

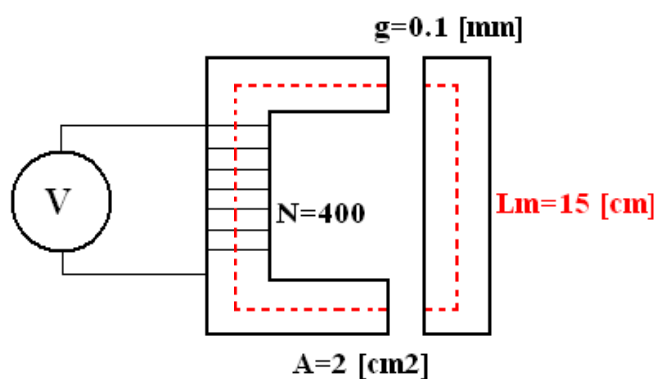
EL42C –Conversión Electromecánica de la Energía
Pauta Control 1

Pregunta 2

Pauta por: Eduardo Zamora

Parte a)

Se tiene el siguiente circuito magnético



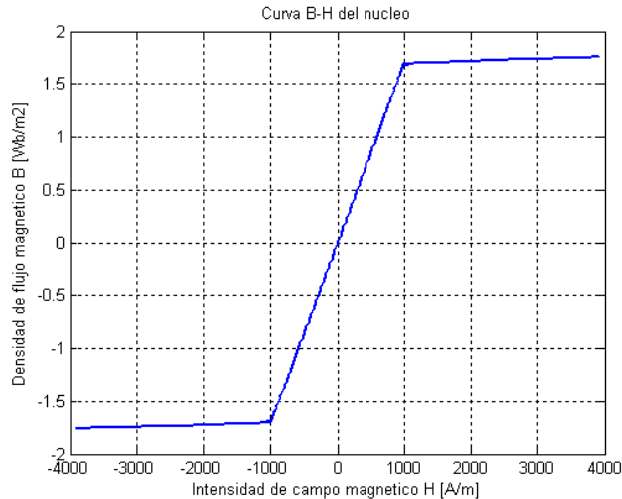
Área del núcleo	:	0.0002 [m²]	
Entrehierro	:	0.0001 [m]	
Longitud media	:	0.15 [m]	sin considerar entrehierros
Vueltas del enrollado	:	400	
Resistencia enrollado	:	R	

Genéricamente se puede plantear la ecuación:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = N * I \quad (1)$$

Por la continuidad de la componente normal de la densidad de flujo B, este es igual en el núcleo y en el entrehierro. Esto lleva a que la intensidad magnética H sea diferente en ambos medios.

En el núcleo, se tiene la siguiente curva B-H:



Que puede representarse más cómodamente como H en función de B:

$$H(B) = \begin{cases} \frac{1000}{1.7} * B & \text{si } 0 \leq B \leq 1.7 \\ 1000 + \frac{6000 - 1000}{1.8 - 1.7} * (B - 1.7) & \text{si } B > 1.7 \\ -H(-B) & \text{si } B < 0 \end{cases} \quad (2)$$

De esta forma podemos plantear la ecuación (1) como:

$$N * I = 2g * \frac{B}{\mu_0} + L_m * H(B) \quad (3)$$

Caso 1: Si $V = \sqrt{2} * 25 \sin(80\pi * t)$ y $R = 0$.

$$V = N \frac{\partial \phi}{\partial t} \Rightarrow \phi = \frac{1}{N} \int V dt$$

Con lo que se tiene que el flujo por el núcleo en régimen permanente es:

$$\phi(t) = -3.516861 * 10^{-4} \cos(80\pi t) \text{ [Wb]} \quad (4)$$

Y como el área del núcleo es de 2 cm^2 , la densidad de flujo es:

$$B(t) = -1.758430 \cos(80\pi t) \text{ [T]} \quad (5)$$

Se observa que B es sinusoidal de amplitud superior a 1.7, por lo cual se tiene que para los intervalos en que se supere este valor, el núcleo operará en saturación.

$$|B(t)| > 1.7$$

El momento en que el núcleo se satura es:

$$t_s = \frac{1}{80\pi} \arccos\left(\frac{1.7}{1.75843}\right) = 1.0286[ms]$$

Y los intervalos de saturación toman la forma:

$$\left(k * \frac{T}{2} - t_s; k * \frac{T}{2} + t_s\right) \quad k \in \mathbb{Z} \quad \text{donde } T \text{ es el período de la senoide}$$

Luego, en la ecuación (3) es posible despejar que para los intervalos sin saturación:

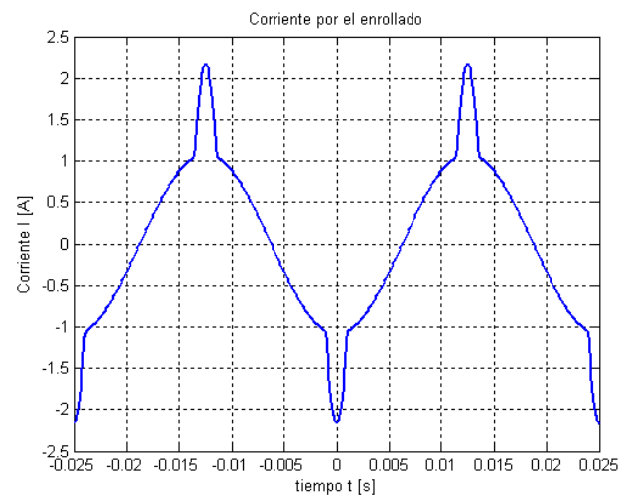
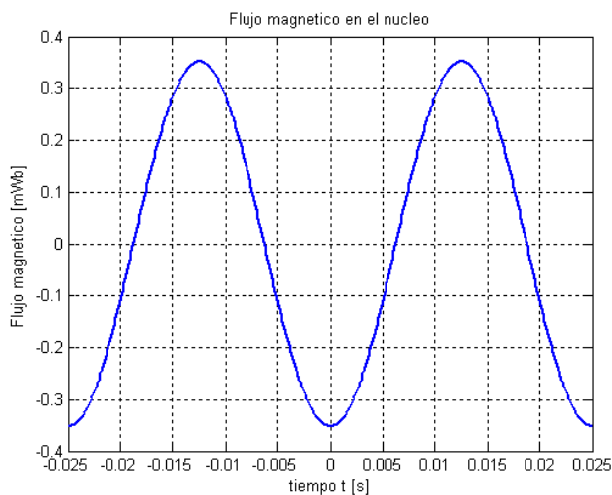
$$I(t) = -1.087546 \cdot \cos(80\pi t) [A]$$

Y con saturación:

$$I(t) = \frac{1}{N} \left(\frac{2gB(t)}{\mu_0} + L_m (1000 + 50000B(t) - 85000) \right) \quad \text{donde } B(t) \text{ viene de (5)}$$

$$I(B_{\max} = 1.75843) = 2.1702 [A]$$

Luego, de estas dos últimas relaciones, y de (4) se pueden obtener la corriente de enrollado y el flujo magnético por el núcleo:



Caso 2: $V = 2[V]$ continuos y $R = 1[\Omega]$

En régimen permanente se tendrá $I = 2 [A]$.

Para esta condición, utilizando (3) y suponiendo saturación:

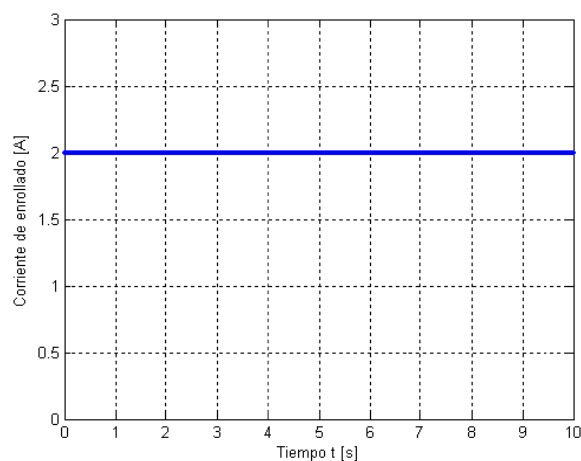
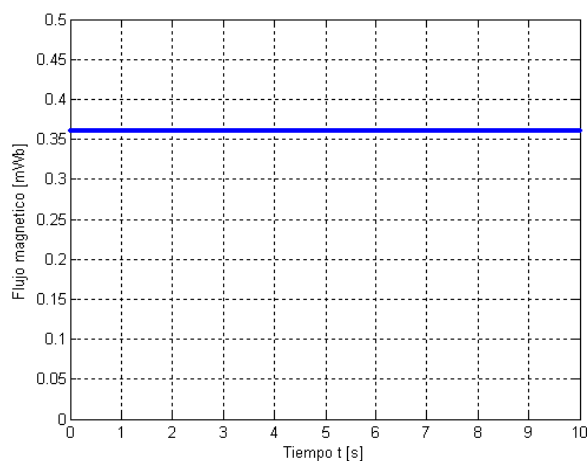
$$400 * 2 = \frac{2gB}{\mu_0} + L_m * (1000 + 50000(B - 1.7))$$

$$B = 1.801765 \text{ [Wb/m}^2\text{]}$$

$$\phi = 0.360353 \text{ [mWb]}$$

Obs: Se puede suponer zona lineal, llegando a un B fuera de la zona lineal, lo que lleva a descartar esta opción.

Así, se obtienen el flujo magnético en el núcleo y la corriente de enrollado respectivamente.

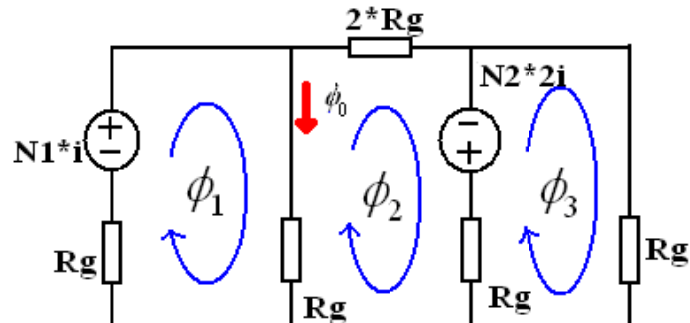


Parte b)

Dado que la permeabilidad magnética del núcleo es infinita, solo los entrehierros poseen reluctancia R_g , dada por:

$$R_g = \frac{g}{A\mu_0} = 795.77 \cdot 10^3 \text{ [A/Wb]}$$

Considerando correctamente el sentido de los enrollados, se tiene el siguiente circuito de reluctancias equivalente:



De acuerdo a la figura, se pueden plantear las siguientes ecuaciones de malla:

$$(1) \quad N_1 * I = (\phi_1 - \phi_2) * R_g + \phi_1 * R_g$$

$$(2) \quad 2N_2 * I = (\phi_2 - \phi_1) * R_g + \phi_2 * 2R_g + (\phi_2 - \phi_3) * R_g$$

$$(3) \quad -2N_2 * I = \phi_3 * R_g + (\phi_3 - \phi_2) * R_g$$

i) $\phi_0 = 0$. Podemos expresar $\phi_0 = \phi_1 - \phi_2$. Con esto las ecuaciones quedan:

$$(1') \quad N_1 * I = \phi_1 * R_g$$

$$(2') \quad 2N_2 * I = 3\phi_2 * R_g - \phi_3 * R_g$$

$$(3') \quad -2N_2 * I = -\phi_2 * R_g + 2\phi_3 * R_g$$

Así se puede despejar los valores de flujo

$$\phi_1 = \frac{N_1 * I}{R_g} \quad \phi_2 = \frac{2}{5} * \frac{N_2 * I}{R_g} \quad \phi_3 = \frac{-4}{5} * \frac{N_2 * I}{R_g}$$

Recordando $\phi_1 = \phi_2$ se obtiene la razón de vueltas que permite tener la condición impuesta.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{5}$$

ii) Para $I = 200$ [mA], $A = 1$ [cm²], $g = 0.1$ [mm] y $N_2 = 500$ vueltas, bajo la condición anterior $N_1 = 200$ vueltas. Como ya se tienen los flujos, para obtener la densidad de flujo solo hace falta dividir por el área del núcleo y evaluar:

$$B_1 = B_2 = \phi_1 / A = 0.502658$$
 [T]

$$B_3 = \phi_3 / A = -1.005316$$
 [T]