

Máquinas Eléctricas

Práctico 3

Conversión Electromecánica de Energía

IIE - Facultad de Ingeniería - Universidad de la República

Problema 1

- Entre las piezas polares planas de un electroimán se tiene un campo uniforme de inducción magnética en el aire de valor $1,0T$. El entrehierro es de $5mm$ y las piezas polares tienen una superficie de $5cm^2$. Calcular la fuerza que se ejerce entre las piezas polares.
- Indicar la fuerza que se tendría si en las condiciones anteriores el entrehierro fuese de $10mm$. ¿Y si fuese de $10cm$? Explicar qué sucede en la realidad con la fuerza de ese electroimán y dónde fallan las hipótesis de cálculo.

Problema 2

Se tiene el dispositivo indicado en la figura. Se trata de un electroimán con simetría de revolución, cuyo núcleo móvil de hierro, de forma cilíndrica de radio R , puede moverse por efecto de la corriente que circule por el bobinado de N espiras. Observar que el circuito magnético posee, además del entrehierro dado por el desplazamiento x del núcleo móvil, otro entrehierro de forma anular dado por la distancia g existente entre el núcleo móvil y la carcasa de hierro del electroimán. Se supondrá que la permeabilidad magnética del hierro es infinita y que $g \ll R$.

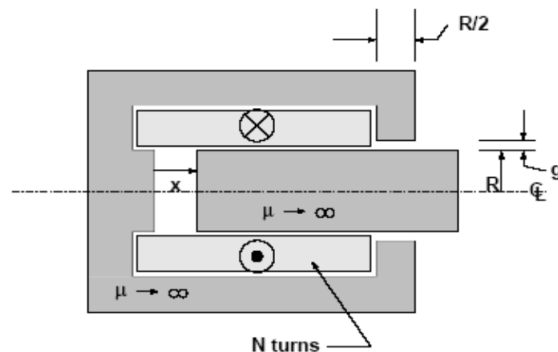


Figura 1: Esquema Problema 2.

Se pide:

- Determinar la expresión de la autoinductancia $L(x)$ de dicho dispositivo.
- Suponiendo que circula una corriente i por el bobinado, determinar la expresión de la fuerza de origen magnético que mantiene “pegado” al núcleo móvil ($x = 0$).

Problema 3

Se tiene un dispositivo de sustentación magnética como se indica en la figura de la izquierda. Un núcleo móvil (Moving Yoke) de hierro, de longitud L , porta un bobinado (coil) de N espiras alimentado por una corriente I , que sirve para sustentar una carga (no representada), mediante su fuerza de atracción magnética con un riel fijo (Fixed Rail) de hierro, de longitud mucho mayor, y puede desplazarse en el sentido de la longitud del riel (Direction of Motion). No se representan los sistemas de guía de la parte móvil y que mantienen el entrehierro g de valor constante.

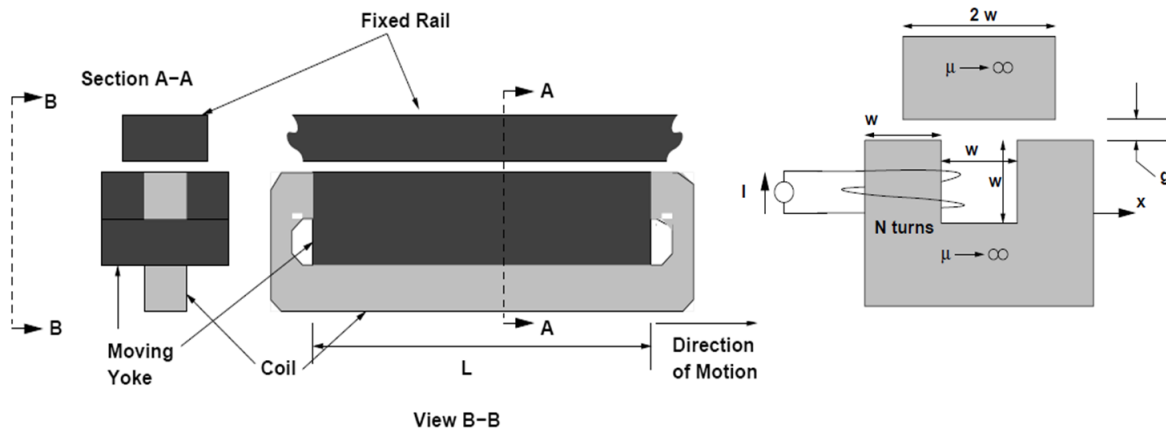


Figura 2: Esquema Problema 3.

En la figura de la derecha se da un esquema con mayor detalle de las dimensiones del núcleo móvil, que se encuentra separado del riel por un entrehierro de longitud g . En condiciones normales el núcleo móvil se encuentra centrado lateralmente respecto del riel, de ancho $2w$ ($x = 0$ en la figura de la derecha). En esa situación, el entrehierro tiene un ancho de $w/2$ de cada lado del núcleo móvil. El hierro se supondrá de permeabilidad infinita. Datos: $L = 0,5m$, $w = 0,1m$, $g = 0,01m$

Se pide:

- Calcular la inducción B requerida en el entrehierro y la cantidad de Ampere-vueltas NI necesarias para sustentar una fuerza de $50kN$, con el núcleo centrado lateralmente ($x = 0$).
- Calcular la inductancia $L(g, x)$ de este dispositivo y la fuerza lateral $F(x)$ que se ejerce sobre el núcleo móvil si, manteniéndose constante el entrehierro g , se produce un desplazamiento lateral x respecto del eje de simetría del riel. Mostrar que esa fuerza tiende a mantener centrado el núcleo.

Problema 4

Se tiene el dispositivo indicado en la figura de la izquierda. Una bobina de forma rectangular (ancho $=w$, profundidad $=b$) que posee N_c espiras recorridas por la corriente I_c (impuesta externamente) puede moverse solamente en forma horizontal (coordenada x) en el entrehierro de un núcleo magnético de permeabilidad supuesta infinita. Las dimensiones del entrehierro son: longitud $=g$, ancho $=a$ (con $a \leq w$), y profundidad $=b$. Se despreciará todo flujo fuera del entrehierro. Se asumirá que el campo magnético en el entrehierro está siempre dirigido verticalmente, en forma ortogonal con las superficies de éste.

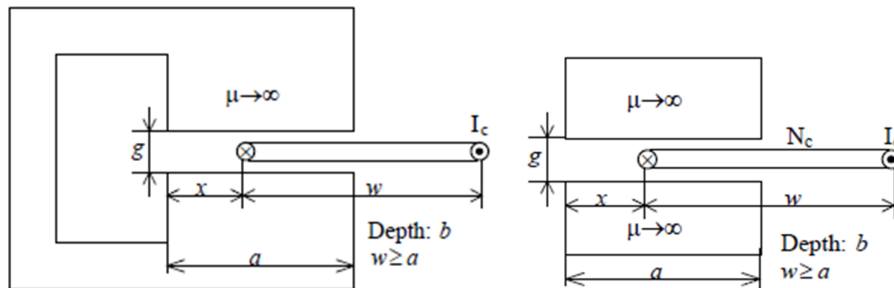


Figura 3: Esquema Problema 4.

Se pide:

- Determinar la expresión de la autoinductancia $L(x)$ de la bobina y calcular la fuerza horizontal F_x que resulta aplicada sobre la misma por efecto del circuito magnético.
- El núcleo magnético está constituido por diferentes piezas, y ahora se desarma, quedando sólo las piezas polares a un lado y otro de la bobina como se indica en la figura de la derecha, sin modificarse las dimensiones geométricas ni la corriente de la bobina. Determinar en estas condiciones el nuevo valor de la fuerza F_x aplicada sobre la bobina.
- Suponiendo que en las condiciones de a) la bobina tenía un tope en su desplazamiento hacia la izquierda de la figura que hacía que siempre fuese $x = 0$, indicar si por efecto del desarmado del núcleo como en b) la bobina se desplaza, y si alcanza un nuevo punto de equilibrio.

Problema 5

Se tiene el dispositivo de simetría cilíndrica de eje horizontal representado en la figura. Dicho dispositivo se encuentra excitado por un imán permanente PM de Neodimio (Nd-Fe-B) con sus polos N y S como se indica en la figura. El entrehierro es de forma cilíndrica anular, de espesor g , radio medio r , y largo b . Una bobina de N espiras de forma circular, de radio r y espesor despreciable, puede desplazarse en forma horizontal a lo largo del entrehierro, siendo su posición identificada por la coordenada x ($b \geq x \geq 0$). Se supondrá que el núcleo magnético de hierro es de permeabilidad infinita. El flujo en el entrehierro se supondrá en todos los casos estrictamente radial, y se despreciarán las fugas. La inducción creada en el entrehierro por PM se supondrá radial y de valor constante B_m en todo punto del entrehierro. La longitud de PM es muy superior a g .

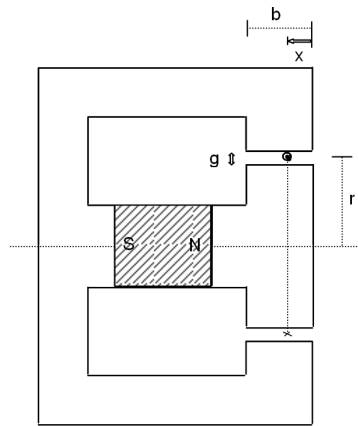


Figura 4: Esquema Problema 5.

Se pide:

- Suponiendo que la bobina conduce una corriente i en el sentido indicado en la figura, expresar el flujo total $\Psi(i, x)$ enlazado por la bobina en la posición x . Observar que para cualquier posición x ($b > x > 0$), la bobina es de núcleo de hierro. Observar también que si $x = 0$, 0% del flujo creado por PM atraviesa la bobina, y que si $x = b$, 100% del flujo de PM atraviesa la bobina.
- Calcular la co-energía magnética almacenada W'_s en la posición x para la corriente i , y la fuerza de origen magnético F_m ejercida sobre la bobina en esas condiciones, suponiendo que x e i son variables independientes.
- Si la bobina está cortocircuitada sobre sí misma y es de resistencia propia R , escribir la ecuación que vincula la posición x con la corriente i . ¿Cuánto vale i si la bobina se mantiene fija ($x = cte.$)?
- Expresar cómo cambiarían los resultados anteriores si PM estuviese montado con sus polos N y S invertidos respecto de la posición indicada en la figura.

Notas

- i Se podrá resolver admitiendo como primera aproximación que la inductancia propia L de la bobina móvil es independiente de la posición x . Con un cálculo más preciso se puede calcular el valor de dicha inductancia L y su dependencia de x , analizando bajo qué condiciones es razonable asumir la hipótesis de L independiente de x .
- ii Observar que al tratarse de un sistema donde una parte de la excitación magnética proviene de un imán permanente, no es válido el resultado general del cálculo de fuerzas sólo a partir de las inductancias del dispositivo.

Problema 6

El dispositivo de la figura es un mando electromecánico que controla el movimiento mecánico de un vástago por medio de una señal eléctrica. Se supondrá hierro ideal, permeabilidad del latón igual a la del aire. Se desprecia los campos en los bordes pues $x+d \ll A$. La carga del vástago se simula por un resorte de constante K y un amortiguador de coeficiente D . Se supone que el dispositivo es cilíndrico y que la figura es un corte transversal. La bobina tiene N espiras y resistencia R_c . El vástago tiene una masa M actuando la gravedad hacia abajo. Todas las unidades son del MKS .

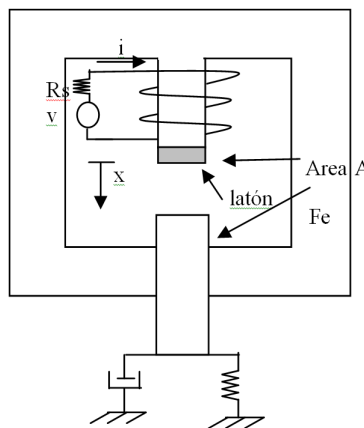


Figura 5: Esquema Problema 6.

Se pide:

- a) Determinar las ecuaciones de equilibrio.
- b) Suponiendo $V(t) = cte = V_o$. Determinar $X_o(V_o)$, $I(V_o)$.
- c) Sean $f_1(x) = Mg - \frac{X_o - b}{K}$; $f_2(X_o, V_o) = \frac{aV_o^2}{(R_s + R_c)^2(d + X_o)^2}$; $a = \frac{\mu_0 N^2 A}{2}$
Representar f_1 y f_2 en función de X_o con V_o como parámetro y $b =$ posición del vástago con muelle distendido (sin tensión).
- d) Tomando la parte anterior como referencia trazar $X_o(V_o)$ y determinar el movimiento del vástago cuando V_o varía lentamente entre 0 e infinito y luego entre infinito y 0. Hallar los $V_o = V_e$ y $V_o = V_d$ que "excitan" y "desexcitan" el dispositivo si fuera usado como relé. Determinar el llamado ciclo de histéresis del relé.