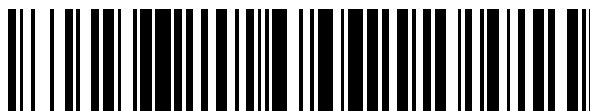


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 816**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/14** (2006.01)

**G01D 5/245** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2010 PCT/GB2010/051396**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2012 WO12025703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2010 E 10759951 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2609399**

54 Título: **Aparato adaptado para proporcionar una indicación de una posición angular de un elemento de entrada durante múltiples giros**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.12.2018**

73 Titular/es:

**ROTORK CONTROLS LIMITED (100.0%)  
Brassmill Lane  
Bath BA1 3JQ, GB**

72 Inventor/es:

**STAFFORD, THOMAS, RICHARD;  
LAY, STUART, MASEFIELD;  
BUDDEN, ALAN, STEPHEN y  
HINCHCLIFFE, PHILIP, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

**SERRAT VIÑAS, Sara**

ES 2 692 816 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**

Aparato adaptado para proporcionar una indicación de una posición angular de un elemento de entrada durante múltiples giros

5 La presente invención se refiere un aparato adaptado para proporcionar una indicación de una posición angular de un elemento de entrada durante múltiples giros.

10 Dispositivos de indicación de posición, tales como codificadores, se usan en muchas aplicaciones, que incluyen detectar la posición de actuadores accionados mecánicamente requeridos para hacer funcionar válvulas de fluido, por ejemplo. Un codificador absoluto es un codificador que puede identificar una posición de un elemento de entrada en un sentido absoluto, por ejemplo, como una posición angular específica. Tales codificadores pueden desproveerse de energía y seguirán siendo capaces de indicar la posición en términos absolutos cuando se restaure la energía, aunque el codificador se mueva mientras no había energía. Un codificador absoluto de múltiples giros incluye normalmente varios engranajes con el fin de determinar la posición absoluta durante múltiples giros. Sin embargo, si sucede que un dispositivo captador del codificador cae en una posición intermedia, por ejemplo, entre dos posiciones de índice, entonces la medición puede ser indeterminada. Además, si uno de los elementos captadores produce fallos, entonces todo el dispositivo codificador producirá fallos habitualmente.

20 El documento DE19821467 da a conocer un sistema para la medición del número de revoluciones de un árbol. Se evalúa el establecimiento posicional angular de tres ruedas (Z1, Z2, Z3) de engranaje (con accionador diferencial bidimensional) unas con respecto a otras, y a partir de esto puede obtenerse el número de revoluciones que la rueda (Z1) de engranaje ha realizado.

25 El documento US2011026040 da a conocer un codificador absoluto sin batería que incluye una sección de computación de posición absoluta, una sección de almacenamiento de posición absoluta y una sección de determinación. La sección de computación de posición absoluta computa la posición absoluta de un husillo que va a detectarse, incluyendo el número de revoluciones del husillo, basándose en señales de detección emitidas desde cuatro resolucionadores de reluctancia. La sección de almacenamiento de posición absoluta almacena la posición absoluta emitida desde la sección de computación de posición absoluta cuando la energía eléctrica está apagada. La sección de determinación compara una posición absoluta emitida desde la sección de computación de posición absoluta cuando la energía eléctrica está encendida, con la posición absoluta almacenada y determina la precisión de la salida de información de posición absoluta cuando la energía eléctrica está encendida. Se emite una señal de alarma si la diferencia entre las dos posiciones absolutas es mayor que un valor predeterminado, indicando una anomalía.

40 El documento US2004246148 da a conocer un codificador de tipo de rotación múltiple que incluye un primer codificador unido a un árbol de rotación de una máquina de rotación para detectar un ángulo rotacional de valor absoluto dentro de una rotación; y un segundo codificador para contar una cantidad de rotaciones múltiples del árbol de rotación usando un mecanismo de reducción de velocidad mediante acoplamiento magnético. El segundo codificador está constituido por un primer engranaje magnético conectado directamente al árbol de rotación e imantado en múltiples polos. Al menos un segundo engranaje magnético está dispuesto para ser opuesto al primer engranaje magnético no en contacto e imantado en múltiples polos por un número de polos magnéticos mayor que el del primer engranaje magnético. Se cuenta una cantidad de rotaciones múltiples detectando un ángulo rotacional del segundo engranaje magnético mediante el segundo codificador.

Las realizaciones de la presente invención están pensadas para abordar al menos algunos de los asuntos comentados anteriormente.

50 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato adaptado para proporcionar una indicación de una posición angular de un elemento de entrada durante múltiples giros, incluyendo el aparato:

un conjunto de elementos rotatorios configurados, en uso, para rotar según la rotación de un elemento de entrada;

55 un conjunto de dispositivos captadores configurados para medir y emitir una posición angular de al menos uno de los elementos rotatorios, y

un dispositivo configurado para usar las mediciones de posición angular a partir del conjunto de dispositivos captadores para producir una indicación de una posición angular del elemento de entrada durante múltiples giros,

60 en el que los elementos rotatorios están configurados para rotar simultáneamente pero a diferentes velocidades,

el conjunto de elementos rotatorios comprende al menos tres de dichos elementos rotatorios, y el conjunto de dispositivos captadores comprende al menos tres de dichos dispositivos captadores configurados para medir y emitir una medición de posición angular absoluta en 360° de uno respectivo de los al menos tres elementos rotatorios,

en el que cada uno de dichos elementos rotatorios tiene una relación única de revolución con respecto a cada otro elemento rotatorio de dicho conjunto de elementos rotatorios,

5 en el que uno del conjunto de elementos rotatorios acciona directamente todos los dichos elementos rotatorios restantes, en el que cada uno de la pluralidad de elementos (104A-104D) rotatorios tiene una posición cero rotativa nomenclal, estando el aparato caracterizado porque el dispositivo (114) está configurado para producir la indicación de posición computando cuánto han avanzado los elementos rotatorios desde sus posiciones cero rotativas

10 rebobinando virtualmente (402) uno primero de los elementos (104A) rotatorios en una secuencia desde su posición actual hasta su posición cero rotativa, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_A$ ); luego

para cada dicho elemento (104B - 104D) rotatorio distinto al primer elemento rotatorio en la secuencia:

15 computar (406) una posición virtual del elemento (104B - 104D) rotatorio basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento (104A) rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente (702B), y

20 rebobinar virtualmente (408) el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia, desde dicha posición (702B) virtual computarizada basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente, de modo que el elemento (104B-104D) rotatorio y

25 el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia están en sus posiciones (704) cero para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_B, X_C, X_D$ ), y

30 una vez que todos los elementos (104A - 104D) rotatorios están rebobinados virtualmente a sus posiciones (708) cero, la etapa final de producir la indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento (106) de entrada durante múltiples giros comprende combinar la contribución rotacional total ( $X_A, X_B, X_C, X_D$ ) calculada a partir de cada etapa de rebobinar virtualmente un elemento rotatorio.

35 Cada uno de los elementos rotatorios tiene una relación de revolución con respecto al/a los otro(s) elemento(s) rotatorio(s). Cada uno de los elementos rotatorios tiene cualquier relación de revolución única (entre los elementos rotatorios) y puede que no haya ninguna restricción en la selección de las razones, por ejemplo, no es necesario seleccionar las relaciones de modo que satisfagan una asociación particular, por ejemplo, trabajar con un algoritmo de decodificación que requiera que los elementos rotatorios tengan posiciones de indexación de una base de número entero. Alternativamente, la selección de las relaciones puede hacerse según uno o más parámetros de diseño.

40 En uso, los elementos rotatorios normalmente se mueven junto con el elemento de entrada de manera continuada no escalonada. Los dispositivos captadores pueden proporcionar una medición de posición absoluta en 360° de uno o más de los elementos rotatorios, por ejemplo, usando tecnología de captación óptica, magnética o por RF. El aparato puede incluir  $A$  a  $N$  de dichos elementos rotatorios, que tienen cada uno una relación de revolución respectiva de  $R_A$  a  $R_N$ , y en el que un dicho dispositivo captador tiene un error de pico permisible máximo calculado como:

45

$$\text{Error de sensor máximo} = \frac{180^\circ}{R_A + R_N}$$

50 Uno de la pluralidad de elementos rotatorios es un elemento rotatorio principal que acciona todos los dichos elementos rotatorios restantes (es decir, los elementos rotatorios restantes no accionan ningún otro de los elementos rotatorios).

55 Cada uno de la pluralidad de elementos rotatorios puede tener una posición cero/inicial/de inicio (rotación) nomenclal. El dispositivo puede estar configurado para producir la indicación de posición computando cuánto han avanzado los elementos rotatorios desde sus posiciones cero. La computación realizada por el dispositivo puede implicar rebobinar virtualmente al menos uno de, y normalmente todos, los elementos rotatorios hasta su posición cero respectiva. El dispositivo puede estar configurado para:

60 rebobinar virtualmente uno primero de los elementos rotatorios en una secuencia hasta su posición cero; luego, para cada uno de dicho elemento rotatorio distinto al primer elemento rotatorio en la secuencia:

computar una posición virtual del elemento rotatorio basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente, y rebobinar virtualmente el elemento rotatorio y el/todos los elemento(s) rotatorio(s) anterior(es) en la

secuencia de modo que están en sus posiciones cero.

5 La etapa de computación puede usar datos almacenados, tal como una tabla de consulta, que representan una posición de un dicho elemento rotatorio cuando el/los elemento(s) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia está(n) todos en su posición/sus posiciones cero, y datos que representan cuántas veces han pasado todos los elementos rotatorios anteriores en la secuencia por sus posiciones cero a la vez cuando el elemento rotatorio está en una dicha posición correspondiente.

10 Los elementos rotatorios pueden disponerse de manera coplanar o coaxial.

Un conjunto que comprende más de uno de dicho dispositivo captador puede proporcionarse para medir la posición de uno solo de dicho elemento rotatorio, de manera que si uno de los dispositivos captadores en el conjunto desarrolla un fallo, ese otro de dicho dispositivo captador en el conjunto se usa en su lugar.

15 El aparato puede no estar dotado de energía constante. Los dispositivos captadores pueden medir posiciones de los elementos rotatorios que resultan del movimiento mientras no se proporcionaba energía al aparato. Puede incluirse una disposición de conmutador para posibilitar que los dispositivos captadores se activen cuando se mueva(n) el/los elemento(s) rotatorio(s).

20 Según otro aspecto de la presente invención se proporciona un método para proporcionar una indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) de un elemento de entrada durante múltiples giros, incluyendo el método:

25 medir una posición angular de un conjunto de elementos (104) rotatorios configurados, en uso, para rotar según la rotación de un elemento (106) de entrada, estando configurados los elementos rotatorios para rotar simultáneamente pero a diferentes velocidades, y

producir una indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento de entrada durante múltiples giros usando las mediciones de posición angular recibidas desde un conjunto de dispositivos (110) captadores,

30 el conjunto de elementos rotatorios comprende al menos tres de dichos elementos rotatorios, y el conjunto de dispositivos captadores comprende al menos tres de dichos dispositivos captadores configurados para medir y emitir una medición de posición angular absoluta en  $360^\circ$  de uno respectivo de los al menos tres elementos rotatorios,

35 en el que cada uno de dichos elementos rotatorios tiene una relación única de revolución con respecto a cada otro elemento rotatorio de dicho conjunto de elementos rotatorios,

en el que uno del conjunto de elementos rotatorios acciona directamente todos los dichos elementos rotatorios restantes, y

40 en el que la pluralidad de elementos (104A-104D) rotatorios tiene cada uno una posición cero rotativa nacional, estando el método caracterizado por computar cuánto han avanzado los elementos rotatorios desde sus posiciones cero rotativas

45 rebobinando virtualmente (402) uno primero de los elementos (104A) rotatorios en una secuencia hasta su posición cero rotativa, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_A$ ); luego,

para cada dicho elemento (104B - 104D) rotatorio distinto al primer elemento rotatorio en la secuencia:

50 computar (406) una posición virtual del elemento (104B - 104D) rotatorio basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento (104A) rotatorio anterior en la secuencia, desde dicha posición virtual computarizada basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente (702B), y

55 rebobinar virtualmente (408) el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia, desde dicha posición (702B) virtual computarizada basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente, de modo que el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia están en sus posiciones (704) cero, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_B, X_C, X_D$ ); y

60 una vez que todos los elementos (104A - 104D) rotatorios están rebobinados virtualmente a sus posiciones (708) cero, la etapa final de producir la indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento (106) de entrada durante múltiples giros comprende combinar la contribución rotacional ( $X_A, X_B, X_C, X_D$ ) calculada a partir de cada etapa de rebobinar virtualmente un elemento rotatorio.

65 El método puede incluir además:

tomar mediciones de posición de uno primero de los elementos rotatorios en un periodo de tiempo;

5 tomar mediciones de posición de otro de los elementos rotatorios en el periodo de tiempo;

comparar la posición medida del otro elemento rotatorio con una posición esperada del otro elemento, dadas las posiciones medidas del primer elemento y una asociación conocida entre rotaciones de los elementos, y si la posición medida del otro elemento rotatorio no se corresponde con la posición esperada, indicar entonces un estado de error de lectura posible.

10 El método puede incluir comprobar errores de lectura detectando una falta de rotación angular de al menos uno de los elementos rotatorios.

15 El método puede incluir determinar una posición absoluta del elemento de entrada usando datos relacionados con una posición angular de uno solo de los elementos rotatorios, o una combinación de posiciones de un subconjunto de los elementos rotatorios. El método puede incluir, tras detectar un fallo de uno (o más) de los elementos rotatorios:

20 medir una posición angular de dicho(s) elemento(s) rotatorio(s) que no han producido fallos, y

producir una indicación de una posición angular del elemento de entrada en un intervalo reducido de múltiples giros usando las mediciones de posición angular del/de los elemento(s) rotatorio(s) que no han producido fallo.

25 El método puede incluir además proporcionar al menos un contador incremental asociado con al menos uno de los elementos rotatorios, y usar la salida del al menos un contador incremental para calcular la posición del elemento de entrada basándose en un recuento de múltiples giros del al menos un elemento rotatorio asociado.

La figura 1 es una vista en planta de una realización de ejemplo parcialmente ensamblada;

30 la figura 2 es una vista en despiece ordenado de la realización de ejemplo;

la figura 3 es un dibujo esquemático de elementos captadores en una realización de ejemplo;

35 la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento de la realización, incluyendo una etapa de cálculo de posición y una etapa de "rebobinado virtual" de engranaje;

la figura 5 detalla la etapa de cálculo de posición;

40 la figura 6 detalla la etapa de "rebobinado virtual" de engranaje;

las figuras 7A - 7D se refiere a un ejemplo práctico de funcionamiento de la realización;

las figuras 8A y 8B ilustran un ejemplo de medición angular de un elemento rotatorio del dispositivo, y

45 la figura 9 es un diagrama de flujo que muestra el funcionamiento del aparato que implica un contador incremental.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, se muestra un dispositivo 100 de indicación de posición de ejemplo. El dispositivo comprende una placa 102 de base de alojamiento en la que pueden ajustarse elementos 104A - 104D rotatorios. En el ejemplo, hay cuatro elementos rotatorios, que toman la forma de engranajes 104A - 104D dentados. Sin embargo, se apreciará que pueden usarse otros tipos de elementos rotatorios y no es necesario que incluyan formaciones tales como dientes para accionarse directamente entre sí.

50 Puede considerarse que un primer engranaje 104A comprende un engranaje principal que acciona los otros tres engranajes 104B - 104D, es decir, los otros tres engranajes 104B - 104D sólo se enganchan con los dientes del primer engranaje 104A, y no entre sí. El primer engranaje se acciona mediante un engranaje 106 de entrada, que rota según un elemento de entrada, que puede ser una columna de un actuador de válvula, por ejemplo (véase la figura 3). Por tanto, el primer engranaje 104A se acciona directamente mediante el engranaje 106 de entrada, mientras que los otros tres engranajes 104B - 104D se accionan directamente mediante el engranaje de entrada (por medio del primer engranaje 104A). Se apreciará que en otras realizaciones más de uno de, o todos, los engranajes pueden accionarse directamente mediante el engranaje de entrada.

60 El dispositivo 100 de ejemplo se ensambla con los engranajes 104A - 104D en sus "posiciones cero" correctas. Para ayudar a ello, uno o más de los engranajes (y/o componentes de alojamiento) puede(n) incluir marcas. En el ejemplo, el primer engranaje 104 incluye marcas en forma de tres flechas. Estas están pensadas para alinearse con flechas correspondientemente marcadas en los otros engranajes 104B - 104D. Adicional o alternativamente, pueden proporcionarse "orificios 107A - 107D de ubicación cero" en los engranajes, que pueden alinearse con

marcas/rebajes 123B - 123D correspondientes en la placa 102 de base (algunos pueden verse en la figura 2). Puede usarse un dispositivo de montaje (no mostrado) para ayudar con el ensamblaje. Una etiqueta 111 de código de barras puede ajustarse en el dispositivo 100 así como acolchado 116 de espuma superior.

5 En el dispositivo de ejemplo, los engranajes y los elementos de alojamiento comprenden partes de plástico moldeadas. Debido a la alta tolerancia para holgura en el dispositivo y sus requisitos de baja precisión, pueden usarse tales componentes de bajo coste; sin embargo, se entenderá que pueden usarse otros materiales y que el diseño y las dimensiones del dispositivo pueden variar a partir del ejemplo ilustrado. Tener una sola disposición de accionador en forma de engranaje 104A como en el ejemplo ilustrado tiene el beneficio de reducir los efectos de la holgura; sin embargo, se apreciará que pueden usarse otras disposiciones, por ejemplo, engranajes en fila que se accionan entre sí.

15 Volviendo al ejemplo ilustrado en las figuras 1 y 2, cada uno de los cuatro engranajes 104A - 104D se ajusta con un componente 110A - 110D compatible con sensor respectivo, por ejemplo, un imán para un dispositivo captador magnético. Se ajustan espaciadores 108 entre los engranajes y los componentes 110. Una placa 113 de alojamiento superior se ajusta encima de los componentes y esta aloja también una placa 114 de circuito impreso. La placa incluye un conjunto de circuitos que funciona como un dispositivo captador (mostrado esquemáticamente en 114A) que puede captar las posiciones de los componentes 110A - 110D compatibles con sensor y proporcionar de ese modo una medición de posición absoluta de los cuatro engranajes en 360°. La disposición de captación puede basarse en cualquier tecnología de captación angular, por ejemplo óptica, magnética o por RF. Los sensores por RF y magnéticos pueden ofrecer también una detección de fallos incorporada: si un imán se desprende de un engranaje o se desmanta, el sensor puede detectarlo. También es posible usar dispositivos de sensor que proporcionan una salida analógica.

25 Se entenderá que en realizaciones alternativas, los elementos rotatorios pueden incluir componentes compatibles con sensor integrados o sus posiciones angulares pueden determinarse por el sensor de otro modo, tal como identificando visualmente la posición angular, por ejemplo, detectando una marca en una superficie del elemento rotatorio. Se apreciará que en realizaciones alternativas el dispositivo captador y/o procesador puede ubicarse de manera remota con respecto a otros componentes del dispositivo con señales que se transfieren por medio de señales inalámbricas/por RF, por ejemplo. En otras realizaciones, los dispositivos captadores pueden estar contruidos en los elementos rotatorios/engranajes. Pueden producirse otras variaciones del dispositivo 100 de ejemplo mostrado en las figuras. Por ejemplo, los elementos rotatorios pueden disponerse de manera coaxial en lugar de coplanar (o una combinación de coaxial/coplanar, o cualquier otra disposición), lo que puede dar como resultado beneficios en cuanto a reducción de tamaño/diseño.

35 El circuito 114 incluye además un procesador (mostrado esquemáticamente en 114B) configurado para producir una indicación de posición del elemento 106 de entrada durante múltiples giros usando las mediciones de dispositivo captador, tal como se describirá a continuación. Aunque se muestra un procesador electrónico digital en el ejemplo, se apreciará que la funcionalidad que proporciona puede realizarse mediante un conjunto de circuitos/componentes analógicos adecuados.

45 Puede incluirse un conmutador mecánico para posibilitar que se active la captación electrónica después de que hayan empezado a moverse los elementos captadores/engranajes. El conmutador puede activarse de manera mecánica o magnética y por tanto no es necesario suministrar energía constante al dispositivo, reduciendo por tanto potencialmente el consumo global de energía del dispositivo. Después del encendido, el dispositivo puede detectar cualquier movimiento que se produjo mientras no había energía y usar esa medición para proporcionar una indicación de posición. El dispositivo de ejemplo incluye un conmutador de "despertar" magnético en forma de un engranaje 113 que rota cuando la fila de engranajes rota y puede usarse para desencadenar el suministro de energía al dispositivo, pero se apreciará que pueden proporcionarse disposiciones alternativas.

50 Los elementos rotatorios en el dispositivo están configurados para rotar a diferentes velocidades. En el dispositivo 100 de ejemplo, esto se logra teniendo un número diferente de dientes en todos los engranajes 104A - 104D. Sin embargo, se apreciará que puede lograrse por diferentes medios. Por ejemplo, proporcionar elementos rotatorios que se enganchan entre sí que tienen dimensiones diferentes (por ejemplo, radio o circunferencia) puede dar como resultado que los elementos tengan diferentes relaciones de revolución. Además, pueden usarse elementos rotatorios que no se enganchan directamente con/se accionan entre sí, por ejemplo discos, accionándose los elementos directamente mediante el elemento de entrada o conectándose juntos por medio de un accionador de cadena o correa, o cualquier otro mecanismo de transmisión.

60 El margen de funcionamiento del dispositivo se determinará calculando el número máximo de giros del elemento analizado, o "principal", antes de que se produzca un patrón de repetición de los elementos de rotación, punto en el que la posición absoluta ya no puede determinarse a partir de las posiciones individuales de los elementos. Esto puede calcularse como el número de giros requeridos para hacer rotar el dispositivo desde su posición de referencia hasta que retorna a su posición. Para mejorar el margen, pueden aumentarse funciones mínimas de las relaciones de revolución.

Por ejemplo, en una simple cubierta en la que el dispositivo incluye dos elementos rotatorios A y B, si las relaciones de revolución de los dos elementos fueron 10 y 20, respectivamente, entonces estas relaciones tienen un factor común de 10, y por eso pueden simplificarse a una relación de 1:2. Un ensamblaje de este tipo sólo puede usarse para dar una indicación de posición sobre dos giros. Sin embargo, si se seleccionó el engranaje B para tener 21 dientes en lugar de 20, entonces no existiría tal factor común, y la expresión más simple permanecería como 10:21. Dada esta asociación, si A fuera a rotarse dos veces, entonces el elemento B se movería a una posición  $342,9^\circ$  ( $720^\circ \times 10/21$ ) desde su posición cero. Como ambos elementos no están en sus posiciones de referencia y el dispositivo no ha retornado a su posición de inicio global el intervalo de este dispositivo puede calcularse como el número de veces que el elemento A debe rotar para que el elemento B sea cero al mismo tiempo, es decir, 21 giros. Cuando el elemento B se ha rotado exactamente 10 giros, tanto A como B serán cero y el dispositivo estará en su posición de inicio global.

En una disposición de codificador absoluto de múltiples giros convencional hay un mecanismo de indexación mecánica entre los elementos que aumenta cada uno después de una rotación definida de los elementos anteriores, es decir, si se ha indexado un elemento un número determinado de veces, entonces los elementos anteriores habrán rotado una cantidad conocida. Sin embargo, tal mecanismo de indexación no está presente en el dispositivo de relación de posición no escalonado en continuo movimiento (junto con el elemento de entrada) descrito en el presente documento; más bien, realizaciones del dispositivo pueden tener un mecanismo de indexación virtual, que puede tomar la forma del algoritmo de decodificación descrito a continuación. Se definen posiciones de referencia (o de inicio/inicial/cero) para cada elemento rotatorio y estas pueden encontrarse en cualquier punto en los  $360^\circ$  de rotación posible, siempre y cuando cada elemento se mueva de tal manera que todos los elementos puedan estar en sus posiciones de referencia al mismo tiempo. Esto definirá habitualmente la posición cero global del dispositivo.

Un "mecanismo de indexación virtual" de este tipo tiene el efecto de tomar mediciones de posición de búsqueda casi arbitrarias y permitir que se decodifiquen para proporcionar una indicación de una posición real. En mecanismos de indexación convencionales, cada elemento se mide en secuencia, contribuyendo cada uno con una relación de la posición que depende del mecanismo. Esta información está disponible de inmediato en cuanto se leen los elementos; sin embargo, en realizaciones del presente dispositivo puede no haber una asociación obvia. Con el fin de decodificar la posición, se capta cada elemento en secuencia y luego se decodifica. El elemento principal debe usarse con el fin de encontrar una posición "rebobinada" del siguiente elemento rotatorio. Esta etapa de cálculo proporciona información que es directamente relevante para la posición absoluta del elemento de entrada. Para obtener la posición absoluta, se miden las posiciones angulares de los elementos rotatorios y luego se realiza un cálculo para encontrar la contribución de rotación de modo que puede realizarse el siguiente cálculo, y así sucesivamente.

Haciendo referencia a la figura 3, se dan ejemplos del número de dientes en los cuatro engranajes 104A - 104D de la siguiente manera: engranaje 104A: 22 dientes; engranaje 104B: 26 dientes; engranaje 104C: 34 dientes, y engranaje 104D: 36 dientes, y por eso las funciones mínimas de las relaciones de revolución de los engranajes 104A - 104D son 11, 13, 17 y 18, respectivamente. Las relaciones de ejemplo significan que el engranaje 104A rotará  $13/11$  veces la velocidad del engranaje 104B, y el engranaje 104D rotará  $17/18$  veces la velocidad del engranaje 104C, y así sucesivamente. Estas relaciones no tienen factores comunes de número entero; sin embargo, si las relaciones fueron 11, 13, 15 y 18, por ejemplo, habrá entonces en su lugar un factor común de 3 (para 15 y 18), que tendría un efecto en la manera en la que los engranajes se mueven a la vez y cuánto puede rotar la entrada antes de que aparezca una secuencia de posición de repetición, por tanto, el intervalo absoluto se reduciría.

Cuando el primer engranaje 104A se usa como el engranaje de medición principal, el número máximo de giros de ese engranaje, desde el que puede derivarse la posición absoluta del mecanismo, es igual al producto de las funciones mínimas de las relaciones de revolución de los otros engranajes 104B - 104D. Por tanto, en general, pueden usarse combinaciones de  $n$  engranajes (indicados como A, B, C, ...,  $n$ ) para determinar la posición de engranaje absoluta en un intervalo de  $X$  giros. Si el primer engranaje 104A se usa como el engranaje de medición principal, entonces el intervalo de posición absoluta del dispositivo puede determinarse mediante la ecuación:

$$X = B \times C \times D \dots \times n$$

donde B, C, D, ...  $n$ , son las funciones mínimas de las relaciones de revolución entre cada engranaje y no hay común múltiplo entre las funciones mínimas de las relaciones de revolución de todos los elementos captados. Por tanto, para el ejemplo de la figura 3,  $X = 3978$  ( $13 \times 17 \times 18$ ). En otro ejemplo, el número de dientes en los cuatro engranajes es: engranaje 104A: 7 dientes; engranaje 104B: 11 dientes; engranaje 104C: 13 dientes, y engranaje 104D: 15 dientes, en cuya cubierta  $X = 2145$ .

Con el fin de hallar el número total de rotaciones del elemento 106 de entrada, cada uno de los engranajes 104A - 104D están en efecto "rebobinados" a sus posiciones cero. Mientras tanto, el número total de rotaciones se registra de modo que puede relacionarse con la posición de la entrada. En el dispositivo de ejemplo, la rotación del primer engranaje 104A se registra en primer lugar. Por tanto, al registrar cuánto han rotado todos los engranajes en el dispositivo, es posible calcular la posición de múltiples giros actual del elemento de entrada. Se apreciará que los

engranajes normalmente no se rebobinan físicamente; por ejemplo, puede usarse una simulación por software/firmware u otro procedimiento pensado para calcular el número de movimientos/rotaciones, o cualquier otra implementación electromecánica o electrónica de esta función.

5 Haciendo referencia a la figura 4, se muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo del cálculo del número total de rotaciones. La notación a continuación se usará en la siguiente descripción, denominándose los engranajes 104A - 104D como "A" - "D", respectivamente:

10  $\varphi_A$ : Posición de engranaje A

$\varphi_B$ : Posición de engranaje B

$\varphi_C$ : Posición de engranaje C

15  $\varphi_D$ : Posición de engranaje D

$R_R$ : Relación principal (1:2 en ejemplo de la figura 3, es decir, dos rotaciones de columna de entrada = 1 rotación de engranaje A principal)

20  $R_A$ : Relación de dientes de engranaje A (11 en el ejemplo, es decir, el número de dientes de engranaje con cualquier factor común retirado)

25  $R_B$ : Relación de dientes de engranaje B (13 en el ejemplo)

$R_C$ : Relación de dientes de engranaje C (17 en el ejemplo)

$R_D$ : Relación de dientes de engranaje D (18 en el ejemplo)

30  $\theta_{TOTAL}$ : Giros de engranaje A totales

$\theta_a$ : Giros de engranaje A a partir de rebobinado de A

35  $\theta_B$ : Giros de engranaje A a partir de rebobinado de B

$\theta_C$ : Giros de engranaje A a partir de rebobinado de C

40  $\theta_D$ : Giros de engranaje A a partir de rebobinado de D

$X_B$ : Número de ciclos de cero a partir de B

45  $X_C$ : Número de ciclos de cero a partir de C

$X_D$ : Número de ciclos de cero a partir de D

En la etapa 402, el engranaje 104A principal se "rebobina" virtualmente a su posición cero. El número de rotaciones requerido para alcanzar esto corresponde a su posición actual,  $\varphi_A$ , y por tanto  $\theta_A = \varphi_A$ .

50 En la etapa 404, comienza un análisis relacionado con el siguiente engranaje en el dispositivo. Los engranajes se consideran en orden, empezando con el que tiene menor número de dientes (después del engranaje A) y progresando en orden hasta el engranaje con el mayor número de dientes, aunque puede usarse cualquier orden. Por tanto, en la primera iteración de estas etapas, se analizará el engranaje B. En las fórmulas mostradas en los diagramas de flujo y mencionadas a continuación, se usa la letra N para denominar el engranaje "actual" que está considerándose. En la etapa 406, se calcula la posición de engranaje B. La figura 5 ilustra las etapas implicadas en este cálculo. En la etapa 502, la relación de engranaje y distancia de rebobinado anterior se usa para calcular la nueva posición,  $\varphi_B$ , del engranaje B, usando la fórmula general mostrada en la figura 5, que aplicada al engranaje B pasa a ser:

$$60 \quad \Phi_B = (\theta_A) \times (R_A / R_B)$$

$\varphi_B$  se usará con una tabla de consulta, tal como se comentó anteriormente, para determinar cuántos cruzamientos de secuencia de cero se han producido.

65



En la etapa 504,  $\phi_B$  se convierte de modo que se encuentra entre cero y la posición máxima. Esta conversión es una operación de envoltura de manera que la posición se emite entre 0,0 y 360,0°. Por ejemplo, si una medición es 345,0° y las relaciones fueron  $R_A = 23$  y  $R_B = 21$ , entonces  $\phi_B$  será  $345 \times 23 / 21 = 377,86^\circ$  y por tanto puede someterse a operación de envoltura restando 360° a 17,86°.  $\theta_a$  puede ser mayor que 360°.

5 Volviendo a la figura 4, en la etapa 408, el engranaje B se “rebobina” hasta su posición cero. La figura 6 detalla las etapas implicadas en esta operación. En la etapa 602, el índice de contribución de rotación del engranaje (es decir, cuántas veces han pasado todos los engranajes anteriores en la secuencia por sus posiciones cero a la vez)  $X_N$  se halla usando una tabla de consulta (que se comentará a continuación). En la etapa 604, el movimiento del engranaje (A) principal debido al rebobinado del engranaje actual hasta su posición cero se calcula usando la fórmula general mostrada en la figura 6.

10 Volviendo a la figura 4, en la etapa 410, se realiza una comprobación para saber si se han analizado todos los engranajes en el dispositivo. Si no, entonces el control pasa de vuelta a la etapa 404, donde se realizan las etapas 406 - 408 anteriores para el engranaje C (y luego el engranaje D). Si se han analizado todos los engranajes, entonces el control pasa desde la etapa 410 hasta la etapa 412, donde la rotación total de la columna de entrada se computa. Esto puede lograrse calculando la posición absoluta del elemento de entrada usando la rotación total de engranaje (A) principal y la relación principal:

20 
$$\text{Posición} = \text{Relación principal} \times (\theta_A + \dots + \theta_N)$$

Ahora se dará un ejemplo práctico, haciendo referencia a las figuras 7A -7D. La figura 7A muestra los engranajes A - D en un estado 702A dado cuando va a hacerse la medición de la posición absoluta. Tal como se comentó anteriormente, la primera etapa (etapa 402 de la figura 4) es “rebobinar” el engranaje A principal hasta cero, tal como se muestra esquemáticamente/conceptualmente en 702B (con el círculo en el disco de engranaje que indica sus posiciones actuales y estando todas las posiciones cero en 0°). Esto puede lograrse tomando la posición de engranaje A actual y rebobinándolo a cero, mientras que se registra el valor de rotación. Por ejemplo, si el engranaje A está en posición 57,43°, rebobinarlo es equivalente a darle la vuelta -57,43°. Sabiendo que el engranaje A se ha rotado conceptualmente a través de este ángulo, es posible calcular cuánto los otros engranajes habrían girado basándose en las relaciones de engranaje.

30 A continuación, cuando el engranaje A está de vuelta en su posición cero conceptual, se calculan las posiciones del siguiente engranaje (engranaje B) basándose en las relaciones de engranaje y la cantidad que se giró conceptualmente el engranaje A. El engranaje B se rebobina entonces conceptualmente de modo que los engranajes tanto A como B están en sus posiciones cero, tal como se muestra esquemáticamente en 704 en la figura 7B. Esto puede implicar varias rotaciones de engranaje B puesto que, cuando se mueve un engranaje en el sistema, rotan todos los engranajes. Este procedimiento continúa hasta que la totalidad de la fila de engranajes está conceptualmente de vuelta en su posición cero.

40 Se calcula la nueva posición de engranaje B (etapa 406) dado que el engranaje A se ha hecho rodar de vuelta. Esto puede hacerse tomando el número total de rotaciones requerido para hacer rodar de vuelta el engranaje A hasta su posición cero, y aplicando las relaciones de engranaje para hallar el cambio en el engranaje B. Dado que este valor representa una posición rotacional, debe manejarse un giro completo o de paso por cero:

45 
$$\phi_{B(Nueva)} = \phi_{B(Antigua)} - \left( \theta_A \times \frac{R_A}{R_B} \right)$$

Este es el número de veces que debe rotarse de nuevo el engranaje A para alcanzar su posición cero al mismo tiempo que el engranaje B alcanza su posición cero (etapa 408). Este valor se registra y se suma a las rotaciones del rebobinado del engranaje A.

50 El procedimiento para hacer rodar cada engranaje posterior es idéntico al de hacer rodar hacia atrás el engranaje B: cada uno se basa en la posición después de rebobinar el engranaje anterior y las relaciones entre los diversos engranajes. La posición de engranaje C se calcula en primer lugar a partir de las rotaciones de rebobinado totales del engranaje A hasta ese momento, y a partir de esto se usa la tabla de consulta para hallar el número de veces que se han movido los engranajes A y B anteriores por cero al mismo tiempo. Este número se usa entonces para hallar cuánto debe haber rotado el primer engranaje A para tener los engranajes A, B y C en sus posiciones cero a la vez (mostrado esquemáticamente en 706 en la figura 7C). Este valor de movimiento es el número de veces que los engranajes A y B han estado en posiciones cero a la vez, multiplicado por las relaciones relativas de movimiento del engranaje B (13 en el ejemplo). Estos números resultan de la necesidad de tener los engranajes A y B en sus posiciones cero a la vez; por tanto, el engranaje A debe moverse en múltiplos de 13 para conservar el engranaje B en su posición cero. Una vez que se completa este procedimiento, los engranajes A, B y C deben estar todos en

## ES 2 692 816 T3

ceros y entonces se analiza el engranaje D:

$$\phi_C = \phi_C - \left( (\theta_A + \theta_B) \times \frac{R_A}{R_C} \right)$$

5

$$\theta_C = X_C \times R_B$$

El procedimiento para analizar el engranaje D es idéntico al del engranaje C, con la excepción de que el primer engranaje también debe moverse en múltiplos de 17 para incorporar el hecho de que el engranaje C debe permanecer en cero:

10

$$\theta_D = X_D \times R_B \times R_C$$

Una vez que todos los engranajes A - D están rebobinados virtualmente a sus posiciones cero (mostrados esquemáticamente en 708 en la figura 7D), la etapa final es revisar la rotación total del primer engranaje a partir de cada engranaje rebobinado y combinarlas y luego relacionar este valor con la columna de entrada usando la relación principal, es decir:

15

$$\theta_{TOTAL} = \theta_A + \theta_B + \theta_C + \theta_D$$

20

$$Posición\ absoluta = P.R. \times \theta_{TOTAL}$$

Tal como se mencionó anteriormente, pueden usarse tablas de consulta para hallar el número de veces que han pasado los engranajes anteriores en el dispositivo por sus posiciones cero con el fin de computar la posición actual para un engranaje particular. La posición "rebobinada" del engranaje que se está considerando puede entonces compararse con estas posiciones almacenadas, y usarse la posición correspondiente para dar el número de secuencias cero de los engranajes anteriores. Se apreciará que esto es opcional y los pasos por la posición cero pueden determinarse mediante otro método matemático, o datos almacenados de otra manera. A continuación, se dan las tablas de consulta de ejemplo para el dispositivo de ejemplo de la figura 3:

25

30

Engranaje B		Engranaje C		Engranaje D	
Posición de engranaje	X <sub>B</sub> (Índice de contribución de rotación de B)	Posición de engranaje	X <sub>C</sub> (Índice de contribución de rotación de C)	Posición de engranaje	X <sub>D</sub> (Índice de contribución de rotación de D)
0	0	0	0	0	0
0,076923	6	0,058824	5	0,055556	1
0,153846	12	0,117647	10	0,111111	2
0,230769	5	0,176471	15	0,166667	3
0,307692	11	0,235294	3	0,222222	4
0,384615	4	0,294118	8	0,277778	5
0,461538	10	0,352941	13	0,333333	6
0,538462	3	0,411765	1	0,388889	7
0,615385	9	0,470588	6	0,444444	8
0,692308	2	0,529412	11	0,5	9
0,769231	8	0,588235	16	0,555556	10
0,846154	1	0,647059	4	0,611111	11
0,923077	7	0,705882	9	0,666667	12
		0,764706	14	0,722222	13
		0,823529	2	0,777778	14
		0,882353	7	0,833333	15
		0,941176	12	0,888889	16
				0,944444	17

La columna a la izquierda en la tabla para cada engranaje B - D muestra la posición de ese engranaje cuando el/los engranaje(s) anterior(es) en la secuencia/el orden (A, B y C) están todos en su posición/sus posiciones cero. La columna a la derecha en la tabla de ese engranaje muestra cuántas veces han pasado todos los engranajes anteriores por sus posiciones cero a la vez, cuando el engranaje está en la posición correspondiente indicada en la columna a la izquierda. Usar esta tabla es, por tanto, posible para hallar el número de posiciones cero por las que han pasado engranajes anteriores comparando la posición de engranaje calculada con la posición teórica, y haciendo coincidir los valores más próximos. Es importante observar que si un engranaje está más próximo a una rotación completa, es decir 1, que el siguiente valor más grande, entonces este se trata como una rotación completa

35

40

y, por tanto, una posición cero.

Las tablas de consulta pueden generarse moviendo los engranajes por sus posiciones cero y registrando la posición del engranaje para cada ciclo hasta que se repita. Esto puede hacerse, por ejemplo, realizando una simulación por software. En detalle, calcular la sección de engranaje B de la tabla de consulta es cuestión de moverlo por los ciclos cero del engranaje A, ya que este es el único engranaje que precede al engranaje B. El engranaje B tendrá 13 posiciones diferentes para cada posición cero de A antes de repetirse; después de 13 rotaciones completas del engranaje A, los engranajes tanto A como B estarán en sus posiciones cero de nuevo a la vez. Un cálculo de ejemplo es de la siguiente manera:

Ciclos cero de engranaje A = 2,

$$\phi_B = 2 \times \frac{11}{13}$$

$$\phi_B = 1,6923 \rightarrow \phi_B = 0,6923$$

En general:

$$\phi_B = Ceros_A \times \frac{R_A}{R_B}$$

Calcular la tabla para el engranaje C es similar al engranaje B; sin embargo, ahora hay 17 posiciones totales a calcular antes de que la secuencia entre en bucle. El ciclo cero debe incluir también el engranaje B. La ecuación general es:

$$\phi_C = Ceros_{AB} \times \frac{R_A \times R_B}{R_C}$$

El engranaje D sigue la secuencia lógica y ahora tiene 18 posiciones únicas, y los ciclos cero incluyen C. La ecuación para el engranaje D es:

$$\phi_D = Ceros_{ABC} \times \frac{R_A \times R_B \times R_C}{R_D}$$

Se entenderá que los elementos rotatorios pueden analizarse en cualquier secuencia (por ejemplo, no necesariamente iniciándose con el engranaje 104A). El análisis puede realizarse en cualquier orden en tanto que las tablas de consulta se hayan calculado para la secuencia apropiada.

Quando el error de medición de la medición de las posiciones de engranaje individuales se vuelve demasiado grande, el algoritmo puede devolver un valor incorrecto. Antes de este punto, el error en el dispositivo será el error de medición del primer engranaje de medición, multiplicado por la relación principal.

El error de pico permisible máximo del/de los dispositivo(s) captador(es) antes de que el algoritmo produzca fallos puede calcularse como:

$$\text{Error máximo} = \frac{180^\circ}{R_A + R_N}$$

Por tanto, para las relaciones de engranaje adoptadas en el ejemplo, no se requieren sensores de alta precisión. Los sensores pueden ser relativamente básicos ya que sólo necesitan cumplir con el requisito de error máximo de  $180^\circ/(R_A+R_N)$ . Entonces, la resolución de la posición sólo depende del primer engranaje elegido. Esto puede permitir el uso de sensores de baja precisión de 'n-1' y un sensor de precisión muy alta para proporcionar un dispositivo de provisión de posición de múltiples giros y de alto recuento de giro con una precisión muy alta.

El balance de error máximo del dispositivo puede hallarse como el punto en el que el elemento rotatorio con la relación más alta, y por tanto la distancia rotacional más pequeña entre cada posición de cálculo de secuencia cero, ya no puede conocerse con seguridad. Esto se producirá cuando el error total en el elemento sea mayor que la

distancia entre dos posiciones de secuencia cero de los elementos anteriores divididas en dos, puesto que en este punto la posición de "rebobinado" calculada estará más próxima a la posición de tabla de consulta equivocada.

5 Como visualización de este problema, cada uno de los elementos rotatorios (con la excepción del elemento principal) puede dividirse conceptualmente en segmentos. Cada uno de estos segmentos representa el intervalo de posiciones para los que la posición "rebobinada" puede considerarse que se relaciona con el número correspondiente de secuencias cero de elementos anteriores, tal como se enumeró en las tablas de consulta. Un elemento rotatorio de ejemplo con 21 segmentos se muestra en la figura 8A, con segmentos apropiados etiquetados con el índice de contribución de rotación correspondiente. El elemento rotatorio se muestra en su posición de referencia, en el centro exacto del segmento 0. Teóricamente, el elemento siempre debe medirse en una posición de manera que la fase de "calcular posición" del cálculo con elementos anteriores rebobinados devolverá un valor en el centro exacto de uno de los segmentos, es decir, corresponde a una posición de la tabla de consulta. Sin embargo, cuando el error provoca que esta posición calculada se derive en un segmento contiguo, habrá un aumento significativo en el error de salida cuando cambie el número de secuencias cero de posición de elemento anteriores, potencialmente de manera drástica. Este error angular se ilustra en la figura 8B.

20 Considerando las dos formas principales de error, error de medición y error mecánico (holgura), el máximo error permisible puede hallarse considerando que el punto en el que el valor devuelto de secuencias cero a partir del análisis de la relación más alta elemento es incorrecto. La holgura tendrá un efecto directo en la posición relativa al elemento principal; sin embargo, el error de medición afecta al resultado de dos modos. El primero es simplemente corrompiendo el valor medido en el elemento, y el segundo es corrompiendo el valor del elemento principal, que luego se traslada al elemento analizado durante la primera fase de cálculo, es decir, cuando el elemento principal se "rebobina". Si esto es incorrecto entonces, cuando se calcula la última posición de secuencia cero de elemento anterior conocida del elemento analizado, habrá una discrepancia adicional entre el cálculo a partir del valor verdadero.

En términos matemáticos, el error admisible puede expresarse de la siguiente manera:

$$\frac{360^\circ}{2 \times R_N} > E_N + E_A \times \frac{R_A}{R_N} + B_{AN}$$

30 donde  $E_N$  es el error de medición del elemento sometido a análisis,  $N$ ,  $E_A$  es el error de medición del elemento principal, y  $B_{AN}$  es la holgura entre el elemento principal y  $N$ .  $E_N + E_A \times \frac{R_A}{R_N} + B_{AN}$  puede considerarse el error total

en el dispositivo, con  $\frac{360^\circ}{2 \times R_N}$  como el límite de error. Si el error total no es menor que el límite de error para todos los elementos, entonces la decodificación no funcionará.

Otro modo en el que puede introducirse un error en el dispositivo es una demora de tiempo entre la medición de cada elemento rotatorio. Esto introducirá otro término a la ecuación de la siguiente manera:

$$\frac{360^\circ}{2 \times R_N} > E_N + E_A \times \frac{R_A}{R_N} + B_{AN} + Td_N \times v_N + Td_A \times v_A \times \frac{R_A}{R_N}$$

$$\frac{360^\circ}{2 \times R_N} > E_N + E_A \times \frac{R_A}{R_N} + B_{AN} + (Td_N + Td_A) \times v_A \times \frac{R_A}{R_N}$$

45 donde  $Td_N$  es la demora de tiempo para medir  $n$ ,  $Td_A$  es la demora de tiempo para medir el elemento principal,  $v_N$  es la velocidad rotacional de  $N$ , y  $v_A$  es la demora de tiempo para medir  $N$ . Este tipo de error puede eliminarse usando un algoritmo de lectura simétrico, mediante el cual las mediciones de cada elemento están dispuestas alrededor de un solo punto en el tiempo. Esto elimina los efectos que provocan que el algoritmo de decodificación caiga ya que cada medición está efectivamente en el mismo punto en el tiempo (suponiendo un movimiento constante). Este método puede, sin embargo, ser todavía susceptible de error por aceleración, pero la aceleración que se requeriría para que le afectara sería extremadamente grande ya que, en la práctica, las demoras de tiempo son muy pequeñas.

55 En algunas implementaciones del dispositivo, hay una posibilidad de que todos los elementos rotatorios no puedan ser capaces de situarse en la posición de referencia simultáneamente. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si no hay un modo fijo de garantizar que los elementos se ensamblen en ubicaciones relativas correctas. Hay modos para intentar garantizar que no ocurra, tal como usar engranajes dentados con el número de dientes igual a la función de

5 revolución mínima (por ejemplo, en un ejemplo de elemento rotatorio triple con relaciones 10, 21 y 17) si estos fueran engranajes dentados con 10, 21 y 17 dientes, y sensores alineados apropiadamente para la disposición de accionamiento. Esta disposición garantizaría que los elementos sólo puedan colocarse en intervalos de segmentos completos, mientras que si hubiera 20, 42 y 34 dientes entonces sería posible colocar un engranaje a mitad de  
 10 segmento. Una solución posible a este problema es tener un procedimiento de ensamblaje pensado para impedir un ensamblaje incorrecto, por ejemplo, puede usarse una estructura mecánica fija como una guía que no permita que puedan usarse un ensamblaje o guías/formaciones inapropiados, tales como 105 ó 107 mencionados anteriormente. Una solución alternativa es que la primera vez que se enciende el dispositivo, se tome una medición y la disposición de los elementos rotatorios puede calcularse a partir de su posición usando la fase de “rebobinado” de los cálculos, y las posiciones ensambladas conocidas de los elementos rotatorios.

15 Para hacer frente al riesgo de que uno o más sensores produzcan fallos, pueden proporcionarse uno o más sensores redundantes, asociados con uno o más de los elementos rotatorios de modo que si un sensor particular produce fallos entonces puede usarse en su lugar un sensor redundante. Esto puede lograrse, por ejemplo, con sensores por RF y magnéticos ya que los campos magnéticos y de RF penetran en un área grande. El sensor redundante puede situarse en un lado opuesto del eje rotacional del elemento rotatorio, o puede situarse en otra parte, por ejemplo, entre el sensor principal y el elemento, o detrás del sensor principal. Si esta técnica no fuese factible para una realización particular, entonces una alternativa es descartar las lecturas del sensor defectuoso y hacer funcionar el dispositivo en un intervalo absoluto reducido. Al usar el ejemplo de fallos que se detectan en el  
 20 sensor 104B de las figuras 1 y 2, el dispositivo usará las lecturas basándose en los tres elementos 104A, 104C y 104D rotatorios restantes. Esto significará que su intervalo se reducirá; sin embargo, esto puede ser suficiente para algunas aplicaciones. De este modo, puede ser necesario generar/usar una nueva tabla de consulta, basándose en las relaciones entre los elementos rotatorios restantes.

25 En este modo de intervalo reducido, puede ser necesario extender el intervalo del dispositivo en más ciclos de los que normalmente puede ser posible. Con el fin de hacer esto, un contador incremental (por ejemplo, el mostrado esquemáticamente en 114C en la figura 2) puede usarse para conservar el seguimiento del número de veces que ha pasado el sistema por su intervalo total. En este modo de fallo, el aparato puede perder su habilidad para proporcionar con seguridad una lectura de posición exacta cuando se restaure la energía si el dispositivo se ha movido una cantidad significativa (por ejemplo, más de la mitad del intervalo reducido) con la energía apagada.

30 Un ejemplo del funcionamiento del dispositivo en este modo de intervalo reducido se muestra en la figura 9. De este modo, si se pierde el recuento incremental, entonces la posición no se define en absoluto por el dispositivo. En la etapa 902, se obtiene la medición absoluta de uno de los elementos rotatorios todavía en uso. En la etapa 904, la verdadera posición del elemento se calcula sumando el número de giros del elemento, tal como se registró por el contador incremental, al valor de medición absoluta. En la etapa 906, se realiza una comprobación para ver si la diferencia entre el valor medido actualmente y el valor medido en la iteración anterior es mayor que el intervalo del dispositivo dividido entre dos. Si esta no es la cubierta, entonces el control pasa de vuelta a la etapa 902; de lo contrario, en la etapa 908, el contador se aumenta y luego el control pasa a la etapa 902 de nuevo.

35 Como todos los engranajes giran al mismo tiempo, pero a velocidades únicas, un intervalo reducido de posiciones absolutas puede determinarse observando cualquier combinación de engranajes. Esto proporciona una redundancia incorporada y/o la habilidad de comprobar errores de lectura. La habilidad de usar contadores incrementales tal como se describió anteriormente puede ofrecer una velocidad de medición aumentada ya que la posición de sólo un elemento se está midiendo en todo momento.

40 Una desventaja de los sistemas de indexación mecánica convencionales es que si hay un fallo en uno de los elementos y no se actualiza como debería, entonces este es casi imposible de detectar. Con una disposición continuamente en movimiento, como lo está la cubierta en realizaciones del presente aparato, es relativamente simple detectar fallos. Como todas las relaciones de movimiento se conocen, es posible en el transcurso de varias muestras detectar fallos en partes del dispositivo. Después de dos muestras de cada elemento rotatorio, es posible decir cuánto se ha movido cada elemento, dado que estas muestras no se toman después de varias rotaciones. A partir de esto, es posible derivar cuánto debería haberse movido cada elemento ya que se definen todas las relaciones de movimiento.

45 Múltiples subconjuntos de engranajes pueden usarse para una autocomprobación en un intervalo reducido. En esta configuración, pueden usarse los elementos/engranajes posteriormente captados para verificar la precisión, y comprobar errores de lectura en el elemento captado elegido. Además, en esta configuración, el número de giros que puede registrar el dispositivo es ilimitado. La habilidad de usar un solo elemento captado con un contador incremental ofrece la ventaja de una velocidad de medición aumentada ya que sólo se está leyendo un engranaje en todo momento. El dispositivo también puede configurarse para proporcionar la opción de tomar mediciones usando todos los elementos rotatorios para confirmar la posición del elemento de entrada.

50 El dispositivo puede configurarse para conmutarse automáticamente en uno de los “modos de redundancia” descritos anteriormente, o puede permitir que un usuario establezca el modo.

5 Al aumentar la resolución de un primer elemento elegido (por ejemplo, 104A en el ejemplo, aunque el elemento de captación elegido no tenga que ser el primer engranaje en la línea), la resolución del dispositivo 100 puede aumentarse. Esto puede posibilitar que la relación de entrada al sensor se manipule con el fin de obtener el equilibrio requerido entre el número final de giros requerido para medirse, y la precisión necesaria que se desea. El intervalo del dispositivo puede aumentarse al cambiar la relación principal que lleva al ensamblaje de dispositivo a expensas de reducir la resolución.

10 El dispositivo puede continuar computando la posición más allá de su intervalo absoluto; se someterá a operación de envoltura en ese punto, pero en algunas aplicaciones ello puede tolerarse.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (100) adaptado para proporcionar una indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) de un elemento (106) de entrada durante múltiples giros, incluyendo el aparato:

5 un conjunto de elementos (104) rotatorios configurados, en uso, para rotar según la rotación de un elemento (106) de entrada;

10 un conjunto de dispositivos (110) captadores configurados para medir y emitir una posición angular de al menos uno de los elementos rotatorios, y

15 un dispositivo (114) configurado para usar las mediciones de posición angular a partir del conjunto de dispositivos captadores para producir una indicación de una posición angular del elemento de entrada durante múltiples giros,

20 en el que los elementos rotatorios están configurados para rotar simultáneamente pero a diferentes velocidades,

25 el conjunto de elementos rotatorios comprende al menos tres de dichos elementos rotatorios, y el conjunto de dispositivos captadores comprende al menos tres de dichos dispositivos captadores configurados para medir y emitir una medición de posición angular absoluta en  $360^\circ$  de uno respectivo de los al menos tres elementos rotatorios,

30 en el que cada uno de dichos elementos rotatorios tiene una relación única de revolución con respecto a cada otro elemento rotatorio de dicho conjunto de elementos rotatorios,

35 en el que uno del conjunto de elementos rotatorios acciona directamente todos los dichos elementos rotatorios restantes, en el que cada uno de la pluralidad de elementos (104A-104D) rotatorios tiene una posición cero rotativa nocal, estando el aparato caracterizado porque el dispositivo (114) está configurado para producir la indicación de posición computando cuánto han avanzado los elementos rotatorios desde sus posiciones cero rotativas

rebobinando virtualmente (402) uno primero de los elementos (104A) rotatorios en una secuencia desde su posición actual hasta su posición cero rotativa, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_A$ ); luego

40 para cada dicho elemento (104B - 104D) rotatorio distinto al primer elemento rotatorio en la secuencia:

computar (406) una posición virtual del elemento (104B - 104D) rotatorio basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento (104A) rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente (702B), y

45 rebobinar virtualmente (408) el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia, desde dicha posición (702B) virtual computarizada basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente de modo que el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia están en sus posiciones (704) cero, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_B, X_C, X_D$ ); y

50 una vez que todos los elementos (104A - 104D) rotatorios están rebobinados virtualmente a sus posiciones (708) cero, la etapa final de producir la indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento (106) de entrada durante múltiples giros comprende combinar la contribución rotacional ( $X_A, X_B, X_C, X_D$ ) calculada a partir de cada etapa de rebobinar virtualmente un elemento rotatorio.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que cada uno de los elementos (104A - 104D) rotatorios tiene una relación de revolución con respecto al/a los otro(s) elemento(s) rotatorio(s), estando dispuestos los elementos rotatorios de modo que no hay factor común (distinto a uno) entre las relaciones de revolución.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que los elementos (104A - 104D) rotatorios comprenden engranajes que tienen cada uno un número diferente/único de dientes.
4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en uso, los elementos (104A - 104D) rotatorios se mueven junto con el elemento (106) de entrada de manera continuada no escalonada.
5. Aparato según la reivindicación 1, en el que el conjunto de dispositivos (114A) captadores usan tecnología

de captación óptica, magnética o por RF.

- 5 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que el aparato incluye dichos elementos (104A - 104D) rotatorios de A a N, que tienen cada uno una relación de revolución respectiva de  $R_A$  a  $R_N$ , y en el que un dispositivo (114A) captador en el conjunto de dispositivos captadores tiene una precisión de manera que un error de pico permisible máximo en el dispositivo captador se satisface mediante:

$$\text{Error máximo} = \frac{180^\circ}{R_A + R_N}$$

- 10 7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos (104A - 104D) rotatorios están dispuestos de manera coplanar.

- 15 8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los elementos (104A - 104D) rotatorios están dispuestos de manera coaxial.

9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de elementos rotatorios comprende cuatro de dichos elementos (104A - 104D) rotatorios, y el conjunto de dispositivos captadores comprende cuatro de dichos dispositivos (110A - 110D) captadores configurados para medir y emitir una posición angular de uno respectivo de los cuatro elementos rotatorios.

- 20 10. Método para proporcionar una indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) de un elemento (106) de entrada durante múltiples giros, incluyendo el método:

25 medir una posición angular de un conjunto de elementos (104) rotatorios configurados, en uso, para rotar según la rotación de un elemento (106) de entrada, estando configurados los elementos rotatorios para rotar simultáneamente pero a diferentes velocidades, y

30 producir una indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento de entrada durante múltiples giros usando las mediciones de posición angular recibidas desde un conjunto de dispositivos (110) captadores,

35 en el que el conjunto de elementos rotatorios comprende al menos tres de dichos elementos rotatorios, y el conjunto de dispositivos captadores comprende al menos tres de dichos dispositivos captadores configurados para medir y emitir una medición de posición angular absoluta en  $360^\circ$  de uno respectivo de los al menos tres elementos rotatorios,

40 en el que cada uno de dichos elementos rotatorios tiene una relación única de revolución con respecto a cada otro elemento rotatorio de dicho conjunto de elementos rotatorios,

45 en el que uno del conjunto de elementos rotatorios acciona directamente todos los dichos elementos rotatorios restantes, y

50 en el que la pluralidad de elementos (104A-104D) rotatorios tiene cada uno una posición cero rotativa nociónal, estando el método caracterizado por computar cuánto han avanzado los elementos rotatorios desde sus posiciones cero rotativas;

55 rebobinando virtualmente (402) uno primero de los elementos (104A) rotatorios en una secuencia desde su posición actual hasta su posición cero rotativa, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_A$ ); luego, para cada dicho elemento (104B - 104D) rotatorio distinto al primer elemento rotatorio en la secuencia:

60 computar (406) una posición virtual del elemento (104B - 104D) rotatorio basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento (104A) rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente (702B), y

65 rebobinar virtualmente (408) el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia, desde dicha posición (702B) virtual computarizada basándose en un ángulo a través del que ha girado un elemento rotatorio anterior en la secuencia cuando se está rebobinando virtualmente, de modo que el elemento (104B - 104D) rotatorio y el/todos los elemento(s) (104A) rotatorio(s) anterior(es) en la secuencia están en sus posiciones (704) cero, para proporcionar una contribución rotacional para dicha etapa de rebobinado virtual ( $X_B, X_C, X_D$ ); y

una vez que todos los elementos (104A - 104D) rotatorios están rebobinados virtualmente a sus posiciones

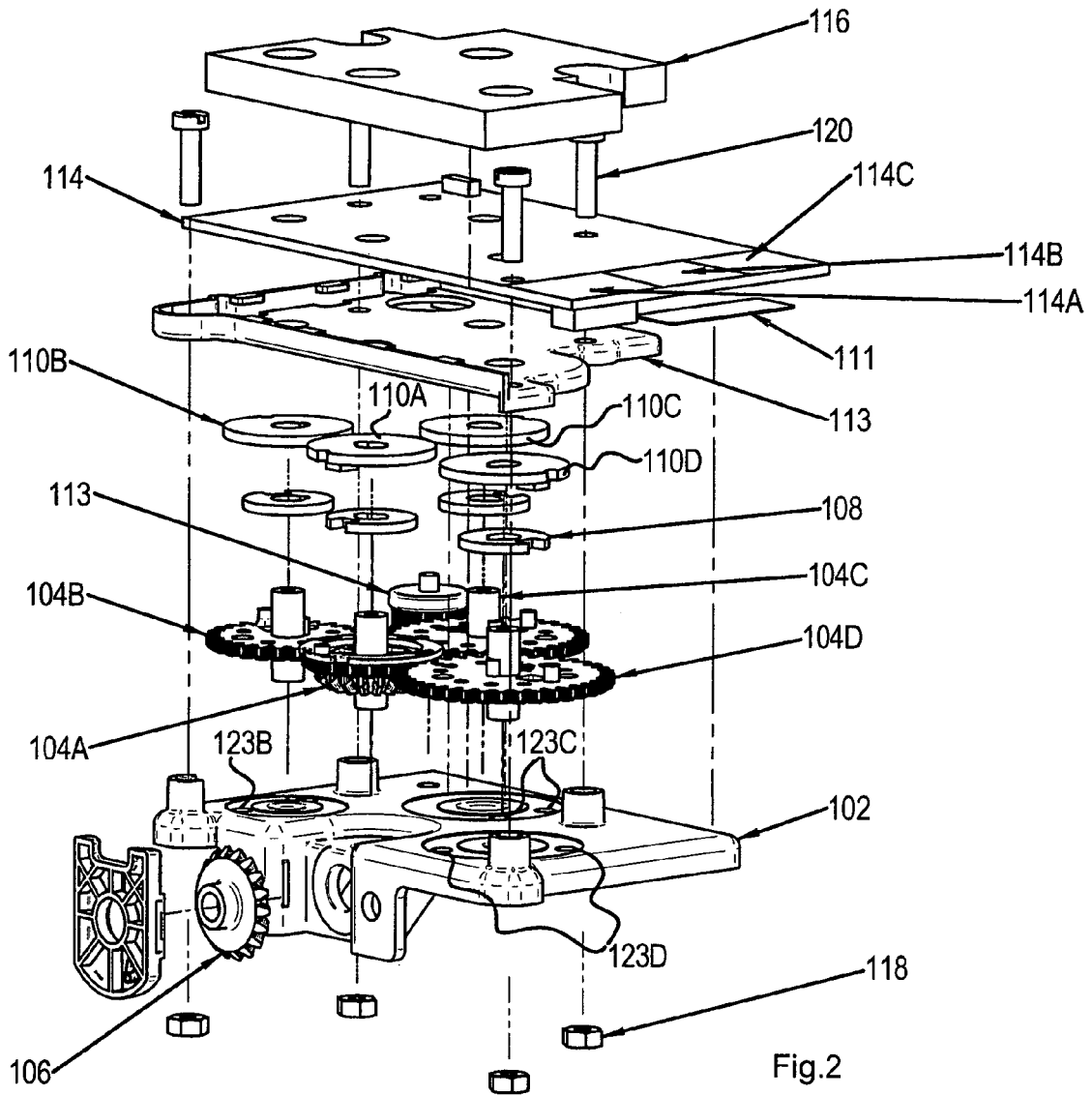
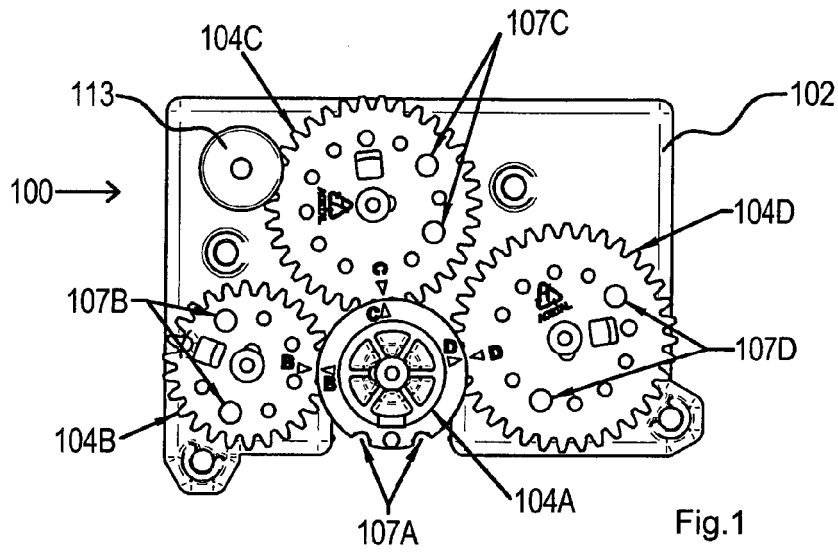


(708) cero, la etapa final de producir la indicación de una posición angular ( $\theta_{TOTAL}$ ) del elemento (106) de entrada durante múltiples giros comprende combinar la contribución rotacional ( $X_A, X_B, X_C, X_D$ ) calculada a partir de cada etapa de rebobinar virtualmente un elemento rotatorio.

5 11. Método según la reivindicación 10, que incluye además proporcionar al menos un contador (114C) incremental asociado con al menos uno de los elementos (104) rotatorios, y

usar la salida del al menos un contador incremental para calcular la posición del elemento de entrada basándose en un recuento de múltiples giros del al menos un elemento rotatorio asociado.

10



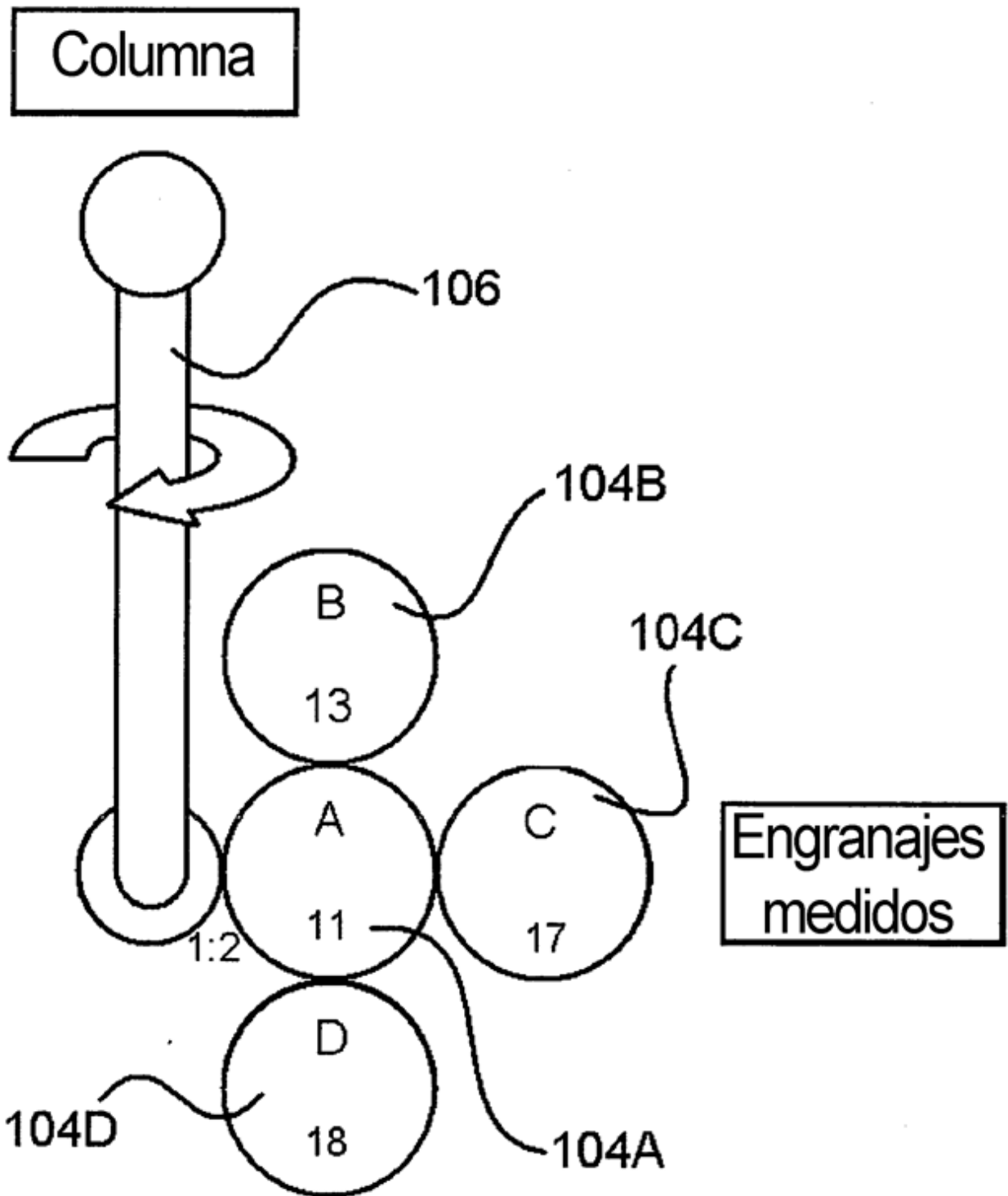


Fig. 3

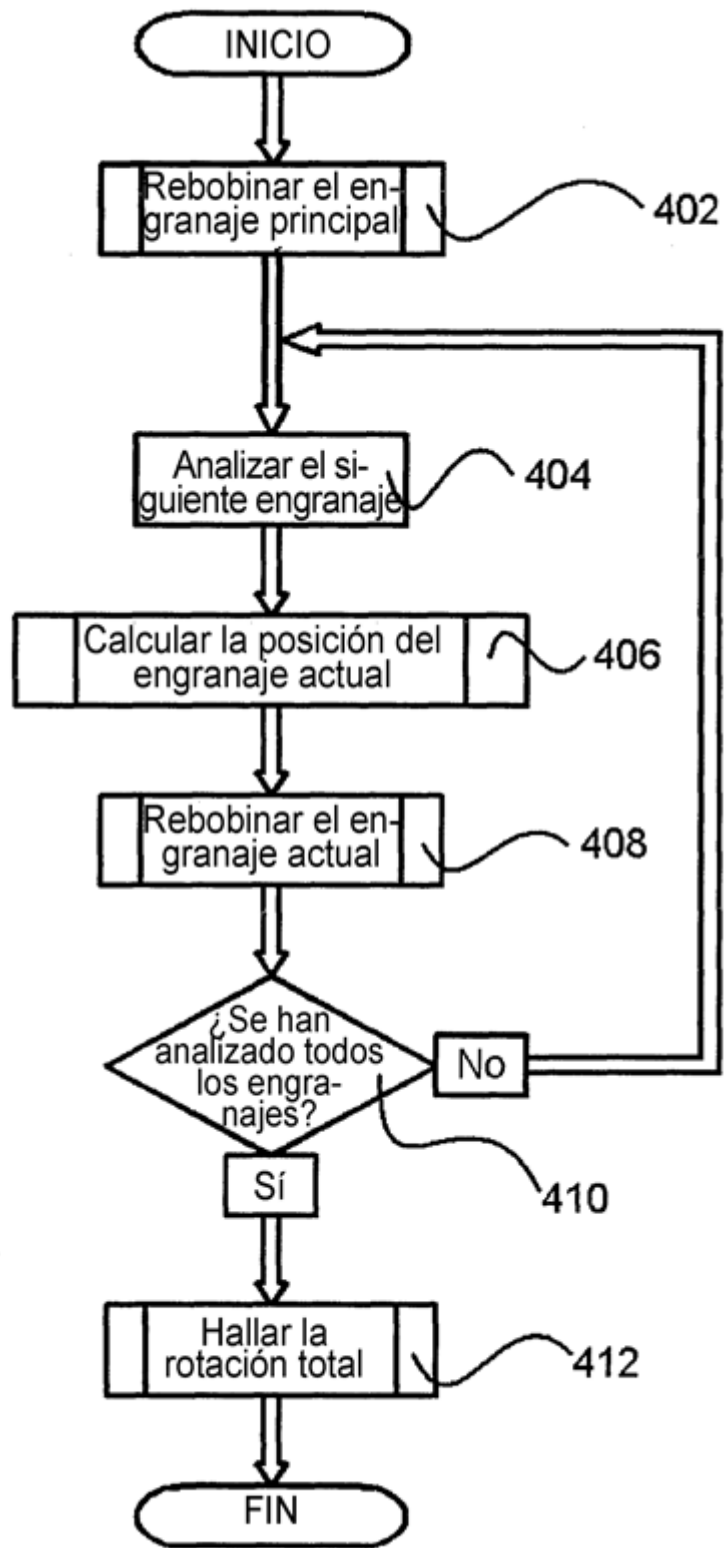


Fig. 4

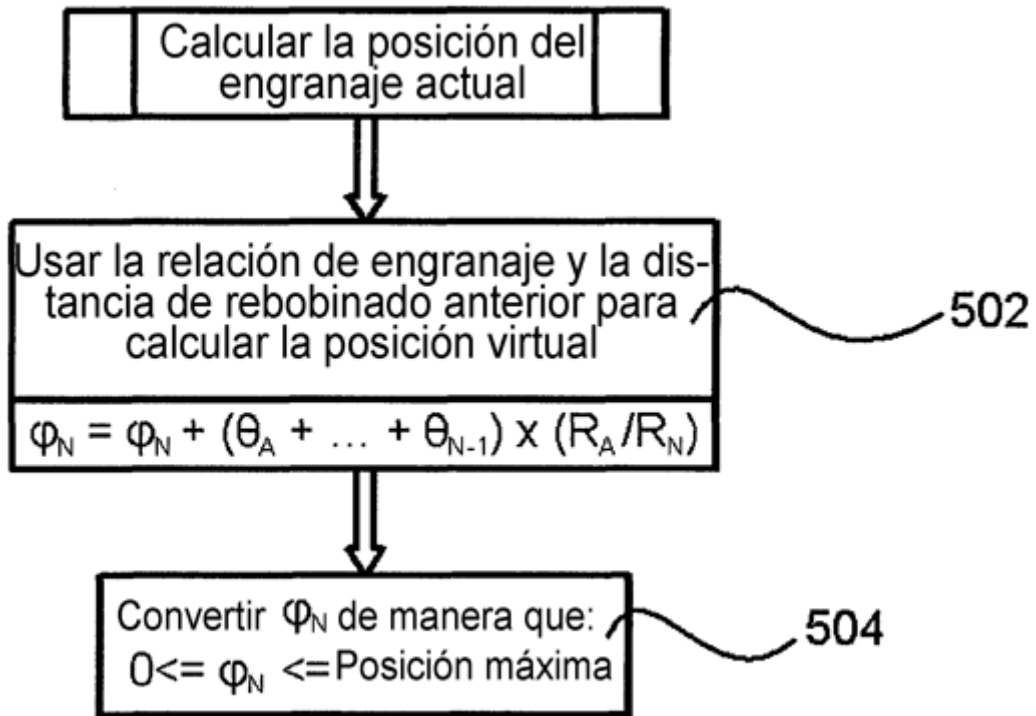


Fig. 5

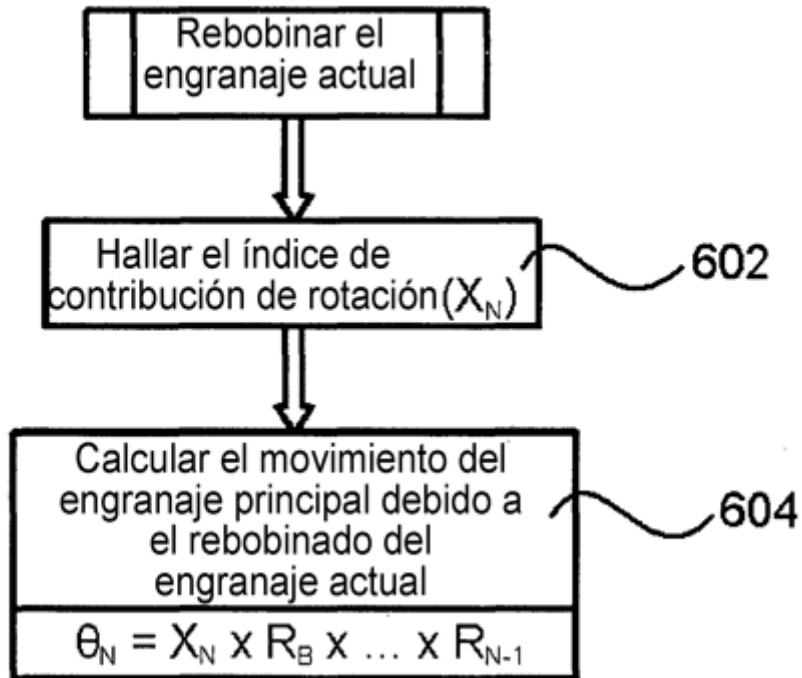
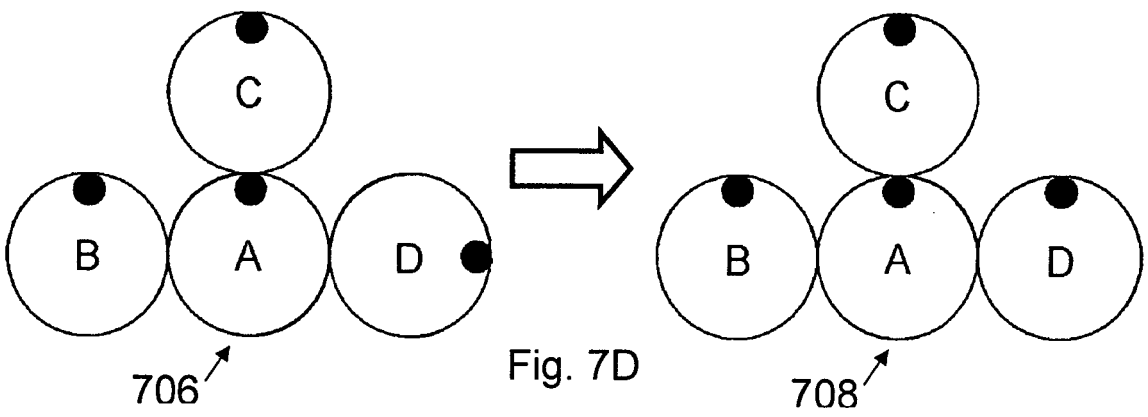
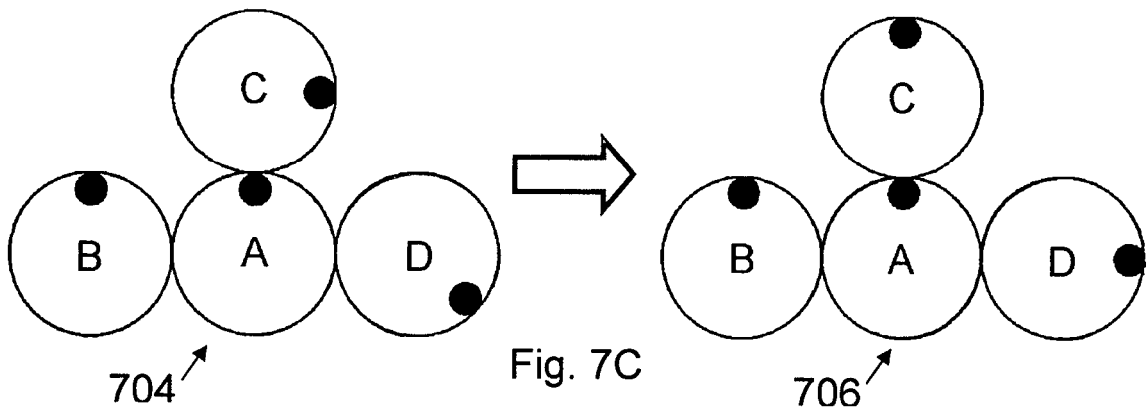
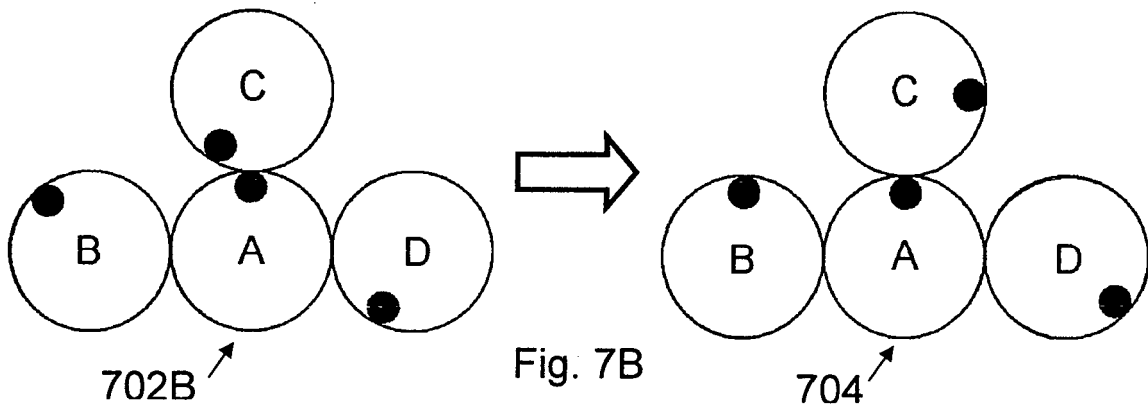
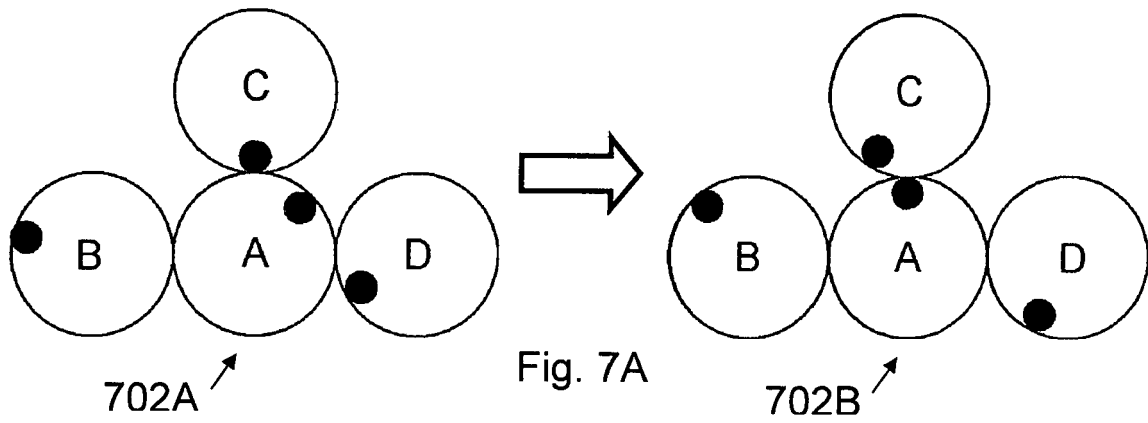


Fig. 6



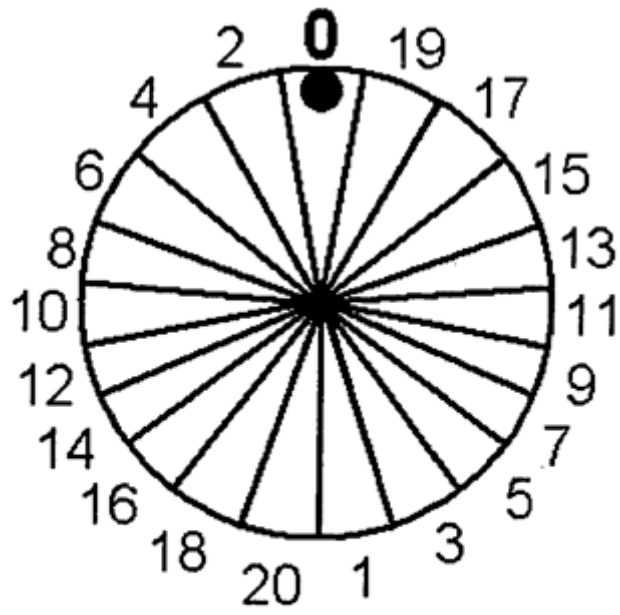


Fig. 8A

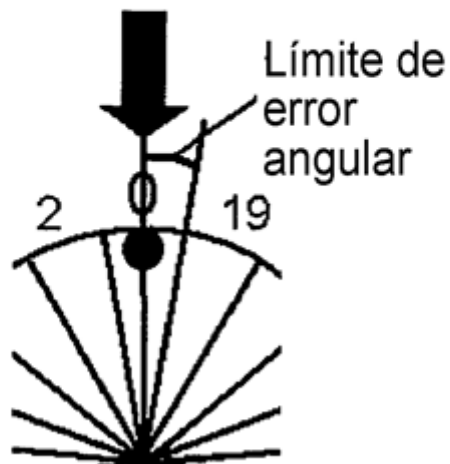


Fig. 8B

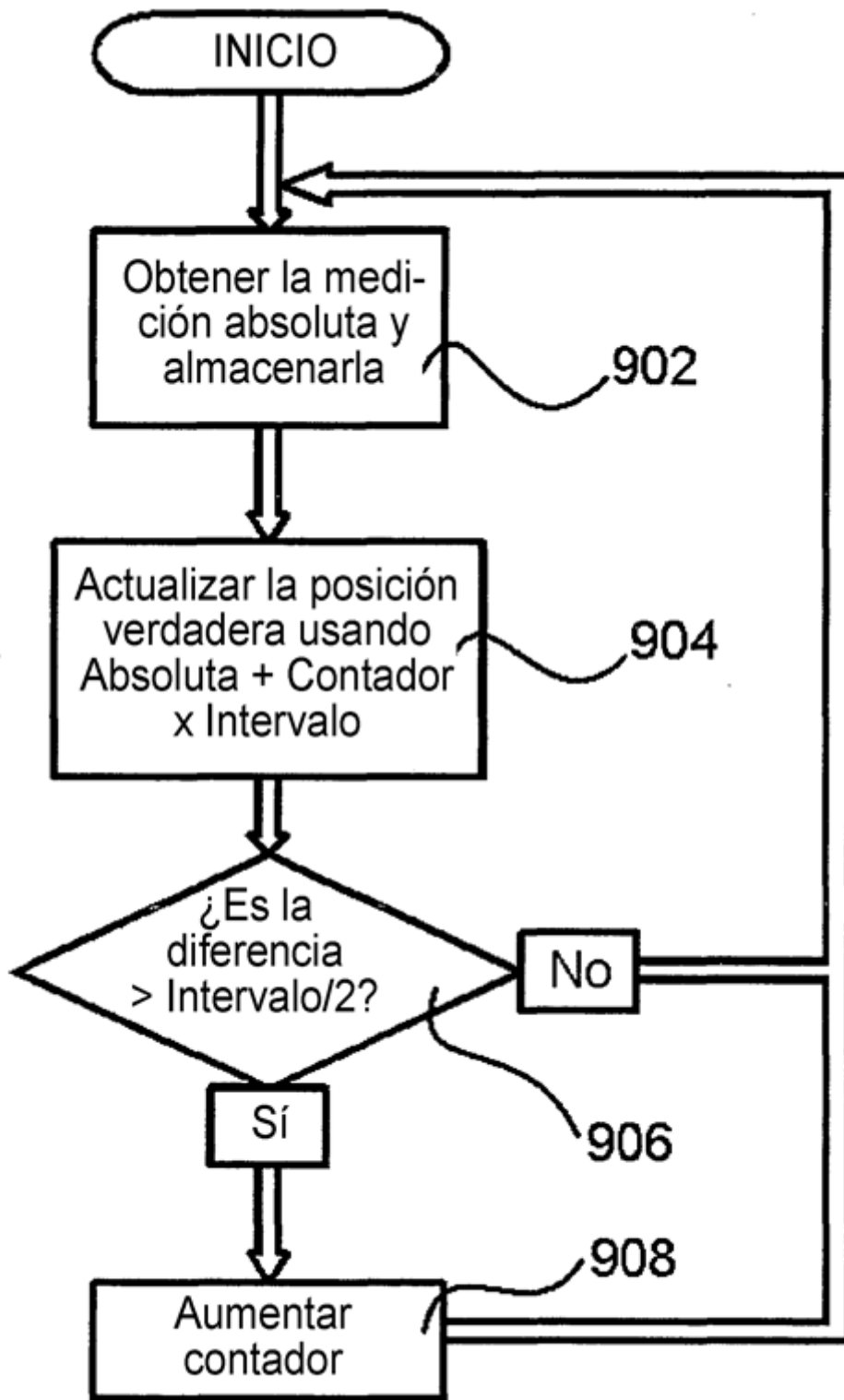


Fig. 9