

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 090**

21 Número de solicitud: 201430110

51 Int. Cl.:

**G01B 7/30** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**30.01.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**30.07.2015**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)**  
**Av. Gregorio Peces Barba, 1**  
**28918 Leganés (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ DÍAZ, José Luis;**  
**SÁNCHEZ GARCÍA-CASARRUBIOS, Juan;**  
**DÍEZ JIMÉNEZ, Efrén;**  
**VALIENTE BLANCO, Ignacio;**  
**CRISTACHE, Cristian;**  
**ÁLVAREZ VALENZUELA, Marco Antonio;**  
**MARTÍNEZ ROJAS, Juan Antonio;**  
**MARTÍNEZ SARMIENTO, Sofía;**  
**DE LA LASTRA BLANCO, María y**  
**LIANES GARCÍA, Cristina**

54 Título: **Dispositivo para la medida sin contacto en ejes rotativos de sus tres coordenadas independientes de desplazamiento y tres ángulos de giro independientes**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un dispositivo para la medida de posición, rotación y cabeceo y guiñada de un eje rotativo (1) caracterizado por disponer de al menos un imán permanente (2) con imanación en dirección diametral sólidamente unido a dicho eje rotativo (1) y por disponer además de un primer conjunto de al menos cuatro sensores de campo magnético uniaxiales (3), (4), (5) y (6) y un segundo conjunto de al menos dos sensores (7) y (9), estando cada uno de dichos sensores (3), (4), (5), (6), (7) y (9) fijos y separados cada uno a una cierta distancia del al menos un imán permanente (2), estando sus ejes sensibles orientados radialmente y el primer conjunto caracterizado además por disponerse los sensores por parejas en dos ejes radiales, caracterizados además los dos conjuntos por estar desplazados axialmente una cierta distancia fija uno de otro.

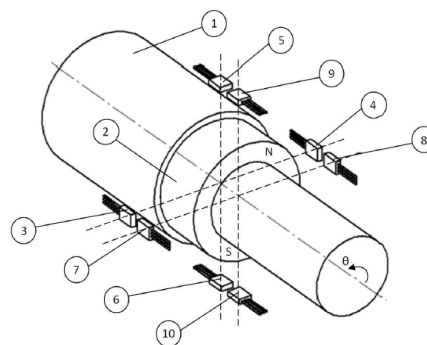


Fig. 1

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la medida sin contacto en ejes rotativos de sus tres coordenadas independientes de desplazamiento y tres ángulos de giro independientes.

5

### Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un dispositivo para medir el desplazamiento en las tres coordenadas independientes del espacio así como el giro en torno a tres ángulos independientes de un eje rotativo. Es de aplicación a ejes rotativos soportados por cojinetes con una cierta elasticidad u holgura de movimiento –como pueden ser los cojinetes hidrodinámicos, los magnéticos o los magnéticos superconductores- en cuyo caso el eje puede ser considerado relativamente rígido y el dispositivo proporciona las 6 coordenadas generalizadas (desplazamiento y ángulos) que definen el movimiento del eje como sólido rígido.

10  
15

También es de aplicación a ejes rotativos que disponiendo de cojinetes de comportamiento relativamente rígido sufran flexión u otro tipo de deformación, en cuyo caso el dispositivo proporcionará las tres componentes del vector amplitud de vibración así como los dos ángulos que definen en cada momento la tangente al eje vibrante en el punto en el que esté instalado el dispositivo y el tercer ángulo que define el propio giro en torno de su eje. En caso de que el eje se deforme o flecte, el dispositivo proporciona, mediante la aportación de los valores de las tangentes al eje, una información sobre el estado vibracional del eje completo –permitiendo deducir la posición de los máximos de deflexión o la aparición de modos de vibración-, algo que no pueden aportar los dispositivos que sólo miden amplitud de vibración en un punto –sin poder determinar dónde se produce y cuál es la magnitud de la amplitud máxima de vibración-.

20

25

El dispositivo se caracteriza por disponer de un imán permanente o un conjunto de ellos fijados al eje rotativo de forma que la imanación sea esencialmente transversal al eje rotativo y un conjunto de al menos 6 sensores de campo magnético uniaxiales dispuestos alrededor del eje rotativo a una cierta distancia sin tocar el eje y por disponer de un módulo electrónico de acondicionamiento y procesado de la señal proveniente de los sensores de campo magnético. En una realización preferente de la presente invención los sensores de campo magnético pueden ser de tipo Hall.

30

35

Como instrumento de medida de desplazamiento en 3 dimensiones y 3 ángulos girados, la presente invención puede emplearse en ejes rígidos rotativos flotantes, por ejemplo sobre cojinetes magnéticos o también por ejemplo sobre cojinetes hidrodinámicos, sea cual sea el tipo de mecanismo en el que estén incorporados, o ejes montados con ciertos grados de libertad como por ejemplo en giróscopos o similares.

40

Como instrumento de caracterización de vibraciones puede emplearse en ejes rotativos sometidos a flexión o deformación –bien en su funcionamiento normal o como consecuencia de una anomalía, en cuyo caso el dispositivo es capaz de detectar dicha anomalía.

45

### Estado de la técnica

Existen en la técnica actual un número de sensores de campo magnético, como, por ejemplo, los de tipo Hall, los magnetorresistivos y los basados en magnetorresistencia gigante o los más sensibles de interferencia cuántica superconductora conocidos como SQUID. Cualquiera de ellos puede ser empleado para medir la componente del vector inducción magnética o campo magnético en una dirección.

50

Existen en la técnica numerosas invenciones que emplean algunos de estos sensores para medir algunas magnitudes mecánicas. Así, por ejemplo, en la patente US 4,825,157 se emplean 4 sensores Hall para determinar el movimiento en un plano de un joystick, empleando una bobina excitada en corriente alterna como fuente y filtrando mediante condensadores la señal que pudiera causar un campo magnético constante.

En la patente US 5,818,223 se emplea un sensor Hall y un imán permanente con imanación en dirección diametral para determinar el ángulo de rotación de un eje rígido y rígidamente soportado por cojinetes convencionales.

En el documento US 6,396,259 B1 se describe también un dispositivo para medir un ángulo de rotación empleando un imán permanente con imanación en dirección diametral y un sensor de campo magnético.

En Sensors, Proceedings of IEEE (volumen 2) en 2002 Schott describe un sensor de posición en el plano –ejes X e Y- que emplea un imán permanente con imanación perpendicular al plano y dos sensores Hall biaxiales.

Demierre y otros describen, en Sensors and Actuators A 116 (2004) 39-44, un dispositivo CMOS que integra dos pares de sensores Hall en dos direcciones de un plano para poder medir el ángulo de giro de un imán permanente de imanación paralela al plano (y transversal al eje de giro).

De igual manera un ángulo de giro de un eje es medido en el sistema descrito en el documento US 6,707,293 B2 empleando un imán permanente y una combinación de un sensor de tipo Hall y un sensor magnetorresistivo. La combinación de los dos tipos se emplea para determinar el sentido de giro además de la magnitud del ángulo.

Paulides describe en IEEE Trans. On Magnetics vol. 42, nº 10 (2006) 3294-3296 la señal producida por un sensor Hall al girar en torno de su eje un imán anular con imanación en dirección diametral.

Fontana describe en el documento “Novel Magnetic Sensing Approach with Improved Linearity” publicado en Sensors 2013, 13, 7618-7632, la mejora de la medida del ángulo girado por un eje mediante el empleo de un imán con imanación en dirección diametral y un conjunto de hasta tres sensores Hall excentricos.

Sheng-Ming Yang y Chun-Cheng Lin emplean imanes permanentes con imanación axial para medir, mediante un conjunto de cuatro sensores Hall, desplazamientos del eje exclusivamente en la dirección axial como está descrito en el documento “Performance of a Single-Axis Controlled Magnetic Bearing for Axial Blood Pump” Industry Applications Conference (2007) 42 IAS Annual Meeting. Por otro lado, Sheng-Ming Yang y Chien-Lung Huang en IEEE Sensors Journal, vol. 9, nº 12 (2009) 1872-1878, emplean un conjunto de seis sensores Hall para determinar los desplazamientos tanto radiales como axiales de un imán con imanación axial solidario con un eje rotativo soportado en cojinetes magnéticos pasivos para la dirección radial y activos para la axial. Dada la disposición del imán permanente con su imanación orientada axialmente (alineada con el eje) la señal que obtiene es esencialmente continua. El citado conjunto de sensores, debido a la simetría de rotación del imán permanente, no es capaz de medir el giro del eje.

Bretschneider y otros describen en “Design of multi-dimensional magnetic position systems based on HallinOne technology” (2010) IEEE 422-426 un método para determinar las seis coordenadas que describen la posición y el ángulo de orientación de un imán permanente

5 mediante la señal obtenida en un único circuito integrado que incorpora cinco sensores Hall triaxiales –con un total de quince medidas de componentes de campo magnético en el mismo chip –con la evidente complejidad y coste asociados-. Este último dispositivo, al medir todas las componentes en un punto o una región tan pequeña como el tamaño del propio chip, es muy vulnerable a la presencia de polución magnética u otras fuentes de campos magnéticos.

### Descripción

10 El dispositivo de la presente invención se caracteriza por disponer de un imán permanente o un conjunto de ellos fijos al eje rotativo de forma que la imanación sea esencialmente transversal al eje rotativo y un conjunto de al menos seis sensores de campo magnético uniaxiales dispuestos alrededor del eje rotativo cada uno de ellos a una cierta distancia sin tocar el eje y con su eje sensible orientado radialmente y se caracteriza además por disponer de un módulo electrónico de acondicionamiento y procesado algebraico de la señal electrónica en corriente  
15 alterna proveniente de los sensores de campo magnético.

20 En una realización preferente de la presente invención los sensores de campo magnético pueden ser de tipo Hall y el procesado algebraico de la señal podría ser tanto analógico como digital.

25 La ventaja de la presente invención es el bajo costo de los componentes empleados, además de la posibilidad de determinar sin contacto y simultáneamente los seis grados de libertad de movimiento del eje en el punto donde se encuentra el citado imán permanente: desplazamientos radiales X e Y y axial Z y rotación  $\theta$ , cabeceo  $\alpha$  y guiñada  $\beta$ . Además la medida es instantánea y no requiere algoritmos complejos. Las señales obtenidas son proporcionales al desplazamiento obtenido y se obtienen mediante procesos de filtrado, amplificación y álgebra de señal de acuerdo con métodos conocidos como los descritos en “Electrónica de los sistemas a los componentes” por Neil Storey.

30 Otra ventaja del presente dispositivo es que el módulo electrónico de acondicionamiento y procesado algebraico de la señal electrónica puede ser construido con componentes económicos manteniendo el ancho de banda de los propios sensores de campo magnético. Así, por ejemplo, en el caso de sensores de tipo Hall el ancho típico de banda está en torno a los 30 kHz por lo que el dispositivo puede emplearse para la medida vibraciones con dicho  
35 ancho de banda.

40 Los sensores de campo magnético útiles en el dispositivo de la presente invención pueden ser cualquiera de los conocidos, como, por ejemplo, los de tipo Hall, los magnetorresistivos, los basados en magnetorresistencia gigante o los de interferencia cuántica superconductora (SQUID). Cualquiera de ellos puede ser empleado para medir la componente del vector inducción magnética o campo magnético en una dirección.

### Descripción de los dibujos

45 La figura 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de una realización preferente de la presente invención aplicada a la medida de posición, rotación y cabeceo y guiñada del eje rotativo 1, caracterizado por disponer de un imán permanente (2) con imanación en dirección diametral sólidamente unido al eje rotativo (1); y por disponer de dos conjuntos de cuatro sensores de campo magnético uniaxiales (3), (4), (5) y (6) en un primer conjunto, y (7), (8), (9) y (10) en un segundo conjunto, fijos y separados una misma distancia del imán permanente,  
50 estando sus ejes sensibles orientados radialmente y caracterizados además por disponerse por parejas en dos ejes radiales perpendiculares entre sí y caracterizados los dos conjuntos por estar desplazados axialmente una cierta distancia fija uno de otro.

5 En la figura 2 se muestra una vista esquemática en perspectiva una segunda realización preferente de la presente invención con el segundo conjunto de sensores uniaxiales (7), (8), (9) y (10) de campo magnético girado respecto del primero (3), (4), (5) y (6) un cierto ángulo fijo además de desplazado axialmente una distancia fija como en la realización anterior pero en sentido opuesto. En esta realización preferente el primer y segundo conjunto de sensores se sitúa además en una circunferencia de diámetro diferente.

10 En la figura 3 se muestra una sección esquemática de dicha segunda realización preferente de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques del procesado electrónico de señal correspondiente a la realización preferente primera.

15 **Descripción de realizaciones preferentes**

20 La realización preferente de la presente invención mostrada en la figura 1 aplicada a la medida de posición, rotación y cabeceo y guiñada del eje rotativo (1), está caracterizada por disponer de un imán permanente (2) con imanación en dirección diametral sólidamente unido al eje rotativo (1); y por disponer además de dos conjuntos de cuatro sensores de campo magnético uniaxiales (3), (4), (5) y (6) en un primer conjunto, y (7), (8), (9) y (10) en un segundo conjunto, fijos y separados una cierta distancia del imán permanente, estando sus ejes sensibles orientados radialmente y caracterizados además por disponerse por parejas en dos ejes radiales perpendiculares entre sí y caracterizados los dos conjuntos por estar desplazados axialmente una cierta distancia fija uno de otro. Las señales de los sensores uniaxiales de campo magnético (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9) y (10) alimentan un módulo electrónico de acondicionamiento y procesado algebraico de la señal en corriente alterna que viene a su vez caracterizado por disponer de un conjunto (11) de filtros analógicos paso bajo antiestroboscópicos, un conjunto (12) de módulos de álgebra de las señales –bien analógicamente, bien digitalmente e incorporando preferentemente ajustes de ganancia en las señales individuales- de forma que obtiene como resultado señales proporcionales al desplazamiento axial Z, desplazamientos radiales X e Y, cabeceo  $\alpha$  y guiñada  $\beta$  del eje rotativo como se muestra en la figura 4. Para la obtención del giro  $\theta$  se dispone preferentemente además de un módulo medidor de fase (13).

35 Una segunda realización preferente de la presente invención como se muestra en la figura 2 viene caracterizada por disponerse el segundo conjunto de sensores uniaxiales (7), (8), (9) y (10) de campo magnético girado respecto del primero (3), (4), (5) y (6) un cierto ángulo fijo además de desplazado axialmente una distancia fija y además viene caracterizada por encontrarse los sensores del segundo conjunto (7), (8), (9) y (10) ordenados en una circunferencia de distinto diámetro que los del primer conjunto (3), (4), (5) y (6). El conjunto de filtros (11) o el módulo (12) de esta realización preferente se caracterizan por disponer de ajustes de ganancia diferentes para cada señal de forma que esta diferente ganancia compensa la diferente magnitud de la señal causada por encontrarse los sensores a diferente distancia del imán (2).

Podría además en otra realización preferente disponerse incluso cada sensor a diferente distancia y compensarlo con distinta ganancia.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un dispositivo para la medida de posición, rotación y cabeceo y guiñada de un eje rotativo (1) caracterizado por disponer de al menos un imán permanente (2) con imanación en dirección diametral sólidamente unido a dicho eje rotativo (1) y por disponer además de un primer conjunto de al menos cuatro sensores de campo magnético uniaxiales (3), (4), (5) y (6) y un segundo conjunto de al menos dos sensores (7) y (9), estando cada uno de dichos sensores (3), (4), (5), (6), (7) y (9) fijos y separados cada uno a una cierta distancia del imán permanente (2), estando sus ejes sensibles orientados radialmente y el primer conjunto caracterizado además por disponerse los sensores por parejas en dos ejes radiales, caracterizados además los dos conjuntos por estar desplazados axialmente una cierta distancia fija uno de otro.
- 15 2. El dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado porque dicho primer conjunto de sensores (3), (4), (5) y (6) se dispone por parejas en dos ejes radiales perpendiculares entre sí.
- 20 3. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque los sensores que forman dicho primer conjunto de sensores se encuentran a la misma distancia de dicho imán permanente (2).
- 25 4. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque los sensores que forman dicho segundo conjunto de sensores se encuentran a la misma distancia de dicho imán permanente (2).
5. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque todos los sensores se encuentran a la misma distancia de dicho imán permanente (2).
- 30 6. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque todos los sensores del primer conjunto de sensores se encuentran a una misma primera distancia del imán permanente (2) y todos los sensores del segundo conjunto de sensores se encuentran a una misma segunda distancia del imán permanente (2), en donde dicha primera distancia es distinta de dicha segunda distancia.
- 35 7. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque dicho segundo conjunto de sensores comprende cuatro sensores (7), (8), (9) y (10).
- 40 8. El dispositivo según la reivindicación 7 caracterizado porque dichos sensores (7), (8), (9) y (10) se disponen por parejas en dos ejes radiales.
9. El dispositivo según la reivindicación 8 caracterizado porque dichos ejes radiales son perpendiculares entre sí.
- 45 10. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque dicho primer conjunto de sensores (3), (4), (5) y (6) y dicho segundo conjunto de sensores (7), (8), (9) y (10) están situados en circunferencias paralelas de igual diámetro.
- 50 11. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque dicho primer conjunto de sensores y dicho segundo conjunto de sensores se sitúan en ejes paralelos entre sí.

12. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque comprende de un conjunto (11) de filtros analógicos paso bajo antiestroboscópicos, un conjunto (12) de módulos de álgebra de las señales y un módulo medidor de fase (13).
- 5 13. El dispositivo de la reivindicación anterior caracterizado porque dispone de ajustes de ganancia independientes para cada una de las señales empleadas.

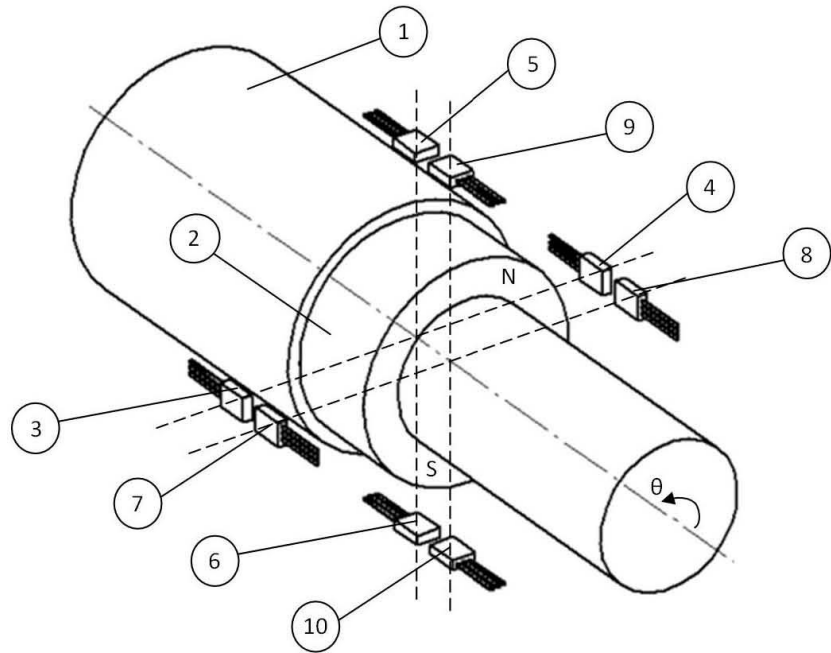


Fig. 1



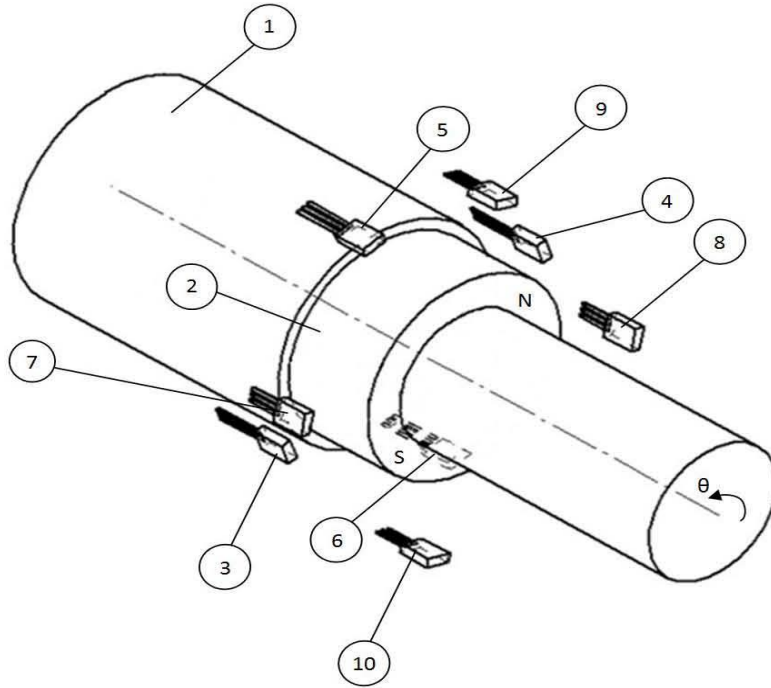


Fig. 2

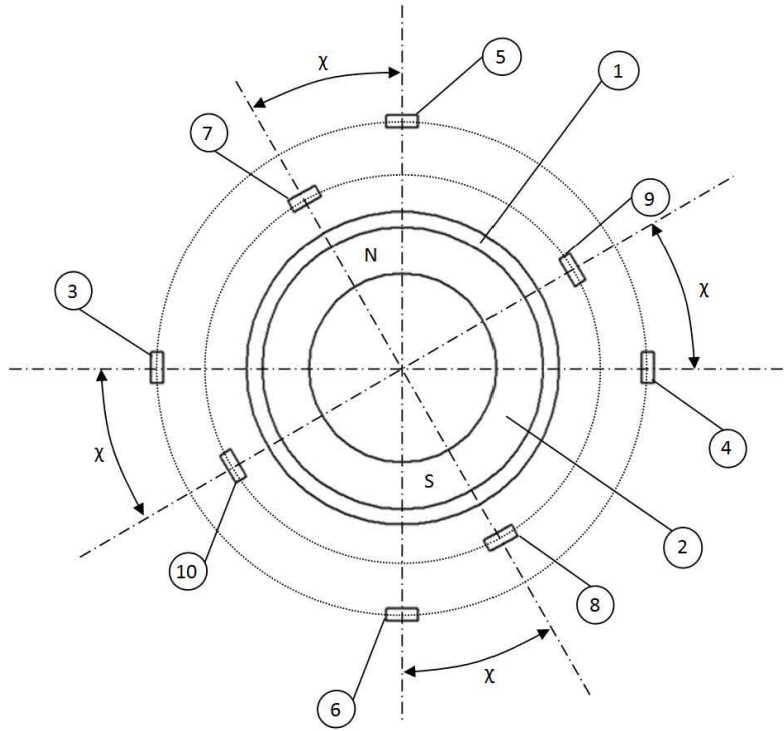


Fig. 3

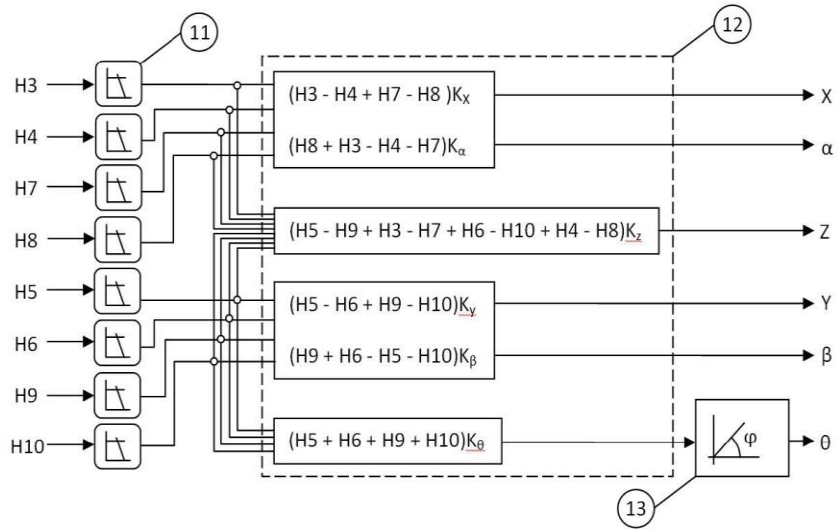


Fig. 4



- ②① N.º solicitud: 201430110  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.01.2014  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01B7/30** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 0632250 A1 (SIMMONDS PRECISION PRODUCTS) 04.01.1995, columna 4, línea 1 – columna 13, línea 12; figuras 1-4,6.	1-13
A	US 2011213571 A1 (GEN ELECTRIC ) 01.09.2011, párrafos [35-36]; reivindicaciones 12,14; figuras 3-4.	1-13

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:

<p><b>Fecha de realización del informe</b> 16.09.2014</p>	<p><b>Examinador</b> E. P. Pina Martínez</p>	<p><b>Página</b> 1/4</p>
---	--	------------------------------

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

G01B

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, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.09.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 6-9, 11-13	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-5, 10	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-13	<b>NO</b>

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	EP 0632250 A1 (SIMMONDS PRECISION PRODUCTS)	04.01.1995

**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 los requisitos de patentabilidad de las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

Reivindicación 1

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

Dispositivo para la detección de la posición axial y angular de un eje rotativo que dispone de los siguientes elementos:

- al menos un imán permanente (28, 26) sólidamente unido al eje rotativo (10);
- un primer conjunto de cuatro sensores de campo magnético (Fig. 1: 50b, 50d, 50e, 50f; Fig. 4: A,B,C,D) situados por parejas en dos ejes radiales;
- un segundo conjunto de dos sensores de campo magnético (Fig. 1: 50a, 50c);

estando dichos sensores fijos y separados a una cierta distancia del imán y ambos conjuntos desplazados axialmente una cierta distancia fija uno del otro (ver figura 2, 70; 76).

En cuanto a los sensores de campo magnético utilizados, se considera implícitamente descrita en D01 la condición uniaxial de los sensores, al tratarse de sensores denominados de reluctancia variable o monopolo consistentes en una bobina detectora que necesariamente detecta en su eje la imanación radial de los discos imantados.

En vista de lo anterior, el dispositivo descrito en D01 es estructuralmente idéntico al dispositivo reivindicado en la solicitud y por tanto no se satisface el requisito de novedad establecido en el Art. 6.1 de la Ley de Patentes 11/86.

Reivindicaciones 2-13

En cuanto a las reivindicaciones dependientes 2-13 no comprenden características adicionales o alternativas que, en combinación con las características de las reivindicaciones de las que dependen, satisfagan los requisitos de novedad, en el caso de las reivindicaciones 2-5 y 10 o actividad inventiva, en el caso de las reivindicaciones 6-9, 11-13, frente al estado de la técnica anterior (Art. 8.1 LP 11/86).

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