

Fuerza electromotriz inducida en una bobina de un generador de flujo axial

Un generador de flujo axial es el que posee un campo magnético paralelo al eje de giro. Por su sencillez de construcción, es el más usado en aerogeneradores “caseros”. Consiste en un disco de hierro, en cuya superficie, y cerca del borde del mismo, van “pegados” los imanes, como se aprecia en el dibujo siguiente:

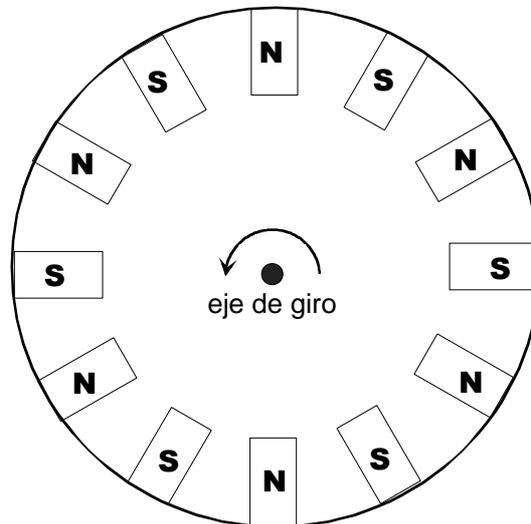


Figura 1

Estos imanes giran por delante de un grupo de bobinas de N espiras cada una, que en el caso de un generador monofásico, coincide en número con el número de imanes.

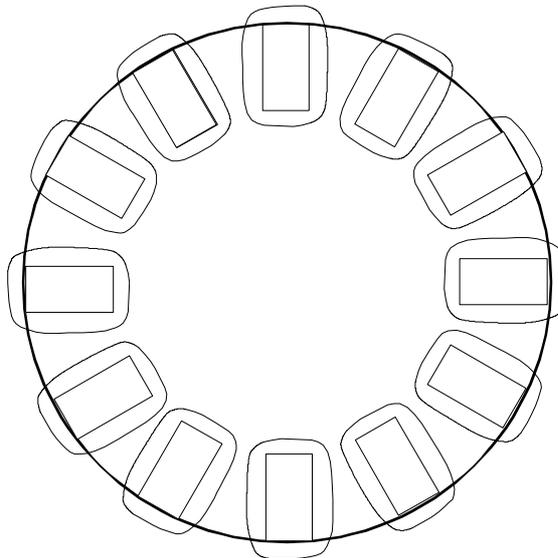


Figura 2

La fuerza electromotriz inducida en cada una de las bobinas de este generador, se puede obtener a partir de la expresión de Lorentz, (fem inducida en un conductor móvil en el seno de un campo magnético) puesto que aunque, son los imanes los que se

mueven realmente por delante de las bobinas, puede considerarse que éstos están quietos y son las bobinas las que giran en el sentido contrario, enfrente de los imanes. En primer lugar obtendremos la fem inducida en un segmento conductor que se mueve con un movimiento circular en el seno de un campo magnético paralelo al eje de giro (perpendicular al círculo).

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \oint v B dl = \oint \omega r B dl = \omega B \int_{R_1}^{R_2} r dr = \\ &= \omega B \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} = \omega B \frac{(R_2 - R_1)(R_2 + R_1)}{2} \\ \varepsilon &= \omega B \frac{(R_2 + R_1)}{2} L \end{aligned} \quad (1)$$

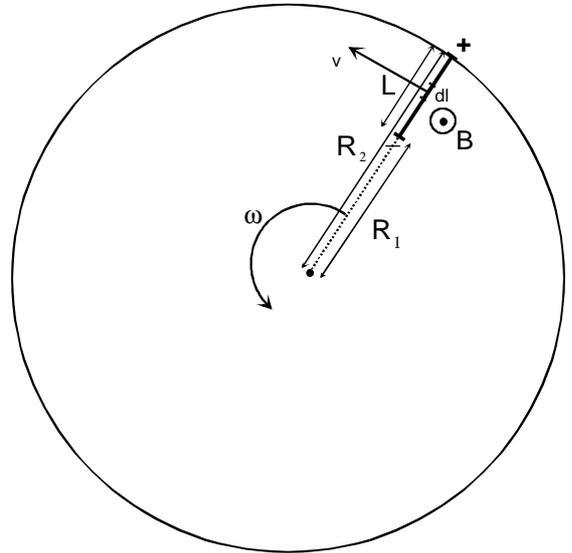


Figura 3

La expresión (1) es la fem inducida en un segmento conductor cuando se mueve enfrente de un imán con su campo magnético perpendicular al círculo. Si el campo magnético es vertical hacia arriba, la polaridad de la fem es la indicada en la figura 3.

Supongamos una espira como la que se muestra en la Figura 4, con dos lados en la dirección del radio de la circunferencia, L_1 y L_3 , y los otros dos perpendiculares a

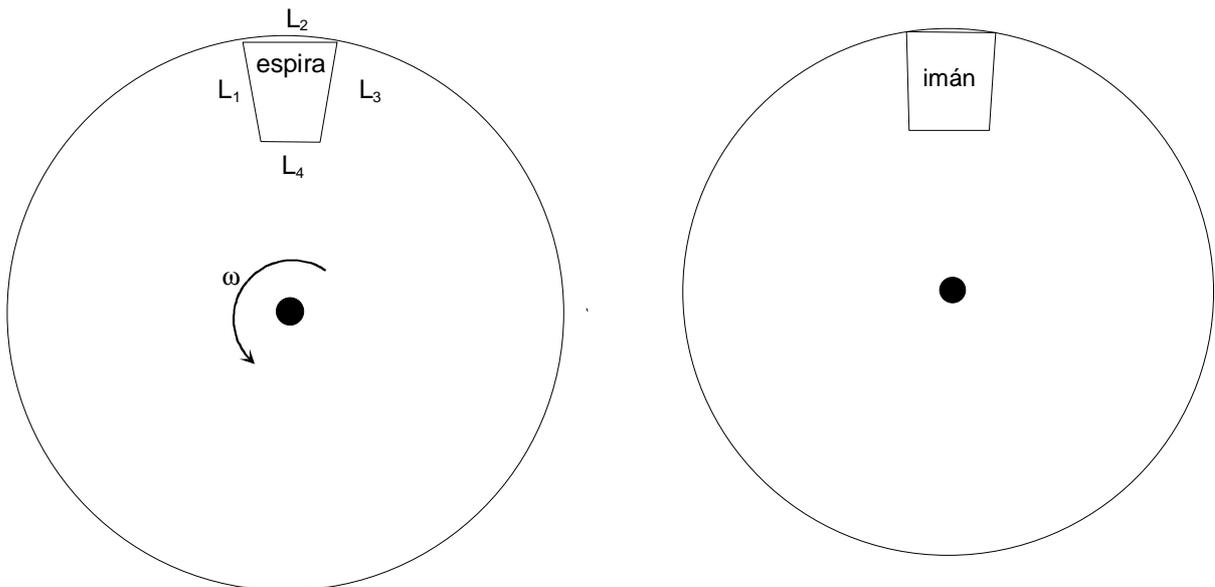


Figura 4

dicho radio, L_2 y L_4 . Solo en los lados L_1 y L_3 se puede generar fem inducida, cuando se muevan (giren) enfrente de un imán. Si la espira gira enfrente de un imán de un tamaño muy parecido al de la espira, solo uno de los lados estará enfrente al imán, por lo que se generará fem en un lado solo, y luego en el otro, pero no en ambos a la vez. Si en vez de tener un solo imán, se tiene un grupo de imanes, alternados en sus polos magnéticos, como los que se muestran en la figura 1, al girar la espira enfrente de estos imanes, los lados L_1 y L_2 estarán, casi todo el tiempo, enfrentados a imanes de polos opuestos por lo que las fems generadas en ellos serán opuestas también, y la fem total generada en la espira será el doble de la generada en un solo lado.

$$\varepsilon = 2\omega B \frac{(R_2 + R_1)}{2} L = \omega B (R_1 + R_2) L \quad (2)$$

Se puede considerar que una bobina de N espiras (como las que se muestran en la figura 2) está formada por N segmentos conductores en cada uno de los lados “radiales” de la misma. Por tanto, la fem generada en la bobina, será N veces la generada en una de sus espiras

$$\varepsilon = \omega B (R_1 + R_2) NL \quad (3)$$

La expresión (3) corresponde a la fem “alterna” máxima, o de pico, inducida en la bobina. La fem “eficaz” será:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{2}} \omega B (R_1 + R_2) NL \quad (4)$$

Como se ve en la expresión (4), la fem eficaz inducida en una bobina de un generador de flujo axial, es proporcional a la velocidad angular, que se mide en vueltas por segundo. Es costumbre medir la velocidad angular en revoluciones por minuto (rpm), en cuyo caso se tendría la expresión

$$\varepsilon = 0.074 (rpm) B (R_1 + R_2) NL \quad (5)$$

donde (rpm) es la velocidad de giro de la bobina expresada en vueltas o revoluciones por minuto, R_2 es el radio del disco de hierro donde van “pegados” los imanes, y R_1 es igual a R_2 menos la longitud radial, o altura radial, del imán, $R_1 = R_2 - L$ (ver figura 3). B es el magnético creado por los imanes, que para el caso de imanes de Neodimio, suponiendo que se tienen dos imanes enfrentados y separados una distancia aproximada de 20 mm., puede llegar a valer 5000 gauss, esto es 0.5 Teslas.

Hay que remarcar que la expresión (5) no es “exacta”, sino “aproximada”, siendo tanto más exacta, cuantos más imanes hay en el disco de giro y,

consecuentemente, menos espiras tiene la bobina. Esta expresión, aun siendo aproximada, permite predecir la fem que se generará en una bobina de un generador de flujo axial en función de la velocidad angular, en rpm, del giro del disco de imanes, dando un valor que es ligeramente superior al valor real. Para obtener un valor mas aproximado al real con la expresión (5), se puede introducir un factor geométrico, que tenga en cuenta la “superficie de campo magnético”. Como todo el disco no está repleto de imanes, sino que hay una separación entre ellos, el factor geométrico corrector de la expresión (5) es la superficie de todos los imanes dividido por la superficie total de la corona circular donde esta colocados los imanes: $f_c = S_{\text{imanes}}/S_{\text{corona circular}}$

$$\varepsilon = f_c 0.074 (rpm) B(R_1 + R_2) NL \quad (6)$$

Para aumentar esta fem, se colocan varias bobinas, tantas como imanes para un generador monofásico, que se pueden conectar en serie, formando grupos de bobinas, en cuyo caso habría que multiplicar el valor de la fem de una bobina, por el número de bobinas conectadas en serie. Además, se suelen montar dos discos de imanes enfrentados entre si, separados de modo que en medio de los imanes se pueden colocar las bobinas, en cuyo caso hay doble número de imanes que de bobinas. Evidentemente, los polos de dos imanes enfrentados entre si deben ser opuestos, como se ve en la figura 5.

Los rectángulos dibujados en blanco son los imanes, cuyos polos son las caras perpendiculares al papel, y por tanto el campo magnético esta contenido en el plano del papel.

Los rectángulos rayados, representan las bobinas, situadas entre los polos opuestos de dos imanes enfrentados.

Los dos grupos de imanes están pegados a sendos discos de hierro, los cuales giran solidariamente.

Las bobinas están quietas.

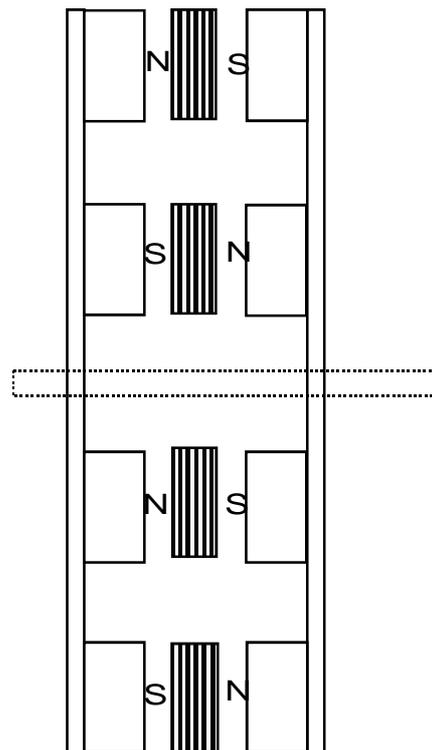


Figura 5