

SISTEMA DE BOBINAS PARA GENERACIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención está relacionada con dispositivos y bobinas para la generación de campo magnético. Específicamente, la presente invención se relaciona con arreglos de bobinas que permiten obtener campos magnéticos con la característica que incrementa el volumen de trabajo para cada porcentaje de homogeneidad y además, permiten aumentar la magnitud de la densidad de flujo magnético.

10

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

15 Con las necesidades que existen actualmente de generar dispositivos que aumenten el volumen de trabajo con una homogeneidad del campo magnético determinada, se han desarrollado diferentes dispositivos y arreglos de bobinas. Usualmente, el estado de la técnica propone que para aumentar el volumen de trabajo en comparación con una bobina, por ejemplo una bobina de Helmholtz, se deben configurar sistemas de bobinas que adicionan otras bobinas hacia a fuera de un par formado por una primera y una segunda bobina, lo cual implica aumentar el largo del arreglo de bobinas, y por lo tanto, tener dispositivos de mayor volumen sin que esto implique aumento del volumen de trabajo con un valor de homogeneidad de densidad de flujo magnético determinado en relación al volumen total del dispositivo.

25 Por otro lado, el estado de la técnica también divulga bobinas como en el documento de patente JP6231848B2, y el artículo “*Passive magnetic field cancellation device by multiple high-Tc superconducting coils*” encontrado en el enlace <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3374119>.

30 Específicamente, el documento JP6231848B2 divulga un generador de campo magnético que forma un campo magnético homogéneo (región de campo magnético) en un espacio predeterminado entre bobinas al disponer un par de bobinas de manera que los ejes radiales de las bobinas sean iguales y se suministra corriente a dichas bobinas. Específicamente, JP6231848B2 divulga una unidad de control que hace que unas corrientes alternas que
35 tienen diferentes magnitudes fluyan por unas bobinas, donde al menos un par de bobinas son bobinas interiores, y además hay otro par de bobinas exteriores. Cuando se pasan corrientes alternas de diferentes magnitudes, se puede cambiar la forma de la región donde la intensidad del campo magnético es uniforme. JP6231848B2 también divulga que al menos un par de bobinas interiores y el par de bobinas exterior pueden tener un diámetro
40 diferente. Esto se debe a que la forma de la región que tiene una intensidad de campo

magnético homogéneo se puede cambiar de acuerdo con la diferencia de diámetro, y se puede formar un campo magnético adaptado a la forma del dispositivo que se va a medir.

5 Sin embargo, el documento JP6231848B2 indica que cada una de las cuatro bobinas presenta igual número de espiras, y que cada par de bobinas no están conectadas en serie, lo que demanda que cada par de bobinas requiera una fuente de corriente eléctrica propia. Por lo tanto, en JP6231848B2 se debe modificar el valor de la corriente de alimentación de las bobinas, lo que implica tener más de una fuente de corriente eléctrica adicional que alimente a las bobinas.

10

Por otro lado, el documento “*Passive magnetic field cancellation device by multiple high-Tc superconducting coils*” divulga un dispositivo de cancelación de campo magnético pasivo el cual incluye dos bobinas Helmholtz las cuales se organizan así: dos bobinas idénticas separadas por una distancia igual al radio de la bobina y otras dos bobinas. Las bobinas con radio menor tienen un número de espiras N_1 y un radio de r_1 en cada bobina. Por su parte, las otras dos bobinas tienen un número de espiras N_2 y un radio de r_2 en cada bobina, en donde el radio r_1 es menor que r_2 .

20 Sin embargo, uno de los objetivos del dispositivo del documento “*Passive magnetic field cancellation device by multiple high-Tc superconducting coils*”, es cancelar el campo magnético ambiental en la región interna de la bobina interior, mediante la operación de la superposición de los dos pares de bobinas, es decir, las características estructurales y eléctricas mencionadas de dicho documento minimiza el volumen de trabajo en lugar de aumentarlo. Además, dicho dispositivo está construido con materiales generados por aleaciones especiales y opera a baja temperatura, 70 K, lo que lo convierte en un sistema superconductor, lo que aumenta en gran medida los costos de manufactura y su puesta en marcha debido a las especificaciones técnicas que requiere, en comparación con otros sistemas de bobinas similares. Finalmente, dicho documento no indica que los dos pares de bobinas estén conectadas a generadores de corriente eléctrica.

30

Por lo tanto, si bien el estado de la técnica divulga diferentes arreglos de bobinas, los documentos citados no mencionan como aumentar el volumen de trabajo para unos valores de homogeneidad determinada y como aumentar la magnitud de la densidad de flujo magnético de un sistema generador de campo magnético. Tampoco mencionan como lograr los citados aumentos sin necesidad de incluir diferentes tipos de fuentes de energía y aumentar el volumen total del dispositivo.

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

En la actualidad, y con los diferentes dispositivos existentes se ha observado la necesidad de aumentar el volumen de trabajo para unos valores de homogeneidad determinados y la magnitud de la densidad de flujo magnético del sistema generador de campo magnético, sin aumentar necesariamente el volumen general de las bobinas y con un incremento mínimo de material conductor usado.

Por lo tanto, uno de los problemas que se desea solucionar con el dispositivo de la presente invención, corresponde a aumentar el volumen de trabajo para unos valores de homogeneidad determinados y aumentar la magnitud de la densidad de flujo magnético de un sistema generador de campo magnético sin incrementar el volumen total de bobinas en comparación con un par de Helmholtz. Lo anterior, se puede cumplir preferiblemente sin aumentar el volumen general de un dispositivo generador (bobinas) y con un incremento mínimo de material usado, en comparación, por ejemplo, a un par de Helmholtz con un diámetro cualquiera.

Por lo tanto, la presente invención se refiere a un dispositivo de generación de campo magnético, que comprende una primera bobina con un primer diámetro medio, una segunda bobina con un segundo diámetro medio igual al primer diámetro medio, una tercera bobina con un tercer diámetro medio menor que el primer diámetro medio dispuesta entre la segunda bobina y la cuarta bobina, y una cuarta bobina con un cuarto diámetro medio igual que el tercer diámetro y está dispuesta entre la primera bobina y la tercera bobina.

Adicionalmente, la presente invención también cuenta con una fuente de alimentación conectada a un terminal de la primera bobina y a otro terminal de la segunda bobina. En donde la primera bobina, la segunda bobina, la tercera bobina y la cuarta bobina se conectan eléctricamente en serie de tal manera que los campos generados por cada bobina tengan una dirección tal que estos se superpongan de manera aditiva, lo que permite que no haya necesidad de usar una pluralidad de fuentes de alimentación. Además, las bobinas están configuradas para generar un campo magnético con un incremento del volumen de trabajo para una densidad de flujo magnético homogéneo determinada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 ilustra un dispositivo de generación de campo magnético que incluye dos bobinas externas, y dos bobinas internas, en donde dichas bobinas se encuentran conectadas a una fuente de alimentación.

La FIG. 2 ilustra un dispositivo de generación de campo magnético que incluye dos bobinas externas, y dos bobinas internas de menor diámetro que las bobinas externas, en donde todas las bobinas misionadas están dispuestas sobre una base específica para este tipo de arreglos.

5

La FIG. 3 ilustra una figura esquemática del dispositivo de la FIG. 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 La presente invención referenciada en la FIG. 1, y a la FIG. 3, se refiere a un dispositivo de generación de campo magnético, que comprende una primera bobina (1) con un primer diámetro medio (D1), una segunda bobina (2) con un segundo diámetro medio (D2) igual al primer diámetro medio (D1), una tercera bobina (3) con un tercer diámetro medio (D3) menor que el primer diámetro medio (D1) dispuesta entre la primera bobina (1) y la
15 segunda bobina (2), y una cuarta bobina (4). Dicha cuarta bobina (4) cuenta con un cuarto diámetro medio (D4) igual que el tercer diámetro medio (D3) y está dispuesta entre la primera bobina (1) y la tercera bobina (3). Dicha configuración anterior será también llamada como “arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4)”. Específicamente, la tercera bobina (3) está dispuesta entre la segunda bobina (2) y la cuarta bobina (4).

20

Adicionalmente, la presente invención también cuenta con una fuente de alimentación (5) conectada con la primera bobina, en donde la primera bobina (1), la segunda bobina (2), la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) se conectan eléctricamente en serie de tal manera que los campos generados por cada bobina tengan una dirección tal que estos se
25 superpongan de manera aditiva, además, las bobinas (1, 2, 3, y 4) están configuradas para generar un campo magnético con un volumen de trabajo que tiene un incremento de la densidad de flujo magnético homogéneo. Cuando una corriente es generada por la fuente de alimentación (5) y es conducida a través del arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4), es decir, primero por la primera bobina (1), luego por la segunda bobina (2) luego la tercera
30 bobina (3), y finalmente pasa por la cuarta bobina (4). Esto permite que dichas bobinas generen un campo magnético con un incremento del volumen de trabajo para una densidad de flujo magnético con una homogeneidad determinada.

Para el entendimiento de la presente invención se entenderá por bobina a un elemento con
35 al menos dos terminales, que puede estar conformada por un conductor enrollado que forma varias espiras entorno a un núcleo de aire o sólido. Además, una bobina es capaz de generar un campo magnético cuando se hace circular una corriente eléctrica a través del conductor. Dicho campo magnético se extiende en la región circundante a la bobina en una dirección predeterminada por la geometría de la bobina y la dirección de la corriente que circula por
40 la bobina. Por ejemplo, la bobina puede ser de forma circular, toroidal, elíptica, oblonga,

triangular, cuadrada, rectangular, pentagonal, hexagonal, octagonal, o poligonal con más de tres lados.

Adicionalmente, para el entendimiento de la presente invención se entenderá por número de
5 espiras a la cantidad de vueltas que da un conductor alrededor de un núcleo, y por otro lado por “*diámetro medio*” se entenderá al diámetro que va entre los puntos medios del cumulo de todas las espiras, en cada extremo del corte transversal de la bobina, FIG 1.

Dicho diámetro medio puede estar comprendido en diferentes intervalos, por ejemplo,
10 desde 1 mm hasta 3 m, lo que permite que el dispositivo de generación de campo magnético pueda ser usado en diferentes aplicaciones, por ejemplo, cuando el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) tienen un diámetro inferior a 2 mm, éstas pueden ser usadas en aplicaciones médicas.

15 El núcleo de las bobinas (1, 2, 3, y 4) puede tener diferente composición, en donde este puede ser de aire o un material ferromagnético, por ejemplo acero para intensificar la capacidad magnética del dispositivo. Por lo que, el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) se puede seleccionar del grupo conformado por bobinas de núcleo de aire, bobinas de núcleo ferromagnético, bobinas de núcleo de aire toroidales, bobinas fijas, bobinas variables,
20 bobinas equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

Cuando el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) tienen un núcleo de aire, permite reducir los costos de manufactura debido a que no se requiere un núcleo sólido para incrementar el
25 volumen de trabajo y la densidad de flujo magnético. Adicionalmente dichas bobinas de aire permiten que estas sean instaladas en un soporte con mayor facilidad en comparación con bobinas de núcleo sólido, debido a que tienen un menor peso, lo que permite que éstas no se desbalanceen ni cambien su posición.

30 Por otro lado, cuando la bobina tiene un núcleo sólido, el material de dicho núcleo se puede seleccionar del grupo conformado por ferrita, hierro, polvo de hierro, núcleos de aleación de níquel, hierro y molibdeno, núcleos de aleación de hierro, silicio y aluminio, núcleos de aleación de hierro y silicio, núcleos fabricados con láminas o chapas, polvos de ferrita, núcleos formados por aglutinamiento de polvo con resinas entre otros núcleos conocidos
35 por una persona medianamente versada en la materia. Además, se pueden utilizar distintas combinaciones de materiales para el núcleo con el objetivo de lograr cambios sobre las características magnéticas del propio núcleo.

El hecho que el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) sea de núcleo sólido, permite reducir la
40 dispersión del campo magnético, lo que incrementa la densidad de flujo magnético, y a su

vez, que este sea más homogéneo. Opcionalmente, la forma de construcción del núcleo de la bobina puede ser por medio de láminas del material, granulado compactado, pellets de diferentes formas geométricas en tres dimensiones como poliedros de caras planas (v.gr. piramidal, cúbica, prismática, entre otras) o formas geométricas con superficies curvas como (v.gr. cilíndrica, cónica, esférica, entre otras).

Adicionalmente, para el entendimiento de la presente divulgación se entenderá por arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) a la primera bobina (1), segunda bobina (2), tercera bobina (3) y cuarta bobina (4) respectivamente, además, se entenderá por bobinas externas a la primera bobina (1) y segunda bobina (2), y se entenderá por bobinas internas, a la tercera bobina (3) y cuarta bobina (4).

Además, para el entendimiento de la presente invención, el volumen de trabajo representa un espacio interior entre la primera bobina (1) y segunda bobina (2), en el que una variación porcentual de la densidad de flujo magnético que corresponde a un valor definido por un usuario, en donde dicho valor indica la variación máxima que puede tener la densidad de flujo magnético en un punto cualquiera, respecto al valor de la densidad de flujo magnético en el centro geométrico del arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4).

Por otro lado, en el arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4) las bobinas tienen un centro geométrico, en donde los centros geométricos de todas las bobinas (1, 2, 3 y 4) se posicionan sobre la misma línea recta, es decir el mismo eje radial. En dicho caso, el porcentaje de homogeneidad de la densidad de flujo magnético generado es la relación porcentual entre el valor de la densidad de flujo magnético en un punto cualquiera ($B_{(z,\rho)}$) del arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4), y el valor de la densidad de flujo magnético en el centro del sistema generador ($B_{(0,0)}$), es decir, el punto equidistante a la primera bobina (1) y la segunda bobina (2) sobre el eje geométrico. Dicho valor de homogeneidad de la densidad de flujo magnético se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$omogeneidad = \frac{B_{(z,\rho)} - B_{(0,0)}}{B_{(0,0)}} \times 100$$

Específicamente, los valores de los parámetros estructurales de las bobinas internas son dependientes de los valores estructurales de los parámetros de las bobinas externas y se pueden modificar para maximizar el volumen de trabajo con una homogeneidad del campo magnético determinada respecto al volumen de trabajo con la misma homogeneidad para las bobinas externas únicamente.

Por otro lado, el hecho que la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) sean de menor diámetro en comparación con la primera bobina (1) y la segunda bobina (2), y que, dichas

tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) estén localizadas entre la primera bobina (1) y la segunda bobina (2), permite que aumenten la intensidad del campo magnético y permite que este sea más homogéneo, es decir que incremente el volumen de trabajo para un valor de homogeneidad determinado.

5

Por su parte, y como se indicó anteriormente, las bobinas (1, 2, 3, y 4) tienen un conductor que puede ser un alambre, laminas o un cable enrollado en torno al núcleo, y está definido por una longitud de conductor que corresponde al largo total, y a un calibre que corresponde al grosor total del conductor. El conductor y el calibre de este son parámetros definidos por la corriente de alimentación máxima del arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) y, el valor de la corriente de alimentación máximo suministrado por la fuente de alimentación (5) define el valor de campo magnético máximo generado.

Dicho conductor se puede seleccionar del grupo conformado por: hilos de cobre, hilos de aluminio, hilos esmaltados de cobre, materiales equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

En una modalidad de la invención, el calibre del conductor de la primera bobina (1), la segunda bobina (2), la tercera bobina (3) y la cuarta bobina es igual, lo que permite que la corriente que circula a través de dichas bobinas (1, 2, 3 y 4) sea igual. Además, la relación entre: el número de espiras de las bobinas, la posición de las bobinas y el diámetro de las bobinas (3 y 4), como valores dependientes de los parámetros de la primera bobina (1) y la segunda bobina (2) hacen que el volumen de trabajo incremente sin incrementar el volumen total del dispositivo de la presente invención y sin requerir una pluralidad de fuentes de alimentación para el arreglo de bobinas. Para el entendimiento de la presente invención, se entenderá por el volumen total, al tamaño y las proporciones de longitudes del dispositivo de la presente invención.

Adicionalmente, los diámetros medio de la tercera bobina (3) y de la cuarta bobina (4) están comprendidos entre 80 % y 97 %, del diámetro medio de la primera bobina (1) y de la segunda bobina (2). En un ejemplo particular, cuando el diámetro medio de la tercera bobina (3) y de la cuarta bobina (4) es de 45 cm, y el diámetro medio de la primera bobina (D1) y de la segunda bobina (D2) es de 50 cm, quiere decir que el diámetro medio de la tercera bobina (3) y de la cuarta bobina (4) es el 90 % del diámetro medio de la primera bobina (1) y de la segunda bobina (2).

El hecho que la proporción del diámetro medio de la tercera bobina (3) y de la cuarta bobina (4) sea entre las proporciones anteriormente descritas del diámetro medio de la primera bobina (1) y de la segunda bobina (2), permite que el campo magnético del arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4) presente un aumento en el volumen de trabajo para un porcentaje de

homogeneidad determinado, así como un aumento de la densidad de flujo magnético, dado que la variación en el diámetro medio de las bobinas (3 y 4) esté asociado con los cambios en el número de espiras y la posición de las bobinas (3 y 4).

- 5 Por otro lado, cada una de las bobinas (1 y 2) pueden tener al menos cinco espiras, en donde el número de espiras de la primera bobina (1), es igual al número de espiras de la segunda bobina (2). Entonces, cada una de las bobinas (3 y 4) pueden tener al menos una espira y que el número de espiras de la tercera bobina (3) sea igual al número de espiras de la cuarta bobina (4). Lo anterior permite que la variación del número de espiras de la
- 10 tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) esté asociado con los cambios en el diámetro medio y la posición de las bobinas (3) y (4) que a su vez son parámetros dependientes de los valores de los parámetros de la primera bobina (1) y la segunda bobina (2).

- En un ejemplo particular de la invención, el número de espiras de la tercera bobina (3) y de
- 15 la cuarta bobina (4) puede ser entre el 2 % y el 20 %, o entre el 15% y el 18%, o entre el 14% y el 17% del número de espiras de la primera bobina y de la segunda bobina, lo que permite que el volumen de trabajo para un porcentaje de homogeneidad determinado incremente hasta el 46 % y la densidad de flujo magnético incremente hasta el 14 % respecto a los valores generados solo por la primera bobina (1) y la segunda bobina (2).

- 20 Por ejemplo, cuando la primera bobina (1) y la segunda bobina (2) tienen cada una veinte espiras, la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) pueden tener el 20 % de dichas espiras, lo que equivale a que dicha tercera bobina (3) y cuarta bobina (4) tienen cuatro espiras cada una. Lo anterior permite obtener un incremento del volumen de trabajo con una densidad
- 25 de flujo magnético homogéneo con menos cantidad de conductor.

- Por su parte, haciendo referencia a la FIG. 2 y respecto a la separación entre las bobinas (1, 2, 3 y 4), la primera bobina (1), y la segunda bobina (2) pueden estar separadas entre sí, entre 0,5 y 0,533, veces su diámetro medio (D1). Adicionalmente, la tercera bobina (3) y la
- 30 cuarta bobina (4) pueden estar separadas entre sí una distancia (D6), la cual corresponde entre 0.25 veces y 0.45 veces el diámetro medio de la primera bobina (1).

- Además, y al hacer referencia a la FIG. 2, entre la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) existe un plano geométrico de simetría, en donde la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4)
- 35 se ubican de manera simétrica respecto a dicho plano, a una distancia que puede fluctuar entre más 0.125 y menos 0.125 veces el primer diámetro (D1) hasta más 0.225 y menos 0.225 veces el primer diámetro (D1), respecto al plano geométrico de simetría. Lo anterior permite que el volumen de trabajo para una homogeneidad del campo magnético tenga mayor valor, contrario a que si la tercera bobina (3) y cuarta bobina (4) no fueran simétricas

respecto a dicho plano. Adicionalmente, las bobinas (1, 2, 3 y 4) son paralelas al plano, lo que también permite que las bobinas (1, 2, 3 y 4) sean todas paralelas entre sí.

Específicamente, las bobinas internas es decir, la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) generan un campo magnético que se superpone al campo magnético de las bobinas externas (1, y 2), de tal manera que por la variación de la relación entre los valores estructurales de las bobinas internas: el diámetro, la posición y el número de espiras de dichas bobinas (1, 2, 3, y 4) se maximiza el volumen de trabajo con una homogeneidad determinada del campo magnético respecto al volumen de trabajo generado solo por las bobinas externas.

En este punto, las diferentes combinaciones entre los diámetros medio, el número de espiras y la posición van a generar un cambio en el volumen de trabajo, por lo que el incremento porcentual del volumen de trabajo para un porcentaje de homogeneidad deseado depende de la combinación de los valores del diámetro medio, la posición y del número de espiras de las bobinas internas (3) y (4).

Además, al hacer referencia a la FIG. 1 y a la FIG. 3, respecto la fuente de alimentación (5), este es un dispositivo capaz de mantener la generación de corriente a una diferencia de potencial eléctrico entre dos terminales de las bobinas (1, 2, 3, y 4). Dicha fuente de alimentación (5) se puede seleccionar del grupo conformado por: una fuente de corriente alterna, fuente de corriente continua, baterías, fuente fotovoltaica, fuente termoelectrica, entre otros dispositivos capaces de mantener una corriente eléctrica a una diferencia de potencial eléctrico o voltaje entre dos terminales, conocidos por una persona medianamente versada en la materia. En donde, y como se mencionó anteriormente la fuente de alimentación (5) permite el suministro de la potencia eléctrica requerida para el funcionamiento del arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4).

La corriente de alimentación máxima suministrada por la fuente de alimentación (5) es igual para las cuatro bobinas (1, 2, 3, y 4) y es tal que define el calibre del conductor con el que se construyen las bobinas. Además, el valor de la corriente de alimentación máximo define el valor de campo magnético máximo generado. Por lo tanto, el dispositivo de generación de campo magnético puede requerir una sola fuente de alimentación (5), en comparación con otros dispositivos similares, los cuales requieren más de una fuente de alimentación, para cada par de bobinas.

Por otro lado, a la fuente de alimentación (5) se puede conectar a una unidad de control, la cual permite cambiar la magnitud de corriente, voltaje o frecuencia que recibe el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4) para así cambiar las propiedades del campo magnético según se requiera, sin afectar negativamente el volumen de trabajo aumentado. De acuerdo con lo

anterior, la fuente de alimentación (5) permite cambiar la intensidad del campo magnético producido por el arreglo de bobinas (1, 2, 3, y 4).

En una realización de la presente divulgación, la unidad de control se puede seleccionar del grupo conformado por: controladores lógicos programables (PLC), microprocesadores, DSCs (Digital Signal Controller, por sus siglas en inglés), FPGAs (Field Programmable Gate Array, por sus siglas en inglés), CPLDs (Complex Programmable Logic Device, por sus siglas en inglés), ASICs (Application Specific Integrated Circuit, por sus siglas en inglés), SoCs (System on Chip, por sus siglas en inglés), PsoCs (Programmable System on Chip, por sus siglas en inglés), computadores, servidores, tabletas, celulares, celulares inteligentes, generadores de señales y unidades de control equivalentes conocidas por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de estas.

Por su parte, haciendo referencia nuevamente a la FIG. 1, el arreglo de bobinas puede estar dispuesto sobre un soporte (6), que puede ser un elemento macizo con al menos cuatro aberturas para disponer cada una de las bobinas (1, 2, 3 y 4). Por otro lado, el soporte (6) también puede ser un elemento hueco, lo que permite insertar al menos cuatro conexiones internas que pueden ser conductores con dos puertos de conexión para las bobinas (1, 2, 3 y 4), conectados a la fuente de alimentación (5), en donde dichas conexiones están conectadas con cada una de las aberturas y configuradas para que, cuando las bobinas (1, 2, 3 y 4) se inserten en las aberturas del soporte (6), las terminales de dichas bobinas (1, 2, 3 y 4) queden conectadas con la fuente de alimentación (5).

Adicionalmente, el soporte (6) también permite que cada una de las bobinas (1, 2, 3 y 4) estén soportadas de tal manera que estas no se muevan ni cambien de posición debido a perturbaciones externas, como, mala manipulación del usuario o vibraciones lo que permite que no existan perturbaciones en el campo magnético generado por el arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4). Adicionalmente, dicho soporte (6) permite que las diferentes bobinas (1, 2, 3 y 4) estén separadas las distancias previamente descritas, sin que dichas distancias cambien por fuerzas externas. Además, el soporte (6) permite movilizar el arreglo de bobinas (1, 2, 3 y 4), sin que se vean afectadas las separaciones entre dichas bobinas (1, 2, 3 y 4).

Por otro lado, el soporte (6) puede tener actuadores conectados a las diferentes bobinas (1, 2, 3 y 4), en donde dichos actuadores están conectados a la unidad de control, lo que permite que dichos actuadores desplacen de forma horizontal, las bobinas (1, 2, 3 y 4). Lo anterior, con el fin que estas puedan obtener una relación de distancia como las mencionadas anteriormente que permita modificar el volumen de trabajo para una homogeneidad determinada del campo magnético y el valor de la densidad de flujo magnético, lo que además facilita cambiar la posición de las bobinas (1, 2, 3 y 4).

40

Dichos actuadores se seleccionan del grupo conformado por: cilindros hidráulicos, cilindros neumáticos, motores hidráulicos, motores hidráulicos de oscilación, dispositivos de desplazamiento con *encoders*, dispositivos de desplazamientos equivalentes o combinación de las anteriores, conocidos por una persona medianamente versada en la materia.

- 5 Adicionalmente, dichos actuadores deben de estar formados con materiales que no afecten el campo magnético producido por el arreglo de bobinas.

EJEMPLO

10 EJEMPLO 1

Se desarrolló un dispositivo de generación de campo magnético con las siguientes características:

- una primera bobina (1) con un primer diámetro medio (D1);
- una segunda bobina (2) con un segundo diámetro medio (D2) igual al primer diámetro medio (D1);
- 15 - una tercera bobina (3) con un tercer diámetro medio (D3) menor que el primer diámetro medio (D1) dispuesta entre la primera bobina (1) y la segunda bobina (2);
- una cuarta bobina (4) con un cuarto diámetro medio (D4) igual que el tercer diámetro (D3) y dispuesta entre la primera bobina (1) y la tercera bobina (3); y
- 20 - una fuente de alimentación (5) conectada con la primera bobina;
- en donde dichas bobinas (1, 2, 3, y 4) son coaxiales.

Además, en dicho EJEMPLO 1 las bobinas tienen las siguientes relaciones:

- 25 - la primera bobina y la segunda bobina tienen un primer diámetro medio (D1) de 0.4 m;
- por otro lado, la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) tienen un tercer diámetro medio (D3) de 0.392 m;
- adicionalmente, la cantidad de espiras de la primera bobina y la segunda bobina es
- 30 de 500;
- mientras que la cantidad de espiras de la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) es de 55;
- además, la separación entre la primera bobina y la segunda bobina es de 0.2 m, mientras que la separación entre la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) es de
- 35 0.1 m.

En dicho EJEMPLO 1, el calibre del conductor de la primera bobina, la segunda bobina, la tercera bobina (3) y la cuarta bobina (4) son iguales, y es un calibre de 21. Por otro lado, en dicho EJEMPLO 1, las bobinas (1, 2, 3, y 4) están conectadas a una fuente de

alimentación (5). Adicionalmente, dichas bobinas (1, 2, 3, y 4) eran bobinas de alambre de cobre.

5

EJEMPLO 2

Se desarrolló un dispositivo de generación de campo magnético con las características del EJEMPLO 1, en donde la fuente de alimentación (5) la cual era una fuente de corriente DC, que alimentaba las bobinas (1, 2, 3, y 4) con las siguientes características:

- 10
- una corriente de 1.0 A; y
 - un voltaje de 5.0 V.

Adicionalmente, se desarrolló otro dispositivo de generación de campo magnético con solo dos bobinas con las siguientes características:

- 15
- una primera bobina (1) con un primer diámetro medio (D1);
 - una segunda bobina (2) con un segundo diámetro medio (D2) igual al primer diámetro medio (D1);
 - en donde dichas bobinas (1, y 2) son coaxiales.

Además, dicho dispositivo de solo dos bobinas tienen las siguientes relaciones:

- 20
- la primera bobina y la segunda bobina tienen un primer diámetro medio (D1) de 0.4 m;
 - adicionalmente, la cantidad de espiras de la primera bobina y la segunda bobina es de 500. Además, la separación entre la primera bobina y la segunda bobina es de 0.2 m.

25 Dichas dos bobinas se conectaron con una fuente de corriente DC, que alimentaba dichas dos bobinas con las siguientes características:

- una corriente de 1.0 A; y
- un voltaje de 5.0 V.

30 Con dichos datos, se identificó que las propiedades del campo magnético del dispositivo de generación de campo magnético del arreglo de bobinas del EJEMPLO 1 (1,2, 3 y 4) de la presente invención incrementaron con respecto a la operación de un dispositivo con solo dos bobinas, para una homogeneidad de 97% el volumen de trabajo incrementó en 41%, y la densidad de flujo magnético aumento en 14%.

35

EJEMPLO 3

Haciendo referencia a la FIG. 1, se desarrolló un dispositivo de generación de campo magnético con las características del EJEMPLO 3, en donde las bobinas (1, 2, 3, y 4) estaban soportadas sobre un soporte (6) el cual tenía las siguientes características:

40

El soporte tenía una superficie inferior plana la cual permitía apoyarse sobre otras superficies, y una superficie superior curva con cuatro perforaciones, donde en cada una de dichas perforaciones se disponía la primera bobina (1), la segunda bobina (2), la tercera bobina (3) y cuarta bobina (4) respectivamente.

5

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en la materia técnica, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, definido por las siguientes reivindicaciones.

10