

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 028**

51 Int. Cl.:

G01D 5/245 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2012 PCT/IL2012/000172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13098803**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2012 E 12862049 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2798311**

54 Título: **Codificador absoluto de alta resolución**

30 Prioridad:

28.12.2011 US 201161580668 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.06.2019

73 Titular/es:

**SERVOSENSE (SMC) LTD. (100.0%)
21C Yegia Kapaim Street
4913020 Petach-Tikva, IL**

72 Inventor/es:

VILLARET, YVES

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 717 028 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Codificador absoluto de alta resolución

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a dispositivos para determinar la cantidad de desplazamiento y la posición de un cuerpo móvil y, en particular, a dispositivos codificadores (codificadores).

10 Antecedentes de la invención

15 Los codificadores se usan para medir la posición angular de un elemento rotativo, o el desplazamiento relativo de elementos deslizantes. Estos se usan típicamente en sistemas de control, denominados con frecuencia servosistemas, en los que se usa un controlador de movimiento para hacer que un elemento móvil siga una trayectoria deseada precisa. Con semejante propósito, los dispositivos codificadores incluyen una interfaz electrónica que permite su conexión a un controlador de movimiento.

20 Los codificadores pueden ser de dos tipos, rotatorios y lineales. Los codificadores rotatorios están diseñados para medir la posición angular de un elemento rotatorio, como el árbol de un motor o cualquier dispositivo rotativo. Los codificadores lineales están diseñados para medir el movimiento relativo de dos elementos deslizantes, por ejemplo, un carro deslizante montado en un soporte lineal con respecto a una base estática.

25 En una aplicación común, un codificador rotatorio se monta en un árbol de motor eléctrico en el extremo posterior, y proporciona información de posición sobre el ángulo de rotación del árbol al controlador del motor eléctrico. El controlador del motor emitirá luego una corriente apropiada al motor con el fin de hacerlo rotar hacia la posición deseada.

30 En otra aplicación común, un codificador lineal se monta en el elemento móvil de un motor lineal, y se conecta al controlador de movimiento del motor lineal.

A lo largo de esta solicitud de patente, la expresión "dispositivo codificador" hará referencia tanto a un codificador rotatorio como a un codificador lineal.

35 En maquinaria automática, con frecuencia se requiere que los elementos móviles sigan una trayectoria con una precisión muy alta y a velocidades altas. Para conseguir esto, el dispositivo codificador debería tener una alta precisión, y debería ser capaz de transferir información de posición a un ritmo alto. A modo de ejemplo, los codificadores rotatorios disponibles en el mercado pueden proporcionar una precisión mejor que 0.01 grados cuando el ritmo de transferencia de los datos del ángulo de rotación a un controlador de movimiento es típicamente de entre 8.000 a 30.000 transferencias de datos por segundo.

40 Otra cualidad requerida de un dispositivo codificador es su resolución. La resolución representa el número de posiciones que el dispositivo codificador es capaz de medir en una revolución o en una unidad de longitud. La resolución suele ser más alta que la precisión, lo que significa que el dispositivo codificador es capaz de proporcionar datos de posición que tienen dígitos más significativos de los que se requieren para la precisión, incluso si la salida del valor de posición difiere de la posición real en algún error, siendo este error inferior al definido por la característica de precisión del codificador. La alta resolución permite que los controladores de movimiento, también llamados servocontroladores, consigan un control ajustado y suave de los elementos móviles.

50 Los dispositivos codificadores pueden ser absolutos o incrementales. Un dispositivo codificador absoluto es capaz de medir la posición angular o lineal con respecto a una posición de referencia fija, mientras que un dispositivo codificador incremental es capaz de medir el desplazamiento angular o lineal desde el inicio de su operación. De este modo, cuando se usa un dispositivo codificador incremental en la maquinaria automática, es común ejecutar, en cada inicio de operación de la máquina, una búsqueda de una posición de referencia. Esta búsqueda se realiza a una velocidad lenta en una dirección dada, hasta que un sensor final de carrera, u otro dispositivo colocado en la posición de referencia, se activa. Este procedimiento de búsqueda añade complejidad al sistema, y retrasa la primera operación de la máquina. A pesar de este inconveniente, comúnmente se usan codificadores incrementales, debido a su simplicidad y a su bajo coste. En muchos casos, un constructor de máquinas habría preferido usar un codificador absoluto, pero hace uso de un codificador incremental debido al coste más alto de los codificadores absolutos disponibles actualmente.

60 La resolución absoluta de un dispositivo codificador absoluto está limitada por el número de sensores. Un codificador que usa un número n de sensores puede tener una resolución absoluta máxima de 2^n . Por ejemplo, un codificador rotatorio de 8 sensores no puede proporcionar una resolución absoluta de 256. Con el fin de obtener una resolución más alta, los dispositivos codificadores absolutos suelen combinarse con un dispositivo codificador incremental de alta resolución con el fin de proporcionar un dispositivo codificador de alta resolución absoluta. Esto da como resultado una complejidad, un tamaño y un coste más altos del dispositivo.

De este modo, es deseable proporcionar un dispositivo codificador absoluto, que sea de fabricación simple y que siga proporcionando una alta precisión y resolución a un coste más bajo.

En Villaret (solicitud de patente publicada de EUA 2010/0140463), se describe un dispositivo codificador absoluto de construcción simple, que puede proporcionar una información de posición absoluta. El dispositivo hace uso de un número de sensores, distribuidos por igual en una circunferencia de una parte estática. Un disco rotativo, que tiene secciones de propiedades alternantes en una pista anular, se coloca para que los sensores puedan detectar la propiedad de la sección de pista en proximidad. Durante la rotación del disco, diferentes secciones del disco rotativo entran en proximidad respecto a cada sensor. Cada señal eléctrica del sensor está digitalizada para proporcionar un valor de bit 1 o 0. Los valores de bit de todos los sensores se combinan luego en una palabra digital para crear un valor de código único para cada posición de intervalo angular del disco rotativo. Una ventaja de Villaret es la simplicidad del dispositivo. Puesto que los sensores están distribuidos por igual en una línea circular, la distancia entre los sensores es relativamente grande y pueden usarse sensores de tamaño normal disponibles en el mercado.

En la solicitud de patente del presente documento, la resolución absoluta o N es el número de valores de código generado mientras se rota el disco del codificador en una vuelta completa. Por definición, los "sectores" son porciones angulares de igual tamaño de una pista circular del disco rotativo del codificador. El número de sectores es igual a N , la resolución absoluta del codificador. Cada sector de la dicha pista está hecho de un material que tiene una primera o una segunda propiedad, de acuerdo con un patrón predefinido.

Los codificadores incluyen sensores que se colocan en proximidad de la pista circular del disco y que son sensibles a la propiedad del sector más cercano de la pista. Por ejemplo, muchos codificadores ópticos tienen una pista circular que incluye sectores transparentes y opacos. Un emisor de luz se coloca en un lado del disco rotativo, y los sensores de luz se colocan en el otro lado, para que los sensores de luz detecten la luz que pasa a través de los sectores transparentes. Cada vez que un sensor detecte luz, este sensor emite una señal representada por el valor digital 1, que indica un sector transparente; y, cada vez que no se detecta luz, el sensor emitirá una señal representada por el valor digital 0.

Para un mejor entendimiento de la técnica anterior, se describe una realización de codificador de la técnica anterior con una baja resolución relativa. Para estas descripciones, se usan los valores particulares del número de sectores N y el número de sensores S . Debe entenderse que pueden usarse otros valores de N y S .

Ohno (patente de EE. UU. 5.068.529) describe un codificador absoluto que usa una primera pista con patrón para medir la posición incremental, y una segunda pista con patrón para medir la posición absoluta.

En la Fig. 1 del presente documento, se muestra un codificador construido de acuerdo con una primera realización de la técnica anterior, que proporciona una resolución de posición absoluta de 32. Un disco rotativo 101 se monta en un árbol rotativo 102, e incluye una pista circular indicada mediante la línea discontinua 107. La pista circular 107 está compuesta por un número $N=32$ de sectores, por ejemplo 103, todos de igual tamaño. Cada sector tiene una primera o una segunda propiedad de acuerdo con un patrón definido. Por ejemplo, un sector de primera propiedad puede ser transparente, y un sector de segunda propiedad puede ser opaco.

Un número $S=5$ de sensores, 105a -105e, se fijan y se disponen en una trayectoria circular en proximidad a la pista circular del disco rotativo, para que los sensores 105a-105e detecten la propiedad del sector más cercano y emitan S señales digitales b0-b4, que representan valores 0 o 1 de acuerdo con la propiedad del sector más cercano. Estas S señales digitales se combinan luego en una palabra digital 106, cuyo valor es característico de la posición angular del disco rotativo 101.

De acuerdo con esta solicitud de patente, con el fin de indicar la posición angular del disco rotativo, se usa la expresión "posición de sector". El disco rotativo está en una posición p de sector cuando el disco rotativo está en una posición angular de manera que el número p de sector de la pista circular 101 del disco rotativo sea el más cercano a un sensor de referencia, por ejemplo, sensor 105a. De este modo, existen N posibles posiciones de sector para el disco rotativo.

El patrón de propiedades de los sectores está diseñado para que ningún valor de la palabra 106 obtenido en una posición de sector dada se obtenga jamás en una posición de sector diferente del disco rotativo. Nagase (patente de EE. UU. 5.117.105) describe un método para diseñar tal patrón.

Un primer inconveniente de esta realización de la técnica anterior es el requisito de que los sensores usados para medir la posición absoluta deben colocarse a distancias angulares iguales al tamaño angular de un sector. Esto requiere que los sensores deban ser de un tamaño más pequeño que un sector. Por ejemplo, si el diámetro del disco rotativo es de 30 mm y la resolución absoluta requerida es 256, cada sensor debería ser más pequeño que 0.36 mm. En ese caso, no pueden usarse sensores disponibles en el mercado, y deben usarse sensores a medida, integrados en un chip.

Típicamente, esto puede hacerse usando dispositivos de detección óptica, en los que se implementan diversos sensores en un dispositivo semiconductor. Esta implementación no resulta práctica, debido al alto coste y a la falta de modularidad. Para cada tamaño de codificador, debe diseñarse un dispositivo integrado diferente. Si se consideran sensores magnéticos, el diseño del dispositivo integrado de pequeño tamaño es incluso más complejo y costoso.

Un segundo inconveniente de esta realización de la técnica anterior es el hecho de que la resolución es limitada. Debido a las consideraciones prácticas sobre el tamaño de los sensores y el tamaño de los sectores, el número de sectores es limitado y, de este modo, también la resolución del codificador. Siempre que se requiera una alta resolución, el codificador absoluto se combina típicamente con un codificador incremental, tal y como se describe, por ejemplo en Imai (patente de EE. UU. 5.252.825). Esto da como resultado una complejidad y un coste aumentados del codificador.

Villaret (solicitud de patente publicada de EE. UU. US2010/0140463) proporciona una mejora que elimina el primer inconveniente mencionado anteriormente. Con referencia a la Fig 2 del presente documento, de acuerdo con Villaret, un disco rotativo 201, fijado a un árbol rotativo 203, incluye una pista circular dividida en un número $N=20$ de sectores, como 202a y 202b. Cada sector tiene una primera o una segunda propiedad. En la figura 2, los sectores negros 202a representan una primera propiedad, y los sectores blancos 202b representan una segunda propiedad. Un número $S=5$ de sensores 205a-205e se posicionan en un elemento fijo, en proximidad por encima de la pista circular y emiten señales digitales (bits) B0-B4. Los $S=5$ bits se combinan en una palabra digital 206 que selecciona uno entre $N=20$ valores digitales. Puesto que S sensores están distribuidos por igual en la circunferencia, estos pueden ser de un tamaño habitual de dispositivos disponibles en el mercado, simplificando de este modo el diseño del codificador, y reduciendo sus costes.

Villaret, aunque elimina el primer inconveniente mencionado anteriormente, sigue sufriendo, no obstante, de una resolución limitada, debido a las limitaciones prácticas en el tamaño de los sectores. Siempre que los sectores se vuelvan más pequeños, es necesario colocar el sensor a una distancia muy corta de la pista circular del disco rotativo, para que sea sensible solamente al sector más cercano. Si se usa un número N de sectores demasiado grande, entonces esta distancia se volvería más pequeña que las tolerancias mecánicas de las partes del codificador, haciendo de este modo que este sea inoperable.

De este modo, es deseable proporcionar un dispositivo codificador absoluto de construcción más simple, de tamaño más pequeño y de coste más bajo. Sería deseable proporcionar un codificador absoluto que tenga una alta resolución absoluta, en donde puedan usarse sensores disponibles en el mercado y en donde no se requiera una pista con patrón adicional.

Sumario de la invención

Por lo tanto, un objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo codificador absoluto de construcción más simple, de tamaño más pequeño y de coste más bajo pero con una alta resolución absoluta, en donde puedan usarse sensores disponibles en el mercado y en donde no se requiera una pista con patrón adicional.

El objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo codificador de alta resolución que tenga sensores distribuidos por igual en una línea circular, para que puedan usarse sensores disponibles en el mercado. El nuevo dispositivo codificador hace uso de sensores que proporcionan una salida analógica e incluye una memoria y un medio de procesamiento con el fin de obtener una alta resolución absoluta, no limitada por el número de sensores.

La presente invención hace uso de un número de sensores, preferentemente distribuidos por igual en una circunferencia. Un disco rotativo, que tiene diversas secciones de dos propiedades diferentes. En una pista anular, se coloca para que los sensores puedan detectar las propiedades de las secciones de pista en proximidad a ellos. Durante la rotación del disco, diferentes secciones del disco rotativo entran en proximidad con cada sensor. De acuerdo con esta invención, las señales de los sensores toman valores analógicos continuamente, variando de un valor mínimo cuando están en proximidad a una sección de disco rotativo de una primera propiedad a un valor máximo cuando están en proximidad a una sección de disco rotativo de una segunda propiedad, y un valor intermedio cuando están en proximidad a una posición de transición en el disco rotativo.

Antes de la operación inicial del codificador, en una etapa de procesamiento previo, se calculan y se miden características del codificador, y se almacenan en la memoria del codificador. Estas características se dan a modo de tablas de valores y códigos predefinidos que definen la respuesta de los sensores a las propiedades de la pista del disco rotativo.

En una primera etapa de procesamiento, el valor analógico de cada señal del sensor está normalizado. A_n designa el valor de señal analógica del número n de sensor, H_n designa el valor máximo de la señal n de sensor y L_n designa el valor mínimo de la señal n de sensor. Se calcula una señal $N A_n$ normalizada, por ejemplo, mediante la fórmula:

$$N_{An} = [A_n - (H_n + L_n)/2] / (H_n - L_n)$$

Este procedimiento de normalización se usa para minimizar la influencia de la variación de las características del sensor específicas.

5 En una segunda etapa de procesamiento, las señales normalizadas de cada sensor se comparan con un umbral. El umbral es, por ejemplo, el valor medio entre los valores máximo y mínimo de las señales normalizadas, y los valores de bit "0" o "1" para cada sensor se ajustan de acuerdo con el resultado de la comparación. Todos los bit se combinan luego en una palabra digital, con el fin de crear un número de código característico de la posición del disco rotativo. La resolución absoluta obtenida se define entonces por el número de códigos generados en una vuelta completa del disco rotativo del codificador. Por ejemplo, en la disposición descrita por Villaret, pueden obtenerse 10 98 códigos con 7 sensores.

15 El patrón de propiedades de la sección de disco rotativo está diseñado para que la serie del código generado a partir de un código Gray, para el que dos códigos de sectores adyacentes difieren solo por un bit. Esto significa que, durante la rotación del disco, la transición de un código al siguiente implica solo un sensor, es decir, solo una señal normalizada del sensor transita desde un valor más alto/pequeño que el umbral hasta un valor más pequeño/alto que el valor de umbral. Esta técnica del código Gray sobradamente conocida evita errores y la discontinuidad en una posición medida durante la rotación del disco.

20 A cada código obtenido en una posición dada se le asocian los dos números del primer bit cambiante para una rotación del disco en el sentido dextrógiro y levógiro desde la posición dada. Puesto que cada valor de bit está determinado por la comparación de un valor analógico del sensor con un umbral predefinido, los números de bit asociados también definen dos sensores asociados.

25 La expresión posiciones "de cruce por cero" se refiere a cuando las posiciones del disco rotativo por las que una señal analógica transita de un valor menor, o mayor que el valor de umbral, a un valor respectivamente mayor o menor que el valor de umbral.

30 Durante la etapa de procesamiento previo, también se registra para cada código las dos funciones que expresan las variaciones, alrededor de la posición de cruce por cero, de los valores de señal normalizados de los sensores asociados como una función de la posición del disco rotativo. La expresión "funciones del sensor" se refiere a estas funciones registradas.

35 Las propiedades de los sensores del codificador y de las secciones del disco rotativo están diseñadas para que la transición de un valor mínimo a un valor máximo de las señales normalizadas se extienda sobre un intervalo de posición del disco rotativo mayor que un sector. En consecuencia, dentro de un tamaño de sector, una función del sensor es monótona y, de ese modo, reversible, es decir, la posición del disco rotativo absoluta puede determinarse a partir del valor analógico de la señal normalizada. Las funciones del sensor pueden registrarse a modo de una 40 tabla de valores a alta resolución, calculados por la teoría de simulación, o medidos usando un codificador de referencia. Estas funciones también se pueden representar mediante funciones matemáticas paramétricas que se aproximan a los valores de las señales normalizadas y, en este caso, los parámetros de estas funciones matemáticas se registran en la tabla de valores.

45 En una última etapa de procesamiento, los dos valores de señales normalizadas de los dos sensores asociados al código hallado se comparan, y se selecciona la señal normalizada que tenga el valor más cercano al umbral. La función del sensor invertida, aplicada al valor normalizado seleccionado, proporciona, de este modo, un valor de posición de alta resolución absoluta del disco rotativo.

50 De este modo, el resultado es un codificador absoluto de alta resolución, de disposición simple, puesto que no necesita combinarse con un codificador incremental adicional, y puesto que puede implementarse con componentes tomados fuera del estante de bajo coste sin la necesidad de diseñar un chip semiconductor a medida.

55 Otros objetos, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes tras leer la siguiente descripción detallada en conjunto con los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

60 Para un mejor entendimiento de la invención, de su operación y de los objetos específicos logrados mediante sus usos, habrán de hacerse referencias a los dibujos adjuntos y a la materia descriptiva en la que se ilustran las realizaciones preferentes de la invención.

A continuación, se describirá la invención en conexión con determinadas realizaciones preferentes con referencia a las siguientes figuras ilustrativas para que esta puede entenderse más completamente.

65

La Fig. 1 muestra un primer codificador absoluto de la técnica anterior en el que se disponen sensores en un dispositivo integrado que cubre sectores adyacentes;

la Fig. 2 muestra un segundo codificador absoluto de la técnica anterior de acuerdo con Villaret (solicitud de patente publicada de EE. UU. US2010/0140463), en el que los sensores están distribuidos por igual en una trayectoria circular y proporcionan señales digitales;

la Fig. 3 muestra una realización preferente de acuerdo con la presente invención, en donde los sensores están distribuidos por igual en una trayectoria circular y emiten una señal analógica y se proporcionan medios de procesamiento para calcular una posición absoluta de alta resolución,

la Fig. 4 es un gráfico, que muestra la variación de una señal analógica A_n y una señal normalizada N_n correspondiente;

la Fig. 5 es un gráfico, que muestra las variaciones, para una rotación de una vuelta del disco rotativo, de las señales normalizadas para un codificador absoluto de acuerdo con la presente invención, en donde se usan 5 sensores;

la Fig. 6 es una vista ampliada de la Fig 5;

la Fig. 7 es un diagrama de bloques, que muestra y que resume la secuencia de etapas de procesamiento usadas para calcular una posición absoluta del disco rotativo de alta resolución;

la Fig. 8 muestra un ejemplo de una tabla que puede usarse para almacenar en la memoria del codificador las características de un codificador de acuerdo con esta invención;

la Fig. 9 muestra una realización preferente del codificador, de acuerdo con esta invención, que usa imanes permanentes y sensores magnéticos.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un entendimiento minucioso de la invención. Sin embargo, el experto en la materia entenderá que la presente invención se puede practicar sin estos detalles específicos. En otros ejemplos, los métodos, procedimientos y componentes sobradamente conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer la presente invención.

En la Fig. 3 se muestra una disposición del codificador, de acuerdo con la presente invención, que proporciona una mejora a Villaret, en donde los $S=5$ sensores 205a-205e de la Fig. 2 que proporcionan señales digitales, se sustituyen por $S=5$ sensores analógicos 305a-305e; los $S=5$ sensores analógicos generan señales analógicas A0-A4. Estas señales analógicas se digitalizan luego mediante una unidad 306 de convertidor de analógico a digital, y se transfieren luego a una unidad procesadora 307. Se mostrará que esta nueva disposición proporciona una alta resolución sin la necesidad de un codificador incremental adicional.

En la Fig. 4 se muestra un gráfico que representa la variación de una señal analógica generada por uno de los sensores 305a-305e de la Fig. 3, mostrada como la curva A_n de línea continua, emitida por el número n de sensor como una función de la posición angular del disco rotativo. El eje horizontal es el ángulo de rotación medido en unidades del sector de tamaño angular del sector. En la configuración particular mostrada en el dibujo, hay 20 sectores, para que la posición angular del disco rotativo se extienda de 0 a 20, medida en unidades de tamaño angular del sector. Las señales analógicas A_n tienen un valor máximo H_n cuando están en proximidad de un sector de una primera propiedad, y un valor mínimo L_n cuando están en proximidad de un sector de una segunda propiedad. Durante la rotación del disco rotativo, los sectores de diferentes propiedades se aproximan al o se mueven más lejos del sensor, para que la salida analógica generada por el sensor tome valores intermedios según sus distancias desde los diferentes sectores del disco rotativo, y en buena aproximación, según sus distancias desde los dos sectores más cercanos.

Puesto que los sensores están distribuidos por igual en una pista circular, todas las señales S_n de todos los sensores tienen una forma similar, desplazada en el eje horizontal por un valor que representa su posición relativa en la pista circular. Esto se muestra en la Fig. 5, en la que las señales normalizadas NA_1 - NA_5 de los 5 sensores, indicadas mediante las flechas 501-505, se trazan en el mismo gráfico.

La Fig. 6 muestra una vista ampliada de la Fig. 5.

La Fig. 7 muestra la secuencia de las etapas de procesamiento usadas para calcular una posición absoluta de alta resolución del disco rotativo.

En la primera etapa mostrada en el bloque 701, se miden las N señales eléctricas emitidas por los sensores y sus valores analógicos se transfieren a la CPU (307 de la Fig 3) por medio de convertidores de analógico a digital 306 de la Fig 3.

En la etapa (702), estas señales analógicas están normalizadas, por referencia a sus valores máximo y mínimo H_n y L_n . Con referencia a la Fig. 4, el valor analógico de una señal analógica se ha trazado a lo largo del eje vertical (410) como una función de la posición del disco rotativo, medida en sector y trazada a lo largo del eje horizontal (411). Para el ejemplo particular mostrado en la Fig. 4, la señal normalizada NAn (línea de puntos) se ha calculado a partir de la señal analógica A_n (línea continua) mediante la ecuación:

ES 2 717 028 T3

$$NAn = [An - (Hn + Ln) / 2] / (Hn - Ln)$$

Los valores máximo y mínimo Hn y Ln, se han registrado en la memoria del codificador (308 de la Fig 3) en una etapa de procesamiento previo, por ejemplo, durante la fabricación del codificador. El propósito de la señal normalizada es el de obtener un valor de señal independiente de la sensibilidad del sensor, así como independiente de tolerancias en la fabricación del codificador, provocando pequeñas desviaciones de la distancia del sensor del valor nominal del diseño. La señal normalizada NAn, de acuerdo con esta ecuación de normalización particular, está entonces en los valores de intervalo [-1, +1]. La señal NAn, está ahora, en una aproximación muy buena, según solo las leyes físicas de la sensibilidad del sensor a la propiedad de los sectores.

Se debe entender que pueden usarse varias fórmulas de normalización, y que la función particular aquí descrita es solo un ejemplo.

Con referencia nuevamente a la Fig. 4, la función que representa la variación de la señal normalizada NAn (línea de puntos) tiene un número de valores de cruce por cero. En la realización particular descrita aquí, hay cuatro cruces por cero, en posiciones 1, 3, 10 y 16 de sector, indicadas en la Fig 4 por las etiquetas 405-408. Considérese ahora la función que representa la variación de señal con la posición del disco rotativo para todos los intervalos de valores de posición del disco rotativo dentro de un tamaño angular del sector desde una posición de disco rotativo de cruce por cero. A continuación, más adelante, la expresión "intervalo de interés" (o "ROI", por sus siglas en inglés) hará referencia a un intervalo de valores de la posición del disco rotativo. De este modo, un ROI tiene un tamaño angular que es al menos dos veces el tamaño de un sector.

Por motivos ilustrativos, los ROI definidos por la señal normalizada mostrada en la Fig. 4 están marcados, incluidos en rectángulos de línea discontinua y etiquetados 401 -404. Considerando ahora la función que representa la señal normalizada NAn dentro de un ROI que rodea la posición de cruce por cero de NAn, puede observarse que esta función es monótona, es decir, que aumenta o disminuye continuamente. Esto puede observarse en mayor detalle en la Fig 6, en la que la señal NA4 (504) del número 4 de sensor puede verse monótona en el ROI 601 que se extiende sobre los sectores S10 y S11. Esta propiedad está garantizada mediante diseño, ajustando los sensores a una distancia suficiente del disco rotativo.

Para cada posición de sector es posible asociar los dos ROI que rodean los dos cruces por cero más cercanos, y las dos señales normalizadas para las que se produce el cruce por cero. Esto puede verse en la Fig. 5, en la que las N=5 señales normalizadas están trazadas en el mismo gráfico. La amplitud de las señales está trazada en la dirección del eje vertical (511) como una función de la posición de sector trazada a lo largo del eje horizontal (512). Si, por ejemplo, la posición de sector, indicada por una línea discontinua y la etiqueta 510, dos ROI 508 y 509 se asocian, rodeando el cruce por cero de las señales normalizadas NA5 (505) y NA3 (503) calculadas a partir de las señales de los sensores número 5 y 3.

En la etapa de procesamiento (703) de la Fig. 7, para una posición del disco rotativo dada, se calcula un número de código (o código), característico de la posición de sector del disco rotativo. Con el fin de crear este número de código, las N=5 señales normalizadas se comparan con un umbral, que es preferentemente el valor medio entre el valor máximo y mínimo de estas señales. Para las señales normalizadas 501-505 mostradas en la Fig. 5, este umbral se ha ajustado a un valor cero. Siempre que un valor de señal NAn sea mayor que el valor de umbral, un valor 1 se ajusta a un bit Bn, de lo contrario se ajusta un valor 0. Los N bits Bn se combinan luego en una palabra, creando un código característico de la posición de sector del disco rotativo. Esto se ilustra en la siguiente tabla, en la que se calcula el código para la posición de disco rotativo indicada por una línea discontinua y la etiqueta 510.

| Señal NAn | Valor de bit | Valor | Código (en valor decimal) |
|------------|--------------|-------|---------------------------|
| NAn1 (501) | 0 | < 0 | 14 |
| NAn2 (502) | 1 | > 0 | |
| NAn3 (503) | 1 | > 0 | |
| NAn4 (504) | 1 | > 0 | |
| NAn5 (505) | 0 | < 0 | |

El patrón de las propiedades de sectores del disco rotativo está diseñado para que cada código sea característico de un único sector. El patrón puede hallarse de acuerdo con la solicitud de patente de Villaret. El valor de código cambia cada vez que se cambia un valor de bit y, de este modo, cada vez se produce un cruce por cero de una señal normalizada, para que cada sector se extienda en un intervalo de posiciones de disco rotativo delimitadas por dos posiciones en las que se produce un cruce por cero de una señal normalizada. Estos sectores se indican en la Fig 5 mediante las etiquetas S1-S20. Para cada posición de disco rotativo, se evalúan los valores de bits B1-Bn y se calcula el código correspondiente.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las características de las respuestas de los sensores a la posición de disco rotativo se registran en la memoria del codificador (308 de la Fig. 3). Estas características pueden calcularse o medirse en una etapa de procesamiento previo, ejecutada durante el diseño del codificador, y pueden calibrarse durante la fabricación del codificador.

5 Estas características incluyen los dos números de sensor y las dos funciones de sensor en los ROI asociados a cada código. Las funciones de sensor representan la variación de señal analógica normalizada de sensores como una función de la posición del disco rotativo en los dos ROI asociados al sector correspondiente. Preferentemente, las funciones del sensor se almacenarán en una forma invertida, para que una función de sensor invertida asocie una posición del disco rotativo a cada valor del valor de señal normalizada.

10 Las funciones de sensor invertidas pueden registrarse en una tabla de valores, y la correspondencia entre un valor de señal normalizada y una posición de disco rotativo puede calcularse mediante técnicas de interpolación conocidas.

15 Las funciones de sensor invertidas también se pueden aproximar mediante una función matemática y, en este caso, los parámetros de esta función se registran en la etapa de procesamiento, en vez de los valores reales.

20 Adicionalmente, los valores máximo y mínimo de cada sensor H_n y L_n se registran en la memoria del codificador (308 de la Fig. 3) durante la etapa de procesamiento previo.

En la Fig. 8 se muestra un ejemplo de tablas que pueden usarse para almacenar en la memoria del codificador las características de un codificador, de acuerdo con la invención.

25 La tabla 801 es un registro de los valores máximo y mínimo de cada señal analógica. Esta tabla se usa para el cálculo de las señales normalizadas en la etapa 703 de la Fig. 7.

30 La tabla 802 es una tabla que asocia con cada código dos sensores y dos funciones de sensor. Sensor de cruce por cero CCW o CW hace referencia al número del primer sensor para el que se produce un cruce por cero de señal normalizada, si el disco rotativo estuviera girando en la dirección en el sentido levógiro (en inglés, Counter Clockwise) o dextrógiro (en inglés, Clockwise) respectivamente. Función de sensor CCW o CW hace referencia a los indicadores de la tabla de valores registrados para las correspondientes funciones de sensor. Tal y como puede observarse, para la realización de la Fig. 3 con 5 sensores y 20 sectores, se registran 40 tablas que representan las funciones de sensor invertidas en dicha etapa de procesamiento previo y se almacenan en la memoria 308 del codificador.

35 En la etapa de procesamiento 704 de la Fig. 7, se hallan dos números de sensor n_1 y n_2 , y dos funciones IF_1 y IF_2 de sensor invertidas asociadas al código hallado en la etapa de procesamiento 703, usando las características prerregistradas, por ejemplo, usando la tabla 802 de la Fig. 8. Por ejemplo, si el código hallado es 6, los dos sensores asociados se hallan en las columnas número de sensor de cruce por cero ccw y número de sensor de cruce por cero cw con valores $n_1=3$, $n_2=5$, y los indicadores $Pt1_6$ y $Pt2_6$ hallados en las columnas indicador de función de sensor CCW e indicador de función de sensor CW apuntan hacia dos funciones invertidas IF_1 y IF_2 .

40 En la etapa de procesamiento 705 de la Fig. 7, los dos valores NAn_1 y NAn_2 de las señales normalizadas de sensores n_1 y n_2 se comparan con el umbral. Se selecciona la señal NAn que tiene el valor más cercano al umbral; $n=n_1$ o $n=n_2$, según el resultado de la comparación. Se selecciona una función IF_n (IF_{n1} o IF_{n2}) de sensor invertida, a la que apunta el indicador de la columna de función de sensor CCW o CW, si se seleccionó respectivamente el número de sensor de cruce por cero CCW o CW.

45 En la etapa de procesamiento final 706, la posición alfa del disco rotativo de alta resolución se halla luego aplicando la función IF_n de sensor invertida registrada a la señal normalizada NAn , es decir, $\alpha=IF_n(NAn)$

50 La posición del disco rotativo de alta resolución hallada puede transmitirse luego para su uso por un controlador externo.

55 Las etapas de procesamiento 701 a 706 se ejecutan a un ritmo alto en un bucle sin fin, mostrado por la línea de flecha 707.

60 El codificador absoluto de alta resolución de esta invención no depende del tipo de sensor ni de las propiedades materiales del disco rotativo. Puede implementarse como un codificador óptico, en donde las propiedades del codificador son transparencia u opacidad, o puede implementarse como un codificador magnético, en donde los imanes permanentes de orientación diferente se fijan al disco rotativo, y se usan sensores de campo magnético, tales como los sensores de efecto Hall.

En la Fig. 9 se muestra una sección transversal de una realización preferente que usa propiedades magnéticas y sensores magnéticos (sensores de efecto Hall). Esta realización tiene la propiedad de tener una baja sensibilidad a la precisión de montaje del disco rotativo. La sección transversal está en un plano que incluye el eje de rotación.

5 El codificador se monta en la brida 908 de un motor (no mostrada) que rota un árbol 904.
 Un disco rotativo incluye un disco estructural 907 y dos anillos anulares de imanes permanentes 901a y 901b fijados al disco estructural 907. Los imanes permanentes de los dos anillos de imanes 901a-901b generan un campo magnético radial entre ellos. Varias secciones angulares de estos anillos de imanes generan una dirección diferente de campo magnético hacia dentro o hacia fuera, de acuerdo con un patrón predefinido. El disco rotativo se fija al
 10 árbol 904 por medio de su disco estructural 907.

Un número N de sensores de efecto Hall como 909 y 910 son estáticos y se colocan en una línea circular entre los dos anillos de imanes. Esta línea circular está diseñada para ser precisamente la línea media entre los dos anillos de imanes. También, la posición axial de esta línea circular se ajusta precisamente a media altura de los anillos de imanes. Los N sensores de efecto Hall se distribuyen en distancias angulares iguales en esta línea circular, y se fijan a una placa de circuito impreso 905. La placa de circuito impreso 905 se fija a la brida 908 del motor por medio de una parte cilíndrica 906. El chip 902 de la CPU y el chip 903 de la memoria se muestran soldados en una placa de circuito impreso 905. Otros componentes electrónicos necesarios para las funciones electrónicas del codificador también se sueldan a la placa de circuito impreso.
 15
 20

En esta disposición, los sensores de efecto Hall emiten una señal eléctrica proporcional a la amplitud del campo magnético, y tienen un signo que depende de la orientación hacia dentro o hacia fuera del campo magnético. Tras la rotación del disco rotativo, el campo magnético cambia la dirección progresivamente cuando el disco rotativo se está moviendo desde una sección de anillo orientada hacia dentro/afuera hasta una sección orientada hacia fuera/dentro.
 25 El ritmo cambiante puede calibrarse según el diseño, ajustando las dimensiones geométricas de los anillos de imanes. Tal y como se ha explicado previamente, este ritmo se ajusta para que la señal del sensor Hall cambie progresivamente desde un valor mínimo/máximo hasta un valor máximo/mínimo sobre un intervalo angular mayor que un sector.

30 La realización preferente aquí descrita tiene la ventaja de no ser sensible a la precisión de montaje del codificador. Esto se debe a la posición media de los sensores Hall, para los que la función que representa la intensidad del campo magnético como una función de coordenadas espaciales tiene un valor extremo local (máximo o mínimo) y, de este modo, un gradiente cero.

35 Al experto en la materia le resultará evidente que la invención no está limitada a los detalles de las realizaciones ilustrativas anteriores y que la presente invención puede realizarse en otras formas específicas sin alejarse del alcance de la invención, tal y como se define en las reivindicaciones. Por lo tanto, las presentes realizaciones han de considerarse ilustrativas y no restrictivas a todos los respectos, indicándose el alcance de la invención mediante las reivindicaciones adjuntas, en vez de mediante la descripción anterior y, por lo tanto, se pretende que todos los
 40 cambios que formen parte del significado y del intervalo de equivalencia de las reivindicaciones queden abordadas ahí.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo codificador absoluto de alta resolución para medir la posición angular de un elemento rotativo, que comprende:

- 5 a) un disco rotativo fijado al elemento rotativo, incluyendo dicho disco rotativo una pista circular que tiene secciones de una primera propiedad y secciones de una segunda propiedad de acuerdo con un patrón dado;
- 10 b) una pluralidad de sensores fijos posicionados en proximidad a dicha pista circular, emitiendo cada sensor una señal eléctrica que tiene un valor máximo cuando está en proximidad a una sección de la pista circular de dicha primera propiedad y un valor mínimo cuando está en proximidad a una sección de la pista circular de dicha segunda propiedad, y cambiando continua y monótonamente valores intermedios entre dicho valor máximo y dicho valor mínimo cuando dicho disco rotativo rota desde una posición para la que dicho sensor está en proximidad a una sección de dicha primera o dicha segunda propiedad a una posición para la que dicho sensor está en proximidad a una sección de la otra propiedad;
- 15 c) una memoria para almacenar características de codificador prerregistradas; y,
- d) un medio de procesamiento para procesar valores de dichas señales eléctricas de dichos sensores, y

en donde, en una primera etapa de procesamiento, se ajusta un bit para cada sensor como resultado de una comparación de dicha señal eléctrica de un sensor respectivo con un umbral predefinido almacenado en dicha memoria, y todos los bits de todos los sensores se combinan en una palabra, definiendo el valor de la palabra un código, siendo el código un código Gray en donde dos señales eléctricas están asociadas con cada valor del código, en donde, en una segunda etapa de procesamiento, dichas dos señales eléctricas asociadas a dicho código se comparan, y se selecciona una señal eléctrica que tiene el valor más cercano al umbral, y en donde, en una tercera etapa de procesamiento, una posición angular de alta resolución del disco rotativo se deduce del código y dicha señal eléctrica seleccionada.

2. El codificador según la reivindicación 1 en donde las secciones de dichos sectores de primera y segunda propiedad incluyen imanes permanentes que generan un campo magnético en dos direcciones diferentes, y en donde dichos sensores son sensibles a la dirección del campo magnético.

3. El codificador según la reivindicación 2 en donde dicha pista circular de disco rotativo incluye dos filas concéntricas de imanes permanentes, creándose campos magnéticos radiales hacia dentro y hacia fuera y posicionándose dichos sensores en una línea media entre dichas dos filas concéntricas.

4. El codificador según la reivindicación 1, en donde dichos sensores están distribuidos por igual en una circunferencia de una parte estática, y dicho disco rotativo se coloca para que los sensores puedan detectar la propiedad de la sección de pista en proximidad a ellos, en donde dichos sensores proporcionan una salida analógica y dicha memoria almacena características de dicho dispositivo codificador y dicho medio de procesamiento procesa las señales de salida analógica de cada sensor.

5. Un dispositivo según la reivindicación 4, que comprende además una unidad de convertidor de analógico a digital configurada para digitalizar las señales de dicha salida analógica desde dichos sensores y para transferir luego dichas señales de salida analógica digitalizadas a dicho medio de procesamiento.

6. Un dispositivo según la reivindicación 4, que comprende, además, una unidad de convertidor de analógico a digital configurada para digitalizar dichas señales de salida analógica desde dichos sensores y para transferir luego dichas señales de salida analógica digitalizadas a dicho medio de procesamiento.

7. Un dispositivo según la reivindicación 4, en donde dichos sensores están distribuidos por igual sobre dicha pista anular.

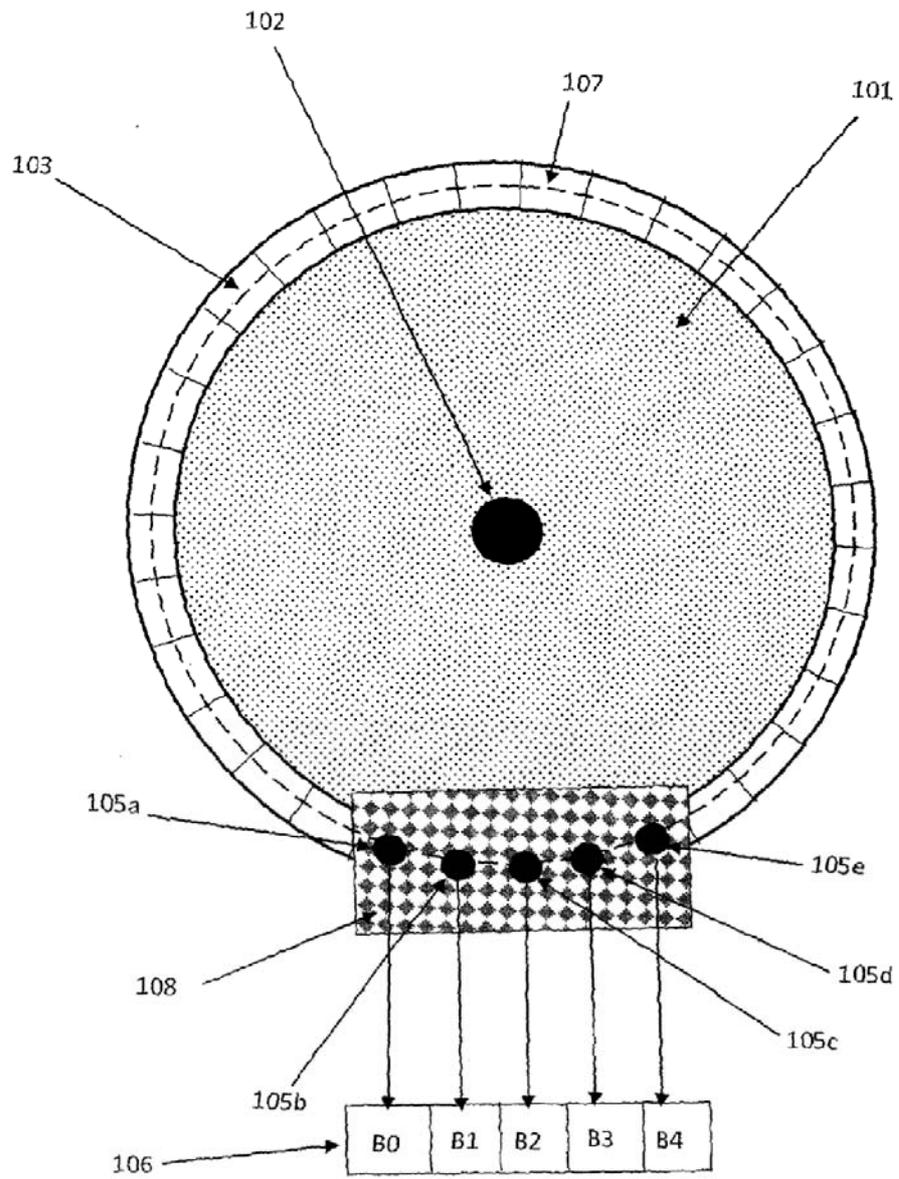
8. Un dispositivo según la reivindicación 7, en donde las señales de salida de dichas diferentes de dichos sensores comprenden formas similares respectivamente, desplazadas por un valor que representa su posición relativa sobre dicha pista anular.

9. Un dispositivo según la reivindicación 5, en donde las señales de salida de las diferentes de dichos sensores comprenden formas similares respectivamente, desplazadas por un valor que representa su posición relativa sobre dicha pista anular.

10. Un dispositivo según la reivindicación 6, en donde las señales de salida de dichas diferentes de dichos sensores comprenden formas similares respectivamente, desplazadas por un valor que representa su posición relativa sobre dicha pista anular.

11. Un dispositivo según la reivindicación 4, en donde dicho disco rotativo comprende anillos anulares de imanes permanentes que generan un campo magnético radial entre ellos, y en donde dichos sensores comprenden sensores de efecto Hall colocados en una línea circular entre dichos anillos anulares de los imanes permanentes.

12. Un dispositivo según la reivindicación 5, en donde dicho disco rotativo comprende anillos anulares de imanes permanentes que generan un campo magnético radial entre ellos, y en donde dichos sensores comprenden sensores de efecto Hall colocados en una línea circular entre dichos anillos anulares de los imanes permanentes.
- 5 13. Un dispositivo según la reivindicación 6, en donde dicho disco rotativo comprende anillos anulares de imanes permanentes que generan un campo magnético radial entre ellos, y en donde dichos sensores comprenden sensores de efecto Hall colocados en una línea circular entre dichos anillos anulares de los imanes permanentes.
- 10 14. Un dispositivo según la reivindicación 9, en donde dicho disco rotativo comprende anillos anulares de imanes permanentes que generan un campo magnético radial entre ellos, y en donde dichos sensores comprenden sensores de efecto Hall colocados en una línea circular entre dichos anillos anulares de los imanes permanentes.



Técnica anterior

Fig 1

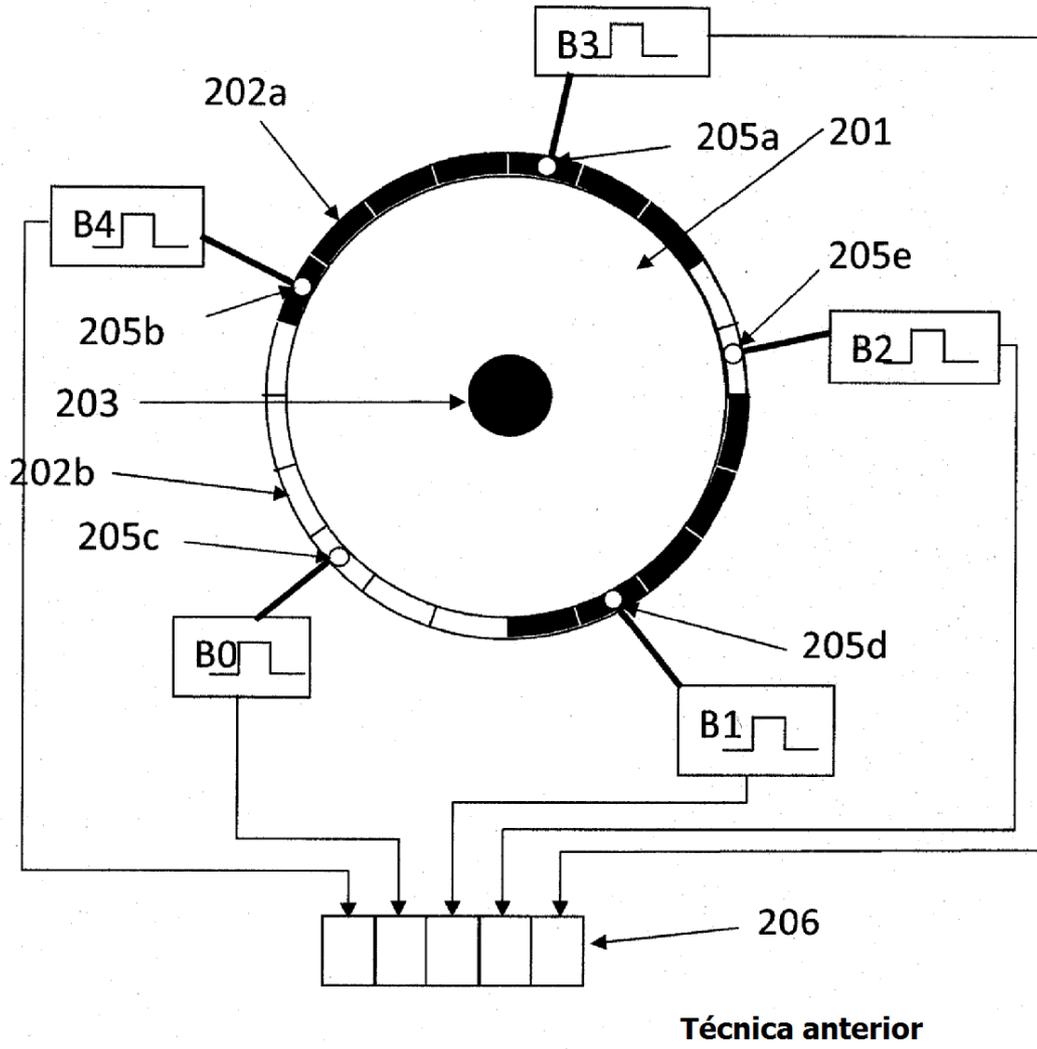


Fig 2

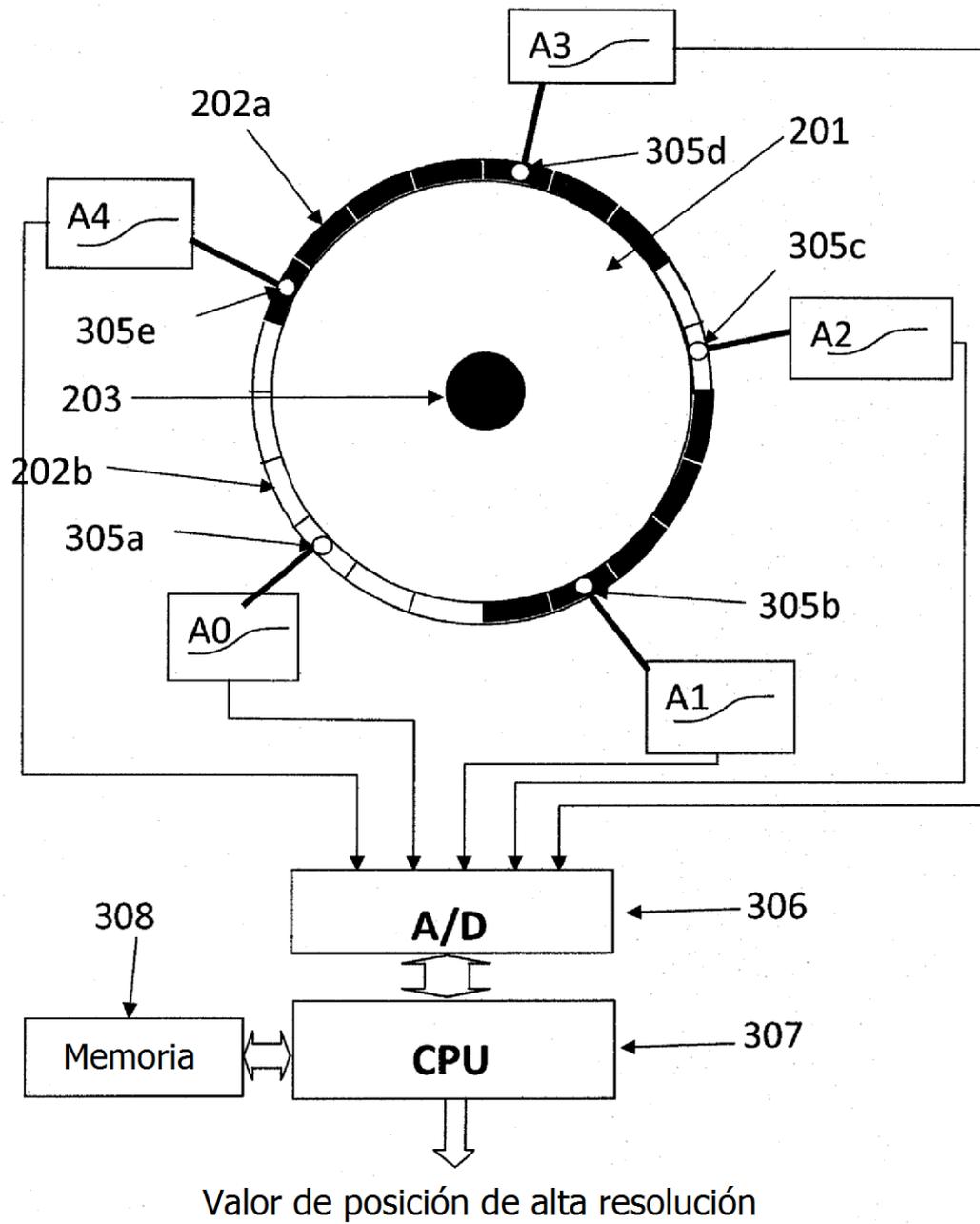


Fig 3

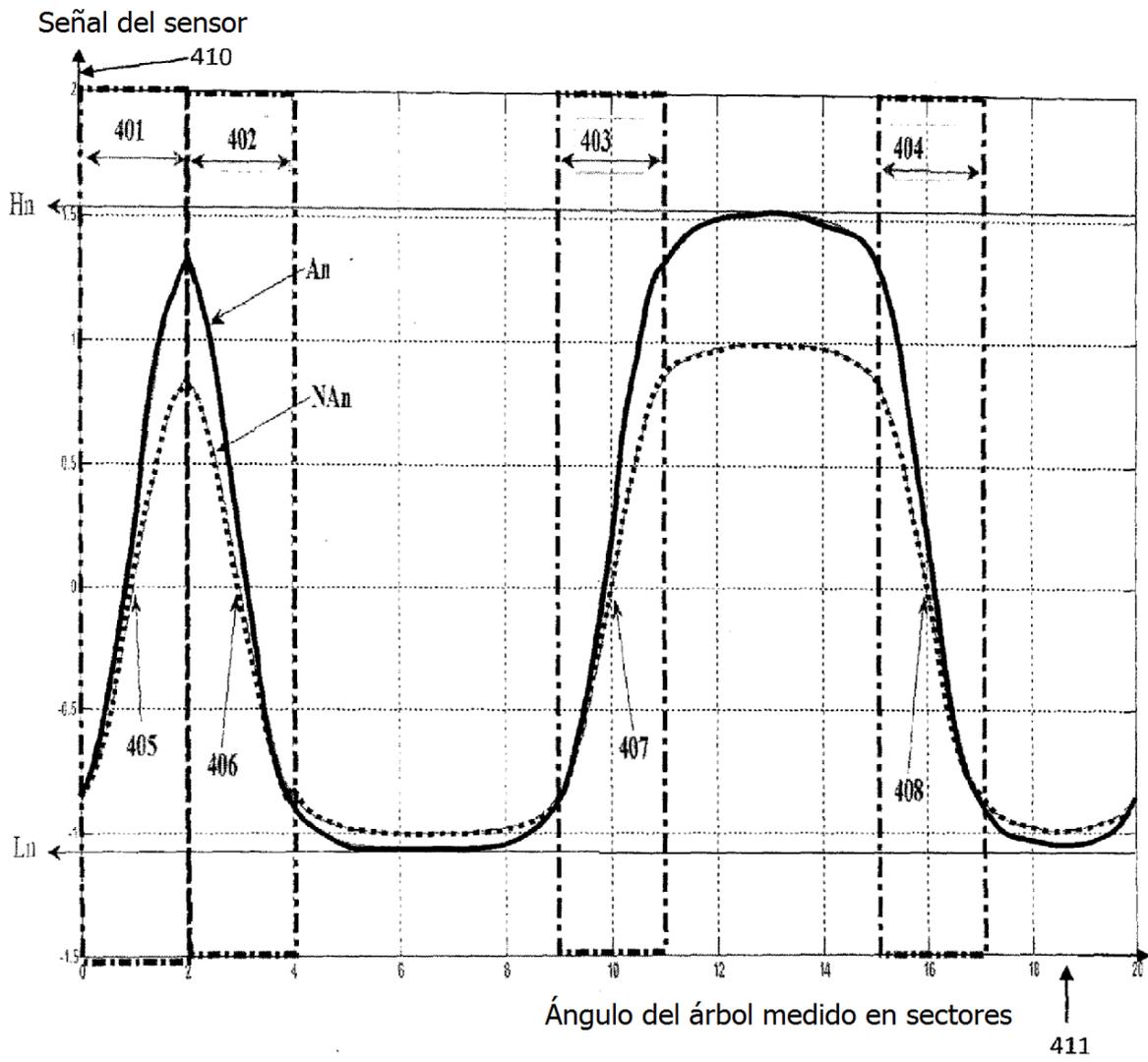


Fig. 4

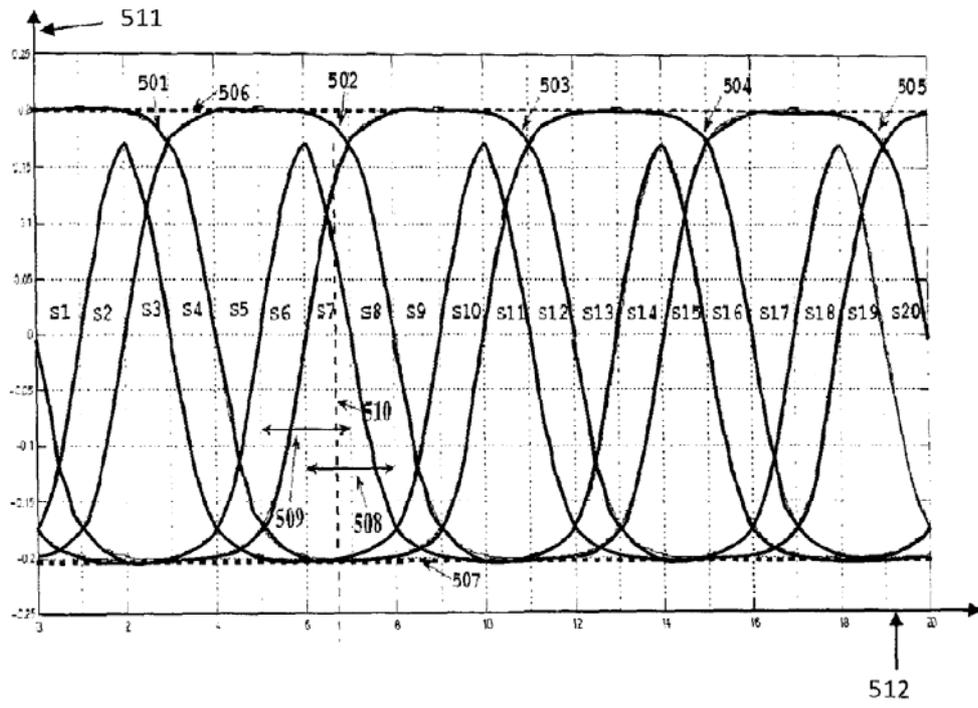


Fig. 5

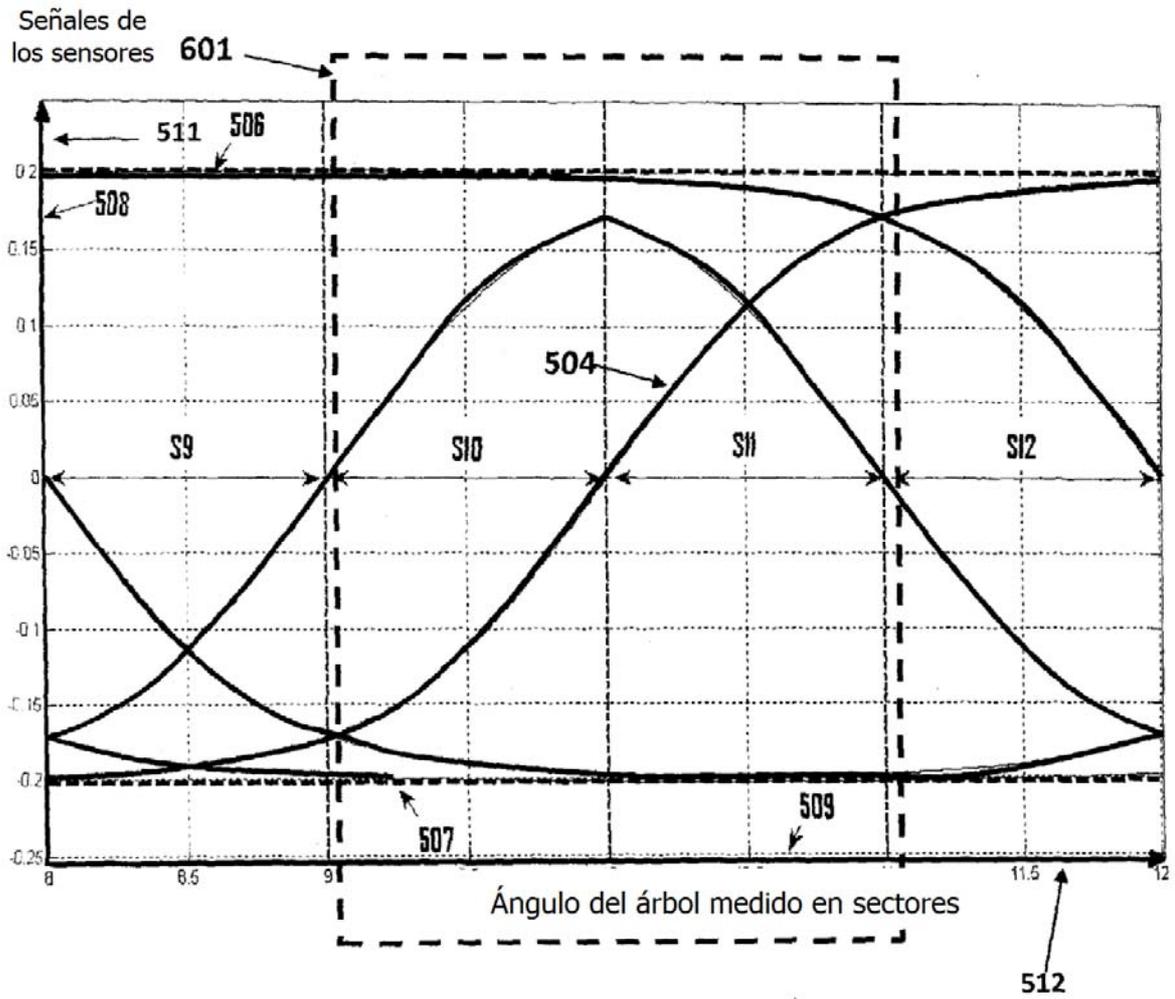


Fig. 6

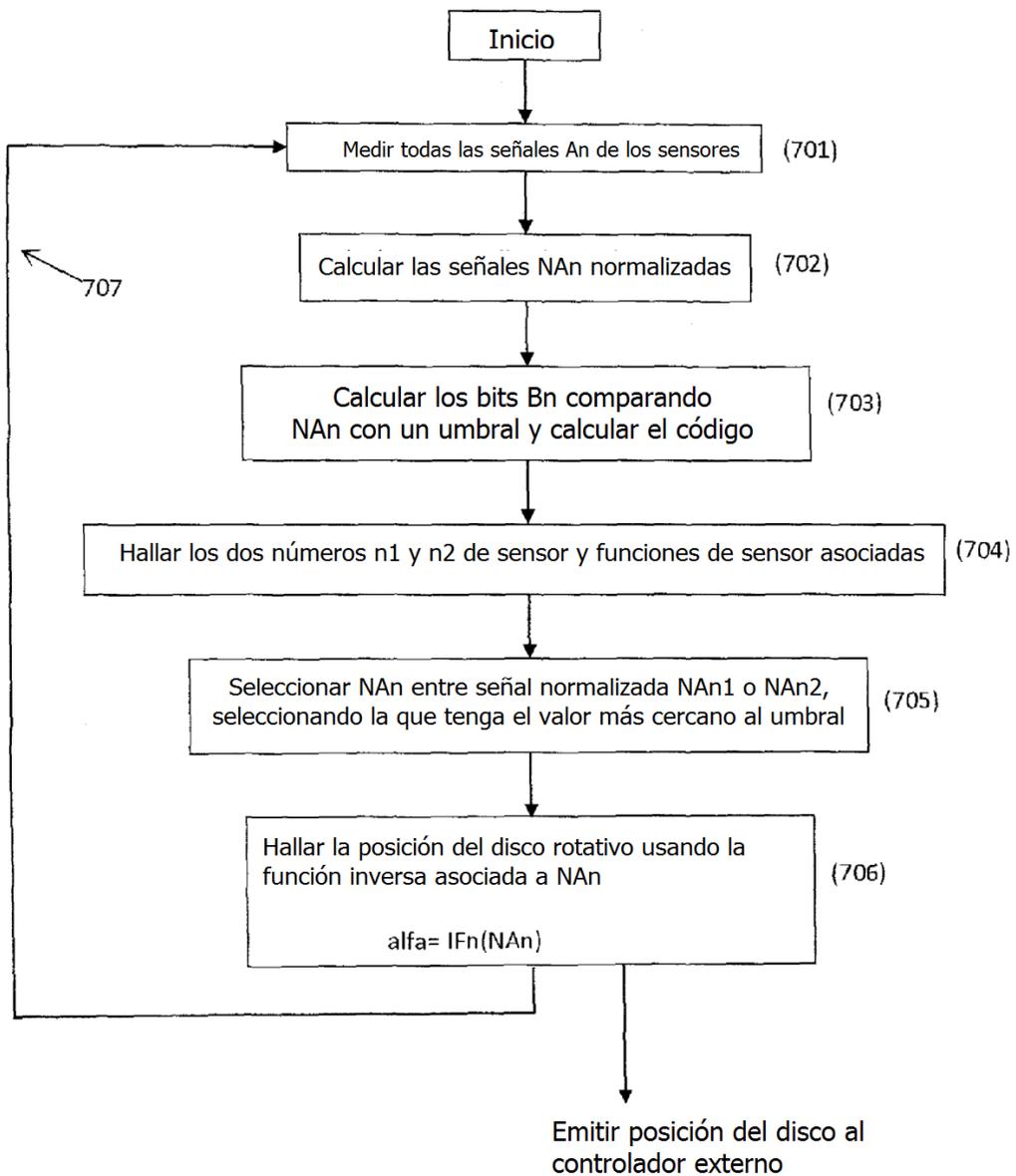


Fig 7

| Código | Número de sensor de cruce por cero CCW | Número de sensor de cruce por cero CW | Indicador de función de sensor CCW | Indicador de función de sensor CW |
|--------|--|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 3 | 2 | Pt1_1 | Pt2_1 |
| 2 | 4 | 3 | Pt1_2 | Pt2_2 |
| 3 | 2 | 4 | Pt1_3 | Pt2_3 |
| 4 | 5 | 4 | Pt1_4 | Pt2_4 |
| 5 | 5 | 3 | Pt1_5 | Pt2_5 |
| 6 | 3 | 5 | Pt1_6 | Pt2_6 |
| 8 | 1 | 5 | Pt1_7 | Pt2_7 |
| 9 | 3 | 1 | Pt1_8 | Pt2_8 |
| 10 | 1 | 4 | Pt1_9 | Pt2_9 |
| 11 | 4 | 1 | Pt1_10 | Pt2_10 |
| 12 | 4 | 1 | Pt1_11 | Pt2_11 |
| 13 | 1 | 3 | Pt1_12 | Pt2_12 |
| 16 | 2 | 1 | Pt1_13 | Pt2_13 |
| 17 | 1 | 3 | Pt1_14 | Pt2_14 |
| 18 | 4 | 2 | Pt1_15 | Pt2_15 |
| 20 | 2 | 5 | Pt1_16 | Pt2_16 |
| 21 | 3 | 5 | Pt1_17 | Pt2_17 |
| 22 | 5 | 2 | Pt1_18 | Pt2_18 |
| 24 | 5 | 2 | Pt1_19 | Pt2_19 |
| 26 | 2 | 4 | Pt1_20 | Pt2_20 |

802

| Número de sensor | Hn | Ln |
|------------------|---------|---------|
| 1 | (valor) | (valor) |
| 2 | (valor) | (valor) |
| 3 | (valor) | (valor) |
| 4 | (valor) | (valor) |
| 5 | (valor) | (valor) |

801

Fig 8

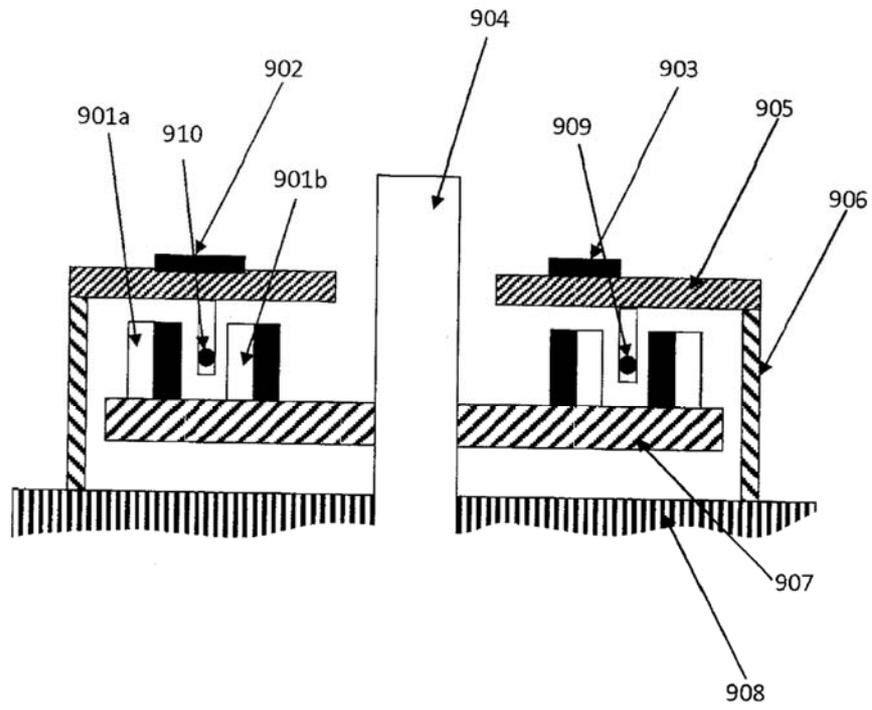


Fig 9