

FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

EJERCICIOS CIRCUITOS MAGNÉTICOS

P1.- Un circuito magnético tiene una sección uniforme de 8 cm^2 y una longitud media igual a 0,3 metros. Si la curva de magnetización del material viene expresada por la ecuación:

$$B = 1,55*H/(77+H) \quad B \text{ en T, } H \text{ en Av/m}$$

Calcular la corriente en amperios que debe introducirse en la bobina de excitación, que tiene 100 espiras, para producir un flujo en el núcleo de $8 \cdot 10^{-4}$ Wb.

Calculamos el campo magnético inducido por el flujo:

$B = \Phi/A = 8 \cdot 10^{-4}/(8 \cdot 10^{-4}) = 1 \text{ T}$ y a partir de la curva de magnetización el valor de la intensidad magnética:

$$I = 1,55*H/(77+H) \quad \longrightarrow \quad H = 140 \text{ Av/m}$$

luego $f.m.m = NI = H*l = 140*0,3 = 42 \text{ Av}$ y despejando la intensidad para 100 espiras

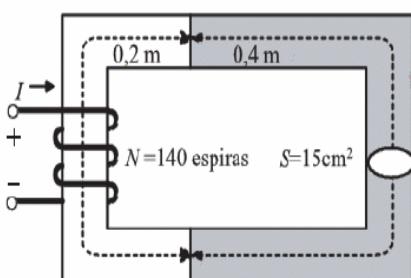
$$I = 0,42 \text{ A}$$

P2.- La estructura magnética de la figura está fabricada con dos tipos de materiales cuyas curvas de magnetización vienen expresadas por las ecuaciones:

$$B_1 = 1,1*H_1/(5000 + H_1)$$

$$B_2 = 2,1*H_2/(2000 + H_2) \quad B \text{ en T, } H \text{ en Av/m}$$

Calcular la intensidad I que debe circular por la bobina para producir un flujo de $1,5 \cdot 10^{-4}$ Wb si la sección es uniforme y vale 15 cm^2 .



La inducción magnética generada por el flujo en ambos materiales será:

$$B = \Phi /A = 1,5 \cdot 10^{-4} / (15 \cdot 10^{-4}) = 0,1 T$$

luego sustituyendo este valor en cada una de las curvas de magnetización de los materiales que forman el circuito tenemos la intensidad magnética en cada uno de ellos:

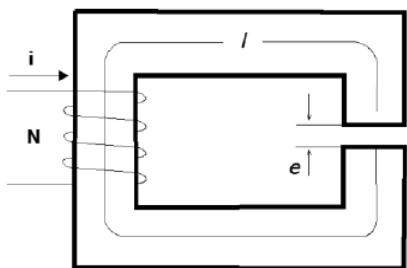
$$0,1 = 1,1 * H_1 / (5000 + H_1) \longrightarrow H_1 = 500 \text{ Av/m}$$

$$0,1 = 2,1 * H_2 / (2000 + H_2) \longrightarrow H_2 = 100 \text{ Av/m}$$

luego

$f.m.m. = NI = l_1 H_1 + l_2 H_2 = 0,2 * 500 + 0,4 * 100 = 140 \text{ Av}$ luego si $N = 140$ la intensidad necesaria $I = 1 \text{ A}$

P3.- Se desea obtener en el entrehierro del circuito magnético de la figura una inducción magnética de 1,1 T. El material del circuito es hierro cuyos valores de la curva de histéresis o magnetización (correlación entre campo magnético e intensidad del campo magnético) son los que se muestran en la tabla adjunta. Suponiendo que todo el flujo se conduce por el entrehierro y que no se dispersa, determinar la intensidad de corriente que habrá que proporcionar a la bobina de 500 espiras.



VALORES DEL ENSAYO DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN HIERRO FORJADO (CURVA DE MAGNETIZACIÓN)	
B(T)	H (Av/m)
0,1	80
0,3	120
0,5	160
0,7	230
0,9	400
1,1	650

Longitud media l: 27,7 cm
Espesor entrehierro e: 0,3 cm

La fuerza magnetomotriz inducida en el circuito será:

$$f.m.m. = NI = l_{\text{núcleo}} H_{\text{núcleo}} + l_{\text{entrehielro}} H_{\text{entrehielro}}$$

donde

$H_{\text{núcleo}} = 650 \text{ Av/m}$ para un valor de inducción magnética de 1,1 T de acuerdo con la tabla del ensayo de inducción del material

$$H_{\text{entrehielro}} = B/\mu_0 = 1,1/(4\pi 10^{-7}) = 875352,2 \text{ Av/m}$$

y para una bobina de 500 espiras tenemos:

$$500*I = 650*0,277 + 875352,2*0,003$$

despejando

$$I = 5,6 \text{ A}$$

P4.- La bobina del circuito magnético de la figura tiene 250 espiras. El núcleo magnético está formado por chapa de acero al silicio con un espesor de 15 mm. Calcula la corriente que debe circular por la bobina para que se establezca un flujo constante en el núcleo de 0,225 mWb.

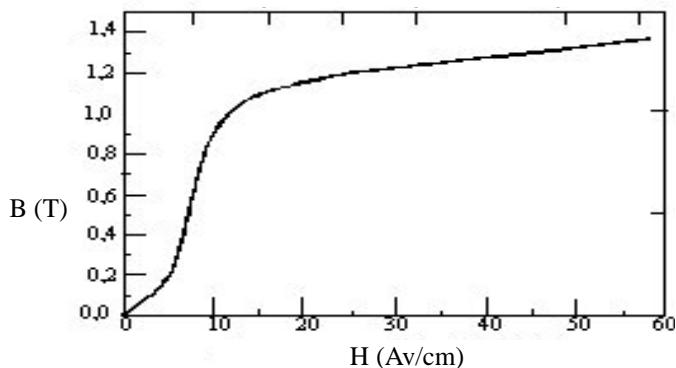
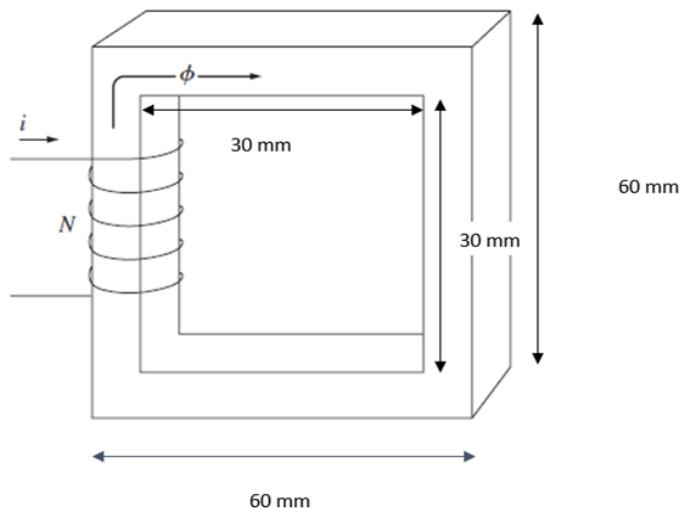


Figura 1.- Curva de magnetización del material

Datos:

$$N = 250$$

$$e = 0,015 \text{ m}$$

$$\Phi = 0,225 \text{ mWb}$$

Calculamos la sección del circuito y su longitud media:

$$A = 0,015 \cdot 0,015 = 0,225 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

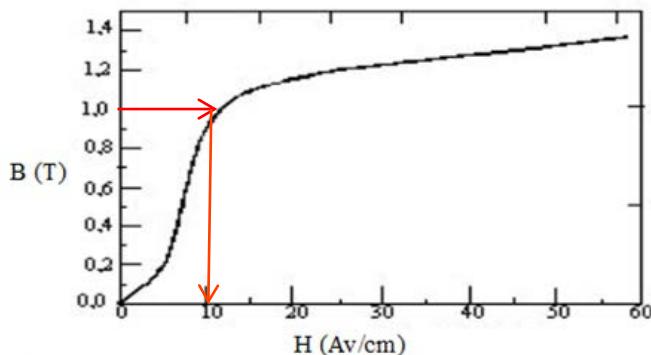
$$l_1 = 4 \cdot (60 - ((60-30)/2)) = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$$

Las ecuaciones del circuito son las siguientes:

$$NI = Hn \cdot l_1$$

$$B = \Phi / A = 0,225 \cdot 10^{-3} / 0,225 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ T}$$

y entrando en la curva B-H



Obtenemos un valor aproximado de Hn de 1000 Av/m, luego:

$$NI = Hn \cdot l_1$$

$$250 \cdot I = 1000 \cdot 0,18$$

$$\text{De donde } I = 0,72 \text{ A}$$

P5.- Dado el núcleo magnético de la figura en el que existen 3 partes diferenciadas:

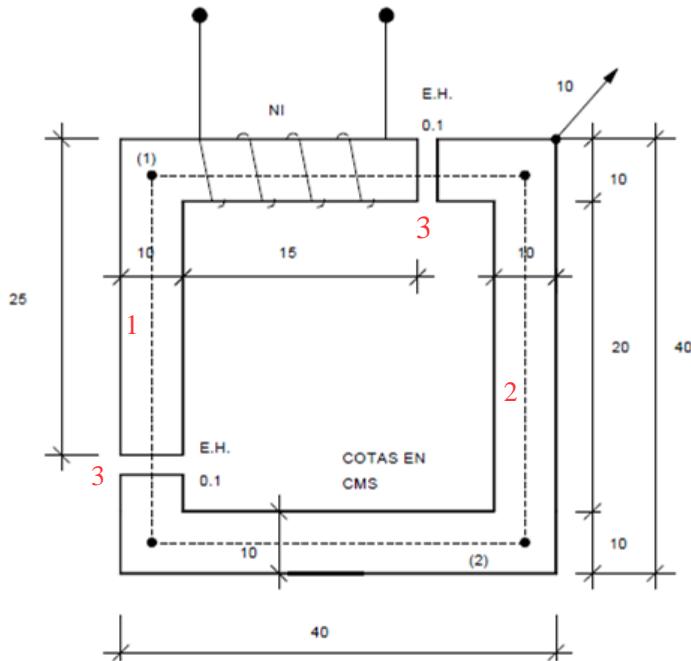
Parte 1 núcleo de permeabilidad relativa $\mu_{r1} = 4000$

Parte 2 núcleo de permeabilidad relativa $\mu_{r2} = 3000$

Parte 3 entrehierros de permeabilidad relativa $\mu_{r3} = 1$

Determina el valor de la fuerza magnetomotriz necesaria para que el flujo en el entrehierro sea de

$1,2 \cdot 10^{-2}$ Wb suponiendo que no hay dispersión. Datos: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A.



La fuerza magnetomotriz del circuito se puede definir

$$f.m.m. = \sum liHi$$

El valor de la intensidad de campo magnético dependerá de la permeabilidad de los diferentes materiales del circuito y del campo magnético B generado por el flujo que permanecerá constante al no haber dispersión.

Con el dato del flujo en el entrehierro y conociendo la sección podemos calcular el campo magnético

$$B = \Phi / A = 1,20 \cdot 10^{-2} / 0,1^2 = 1,2 \text{ T}$$

donde la sección se ha obtenido de las dimensiones indicada en la figura 10 cm de ancho y 10 de profundo.

El valor de la intensidad de campo magnético H en cada tipo de material vendrá dado por la expresión:

$H = B / (\mu_0 \mu_r)$ considerando las permeabilidades relativas de cada material tenemos

$$H_1 = 238,73 \text{ Av/m}$$

$$H_2 = 318,31 \text{ Av/m}$$

$$H_3 = 954929,65 \text{ Av/m}$$

siendo las longitudes medias de cada tramo del circuito

$$l_1 = 25-5+15+5 = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$l_2 = 40-10+40-10-0,2+40-25-5+40-25-5 = 79,8 \text{ cm} = 0,798 \text{ m}$$

$$l_3 = 2*0,1 = 0,2 \text{ cm} = 0,002 \text{ m}$$

luego

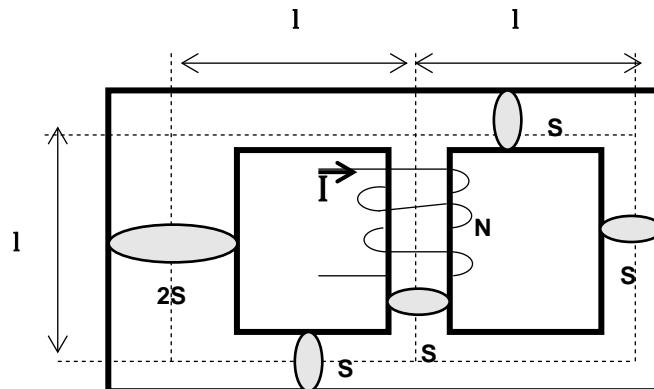
$$f.m.m. = \sum l_i H_i = 238,73*0,4 + 318,31*0,798 + 954929,65*0,002 = 2259,36 \text{ Av}$$

P6.- Calcular la intensidad que debe aplicarse al circuito magnético de la figura para establecer en la columna derecha un flujo de 10^{-3} Wb y el valor del flujo en el brazo central del circuito en estas condiciones. La permeabilidad relativa del material del núcleo es $\mu_r = 400$, siendo los valores de las secciones y las longitudes los indicados en la figura con $S = 10 \text{ cm}^2$ y $l = 10 \text{ cm}$.

Datos

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$N = 150 \text{ espiras}$$



Calculamos por el método del equivalente eléctrico determinando las reluctancias para cada sección:

$$R_{\text{rama derecha}} = 3l / S\mu = 3 * 0,1 / (10 * 10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = 598631 \text{ Av Wb}^{-1} = 3R$$

$$R_{\text{rama central}} = l / S\mu = 0,1 / (10 * 10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = 198944 \text{ Av Wb}^{-1} = R$$

$$R_{\text{rama izquierda}} = l / 2S\mu + 2l / S\mu = 0,1 / (2 * 10 * 10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) + 2 * 0,1 / (10 * 10^{-4} * 400 * 4\pi * 10^{-7}) = \\ = 497359 \text{ Av Wb}^{-1} = 2,5R$$

Las ecuaciones que se pueden plantear en el circuito son las siguientes:

$$\Phi_{Rama\ central} = \Phi_{Rama\ derecha} + \Phi_{Rama\ izquierda} \ (*)$$

$$fmm = NI = \Phi_{Rama\ central} R_{Rama\ central} + \Phi_{Rama\ derecha} R_{Rama\ derecha} = \Phi_{Rama\ central} R + \Phi_{Rama\ derecha} 3R \ (**)$$

$$fmm = NI = \Phi_{Rama\ central} R_{Rama\ central} + \Phi_{Rama\ izquierda} R_{Rama\ izquierda} = \Phi_{Rama\ central} R + \Phi_{Rama\ izquierda} 2,5R$$

luego:

$$\Phi_{Rama\ derecha} 3 = \Phi_{Rama\ izquierda} 2,5$$

Sustituyendo en (*)

$$\Phi_{Rama\ central} = 2,2 \Phi_{Rama\ derecha}$$

Y sustituyendo en (**)

$$fmm = NI = 2,2 \Phi_{Rama\ derecha} R + \Phi_{Rama\ derecha} 3R = 5,2R \Phi_{Rama\ derecha}$$

Sustituyendo valores:

$$150*I = 5,2*198944*10^{-3}$$

Despejando:

$$I = 6,89 A$$

Y sustituyendo valores en (**) podemos calcular el flujo en el brazo central:

$$150*6,89 = \Phi_{Rama\ central} 198944 + 10^{-3}*3*198944$$

$$\Phi_{Rama\ central} = 0,0022 Wb$$