

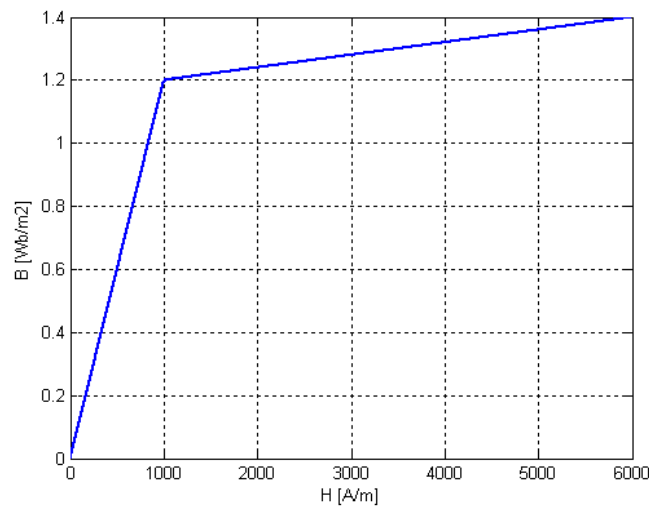
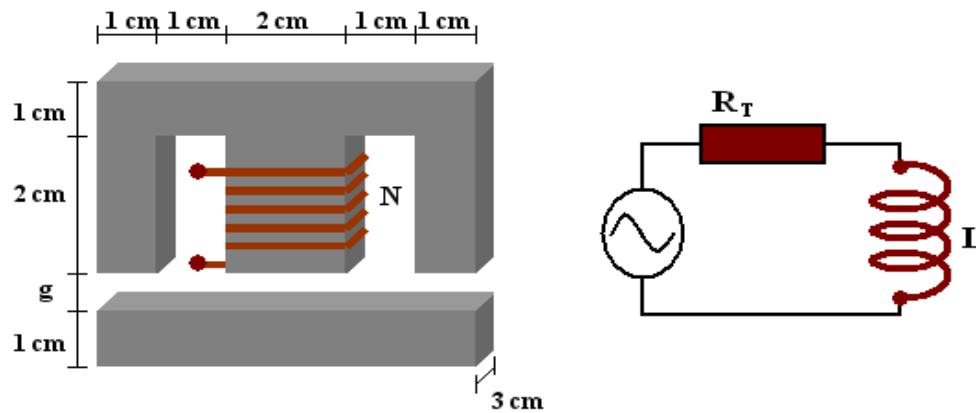
EL42C –Conversión Electromecánica de la Energía

Pauta Control 1

Problema 1

Pauta por: Eduardo Zamora

El ballast que se desea diseñar tiene las siguientes características:



- a) Sea la impedancia del conjunto $Z = R_T + j2\pi fL$. Dado que el factor de potencia, se puede calcular el ángulo de la impedancia:

$$\cos(\phi) = 0.7 \Rightarrow \phi = 45.57^\circ$$

Con esto se puede calcular la reactancia:

$$\begin{aligned} \tan \phi &= \frac{2\pi fL}{R_T} \Rightarrow L = 150 \cdot \frac{\tan(45.57^\circ)}{2\pi 60} = 0.4059[H] \\ \Rightarrow Z &= 150 + j153.0146 = 214.2743 \angle 45.57^\circ [\Omega] \end{aligned}$$

De esta forma se obtienen la corriente y la potencia aparente:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{110 \angle 0^\circ}{214.2743 \angle 45.57^\circ} = 0.5134 \angle -45.57^\circ [A]$$

$$S = \frac{|V|^2}{Z^*} = \frac{110^2}{214.2743 \angle -45.57^\circ} = 39.6012 + j40.2563 [VA]$$

Finalmente se tiene que para el régimen permanente:

$$I = 0.5134 [A]$$

$$P = 39.6012 [W]$$

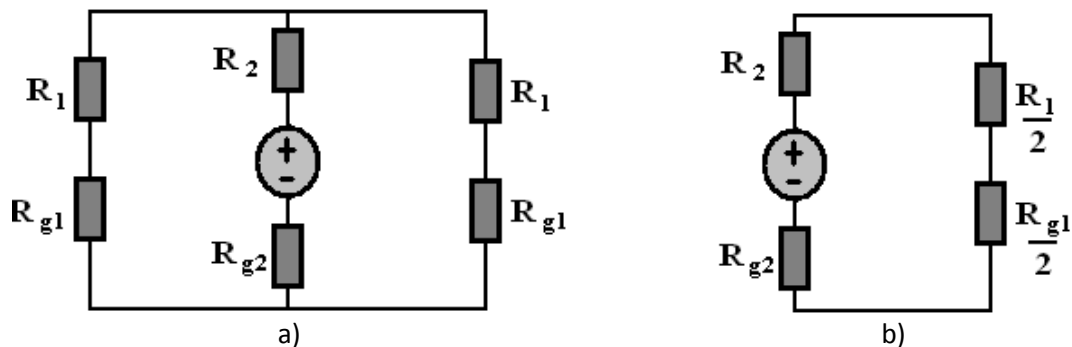
- b) En primer lugar, calculamos a qué voltaje está sometido el ballast en régimen permanente, por un divisor de tensión:

$$|V_L| = \left| \frac{j2\pi fL}{150 + j2\pi fL} \right| \cdot 110 = \frac{153.0146}{\sqrt{150^2 + 153.0146^2}} \cdot 110 = 78.5517 [V]$$

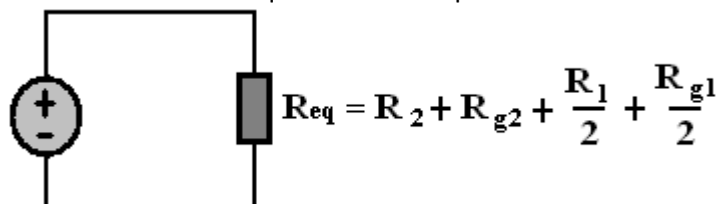
Con este voltaje efectivo se puede aplicar la relación que determina la máxima densidad de flujo en el núcleo magnético. Notar que se considera la sección central, ya que por esta circula la totalidad del flujo.

$$V_L = 4.44 \cdot N \cdot f \cdot A \cdot B_{\max} \Rightarrow N = \frac{78.5517}{4.44 \cdot 60 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \cdot 1.15} = 427.3388 \approx 427 [vueltas]$$

Para calcular el entrehierro necesario, nos valemos del hecho que el circuito opera en zona lineal bajo estos requerimientos, por lo que se puede usar un circuito equivalente de reluctancias.



Debido a que el brazo izquierdo y derecho del ballast son idénticos, el circuito a) puede reducirse al de b). Finalmente se puede obtener una reluctancia equivalente vista por la bobina:



Donde:

$$\begin{aligned}\mathcal{R}_1 &= \frac{8 \cdot 10^{-2}}{1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 222222.2222 \left[\frac{A}{Wb} \right] \\ \mathcal{R}_2 &= \frac{3 \cdot 10^{-2}}{1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = 41666.6667 \left[\frac{A}{Wb} \right] \\ \mathcal{R}_{g1} &= \frac{g}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 2652582385g \left[\frac{A}{Wb} \right] \\ \mathcal{R}_{g2} &= \frac{g}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = 1326291192g \left[\frac{A}{Wb} \right]\end{aligned}$$

Finalmente usamos la ecuación para la inductancia de un circuito magnético en zona lineal:

$$L = \frac{N^2}{\mathcal{R}_{eq}} \Rightarrow \mathcal{R}_{eq}(g) = \frac{N^2}{L} = \frac{427^2}{0.4059} = 449196.8465 \left[\frac{A}{Wb} \right]$$

Resolviendo con la expresión encontrada para la reluctancia equivalente en función de g :

$$g = 0.1117[mm]$$

- c) Si se lleva la frecuencia a $50[Hz]$, dado que se está operando muy cerca del codo de saturación, es probable que la densidad de flujo magnético se eleve por sobre los $1.2 \left[\frac{Wb}{m^2} \right]$.

$$V_L = 4.44 \cdot A \cdot N \cdot f \cdot B_{m\acute{a}x}$$

Manteniendo todo el resto constante, si f disminuye a $50[Hz]$, $B_{m\acute{a}x}$ sube de forma inversamente proporcional hasta $1.38 \left[\frac{Wb}{m^2} \right]$. Con esto el material se satura y deforma la onda de corriente, haciendo que su máximo se eleve.

Cabe destacar que este resultado no es definitivo, ya que al crecer la corriente (pues cambió su forma), es mayor la caída de tensión en R_T , con lo cual V_L disminuye. El valor en el que finalmente satura es difícil de calcular, pero es menor a $1.38 \left[\frac{Wb}{m^2} \right]$ dada la disminución de V_L .

Lo importante de rescatar es que al caer la frecuencia (con voltaje de bobina constante), en general aumenta la densidad de flujo (especialmente si la componente resistiva es despreciable, como podría ser un transformador en vacío). Al aumentar B crece el campo magnético H , y consecuentemente, por ley de Ampère, la corriente. Si se entra en saturación, la corriente crece de forma importante pudiendo dañar los equipos.