

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 702**

21 Número de solicitud: 201400462

51 Int. Cl.:

G01R 33/02

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

28.05.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.01.2016

Fecha de la concesión:

11.10.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

19.10.2016

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA (100.0%)
Universidad de Almeria -OTR Ctra. de
Sacramento s/n, Edf. Central
04120 Almería (Almería) ES**

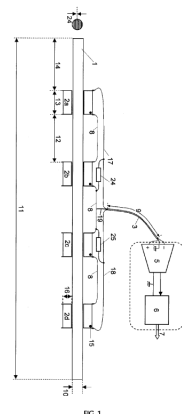
72 Inventor/es:

**GÁZQUEZ PARRA, Jose Antonio;
NOVAS CASTELLANO, Nuria;
GARCÍA SALVADOR, Rosa María y
FERNÁNDEZ ROS, Manuel**

54 Título: **Magnetómetro para medida de campos electromagnéticos débiles en la banda elf**

57 Resumen:

La invención comprende un sistema para la medición de campos electromagnéticos débiles, en la banda de frecuencias comprendida entre 1 a 100 Hz, donde se localizan señales derivadas de la resonancia natural que ocurre entre la tierra y la ionosfera, las resonancias de Schumann. El sistema está compuesto por un núcleo de material ferromagnético (1) y un conjunto de bobinas separadas entre sí (2), conectadas mediante cables unifilares (8). Un cable de par trenzado (3) conecta el sensor a un sistema electrónico de medida (4) compuesto por un amplificador diferencial (5) al que se acoplan cada par trenzado, en una bifurcación coaxial con las mallas comunes (20), (21) mediante conectores coaxiales (22), (23) y con salida a un convertidor analógico digital (6). La geometría, estructura y materiales del sistema, le confieren sus propiedades de sensibilidad y ancho de banda.



ES 2 557 702 B2

DESCRIPCIÓN

MAGNETOMETRO PARA MEDIDA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DÉBILES EN LA BANDA ELF.

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se engloba en el campo de la sensorización electromagnética.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 La captación de señales electromagnéticas de baja frecuencia mediante bobinas con núcleo es un tema de interés con aplicación en muchos campos de la física y de la ingeniería. El magnetómetro o sensor más habitual y directo que permite convertir un campo electromagnético de baja frecuencia en una corriente eléctrica, susceptible de ser medida, es una bobina, en la cual se induce una corriente eléctrica en función de la ley de Lenz-Faraday. Una aplicación típica de
- 15 estos magnetómetros es la medida de los campos inducidos por redes eléctricas, transformadores y motores en el estudio de la compatibilidad electromagnética. El problema surge cuando se quiere alcanzar la sensibilidad suficiente para la medida de campos electromagnéticos naturales en la banda ELF (ExtremelyLowFrequency) tales como los derivados de las resonancias Tierra-Ionosfera o Resonancias de Schumann. Dichas señales se detectan entre 7 y 100
- 20 Hz con niveles de amplitud de pocos picoTeslas. Este tipo de medidas requiere el uso de sensores muy sensibles y deben llevarse a cabo en zonas alejadas de la actividad humana, debido a la influencia de la red eléctrica, 50 Hz o 60 Hz según la zona geográfica. Un problema que aparece cuando se emplea un sensor basado
- 25 en una bobina es la presencia de autoresonancia, ya que las bobinas no son elementos ideales y todas tienen una capacidad parásita C debido a la capacidad de los cables entre espiras. Esta capacidad conlleva forzosamente a que la bobina se convierta en un circuito resonante LC a una determinada frecuencia. En el margen de frecuencias cercanas a la de resonancia, la sensibilidad de la bobina es
- 30 máxima y fuera de dicho rango la sensibilidad decrece rápidamente, lo que no

permite la captación de señales débiles fuera del rango de la frecuencia de resonancia. Suele usarse un núcleo de material ferromagnético que concentra la componente magnética del campo, aumentando la sensibilidad de la bobina aunque disminuyendo su frecuencia de resonancia.

5

Hay patentes de 2005 como US2005/0156601 que describe un magnetómetro de inducción de pequeño tamaño apto para ser usado desde aeronaves, sin embargo algo no encontrado hasta el momento son sensores basados en bobinas que tengan una gran sensibilidad y un ancho de banda comprendido entre 0 y 100 Hz que permita la medida de 7 picos de la resonancia de Schumann con una buena linealidad inicial.

10

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un sensor de campo magnético de muy baja frecuencia en la banda ELF con capacidad de medida de 1 a 100 Hz. La clave para que un sensor tenga sensibilidad y ancho de banda suficiente para captar las resonancias tierra-ionosfera con buena relación señal a ruido está en la estructura y geometría del sensor.

15

La base de esta invención consiste en definir las características de las bobinas, su conexionado, el núcleo, los materiales empleados, el tipo de cable, su longitud; así como la colocación y el valor de una resistencia en paralelo con la salida de las bobinas para la degradación del factor de calidad Q y el aumento del ancho de banda del sensor.

20

25

El funcionamiento de esta invención está basado en la medida de una corriente eléctrica inducida por el campo magnético que se desea captar. Para ello se sitúa la bobina sobre un núcleo ferromagnético de alta permeabilidad cuya misión es la concentración del campo magnético del medio, aumentando dicho campo en el interior de las bobinas e incrementado la sensibilidad del sensor.

30

El núcleo se caracteriza por su geometría alargada y tipo de material. Éste es tanto mejor cuanto mayor es la permeabilidad magnética a bajos campos de excitación. Para aumentar el ancho de banda del sensor es necesario que el núcleo esté laminado longitudinalmente y exista aislamiento eléctrico entre las láminas.

5

La clave de esta invención es el uso de conjuntos de bobinas distribuidas, y separadas entre sí, sobre el núcleo, con una conexión en serie hasta llegar a un número total de espiras suficiente, del orden de cientos de miles de espiras, para conseguir la tensión de inducción requerida. Esta configuración que permite una salida balanceada situando el terminal de masa en la conexión de las bobinas centrales, es sumamente eficaz al proporcionar un gran ancho de banda al detector, ya que la frecuencia de autorresonancia se sitúa muy por encima del caso de las bobinas con un único devanado a lo largo de todo el núcleo. Situando la frecuencia de autorresonancia en el centro del ancho de banda a medir, mediante la capacidad C del cable de conexión y con la resistencia en paralelo, se obtiene el factor Q necesario para conseguir el ancho de banda requerido. Con esta invención se han desarrollado sensores capaces de medir con un ancho de banda entre 0 y 100, las resonancias Tierra-Ionosfera con buena relación señal a ruido.

20

La salida balanceada del conjunto núcleo-bobinas se aplica a través del cable balanceado a un amplificador diferencial de elevada ganancia y la salida del amplificador se conecta a un digitalizador de suficiente resolución para el almacenamiento digital de los datos obtenidos.

25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se representa como un ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

30

La figura 1 es un diagrama general del sensor de la invención de acuerdo con una realización preferida de la invención.

La figura 2 es un esquema del sistema de captación de acuerdo con una realización preferida de la invención.

5

MODOS DE REALIZACIÓN PREFERENTE

El sistema está compuesto por un conjunto de 4 inductores o bobinas (2a), (2b), (2c), (2d) de 75000 espiras de cobre esmaltado de 0.15 mm de diámetro cada una, con una longitud de 10 cm (13) y diámetro interior de 5.4 cm (10). La separación de los extremos de las bobinas entre si (12) es de 30 cm y la separación entre los extremos de las bobinas exteriores (2a),(2d) y los extremos del núcleo (14) es de 35 cm. En el interior se introduce un núcleo ferromagnético (1) de 2 metros de longitud y 4.7 cm de diámetro de un material denominado Nilomag77. Este material es una aleación cuya composición mayoritaria es Níquel (77%), Hierro (13.5%), Cobre (5%), Molibdeno (4.2%), que confiere al sistema alta permeabilidad magnética. Posee un ciclo de histéresis pequeño que se recupera fácilmente ante un estímulo externo, necesitando un menor campo magnético en el proceso de desmagnetización. Para la conformación del núcleo se establece una estructura laminada mediante el apilamiento de chapas rectangulares de 1.72 mm de espesor (26) y diferentes tamaños (10), (11) (fig.1), e idénticas para cada una de las mitades, además entre las láminas se coloca un papel parafinado. Este procedimiento pretende disminuir las posibles corrientes de Foucault que puedan aparecer en el sistema mediante el confinamiento de las corrientes parásitas en trayectorias de pequeña sección transversal.

25

Las bobinas están conectadas en serie mediante cables unifilares (8). En el mismo sentido de los devanados (15) se conexionan a un cable (3) de baja capacidad y libre de ruido, compuesto por un par trenzado (17), (18) y malla (19). El otro extremo del cable se acopla a un sistema electrónico de medida (4) compuesto por un amplificador diferencial de una ganancia de hasta 80 dB y alta impedancia

30

- de entrada, 100 mega-ohmios(5) donde se conecta cada unidad del par trenzado, en una bifurcación coaxial con las mallas comunes (20), (21) mediante conectores coaxiales (22), (23). La longitud (9) del cable bifilar (3) es de 5 metros y ello determina el valor de la capacidad externa en paralelo con el conjunto de
- 5 bobinas, que fija la frecuencia de autorresonancia y de máxima sensibilidad del sistema. Una resistencia en paralelo con cada entrada diferencial (24), (25) de valor 5 Mega Ohmios, rebaja el factor de calidad Q del sistema de bobinas, aumentando el ancho de banda al valor requerido. La salida del amplificador se conecta a la entrada de un convertidor analógico digital (6) de 24 bits, del que se
- 10 obtienen finalmente los datos digitalizados de las señales electromagnéticas que se miden (7).

REIVINDICACIONES

1. Un magnetómetro con sensor magnético de bobina constituido por un número par de bobinas, distribuidas simétricamente sobre un núcleo ferromagnético de alta permeabilidad. Se considera el plano de simetría el que es perpendicular al centro del núcleo y paralelo a su sección transversal. La conexión eléctrica entre las bobinas será en serie en cada plano de simetría y con el mismo sentido de espiras, constituyendo el conjunto una estructura de cuatro electrodos para su conexión a un amplificador con entrada diferencial. El punto de masa del sistema podrá establecerse, en la unión de los electrodos centrales o en los electrodos de los extremos. Los 2 electrodos libres serán la salida de señal del sensor. Se utilizan un par de resistencias en paralelo entre las conexiones de las salidas de señal y el punto de masa.
2. Un magnetómetro con sensor magnético de bobina, de acuerdo con la reivindicación 1, donde las parejas de bobinas equidistantes al plano de simetría son idénticas.
3. Un magnetómetro con sensor magnético de bobina, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, en el que todas las bobinas son idénticas.
4. Un magnetómetro con sensor magnético de bobina, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y 3, en el cual las resistencias en paralelo con las salidas de señal, se corresponden con la impedancia de entrada en cada rama del amplificador diferencial al que se conecta el sensor.
5. Un magnetómetro de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 donde la conexión del sensor con el amplificador diferencial es mediante un cable con una determinada longitud y de una capacidad propia.
6. Un magnetómetro con sensor magnético de bobina, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, y 5 donde el núcleo ferromagnético de alta

permeabilidad está constituido por láminas longitudinales de material y aisladas eléctricamente entre sí.

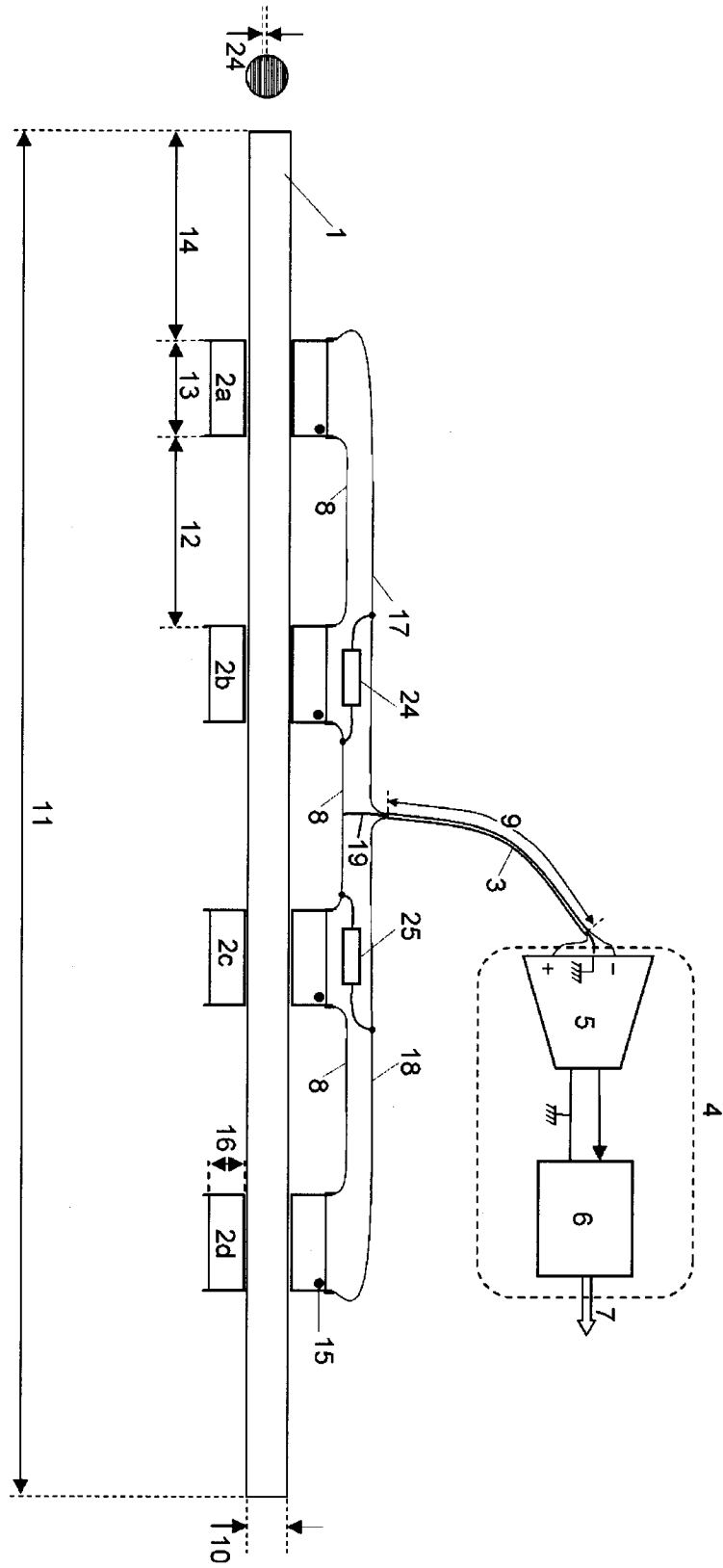


FIG. 1

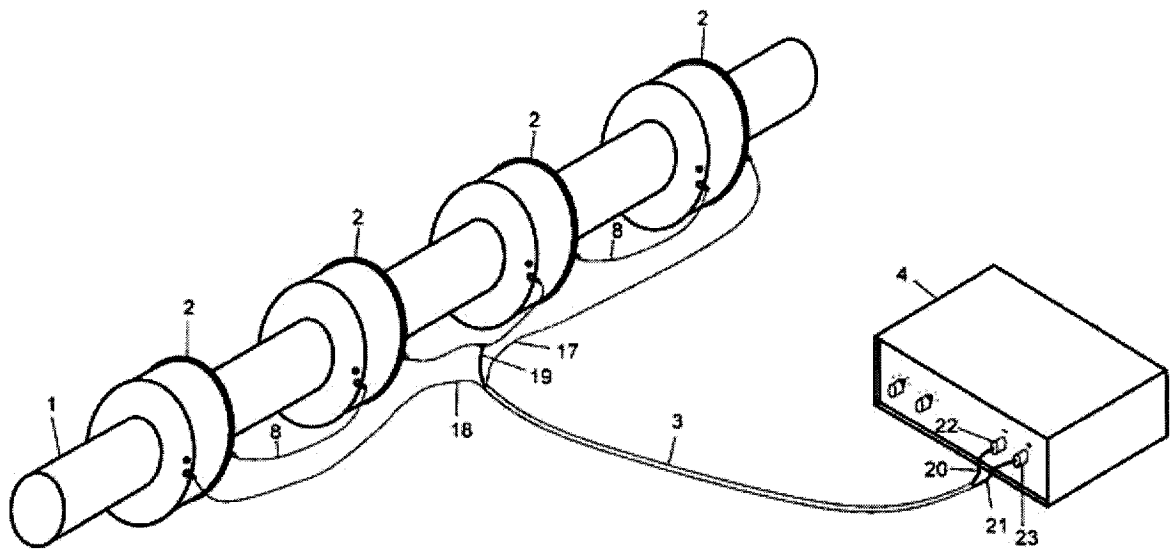


FIG. 2



- ②① N.º solicitud: 201400462
②② Fecha de presentación de la solicitud: 28.05.2014
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R33/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2006202699 A1 (REIDERMAN ARCADY) 14/09/2006, párrafo [12]; párrafo [14]; párrafo [40]; párrafo [48]; párrafo [52]; figura 4.	1-6
A	US 6002253 A (BORNHOFFT WOLFGANG et al.) 14/12/1999, resumen; figuras.	1,6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
19.01.2016

Examinador
E. P. Pina Martínez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 19.01.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-6	SI
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		SI
	Reivindicaciones	1-6	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2006202699 A1 (REIDERMAN ARCADY)	14.09.2006

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud. Este documento afecta a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explicará a continuación.

Reivindicación 1

En relación con el objeto de la reivindicación independiente, el documento D01 describe el siguiente dispositivo (las referencias entre paréntesis se refieren a D01):

Un magnetómetro con sensor magnético de bobina constituido por un número par de bobinas (50), distribuidas simétricamente sobre un núcleo ferromagnético de alta permeabilidad y conectadas en serie con el mismo sentido de espiras (ver fig. 4, párr. [0052]).

La diferencia entre lo descrito en D01 y el objeto de la reivindicación 1 reside en las resistencias en paralelo que se conectan entre la salida y el punto de masa.

El efecto técnico de esta diferencia sería la modificación del factor de calidad que a su vez implica la modificación del ancho de banda, por estar ambos directamente relacionados.

No obstante, se considera una práctica conocida y habitual en el sector de la técnica la modificación del factor de calidad de un circuito LRC a través de la modificación de la resistencia. Así un experto en la materia, motivado por la necesidad de modificar el ancho de banda en el dispositivo descrito en D01 incluiría las mencionadas resistencias sin la necesidad de realizar un esfuerzo inventivo.

En consecuencia, en vista del estado de la técnica anterior, la reivindicación 1 no satisface el requisito de actividad inventiva establecido en el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

Reivindicaciones 2-6

Las reivindicaciones dependientes 2-6 no comprenden características adicionales o alternativas que, en combinación con las características de las reivindicaciones de las que dependen, satisfagan el requisito de actividad inventiva frente al estado de la técnica anterior (Art. 8.1 de la Ley 11/86).

En conclusión, a la vista del estado de la técnica anterior, la solicitud no satisface los requisitos de patentabilidad que se establecen en el Art. 4.1 de la Ley de Patentes 11/86.