

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/209849560>

Caracterización de Imanes para aplicación en sistemas de sensado de posición

Article in *Revista Colombiana de Física* · January 2009

CITATIONS

0

READS

2,063

2 authors:



Nicolas Guarin-Zapata

Universidad EAFIT

35 PUBLICATIONS 322 CITATIONS

SEE PROFILE



Alvaro Velásquez

Universidad EAFIT

29 PUBLICATIONS 80 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Tablero de ajedrez con sistema de identificación de tipo y posición de las piezas [View project](#)



Acoustics of the Andean Bandola [View project](#)



Caracterización de Imanes para Aplicación en Sistemas de Sensado de Posición

Permanent Magnets Characterization for Position-Sensing Application

N. Guarín-Zapata.^{a*}, A. Velásquez^a.

^a Grupo de Instrumentos Didácticos, Científicos y de Control Industrial, Carrera de Ingeniería Física, Universidad EAFIT.

Recibido: 09.10.09; Aceptado: 06.03.10; Publicado en línea: 31.08.10.

Resumen

En este artículo se reporta la caracterización de un conjunto de imanes de neodimio con diferentes tamaños y geometrías, con la cual se busca establecer la influencia de estos dos parámetros en la magnitud y la dirección del campo magnético producido en: a) puntos cercanos pero por fuera de uno de sus ejes de simetría y b) en puntos ubicados sobre el eje de simetría a diferentes distancias del imán. La caracterización fue realizada con un sensor de efecto Hall al cual se le implementó un circuito acondicionador de señal que permite obtener salidas de voltaje proporcionales a la magnitud de la densidad de flujo magnético en la región del sensor. La señal entregada por el sensor permite medir no sólo la intensidad del campo magnético en la región del mismo sino la orientación de las líneas de campo en esta región a través del signo de la tensión Hall inducida. Los resultados de las medidas sugieren algunos criterios para seleccionar el tipo de imán que puede ser más conveniente para una aplicación en el sensado de posición de objetos imantados, o de objetos que encapsulan este tipo de imanes, y da pautas para prevenir errores de solapamiento en la determinación de la posición de un sistema de múltiples imanes vecinos u objetos que los encapsulan.

Palabras clave: Imán de Neodimio, Caracterización, Sensor de Efecto Hall.

Abstract

This paper reports the characterization of a set of Neodymium magnets with different sizes and geometries, which is devoted to determine the influence of the former parameters both in the magnitude as direction of the magnetic field produced in: a) points near but not on an symmetry axis of the magnet and b) points placed along the symmetry axis of the magnet to different distances from it. Characterization was performed with a Hall Effect sensor, which was accompanied of a conditioning signal circuit, which allows obtaining an output voltage proportional to the magnetic flux density present in the sensing region. The signal given by the sensor allows to measure not only the magnitude of the magnetic field present in the sensing region but the orientation of the magnetic field lines in that region through the sign of the induced Hall voltage. The results of the measurements suggest some criteria for choosing the most convenient type of magnet for application in sensing of the position of magnetized objects, or objects which contain that type of magnets inside, as well as give tracks to prevent overlapping errors in the determination of the position of multiple neighboring magnets or objects which contain that type of magnets inside.

Keywords: Neodymium magnet, Characterization, Hall Effect sensor.

PACS: 07.55.-w, 85.70.Ay.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

Los imanes permanentes cuentan con múltiples aplicaciones tecnológicas hoy en día, entre estas se encuentran los parlantes, motores, discos duros, transductores de velocidad electromecánicos entre otros [1], [2]. El interés de encontrar materiales que tengan una energía por unidad de volumen máxima (BH_{max}) más alta ha generado una alta investigación en torno a las propiedades magnéticas de los materiales. Valores típicos de BH_{max} se encuentran alrededor de $500kOeG$ para aceros, $7MOeG$ para Alnicos, $20MOeG$ para aleaciones Sm-Co y $40MOeG$ para NdBFe [3].

El objetivo del presente trabajo consiste en establecer el comportamiento del campo para diversos imanes a lo largo del eje de simetría, con miras a usar esta información en el sensado de posición a partir de ajustes hechos a los datos obtenidos de las caracterizaciones realizadas. Esta aplicación particular consiste en identificar objetos por el valor del campo magnético que éstos producen en un punto del espacio (incrustando imanes a diferentes alturas en ellos), en este caso el elemento de sensado podría no siempre estar situado en eje con el imán y por tanto podría darse un mismo valor de campo para diferentes alturas. Por esto es necesario hacer una caracterización desplazando los imanes transversalmente para establecer una región en la cual puedan moverse los objetos de tal forma que permanezcan dentro de un intervalo aceptable para la identificación.

Se presenta entonces la metodología seguida para los experimentos ya planteados y los resultados obtenidos de los mismos. Se incluyen también algunos gráficos con los resultados para ciertos imanes. Adicionalmente se muestran los tipos de ajustes planteados para el campo en eje de este tipo de imanes, por medio de los cuales se pueden establecer modelos del comportamiento o interpolaciones de los valores del campo magnético en una posición dada.

2. Caracterización de los imanes

Se caracterizaron 7 tipos de imanes cilíndricos con diferentes dimensiones, rotulados como se muestra en la tabla 1. Los imanes están compuestos de $Nd_2B_{14}Fe$ [3] y su energía por unidad de volumen máxima (BH_{max}) es de $35MOeG$. Los parámetros geométricos para cada uno se presentan en la tabla 1.

Las medidas realizadas a los imanes fueron de dos tipos: unas variando la distancia entre el imán y el sensor, ubicados en eje; otra fijando una distancia entre imán y sensor y variando la distancia entre ejes de simetría como se muestra en la figura 1. Para la primera configuración se repitió la medida girando el imán en sentido contrario para invertir el valor del campo.

Tabla No. 1: Dimensiones de los imanes caracterizados.

Código Imán	Diámetro (mm)	Altura (mm)
D12A2	12	2
D15A4	15	4
D18A2	18	2
D18A4	18	4
D20A2	20	2
D21A1	21	1
D21A3	21	3

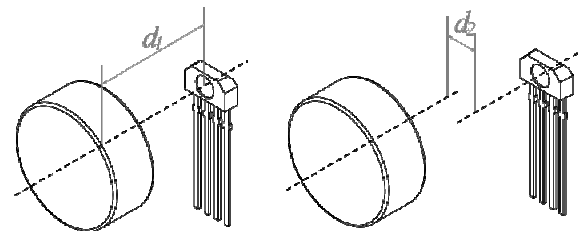


Figura 1. Configuración del par sensor-imán usada en la caracterización, d_1 representa la separación entre el imán y el sensor (en eje) y d_2 la distancia respecto al eje de simetría.

Para garantizar que las medidas realizadas fueran confiables para representar el comportamiento de un tipo particular de imán, se hicieron medidas de voltaje de sensado Hall versus separación en eje sobre 7 imanes idénticos y se comparó el grado de dispersión de las medidas. A partir de estas medidas se obtuvieron los valores mínimo, máximo y promedio del voltaje de sensado Hall para cada separación (figura 2). Los tres valores fueron muy próximos y por ello puede afirmarse que un imán representa a todos los que tengan sus mismas dimensiones.

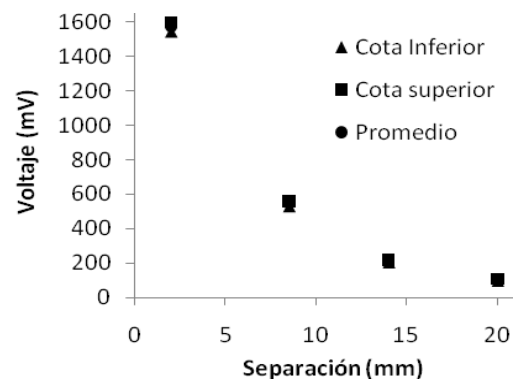


Figura 2. Valores medidos para 7 imanes con la misma geometría (D18A4). Los cuadros representan los valores máximos, los triángulos representan los valores mínimos y los círculos representan los valores medios.

El sensor de Efecto Hall utilizado es el *THS119*, el cual tiene una salida de voltaje diferencial y una sensibilidad de 800mV/T [4]. Se implementó un circuito de amplificación con una ganancia de 20 a partir de un amplificador operacional *LF353* en configuración de restador, aprovechando la salida diferencial del sensor Hall (figura 3). La elección del amplificador *LF353* obedece a sus características de bajo ruido, baja tensión de offset y bajo costo.

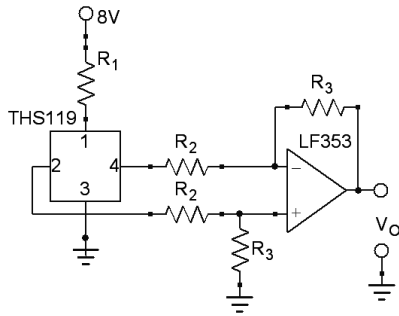


Figura 3. Esquema del circuito de acondicionamiento de la señal del sensor Hall.

3. Resultados y Discusión

Luego de hacer las medidas se obtuvo una serie de datos correspondientes a los valores de voltaje para cada posición de los imanes, se evidenció una gran correspondencia entre los valores positivos y negativos de cada imán, mostrando que en este tipo de imanes se tiene una simetría en el campo magnético respecto al plano medio de los cilindros (figura 4).

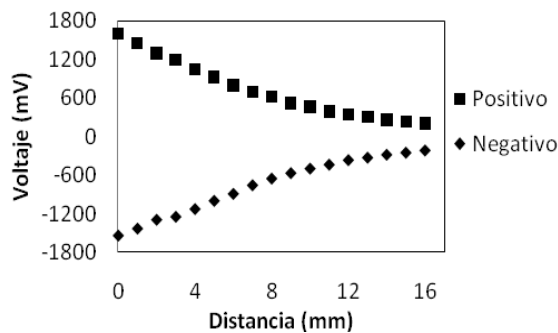


Figura 4. Valores medidos para el imán D21A3 en la primera configuración experimental (medida en eje).

Las medidas para la segunda configuración, en la cual se varía la distancia entre los ejes del sensor y de los imanes, se realizaron para verificar qué tan plana llegaba a ser la señal del campo magnético a lo largo del “recorrido”, figura 5. Esto para validar la posible utilización de este tipo

de imanes –y sensores- en la identificación de objetos que no se encuentren restringidos a un grado de libertad, pero en los cuales sí se tenga un área delimitada para la ubicación de los mismos. Con este tipo de medidas se puede establecer qué tanta desalineación es válida para seguir conservando la diferenciación entre los imanes ubicados a diferentes alturas sin que los intervalos se traslapen.

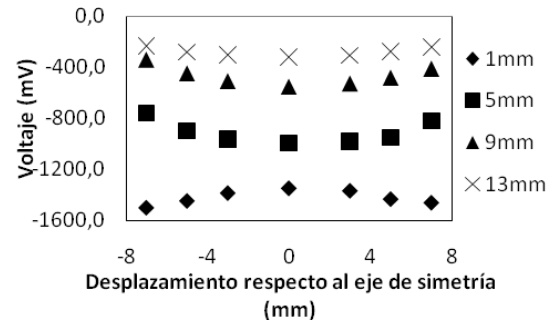


Figura 5. Valores medidos para el imán D21A3 en la segunda configuración experimental.

Se realizaron ajustes de los datos experimentales para evaluar su tendencia. Por ser significativa la cantidad de imanes, se implementó una rutina para realizar este ajuste usando algoritmos de Matlab y Gnuplot de *mínimos cuadrados no lineales* [5], [6]. En la Tabla 2 se pueden ver los tipos de ajustes realizados, en las Tablas 3 y 4 se los valores obtenidos para el ajuste y los correspondientes coeficientes de correlación (r^2) para los diferentes tipos de imanes.

Tabla No. 2: Valores de los ajustes realizados para la parte positiva del imán D21A3.

No. Ajuste	Tipo de ajuste
1	$V = \frac{a}{b + x^2}$
2	$V = a \cdot e^{-bx}$
3	$V = a \cdot e^{-bx^2}$

Tabla No.3: Valores de los parámetros de los diferentes ajustes realizados para la parte positiva del imán D21A3.

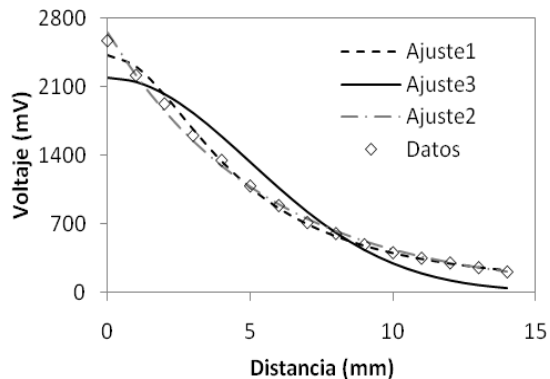
	Ajuste 1	Ajuste 2	Ajuste 3
a	61923,53	1660,21	1334,82
b	41,33	0,13	0,01
r^2	0,9920	0,9953	0,9402

Tabla No. 4: Valores de los parámetros de los diferentes ajustes realizados para la parte negativa del imán D21A3.

	Ajuste 1	Ajuste 2	Ajuste 3
<i>a</i>	-73786,65	-1652,13	-1352,52
<i>b</i>	49,68	0,12	0,01
<i>r</i> ²	0,9954	0,9823	0,9653

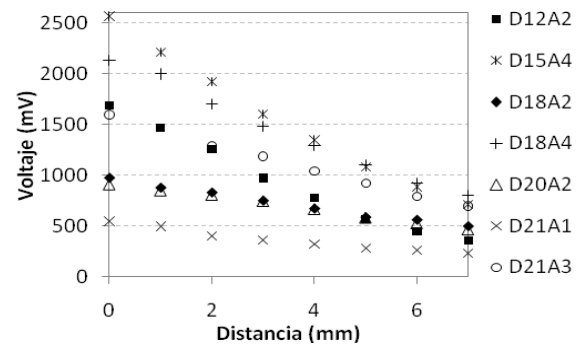
En general, se pudo ver que los ajustes 1 y 2 presentaron una mayor correlación con los datos experimentales. Entre los ajustes 1 y 2 no está claro cuál está más aproximado al comportamiento real pero el No. 1 tiene cierta predilección por su decaimiento proporcional al inverso del cuadrado de la distancia, usado en algunos acercamientos teóricos [7]. El ajuste 2 no presenta una dependencia del campo magnético con el inverso de una potencia de la distancia, sino una dependencia que es proporcional al exponencial de la misma. En la figura 6 pueden verse los datos obtenidos para el imán rotulado D15A4 y los tres tipos de regresiones, la número 3 es la que más se aleja de los valores experimentales.

Para determinar cuál tipo de regresión era globalmente mejor se compararon los coeficientes de correlación para todos los datos que tuvieron un mismo ajuste. En la Tabla 5 se consignan los valores máximo, mínimo y promedio para estos.

**Figura 6.** Datos y ajustes para la parte positiva del imán D15A4.**Tabla No. 5:** Ajustes realizados y valores de factores de correlación para los mismos.

Ajuste	1	2	3
r^2_{prom}	0,9865	0,9868	0,9492
r^2_{max}	0,9976	0,9970	0,9824
r^2_{min}	0,9200	0,9232	0,8604

La figura 7 presenta los valores medidos, del lado positivo, para todos los imanes.

**Figura 7.** Datos para la parte positiva de los 7 tipos de imanes.

4. Conclusiones

La técnica planteada en este trabajo muestra que la pareja sensor Hall-Imán permanente puede usarse como dispositivo de sensado de posición en eje en el caso de sistemas que no se encuentren en eje, pero con la detección delimitada a una región puede también usarse este tipo de dispositivos (e.g. en identificación de objetos).

A medida que la altura del imán es mayor, fijando el diámetro, los valores de campo magnético (en un punto del espacio) también lo son. Adicionalmente se observa que a mayores alturas el decaimiento del campo es mayor pues pasa de un valor muy alto a uno relativamente bajo. Un diámetro mayor implica valores más bajos del campo magnético (para medidas en eje) y también mayores regiones “planas” para aplicaciones del tipo *identificación de objetos*.

Referencias

- [1] Yang, Luo. *International Workshop on Rare Earth Permanent Magnets & Their Applications*, 2001.
- [2] Trans-Tek Incorporated. *Linear Variable Differential Transformer Transducers, Velocity & Position Sensors LVDT sensors by Trans-Tek*. Disponible en: <http://www.transtekinc.com/products/LVDT.html>, citado en 20 de septiembre de 2009.
- [3] Herbst, J. F. and J. J. Croat. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1991, pp. 57-78.
- [4] TOSHIBA CORPORATION. *THS119 Datasheet*, 2001.
- [5] Gnuplot homepage [en línea]. Disponible en: <http://www.gnuplot.info/>, citado en 15 de septiembre de 2009.

- [6] *The MathWorks, Inc. The MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing*. Disponible en: <http://www.mathworks.com/>, citado en 15 de septiembre de 2009.
- [7] Darvell, B. W. and A. P. L. H. Dias. *Dental Materials*, **22**, 2006, pp. 909–918.
- [8] *Introduction to Magnetic Materials*. B. D. CULLITY. ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1972.