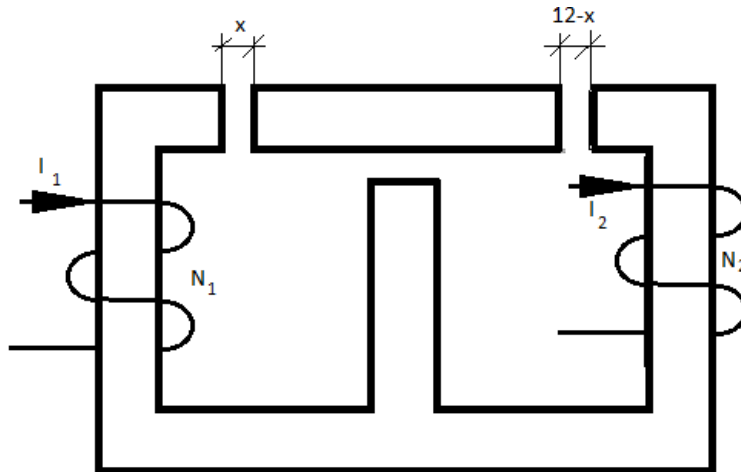


El circuito magnético de la figura dispone de una pieza libre de moverse y de dos bobinas. El máximo recorrido de la pieza es de 12 cm. El número de espiras de la bobina de la izquierda y de la bobina de la derecha son  $N_1=200$  y  $N_2=400$  respectivamente. La sección del circuito magnético (igual en todas las partes) es de  $16 \text{ cm}^2$ .

El espesor entrehierro entre la pieza móvil y la columna central se considera despreciable. También se desprecia la reluctancia del hierro.

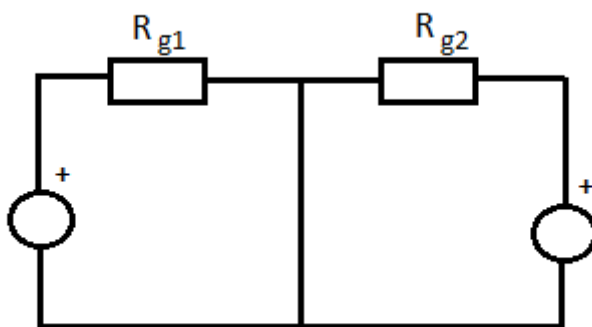
Las bobinas están alimentadas en corriente continua y las intensidades por las bobinas de la izquierda son y de la derecha, respectivamente  $i_1=7 \text{ A}$  e  $i_2=5 \text{ A}$ . La permeabilidad relativa del hierro se toma constante e igual a 500. calcular:

- 1) La inductancias propias e inductancias mutuas de las bobinas
- 2) Energía magnética almacenada con las corrientes indicadas
- 3) Posición de equilibrio de la pieza móvil para dicho valor de las corrientes
- 4) Fuerza ejercida sobre la pieza móvil si  $x=3 \text{ cm}$ . Sentido de dicha fuerza.



Solución

Despreciando la reluctancia del hierro y el espesor , el circuito eléctrico dual del circuito magnético de la figura es:



Las reluctancias son



$$\mathfrak{R}_{g1} = \frac{1}{\mu_0} \frac{l}{S} = \frac{1}{4\pi 10^{-7}} \frac{x \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 4.973.590x \text{ H}^{-1}$$

$$\mathfrak{R}_{g2} = \frac{1}{\mu_0} \frac{l}{S} = \frac{1}{4\pi 10^{-7}} \frac{(12-x) \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 59.683.104 - 4.973.590x \text{ H}^{-1}$$

La reluctancia vista desde la bobina de la izquierda es  $R_{g1}$ , pues  $R_{g2}$  está cortocircuitada por la columna central. Por tanto, la inductancia propia de la bobina de la izquierda es

$$L_{izda} = \frac{N_1^2}{\mathfrak{R}_{g1}} = \frac{200^2}{4973590 \cdot x} = \frac{1}{124,34 \cdot x}$$

Cuando se alimenta la bobina de la izquierda con una corriente, el flujo creado atraviesa la columna de la izquierda y retorna por la central sin derivarse por la columna de la derecha, ya que la columna central tiene una reluctancia nula

$$\Phi_{der} = 0$$

Por tanto la inductancia mutua entre la bobina de la derecha y la de la izquierda será

$$M = \frac{N_2 \Phi_{der}}{I_1} = 0$$

La reluctancia vista desde la bobina de la derecha es  $R_{g2}$ , pues  $R_{g1}$  está cortocircuitada por la columna central. Por tanto, la inductancia propia de la bobina de la derecha es

$$L_{der} = \frac{N_2^2}{\mathfrak{R}_{g2}} = \frac{400^2}{59683104 - 4973590 \cdot x} = \frac{1}{373,02 - 31,08x}$$

#### Apartado 2: Energía magnética almacenada

$$W = \frac{1}{2} L_{izq} I_1^2 + \frac{1}{2} L_{der} I_2^2 + M I_1 I_2$$

Sustituyendo

$$W = \frac{1}{2} \frac{1}{124,34 \cdot x} 7^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{373 - 31,08 \cdot x} 5^2 + 0$$

$$W = \frac{1}{5,075 \cdot x} + \frac{1}{29,84 - 2,486 \cdot x}$$

Apartado 3: Posición de equilibrio de la pieza para esas corrientes

Para obtener la posición de equilibrio de la pieza obtendremos para qué valor de  $x$  la pieza está sometida a una fuerza nula.

$$F = \frac{dW}{dx} = -\frac{1}{5,075 \cdot x^2} + \frac{2,486}{(29,84 - 2,486 \cdot x)^2}$$

$$F = \frac{-(29,84 - 2,486 \cdot x)^2 + 2,486 \cdot 5,075 \cdot x^2}{(29,84 - 2,486 \cdot x)^2 \cdot 5,075 \cdot x^2}$$

El valor de  $x$  preciso para que la fuerza sea cero debe cumplir la ecuación

$$-(29,84 - 2,486 \cdot x)^2 + 2,486 \cdot 5,075 \cdot x^2 = 0$$

$$6,44x^2 + 74,18x - 890 = 0$$

Con lo cual la posición de equilibrio para esas corrientes es  $x=4,94$  cm.

Apartado 4: Fuerza para  $x=3$  con esas corrientes

Sustituyendo

$$F = -\frac{1}{5,075 \cdot 3^2} + \frac{2,486}{(29,84 - 2,486 \cdot 3)^2} = -0,022 + 0,0049 = -0,017 \text{ N}$$

Las fuerzas ejercidas por ambas bobinas llevan sentidos opuestos. La bobina de la izquierda tiende a hacer cero el entrehierro de la izquierda, mientras que la bobina de la derecha tiende a hacer cero el entrehierro de la derecha.

Las fuerzas son tanto mayores cuanto menor es el entrehierro respectivo, por eso la fuerza resultante va hacia la derecha, de forma que el sistema se aleja de la posición de equilibrio.