EXCITACION (CASO # 5)

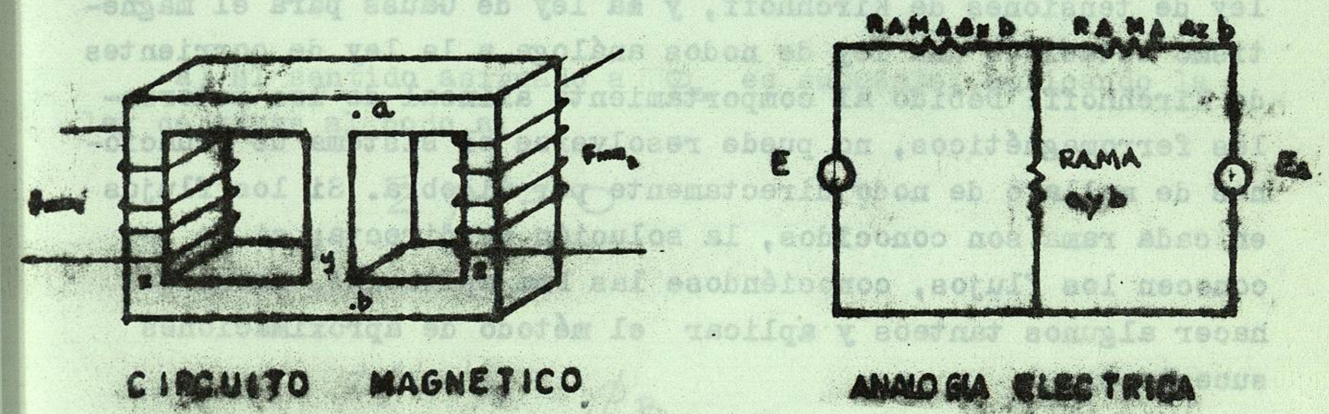
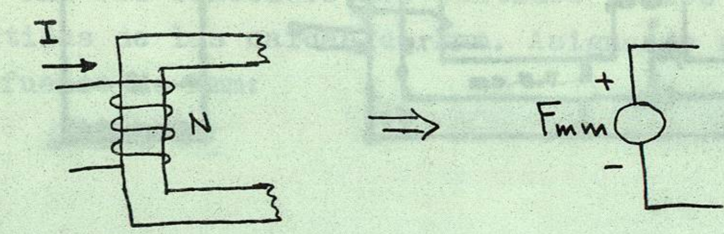
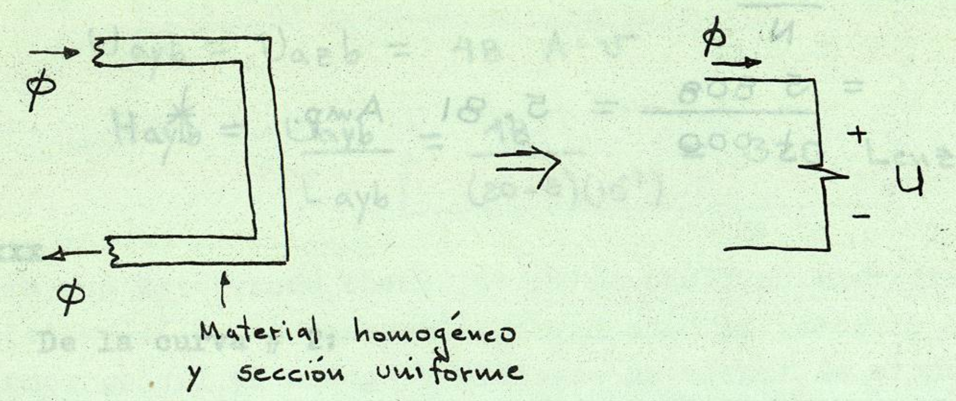


Fig. 19

La resolución de este tipo de circuito magnético puede ser laboriosa. Sin embargo, utilizando el circuito eléctrico análogo y substituyendo directamente en éste los parámetros del circuito magnético (es decir, se obtiene el circuito magnético de parámetros concentrados), el problema se simplifica considerablemente. La forma de interpretar una Fmm y una caída de Fmm en el circuito análogo, será la siguiente:





La ley de Ampere establece una ley de mallas similar a la ley de tensiones de Kirchhoff, y la ley de Gauss para el magnetismo establece una ley de nodos análoga a la ley de corrientes de Kirchhoff. Debido al comportamiento alineal de los materiales ferromagnéticos, no puede resolverse el sistema de ecuaciones de malla o de nodo directamente por álgebra. Si los flujos en cada rama son conocidos, la solución es directa; si no se conocen los flujos, conociéndose las Fmm aplicadas, habrá que hacer algunos tanteos y aplicar el método de aproximaciones sucesivas.

EJEMPLO 6

El núcleo magnético de la Fig. 20 está construido de " transformador 72". El factor de apilamiento es 0.9. Se conocen los flujos $\phi_A = 10^{-2}$ Wb y $\phi_B = 4x10^{-3}$ Wb. a) ¿Cuánto vale el flujo ϕ_c ? b) ¿Qué corriente deberá circular en cada devanado y en qué sentido?

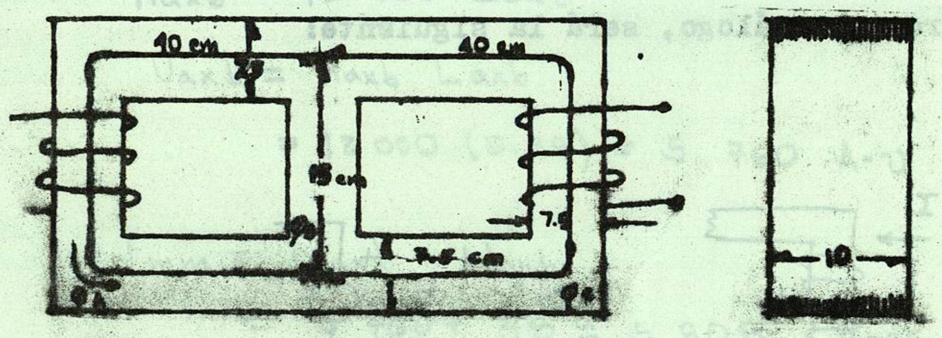
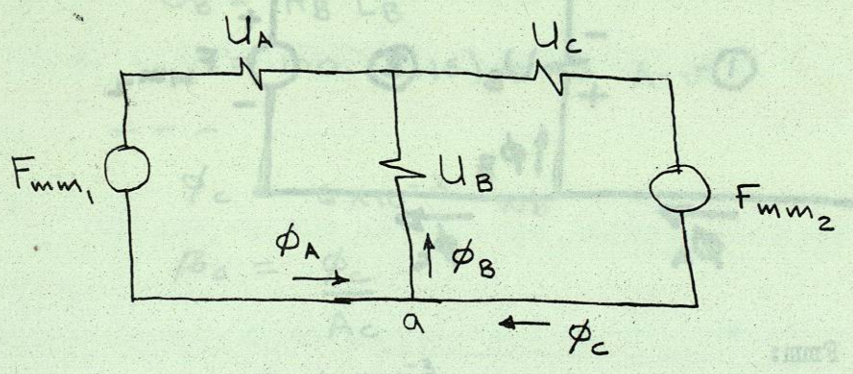


Fig. 20

SOLUCION

Circuito análogo equivalente:



a) El sentido asignado a ϕ_c es supuesto; aplicando la ley de Gauss al nodo a:

$$\Sigma \phi = 0$$

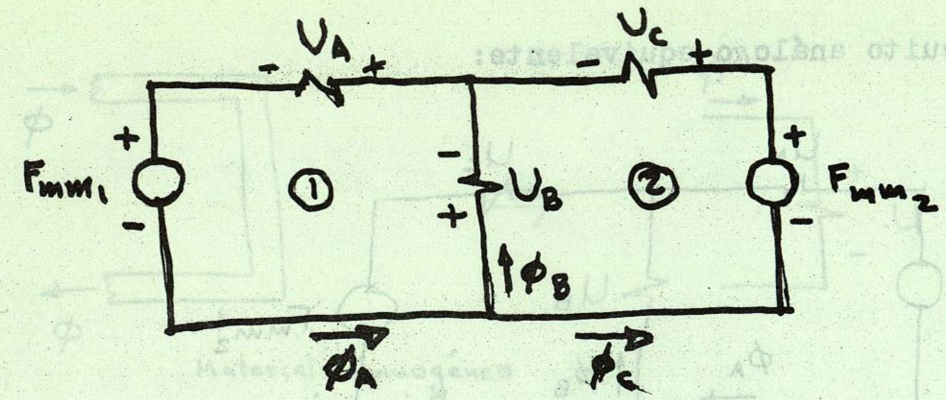
$$\phi_A + \phi_c = \phi_B$$

$$10^{-2} + \phi_c = 4 \times 10^{-3}$$

$$\phi_c = -6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

Lo que indica que el flujo ϕ_c en realidad sale del nodo a. (Esto era obvio de las magnitudes y sentidos de ϕ_A y ϕ_B ; sin embargo, se siguió un proceso metódico a fin de formar el criterio del lector).

b) Una vez conocidos los sentidos de los flujos, se conocen los sentidos de las caídas de Fmm. Asignando sentidos supuestos a cada fuente de Fmm:



Caídas de Fmm:

$$\phi_A = 10^{-2}\ Wb$$

$$\beta_A = \frac{\phi_A}{A_A}$$

$$= \frac{10^{-2}}{7.5(10)(10^{-4})(0.9)} = 1.48\ \text{Tesla}$$

De la curva # 3:

$$H_A = 4\ 200\ \text{Lenz}$$

$$U_A = H_A L_A$$

$$= 4\,200\,(0.40) = 1680\ \text{A-v}$$

$$\phi_B = 4 \times 10^{-3}\ W_b$$

$$\beta_B = \frac{\phi_B}{A_B}$$

$$= \frac{4 \times 10^{-3}}{7.5(10)(10^{-4})(0.9)} = 0.59\ \text{Tesla}$$

De la curva # 3:

$$H_B = 100\ \text{Lenz}$$

$$U_B = H_B L_B$$

$$= 100\ (0.15) = 15\ \text{A-v}$$

$$\phi_c = 6 \times 10^{-3}\ Wb$$

$$\beta_c = \frac{\phi_c}{A_c}$$

$$= \frac{6 \times 10^{-3}}{7.5\ (10)(10^{-4})\ (0.9)} = 0.89\ T$$

De la curva # 3:

$$H_c = 150\ \text{Lenz}$$

$$U_c = H_c L_c$$

$$= 150\,(0.4) = 60\ \text{A-v}$$

Aplicando la ley de Ampere a las mallas 1 y 2:

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

(Convencionalmente, una Fmm se toma positiva si al recorrer la trayectoria cerrada se le atraviesa de (-) a (+). Una caída de Fmm se toma positiva si al recorrer la trayectoria se le atraviesa de (+) a (-). Estas convenciones son idénticas a las utilizadas en el análisis de circuitos eléctricos).

Para la malla 1 (recorriéndola en el sentido del reloj):

$$F_{mm_1} = -U_A - U_B$$

$$= -1680 - 15 = -1\,695\ \text{A-v} \quad *$$