

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 332**

51 Int. Cl.:

G01B 7/30 (2006.01)

G01D 5/04 (2006.01)

G01D 5/244 (2006.01)

G01D 5/245 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2012 PCT/JP2012/076093**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013 WO13073319**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2012 E 12848893 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2789967**

54 Título: **Dispositivo de detección de ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas y método para la detección de ángulo de rotación absoluto**

30 Prioridad:

14.11.2011 JP 2011248663

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

19.10.2017

73 Titular/es:

**ORIENTAL MOTOR CO., LTD. (100.0%)
21-11 Kojima 2-chome Taito-ku
Tokyo 111-0056, JP**

72 Inventor/es:

HOUDA, AKIHIKO

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 638 332 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

Dispositivo de detección de ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas y método para la detección de ángulo de rotación absoluto

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un aparato y método para la detección de un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas y, más en concreto, a un aparato y método para la detección de un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas mediante la detección de ángulos dentro de una rotación de múltiples árboles giratorios que tienen relaciones de transmisión distintas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 **[0002]** Es necesario controlar la rotación axial de una fuente de accionamiento giratoria tal como un motor a lo largo de múltiples rotaciones con el fin de controlar las posiciones de máquinas-herramienta o de cuerpos móviles, tales como los robots. En particular, es sumamente importante detectar ángulos dentro de una rotación a alta resolución y obtener información de ángulo a lo largo de un número de rotaciones superior. Sin embargo, se ha propuesto de manera convencional una gran cantidad de aparatos de detección de ángulo de rotación con
15 resolución aumentada así como con información de ángulo para un número de rotaciones aumentado.

- [0003]** Con el fin de resolver los problemas relacionados con los aumentos del número de detectores de ángulo, la complicación de un mecanismo de engranaje y los aumentos de tamaño del mecanismo de engranaje cuando se utilizan dos detectores de ángulo que difieren en un multiplicador de ángulo de árbol para la detección de ángulo de un eje para aumentar la resolución de detección dentro de una rotación e incrementar un rango de
20 detección de múltiples vueltas, en la patente japonesa N° 3665732 se expone un método de detección de posición absoluta que propone un método que cuadruplica la resolución sin disminuir el rango de detección de múltiples vueltas y sin aumentar el número de resolucionadores mediante la utilización de un resolucionador de ángulo de orden 4 para un primer eje y un resolucionador de ángulo de orden 1 para un segundo eje.

DOCUMENTO DE LA TÉCNICA RELACIONADA

- 25 **Referencias de patentes**

[0004]

Literatura de patente 1: Patente japonesa N°. 3665732 y JP2002107178

Literatura de patente 2: Publicación de patente japonesa N°. JP2009-229396A

SUMARIO DE LA INVENCION

- 30 **Problemas que debe resolver la invención**

- [0005]** Los métodos de detección convencionales presentan un problema consistente en que se necesita una precisión especial del primer detector de posición absoluta de primera etapa (resolucionador) RS1, que se utiliza tanto para la discriminación de región dentro de una rotación como para el número de rotaciones, como se describe en el párrafo [0006] de la literatura de patente 2. Es decir, la discriminación de región dentro de una
35 rotación y la discriminación del número de rotaciones descritas en la literatura de patente 1 se llevan a cabo a partir de las formas de onda mostradas en la figura 5, y θ_{10} obtenido mediante la Ec. (3) puede utilizarse para la determinación de una posición absoluta (un ángulo de máquina) dentro de una rotación (véase el párrafo [0022]), pero un resultado del cálculo de θ_{10} se utiliza para discriminar 26 rotaciones \times 4 regiones, lo que requiere una precisión que soporta 104 (26×4) divisiones. Por el contrario, θ_{20} de la figura 6 requiere solamente una
40 precisión de 27 divisiones y θ_{30} de la figura 7 requiere solamente una precisión de 29 divisiones.

- [0006]** En la configuración según la literatura de patente 1, se utilizan tres resolucionadores de ángulo de orden 1, RS1, RS2 y RS3, y se requiere una precisión aproximadamente cuatro veces mayor de un resolucionador en comparación con los otros resolucionadores. En consecuencia, se utiliza un resolucionador de alta resolución solamente para RS1 o se utilizan resolucionadores con precisión equivalente para RS1, RS2 y RS3 mediante la
45 aplicación de un rango de detección estrechado a RS2 y RS3 en vez de utilizar ciclos de rotación inicialmente esperados de RS2 y RS3. En muchos casos, es difícil utilizar un detector de ángulo particularmente de alta precisión solamente para RS1 debido a las limitaciones del espacio de instalación o debido a restricciones relacionadas con el diseño o la fabricación. Además, desde la perspectiva de la estandarización de las partes, es preferible en muchos casos utilizar resolucionadores de ángulo de orden 1 con precisión equivalente para RS1 a
50 RS3.

- [0007]** La literatura de patente 2 expone un codificador que tiene cuatro ejes de detección de ángulo como la literatura de patente 1, donde un engranaje G0 y un engranaje G1 se conectan con una relación de transmisión de uno a uno y se utiliza un detector de ángulo de orden 1 para el engranaje G1 solamente para la discriminación

de región de un detector de ángulo de orden 4 para el engranaje G0. Mientras que la literatura de patente 1 obtiene un rango de detección de 20.368 rotaciones a partir de tres señales de un ciclo de 26 rotaciones, un ciclo de 27 rotaciones y un ciclo de 29 rotaciones, la literatura de patente 2 obtiene, de manera mecánica, un rango de detección de sólo 783 rotaciones a partir de 27 rotaciones por ciclo y 29 rotaciones por ciclo.

- 5 **[0008]** La discriminación a partir de formas de onda de señal de la figura 5 según la literatura de patente 1 presenta un problema de procesamiento de señales que consiste en que las señales de 4 ciclos por rotación y 1/26 ciclo por rotación se mezclan, lo que hace difícil la discriminación entre las dos señales. Además, la técnica de conformidad con la literatura de patente 1 presenta diferencias entre los ángulos de rotación de tres árboles de transmisión secundarios acoplados con relaciones de transmisión diferentes y un ángulo de rotación de un árbol motor y, de este modo, obtiene tres señales de ciclo de rotación y, por consiguiente, información de múltiples vueltas. Una diferencia en el número de dientes de engranaje entre el árbol motor y los árboles de transmisión secundarios es 1. Si la diferencia en el número de dientes de engranaje es 1, dos árboles con una diferencia de número de dientes de +1 o -1 pueden acoplarse al árbol motor, pero se ha de instalar otro engranaje en el árbol motor para acoplar tres o más árboles de transmisión secundarios.
- 10
- 15 El documento WO2005/008182A expone un dispositivo de medición de posición que tiene un dispositivo de evaluación que determina una señal absoluta dentro de una rotación por medio de tres señales de unidades sensoriales.

Medios para solucionar el problema

- 20 **[0009]** La presente invención se ha llevado a cabo para solucionar el problema mencionado anteriormente y da a conocer un aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que comprende: un engranaje de árbol motor montado sobre un árbol motor; un primer engranaje de árbol de transmisión secundario y un segundo engranaje de árbol de transmisión secundario adaptados para engranarse con el árbol motor; un primer árbol de transmisión secundario y un segundo árbol de transmisión secundario adaptados para transmitir las rotaciones del primer y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario, respectivamente; un conjunto de detectores de ángulo que incluye un detector de ángulo de árbol motor adaptado para detectar un ángulo de rotación del árbol motor y un primer y un segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario adaptados para detectar ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, donde el detector de ángulo de árbol motor produce N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor y el primer y el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario producen un ciclo de valores de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$, respectivamente, por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos; y un mecanismo de engranaje que tiene una diferencia de número de dientes de dos o un número entero superior a entre el primer engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, y una diferencia de número de dientes de 1 entre el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, siendo el número de dientes del primer engranaje de árbol de transmisión secundario un múltiplo entero de un producto de la diferencia de número de dientes a y de un multiplicador de ángulo de árbol N del detector de ángulo unido al árbol motor, donde se determina un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor a partir de los valores de detección de ángulo de rotación del árbol motor, el primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario, comprendiendo el aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas además medios de detección de ángulo de rotación de árbol motor adaptados para determinar una señal $P_{0((aN/M) \times X)}$ de la cual un ciclo corresponde a rotaciones M/aN del árbol motor a partir del valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario detectado por el primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, siendo M el número de dientes del primer árbol de transmisión secundario, obtener un valor de discriminación que indica a qué ciclo de los N ciclos pertenece el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor a partir de la señal $P_{0((aN/M) \times X)}$, y sintetizar un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor por rotación del árbol motor a partir del valor de discriminación y el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$, y medios de detección del número de rotaciones del árbol motor adaptados para generar una primera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario, generar una segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el segundo árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{2(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario y determinar el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario y la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

- 60 **[0010]** Además, la presente invención da a conocer un aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que también comprende un tercer árbol de transmisión secundario además del primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario, donde hay una diferencia de número de

dientes de 1 entre el engranaje de árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario; se genera una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el tercer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario; y los medios de detección del número de rotaciones del árbol motor determinan el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.

[0011] Asimismo, la presente invención da a conocer un método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas para un aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que comprende un engranaje de árbol motor montado sobre un árbol motor que transmite la rotación de una fuente de accionamiento giratoria, un primer engranaje de árbol de transmisión secundario y un segundo engranaje de árbol de transmisión secundario adaptados para engranarse con el árbol motor, un primer árbol de transmisión secundario y un segundo árbol de transmisión secundario adaptados para transmitir las rotaciones del primer y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario, respectivamente, un conjunto de detectores de ángulo que incluye un detector de ángulo de árbol motor adaptado para detectar un ángulo de rotación del árbol motor y un primer y un segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario adaptados para detectar ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, donde el detector de ángulo de árbol motor produce N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor y el primer y el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario producen un ciclo de valores de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$, respectivamente, por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos, y un mecanismo de engranaje que tiene una diferencia de número de dientes de dos o un número entero superior a entre el primer engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, y una diferencia de número de dientes de 1 entre el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, siendo el número de dientes del primer engranaje de árbol de transmisión secundario un múltiplo entero de un producto de la diferencia de número de dientes a y de un multiplicador de ángulo de árbol N del detector de ángulo unido al árbol motor, donde se determina un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor a partir de los valores de detección de ángulo de rotación del árbol motor, el primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario, comprendiendo el método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas una etapa de detección de N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor, que es el ángulo de rotación del árbol motor, y de detección de un ciclo de valores de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$ por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos, que son los ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, respectivamente; etapa de determinación de una señal $P_{0((aN/M) \times X)}$ de la cual un ciclo corresponde a rotaciones M/aN del árbol motor a partir del valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario detectado por el primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, donde M es el número de dientes del primer árbol de transmisión secundario, obtener un valor de discriminación que identifica a qué ciclo de los N ciclos pertenece el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor a partir de la señal $P_{0((aN/M) \times X)}$, y determinar de esta manera un ángulo de rotación dentro de una rotación del árbol motor; y una etapa de síntesis de un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor por rotación del árbol motor a partir del valor de discriminación y el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$, generar una primera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario, generar una segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el segundo árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{2(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario y determinar el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario y la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario.

[0012] Además, la presente invención da a conocer un método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas donde: el aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas comprende también un tercer árbol de transmisión secundario además del primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario; hay una diferencia de número de dientes de 1 entre el engranaje de árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario; el método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas comprende también una etapa de generación de una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el tercer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario; y la etapa de determinación del número de rotaciones del árbol motor también incluye una etapa de determinación del número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal

periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.

VENTAJAS DE LA INVENCION

5 [0013] La presente invención puede obtener un rango de detección de múltiples vueltas mediante la utilización plena de las precisiones de detectores de ángulo individuales cuando se utiliza un detector de ángulo de orden N adoptado para producir N ciclos de una señal de detección por rotación para el árbol motor y se utilizan detectores de ángulo de orden 1 para los árboles de transmisión secundarios sin necesitar que el detector de ángulo de orden 1 del primer árbol de transmisión secundario tenga una precisión especialmente alta en comparación con los detectores de ángulo de orden 1 del segundo y posteriores árboles de transmisión secundarios para obtener resolución de detección dentro de una rotación e incluso cuando se utilicen detectores de ángulo de precisión equivalente. Además, la presente invención permite obtener fácilmente la discriminación de región y el número de rotaciones en relación con los valores de detección del árbol motor. Asimismo, la presente invención permite reducir el número de engranajes utilizado para el árbol motor.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 [0014]

[Fig. 1] La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un mecanismo de engranaje de un aparato de detección de ángulo de rotación adaptado para detectar un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas, según un modo de realización de la presente invención.

20 [Fig. 2] La figura 2 es un diagrama de bloques de una unidad de computación de ángulo de rotación adaptada para calcular un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas de un árbol motor.

[Fig. 3] La figura 3 es un diagrama que muestra formas de onda de señal producidas a partir de respectivos detectores de ángulo para el árbol motor y los árboles de transmisión secundarios en relación con un número de rotaciones del árbol motor, según el modo de realización de la presente invención.

25 [Fig. 4] La figura 4 muestra formas de onda de señal utilizadas para discriminar una región de discriminación del árbol motor, según el modo de realización de la presente invención.

[Fig. 5] La figura 5 es un diagrama que muestra formas de onda de señal utilizadas para determinar un ángulo de rotación dentro de una rotación del árbol motor, según el modo de realización de la presente invención.

30 [Fig. 6] La figura 6 muestra formas de onda de señales periódicas producidas a partir de respectivos detectores de ángulo de rotación de árboles de transmisión secundarios en relación con el número de rotaciones del árbol motor, según el modo de realización de la presente invención.

[Fig. 7] La figura 7 es una tabla que muestra una relación entre el número de rotaciones del árbol motor y el número de rotaciones relativo de cada árbol de transmisión secundario, según el modo de realización de la presente invención.

35 [Fig. 8] Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra procedimientos para la determinación del ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor a partir de ángulos de rotación del árbol motor y los árboles de transmisión secundarios.

MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

40 [0015] Un aparato de detección de ángulo de rotación según la presente invención pretende mejorar la resolución de detección de un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas y ampliar un rango de detección de múltiples vueltas. Aunque el siguiente modo de realización se describirá dando por hecho que el aparato de detección de ángulo de rotación se compone de engranajes que tienen números de dientes específicos, los valores numéricos pueden cambiarse sin desviarse del espíritu de la presente invención.

45 [0016] La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un mecanismo de engranaje 1 de un aparato de detección de ángulo de rotación adaptado para detectar un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas, según un modo de realización de la presente invención. En la figura 1, un árbol motor 10a acoplado a un árbol giratorio de un motor 10 se acopla a un engranaje de árbol motor 10b cuyo número de dientes R es 28 y un resolucionador RS0, que es un detector de ángulo adaptado para detectar un ángulo de rotación θ_0 dentro de una rotación del árbol motor 10a está unido al árbol motor 10a. Por ejemplo, el resolucionador RS0 produce una señal de detección de ángulo que corresponde a un ángulo de rotación entre 0 y 360 grados. El resolucionador RS0 es un detector de ángulo de orden N (NX) que produce una señal de N ciclo cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo una rotación, y se utiliza un detector de ángulo de orden 4 según el presente modo de realización. Además, puede utilizarse un detector de ángulo diferente a un resolucionador. Obsérvese que en la siguiente descripción, un ángulo de rotación se refiere a un ángulo dentro de una rotación (de 0 a 360 grados), pero un ángulo durante múltiples rotaciones se denominará ángulo de múltiples vueltas.

55 [0017] El engranaje de árbol motor 10b está engranado con el primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b, 12b y 13b, cuyas rotaciones se transmiten al primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a, respectivamente. Los números de dientes M, Q y S del primer al tercer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b, 12b y 13b son 32, 27 y 29, respectivamente. Los ángulos de rotación θ_0 a θ_3 del

5 primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a se detectan mediante los resolucionadores RS1 a RS3 unidos al primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a. Al igual que con el resolucionador RS0, los resolucionadores RS1 a RS3 producen señales (de valor) de detección de ángulo que corresponden a ángulos de rotación de entre 0 y 360 grados. Los resolucionadores RS1 a RS3 son detectores de ángulo de orden 1 (1X), cada uno de los cuales produce un ciclo de una señal cada vez que los árboles de transmisión secundarios respectivos lleven a cabo una rotación, y puede utilizarse un detector de ángulo diferente a un resolucionador.

10 **[0018]** Si a es un número entero igual o superior a 2, el número de dientes R del engranaje de árbol motor 10b y los números de dientes M , Q y S del primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b, 12b y 13b resuelven la

[Expresión matemática 1]

$$M = R \pm a, Q = R \pm 1, S = R \mp 1$$

donde si k es un número entero igual o superior a 1 y N es un número entero igual o superior a 2, el número de dientes M del primer engranaje de árbol de transmisión secundario puede seleccionarse para resolver $M = k \times a \times N$. En el presente modo de realización, se seleccionan $R = 28$, $Q = 27$, $S = 29$, $a = 4$, $N = 4$, $k = 2$, y $M = 32$.

15 **[0019]** En el aparato de detección de ángulo de rotación 1 mostrado en la figura 1, puesto que los números de dientes R y M del engranaje de árbol motor 10b y del primer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b son 28 y 32, respectivamente, cuando el árbol motor 10a realiza 8 rotaciones, el primer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b realiza 7 rotaciones y las posiciones de engranaje relativas del engranaje de árbol motor 10b y el primer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b vuelven a su estado original. Es decir, las posiciones de engranaje del engranaje de árbol motor 10b y el primer engranaje de árbol de transmisión secundario 11b alcanzan sus posiciones originales cuando el árbol motor lleva a cabo un ciclo de 8 rotaciones. Además, puesto que el número de dientes Q del segundo engranaje de árbol de transmisión secundario 12b es 27, cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo 27 rotaciones, las posiciones de engranaje relativas del engranaje de árbol motor 10b y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario 12b vuelven a su estado original. Además, puesto que el número de dientes S del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario 13b es 29, cuando el árbol motor 10a lleva a cabo 29 rotaciones, las posiciones de engranaje relativas del engranaje de árbol motor 10b y el tercer engranaje de árbol de transmisión secundario 13b vuelven a su estado original.

30 **[0020]** A partir de las relaciones anteriores, cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo 8 rotaciones, puede calcularse un ciclo de una señal periódica a partir de las señales de detección de los resolucionadores RS0 y RS1 adaptados para detectar los ángulos de rotación respectivos del árbol motor 10a y el primer árbol de transmisión secundario 11a, cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo 27 rotaciones, puede calcularse un ciclo de una señal periódica a partir de la señal de detección del resolucionador RS0 y la señal de detección del resolucionador RS2 adaptados para detectar el ángulo de rotación del segundo árbol de transmisión secundario 12a, y cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo 29 rotaciones, puede calcularse un ciclo de una señal periódica a partir de la señal de detección del resolucionador RS0 y la señal de detección del resolucionador RS3 adaptados para detectar el ángulo de rotación del tercer árbol de transmisión secundario 12a. Finalmente, el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor 10a puede determinarse a partir de los valores de las tres señales periódicas. Un rango de ángulos de rotación en el que puede determinarse el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas es 6264 ($8 \times 27 \times 29$), que es el mínimo común múltiplo de los tres ciclos y, en consecuencia, el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor 10a puede determinarse a lo largo del rango en el que el árbol motor 10a lleva a cabo 6264 rotaciones. A continuación, se describe un método de cálculo para determinar el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas θ_c del árbol motor 10a a partir de los valores de señal de detección de los resolucionadores RS0 a RS3.

45 **[0021]** La figura 2 es un diagrama de bloques de una unidad de computación de ángulo de rotación 20 adaptada para calcular el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas θ_c del árbol motor 10a. Los ángulos de rotación del árbol motor 10a y del primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a se detectan mediante los resolucionadores respectivos RS0 a RS3 y se envían a modo de dos tensiones de detección sinusoidales (componente seno y componente coseno), desfasadas 90° entre sí, a un convertidor AD 23 a través de líneas de señales 21a, 21b, 21c y 21d, respectivamente. Las dos tensiones de detección se convierten de valores análogos, por ejemplo, en valores digitales de 12 bits por medio del convertidor AD 23 y se envían a un circuito de conversión/computación RD 24. El circuito de conversión/computación RD 24 calcula los valores de detección de ángulo $P_{0(4X)}$, $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ a partir de los dos valores digitales recibidos (componente seno y componente coseno). Obsérvese que los subíndices (4X) y (1X) unidos a los símbolos de los valores de detección indican valores de señales producidos a partir de los detectores de ángulo de orden 1 y de orden 4, respectivamente. Además, las tensiones de detección de los resolucionadores RS0 a RS3 contienen errores debido a diversos factores incluidos la dispersión de los resolucionadores RS0 a RS3 por sí mismos, el magnetismo, el sistema de circuitos y la precisión de la máquina y, por lo tanto, en vez de convertir las tensiones

de detección directamente en ángulos, se aplican diversas correcciones incluidas la corrección de la compensación y la corrección de la amplitud de las señales de tensión, la corrección del error de los ángulos de rotación actuales y la corrección de los valores de detección de los árboles giratorios.

5 **[0022]** Tras pasar por los procesos mencionados anteriormente, los valores de detección $P_{0(4X)}$, $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ se envían a un circuito de computación de múltiples vueltas 25. La figura 3 muestra cambios de los valores de detección $P_{0(4X)}$, $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ en relación con el número de rotaciones del árbol motor 10a. En la figura 3, la abscisa representa el número de rotaciones del árbol motor 10a y la ordenada representa un ángulo eléctrico del árbol que corresponde a un valor detectado como cada valor de detección, donde los valores sobre la ordenada se expresan en grados, en un intervalo comprendido entre 0° y 360° para facilitar la comprensión, pero pueden expresarse en valores desde 0 a 1. En relación con el valor de detección $P_{0(4X)}$ mostrado en la parte (a) de la figura 3, puesto que el detector de ángulo RS0 es un detector de ángulo de orden 4, se producen cuatro ciclos del valor de detección cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo una rotación. Además, las partes (b) a (d) de la figura 3 muestran cambios en los ángulos de rotación de los árboles de transmisión secundarios, que cambian de velocidad según las relaciones de transmisión determinadas por el número de dientes del engranaje de árbol motor y los número de dientes de los respectivos engranajes de árbol de transmisión secundario. A propósito, el valor de detección $P_{0(4X)}$ se representa mediante una forma de onda que aumenta monótonicamente en una dirección progresiva con respecto a la rotación del árbol motor 10a y las disminuciones monótonas de los valores de detección $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ en la dirección regresiva significan que las direcciones giratorias del primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a son contrarias a la dirección giratoria del árbol motor 10a.

10 **[0023]** Tras recibir los valores de detección $P_{0(4X)}$, $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ mostrados en la figura 3, la unidad de computación de múltiples vueltas 25 de la figura 2 lleva a cabo cálculos descritos a continuación y, finalmente, calcula el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas θ_c del árbol motor 10a a partir de estos valores de detección. En primer lugar, puesto que el detector de ángulo RS0 genera una salida de ángulo de orden N, el valor de detección $P_{0(NX)}$ del árbol motor, que es el resto obtenido mediante la multiplicación del ángulo de múltiples vueltas θ_0 del árbol motor 10a por N y la división del producto entre una cantidad unitaria básica u por rotación, se obtiene mediante la Ec. (1), que aparece a continuación.
[Expresión matemática 2]

15
$$P_{0(NX)} = \text{mod}(N \times \theta_0, u) \quad (1)$$

20 En la siguiente fórmula de cálculo, $\text{mod}(x,a)$ representa una computación de resto para encontrar el resto mediante la división de x entre a; el valor numérico N representa el valor de un factor de multiplicación de ángulo (4 según el presente modo de realización) del detector de ángulo RS0 y u representa la cantidad unitaria básica por rotación (360° según el presente modo de realización) del árbol giratorio.

25 **[0024]** A continuación, puesto que el primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a se engranan con el engranaje de árbol motor 10b, los ángulos de múltiples vueltas θ_1 , θ_2 y θ_3 del primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a se obtienen mediante las Ecs. (2) a (4), que aparecen a continuación. Obsérvese que el signo menos unido a la cabeza de cada ecuación indica que el árbol de transmisión secundario determinado gira en dirección contraria al árbol motor.
[Expresión matemática 3]

30
$$\theta_1 = -\frac{M \mp a}{M} \times \theta_0 \quad (2)$$

[Expresión matemática 4]

35
$$\theta_2 = -\frac{Q+1}{Q} \times \theta_0 \quad (3)$$

40 [Expresión matemática 5]

45
$$\theta_3 = -\frac{S-1}{S} \times \theta_0 \quad (4)$$

[0025] Puesto que los ángulos de múltiples vueltas θ_1 , θ_2 y θ_3 del primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a se obtienen mediante las Ecs. (2) a (4), los valores de detección $P_{1(1X)}$, $P_{2(1X)}$ y $P_{3(1X)}$ de los ángulos de rotación del primer a tercer árbol de transmisión secundario, que se detectan mediante los detectores

de ángulo de orden 1 y que son iguales a los restos obtenidos mediante la división de los ángulos de múltiples vueltas de los respectivos árboles de transmisión secundarios entre la cantidad unitaria básica u , se obtienen mediante las Ecs. (5) a (7), que aparecen a continuación.

[Expresión matemática 6]

$$P_{1(1X)} = \text{mod}(\theta_1, u) = \text{mod}\left(-\frac{M \mp a}{M} \times \theta_0, u\right) \quad (5)$$

[Expresión matemática 7]

$$P_{2(1X)} = \text{mod}(\theta_2, u) = \text{mod}\left(-\frac{Q-1}{Q} \times \theta_0, u\right) \quad (6)$$

[Expresión matemática 8]

$$P_{3(1X)} = \text{mod}(\theta_3, u) = \text{mod}\left(-\frac{S-1}{S} \times \theta_0, u\right) \quad (7)$$

10 Obsérvese que, como se ha descrito anteriormente, los números de dientes del primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a son $M = 32$, $Q = 27$ y $S = 29$, respectivamente, según el presente modo de realización.

15 **[0026]** Puesto que el detector de ángulo RS0 unido al árbol motor es un detector de ángulo de orden N que produce una señal de N ciclo cada vez que el árbol motor 10a lleva a cabo una rotación, como muestra la forma de onda de ángulo de orden 4 en la parte (a) de la figura 3, el valor de detección producido a partir del detector de ángulo, es decir, el valor de producción del detector de ángulo, no indica solamente el ángulo de rotación del árbol motor. Por consiguiente, con el detector de ángulo de orden N , para determinar el ángulo de rotación del árbol motor, es necesario discriminar a qué región de discriminación del árbol motor pertenece el valor de detección producido, dicho de otro modo, a qué impulso en diente de sierra pertenece el valor de detección.

20 **[0027]** Un valor de discriminación se genera de la siguiente manera mediante la utilización de una diferencia de cantidad de rotación entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario. Puesto que el valor de detección del árbol motor es un ángulo de orden N y el valor de detección del primer árbol de transmisión secundario es un ángulo de orden 1, el valor de detección de la diferencia de cantidad de rotación no puede calcularse como tal. En consecuencia, en primer lugar, se genera un valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ a partir del valor de detección del detector de ángulo de orden 1 mediante la recuperación de un resto obtenido con la multiplicación del valor de detección $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario por N y con la división del producto entre la cantidad unitaria básica u , como se muestra en la Ec. (8), que aparece a continuación.

[Expresión matemática 9]

$$\begin{aligned} P_{1(NX)} &= \text{mod}(P_{1(1X)} \times N, u) & (8) \\ &= \text{mod}\left(-\frac{M \mp a}{M} \times N \times \theta_0, u\right) \\ &= \text{mod}\left(-N \pm \frac{aN}{M} \times \theta_0, u\right) \end{aligned}$$

35 **[0028]** En relación con el número de rotaciones del árbol motor, un valor de detección de ángulo de orden 4 $P_{1(4X)}$ del primer árbol de transmisión secundario tiene una forma de onda mostrada en la parte (b) de la figura 4. A propósito, la parte (a) de la figura 4 muestra un valor de detección de ángulo de orden 4 $P_{0(4X)}$ del árbol motor 11a.

40 **[0029]** A continuación, se determina una diferencia entre los valores de detección del árbol motor y del primer árbol de transmisión secundario. Según el presente modo de realización, puesto que la rotación de los árboles de transmisión secundarios se trata como negativa cuando la rotación del árbol motor se toma como positiva, la diferencia puede recuperarse mediante suma. Puesto que $\text{mod}(a, c) + \text{mod}(b, c) = \text{mod}(a+b, c)$ se cumple en el cálculo del resto, cuando se determina el valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ del primer árbol de transmisión secundario, se obtiene una señal periódica de rotaciones M/aN mediante la suma del valor de detección $P_{0(NX)}$ del árbol motor al valor de detección $P_{1(NX)}$, como se muestra en la Ec. (9), que aparece a continuación. Por lo tanto, a partir de la suma de los valores de detección de ángulo de orden N del árbol motor y

del primer árbol de transmisión secundario, se obtiene un ciclo de una señal periódica $P_{0((aN/M) \times X)}$ cada vez que el árbol motor lleva a cabo rotaciones M/aN .

[Expresión matemática 10]

$$\begin{aligned}
 P_{0\left(\frac{aN}{M}X\right)} &= P_{0(NX)} + P_{1(NX)} \\
 &= \text{mod}(N \times \theta_0, u) + \text{mod}\left(\left(-N \pm \frac{aN}{M}\right) \times \theta_0, u\right) \\
 &= \text{mod}\left(\pm \frac{aN}{M} \times \theta_0, u\right) \quad (9)
 \end{aligned}$$

5

En la parte (c) de la figura 4 se muestra una forma de onda de la señal periódica de la Ec. (9) Cuando los valores numéricos $a = 4$, $N = 4$, $M = 32$, $u = 360$ seleccionados en el presente modo de realización se sustituyen en la Ec. (9), se obtiene una señal de dos ciclos de rotación ($= M/aN$).

[0030] La señal periódica mostrada en la parte (c) de la figura 4 tiene una forma de onda en forma de diente de sierra que aumenta monotónicamente cada vez que el árbol motor lleva a cabo dos rotaciones. La forma de onda de señal del valor de detección $P_{0(4X)}$ del árbol motor 11a mostrada en la parte (a) de la figura 4 también tiene una forma de onda en forma de diente de sierra, pero repite ocho ciclos de impulsos en diente de sierra durante un ciclo de la señal periódica que se muestra en la parte (c) de la figura 4. Por consiguiente, el valor calculado mediante la Ec. (9) puede utilizarse a modo de valor de discriminación para discriminar en qué posición de los cuatro impulsos en diente de sierra en una rotación del árbol motor se encuentra el valor de detección de ángulo $P_{0(4X)}$ del árbol motor detectado por el detector de ángulo RS0 del árbol motor. Por lo general, los impulsos en diente de sierra del valor de detección de ángulo $P_{0(NX)}$ del árbol motor se repiten para los ciclos M/a durante un ciclo de la señal periódica que se muestra en la parte (c) de la figura 4, y mediante la división del valor de la señal periódica que se muestra en la parte (c) de la figura 4 en regiones M/a , es posible discriminar en qué región de discriminación dentro de una rotación del árbol motor se posiciona el valor de detección de ángulo $P_{0(NX)}$.

[0031] Asimismo, como se describe a continuación, se puede generar una señal de una forma de onda escalonada a partir de las señales periódicas en las partes (a) y (c) de la figura 4 y utilizarse para la discriminación de región del valor de detección $P_{0(NX)}$. Es decir, mediante la utilización del cálculo de la Ec. (10) que aparece a continuación, puede generarse una forma de onda escalonada R_0 que se muestra en la parte (a) de la figura 5 a partir de la señal periódica que se muestra en la parte (c) de la figura 4.

[Expresión matemática 11]

$$R_0 = \left(P_{0\left(\frac{aN}{M}\right)} \times \frac{M}{a} - P_{0(NX)} \right) \times \frac{1}{u} \quad (10)$$

30 Cuando los valores numéricos $a = 4$, $N = 4$, $M = 32$, $u = 360$ seleccionados en el presente modo de realización se sustituyen en la Ec. (10), la Ec. (10) presenta una forma de onda escalonada $R_{(0.7)}$ con escalones $(M/a - 1)$ (siete escalones según el presente modo de realización) como se muestra en la parte (a) de la figura 5.

[0032] Puede generarse una forma de onda escalonada R_0' con escalones $(N - 1)$ mediante la realización del proceso de la Ec. (11), que se muestra a continuación, para recuperar un resto mediante la división de la forma de onda escalonada R_0 entre N , determinándose la forma de onda escalonada R_0' con la Ec. (10).

[Expresión matemática 12]

$$R_0' = \text{mod}(R_0, N) \quad (11)$$

40 Cuando $N = 4$ se sustituye en la Ec. (11), la Ec. (11) presenta una forma de onda escalonada $R_{(0.3)}$ con tres escalones (escalones $N - 1$), como se muestra en la parte (b) de la figura 5. De esta forma, se genera una forma de onda escalonada que corresponde a ciclos por rotación del árbol motor, y puede utilizarse a modo de un valor de discriminación de región de la señal de detección obtenida por el detector de ángulo de orden 4 RS0 del árbol motor.

[0033] A continuación, se describirá la generación de una señal periódica para cada árbol de transmisión secundario en relación con el árbol motor. La señal periódica representa una diferencia de ángulo de rotación entre el árbol motor y el árbol de transmisión secundario. Dicho de otro modo, el engranaje de árbol motor y el

engranaje de árbol de transmisión secundario se engranan entre sí en la misma posición cada ciclo de la señal periódica. Si se toma la posición de engranaje del árbol motor y el árbol de transmisión secundario en un punto temporal determinado a modo de posición inicial (posición en la que el número de rotaciones del árbol motor se indica como 0), la figura 6 muestra en qué medida se desplaza la posición de engranaje del árbol de transmisión secundario en grados desde la posición de engranaje del árbol motor a medida que gira el árbol motor. La parte (a) de la figura 6 muestra una señal periódica del primer árbol de transmisión secundario, que representa cambios en un ángulo de desplazamiento de la posición de engranaje del primer árbol de transmisión secundario con respecto a la posición de engranaje del árbol motor; la parte (b) de la figura 6 muestra una señal periódica del segundo árbol de transmisión secundario, que representa cambios en un ángulo de desplazamiento de la posición de engranaje del árbol motor, y la parte (c) de la figura 6 muestra una señal periódica del tercer árbol de transmisión secundario, que representa cambios en un ángulo de desplazamiento de la posición de engranaje del tercer árbol de transmisión secundario con respecto a la posición de engranaje del árbol motor. En la figura 6, todas las combinaciones de los valores de las señales periódicas difieren entre sí durante el intervalo desde el momento en que el árbol motor está en la posición inicial en la que los valores de todas las señales periódicas son una combinación de 0s hasta el momento en que el árbol motor vuelve a la posición inicial de nuevo tras una rotación. Es decir, sólo hay una combinación de determinados valores de las señales periódicas durante un periodo desde una posición inicial a una siguiente posición inicial. Por lo tanto, si se determina una combinación de valores de las señales periódicas, puede determinarse el número de rotaciones del árbol motor a partir de la posición inicial. Dicho de otro modo, si el número de rotaciones del árbol motor empezando desde el número de rotaciones del árbol motor correspondiente a un valor 0 de la señal periódica se define como el número de rotaciones relativo de cada árbol de transmisión secundario durante un ciclo de la señal periódica (en la posición inicial, los números de rotaciones relativos de los árboles de transmisión secundarios son todos 0), el número de rotaciones del árbol motor empezando desde la posición inicial puede recuperarse a partir de una combinación de los números de rotaciones relativos. Los ciclos que se requieren hasta que todas las señales periódicas vuelvan a sus posiciones iniciales se determinan a partir del mínimo común múltiplo de los ciclos de las señales periódicas. Según el presente modo de realización, puesto que los ciclos del primer a tercer árbol de transmisión secundario corresponden a 8, 27 y 29 rotaciones, respectivamente, el mínimo común múltiplo de los mismos es 6264 (= 8 × 27 × 29) rotaciones. Por consiguiente, mediante la determinación de los números de rotaciones relativos de los árboles de transmisión secundarios a partir de las señales periódicas de los árboles de transmisión secundarios, es posible determinar un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas (ángulo de rotación total de 6264 rotaciones según el presente modo de realización) del árbol motor, como se describe a continuación.

[0034] En primer lugar, para obtener una señal periódica se necesita utilizar valores de detección producidos a partir de detectores de ángulo del mismo factor de multiplicación. Según el presente modo de realización, puesto que los detectores de ángulo de los árboles de transmisión secundarios son detectores de ángulo de orden 1, el valor de detección obtenido desde el detector de ángulo del árbol motor ha de convertirse en un valor de detección de ángulo de orden 1. En consecuencia, el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor se sintetiza mediante la Ec. (12) que aparece a continuación mediante la utilización del valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ del árbol motor y la Ec. (11) anterior.

[Expresión matemática 13]

$$P_{0(1X)} = \frac{R_0 \times u + P_{0(NX)}}{N} \quad (12)$$

Cuando los valores numéricos $a = 4$, $N = 4$, $M = 32$, $u = 360$ seleccionados en el presente modo de realización se sustituyen en el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor sintetizado mediante la utilización de la Ec. (12), se obtiene una forma de onda en forma de diente de sierra, donde la forma de onda lleva a cabo un ciclo, que aumenta monótonicamente cada vez que el árbol motor lleva a cabo una rotación, como se muestra en la parte (c) de la figura 5.

[0035] Una vez sintetizado el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor, se suma el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario, como se muestra en la Ec. (13) que aparece a continuación, para obtener un ciclo de la señal periódica del primer árbol de transmisión secundario cada vez que el árbol motor lleva a cabo rotaciones M/a .

[Expresión matemática 14]

$$\begin{aligned}
 P_{1\left(\frac{a}{M}X\right)} &= P_{0(1X)} + P_{1(1X)} \\
 &= \text{mod}(\theta_0, u) + \text{mod}\left(\left(-1 \pm \frac{a}{M}\right) \times \theta_0, u\right) \\
 &= \text{mod}\left(\pm \frac{a}{M} \theta_0, u\right) \qquad (13)
 \end{aligned}$$

5 Obsérvese que $\text{mod}(a, c) + \text{mod}(b, c) = \text{mod}(a+b, c)$ se cumple en el cálculo del resto. Cuando los valores numéricos $a = 4$, $N = 4$, $M = 32$, $u = 360$ según el presente modo de realización se sustituyen en la Ec. (13), se obtiene un ciclo de la señal periódica cada vez que el árbol motor lleva a cabo ocho rotaciones, como se muestra en la parte (a) de la figura 6.

10 **[0036]** Además, cuando el valor de detección $P_{2(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario se suma al valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor, se obtiene un ciclo de la señal periódica del segundo árbol de transmisión secundario cada vez que el árbol motor lleva a cabo rotaciones Q , como se muestra en la Ec. (14), que aparece a continuación. Según el presente modo de realización, se obtiene un ciclo de la señal periódica del segundo árbol de transmisión secundario cada vez que el árbol motor lleva a cabo 27 rotaciones, como se muestra en la parte (b) de la figura 6. Además, cuando el valor de detección $P_{3(1X)}$ del tercer árbol de transmisión secundario se suma al valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor, se obtiene un ciclo de la señal periódica del tercer árbol de transmisión secundario cada vez que el árbol motor lleva a cabo rotaciones S , como se muestra en la Ec. (15), que aparece a continuación. Según el presente modo de realización, se obtiene un ciclo de la señal periódica del tercer árbol de transmisión secundario cada vez que el árbol motor lleva a cabo 29 rotaciones, como se muestra en la parte (c) de la figura 6.
 15 [Expresión matemática 15]

$$\begin{aligned}
 P_{2\left(\frac{1}{Q}X\right)} &= P_{0(1X)} + P_{2(1X)} \\
 &= \text{mod}(\theta_0, u) + \text{mod}\left(\left(-1 \pm \frac{1}{Q}\right) \times \theta_0, u\right) \\
 &= \text{mod}\left(\pm \frac{1}{Q} \theta_0, u\right) \qquad (14)
 \end{aligned}$$

20 [Expresión matemática 16]

$$\begin{aligned}
 P_{3\left(\frac{1}{S}X\right)} &= P_{0(1X)} + P_{3(1X)} \\
 &= \text{mod}(\theta_0, u) + \text{mod}\left(\left(-1 \pm \frac{1}{S}\right) \times \theta_0, u\right) \\
 &= \text{mod}\left(\pm \frac{1}{S} \theta_0, u\right) \qquad (15)
 \end{aligned}$$

25 **[0037]** Una vez obtenidas las señales periódicas de todos los árboles de transmisión secundarios, se calculan los números de rotaciones relativos de los engranajes de los árboles de transmisión secundarios. Puesto que se conoce el número de rotaciones por ciclo de la señal periódica de cada árbol de transmisión secundario, el número de rotaciones relativo se obtiene mediante la multiplicación del ratio del valor de señal periódica en relación con la cantidad unitaria básica u por el número de rotaciones por ciclo. Las Ecs. (16), (17) y (18), que aparecen a continuación, se utilizan para calcular los números de rotaciones relativos m_1 a m_3 del primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario.
 [Expresión matemática 17]

$$m1 = P_{1\left(\frac{a}{M}X\right)} / u \times \frac{M}{a} \quad (16)$$

[Expresión matemática 18]

$$m2 = P_{2\left(\frac{1}{Q}X\right)} / u \times Q \quad (17)$$

[Expresión matemática 19]

$$m3 = P_{3\left(\frac{1}{S}X\right)} / u \times S \quad (18)$$

5

[0038] Si las relaciones entre un número de rotaciones de múltiples vueltas n del árbol motor y los números de rotaciones relativos m1 a m3 de los árboles de transmisión secundarios se calculan con antelación y se almacenan a modo de tabla de consulta en un dispositivo de almacenamiento (tal como una memoria ROM), como se muestra en la figura 7, puede encontrarse un número de rotaciones de múltiples vueltas del árbol motor que coincide con una combinación de los números de rotaciones relativos mediante la búsqueda en la tabla de consulta. Por ejemplo, si los números de rotaciones relativos del primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario son 4, 18 y 22, el número de rotaciones del árbol motor es 6228 según la tabla de consulta de la figura 7. A modo de otra forma de realización, incluso cuando hay dos árboles de transmisión secundarios, puede determinarse el número de rotaciones de múltiples vueltas del árbol motor (si hay tantos engranajes como en el presente modo de realización, puede detectarse el número de rotaciones hasta 216). Por ejemplo, si los números de rotaciones relativos del primer a segundo engranaje de árbol de transmisión secundario son 5 y 24, el número de rotaciones del árbol motor es 213 según la tabla de consulta de la figura 7.

10

15

[0039] El ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor puede recuperarse mediante la suma del número de rotaciones de múltiples vueltas del árbol motor y el ángulo de rotación dentro de una rotación del árbol motor. El ángulo de rotación dentro de una rotación del árbol motor puede recuperarse mediante la aplicación de discriminación de región a una señal de salida P_{0(4X)} del detector de ángulo de orden 4 RS0 del árbol motor. De forma alternativa, el ángulo de rotación puede recuperarse a partir del valor de detección P_{0(1X)} del árbol motor sintetizado en un valor de detección de ángulo de orden 1, que se muestra en la parte (c) de la figura 5.

20

25

[0040] A continuación, con referencia a un diagrama de flujo que se muestra en la figura 8, se ofrecerá una descripción de los procedimientos para la determinación del ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas del árbol motor a partir de ángulos de rotación del árbol motor y los árboles de transmisión secundarios. En primer lugar, en la etapa 81, el detector de ángulo RS0 unido al árbol motor 10a mostrado en la figura 1 detecta el valor de detección de ángulo de orden 4 P_{0(4X)} mientras que los detectores de ángulo RS1 a RS3 unidos al primer a tercer árbol de transmisión secundario 11a, 12a y 13a detectan valores de detección de ángulo de orden 1 P_{1(1X)} a P_{3(1X)}, respectivamente. Estos valores de detección presentan las formas de onda que se muestran en la figura 3 en relación con el número de rotaciones del árbol motor.

30

[0041] Una vez detectados los valores de detección del árbol motor y los árboles de transmisión secundarios, el flujo se desplaza a la etapa 82, donde el valor de detección de ángulo de orden 1 P_{1(1X)} del primer árbol de transmisión secundario se convierte en un valor de detección de ángulo de orden 4 P_{1(4X)}, según la Ec. (8) para discriminar a qué región de discriminación dentro de una rotación del árbol motor pertenece el valor de detección de ángulo P_{0(NX)} del árbol motor. A continuación, en la etapa 83, el valor de detección de ángulo de orden 4 P_{0(4X)} del árbol motor se suma al valor de detección de ángulo de orden 4 P_{1(4X)} para generar un valor de discriminación para su utilización en la discriminación de la región de discriminación. Este valor de discriminación presenta la forma de onda de discriminación que se muestra en la parte (c) de la figura 4 en relación con el número de rotaciones del árbol motor. Por consiguiente, a partir del valor de discriminación, se determina a qué impulso en diente de sierra de la forma de onda en diente de sierra que se muestra en la parte (a) de la figura 4 pertenece el valor de detección detectado mediante el detector de ángulo RS0 del árbol motor. Como resultado de la discriminación, el ángulo de rotación del árbol motor se obtiene a partir del valor de detección. La discriminación descrita anteriormente identifica la región de discriminación a la que pertenece el valor de detección, a partir del valor de discriminación. Sin embargo, como se describe a continuación, el ángulo de rotación del árbol motor puede determinarse mediante el procesamiento adicional del valor de discriminación y la síntesis de un valor de detección de ángulo de orden 1 del árbol motor.

35

40

45

[0042] En la etapa 84, se genera un valor de forma de onda escalonada que se muestra en la parte (a) de la figura 5, mediante la aplicación del proceso mostrado en la Ec. (10) al valor de discriminación determinado en la etapa 83. Asimismo, mediante la sustitución del valor de forma de onda escalonada en la Ec. (11), se genera un valor de forma de onda escalonada que realiza ciclos cada rotación del árbol motor, como se muestra en la parte

50

(b) de la figura 5. El flujo se desplaza a la etapa 85 para sintetizar un valor de detección de ángulo de orden 1 del árbol motor mediante la sustitución del valor de forma de onda escalonada en la Ec. (12). El valor de detección de ángulo de orden 1 del árbol motor representa el ángulo de rotación del árbol motor, como se muestra en la parte (c) de la figura 5.

- 5 **[0043]** Una vez obtenido el valor de detección de ángulo de orden 1 del árbol motor mostrado en la parte (c) de la figura 5, se generan los valores de señal periódica del primer a tercer árbol de transmisión secundario, según las Ecs. (13) a (15) de la etapa 86. Estos valores de señal conocidos en relación con el número de rotaciones del árbol motor, se muestran en las partes (a) a (c) de la figura 6. Una vez generados los valores de señal periódica del primer a tercer árbol de transmisión secundario, se determinan los números de rotaciones relativos del primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario en relación con el árbol motor, según las Ecs. (16) a (18) de la etapa 87. Se busca una combinación en la tabla de consulta de la figura 7 que coincida con los números de rotaciones relativos m_1 a m_3 del primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario y se produce el número de rotaciones n del árbol motor correspondiente a la combinación coincidente. Una vez se determina el número de rotaciones n del árbol motor, el flujo se desplaza a la etapa 88, donde se suma el ángulo de rotación del árbol motor al número de rotaciones n del árbol motor para, finalmente, obtener el ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas.

- 20 **[0044]** Finalmente, para llevar a cabo de forma adecuada la discriminación de región descrita anteriormente en el mecanismo de engranaje utilizado en la presente invención, se analizará la precisión que se requiere del detector de ángulo del primer árbol de transmisión secundario. En primer lugar, supongamos que e_1 y e_2 indican los valores absolutos de errores en los valores de detección del árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario por rotación. Cuando se lleva a cabo la discriminación de los ciclos de rotación M entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario mediante la utilización de un detector de ángulo de orden 1 para el árbol motor, por lo general $e_1 + e_2$ ha de resolver la siguiente ecuación.

[Expresión matemática 20]

$$e_1 + e_2 < \frac{1}{2M}$$

- 25 Ahora, si suponemos que $e_1 \approx 0$, el error permitido para el detector de ángulo del primer árbol de transmisión secundario ha de resolver la Ec. (19), que aparece a continuación.
[Expresión matemática 21]

$$e_2 < \frac{1}{2M} \quad (19)$$

- 30 **[0045]** A continuación, cuando se utiliza un detector de ángulo de orden N para el árbol motor, como en la presente invención, puesto que el primer árbol de transmisión secundario se multiplica por N , la siguiente ecuación ha de resolverse.

[Expresión matemática 22]

$$e_1 + N \times e_2 < \frac{a}{2M}$$

Ahora, si suponemos que $e_1 \approx 0$, la siguiente ecuación se cumple.

[Expresión matemática 23]

$$e_2 < \frac{a}{2NM}$$

- 35 Si suponemos que $a = N$, la siguiente ecuación se cumple.
[Expresión matemática 24]

$$e_2 < \frac{1}{2M} \quad (20)$$

Después de todo, puesto que la Ec. (20) es igual a la Ec. (19), la precisión requerida del detector de ángulo del primer árbol de transmisión secundario según la presente invención puede ser igual a la precisión del detector de ángulo de orden 1 unido al árbol motor.

- 5 **[0046]** Por el contrario, cuando el proceso que se muestra en la literatura de patente 1 se lleva a cabo mediante la utilización de un detector de ángulo de orden N para el árbol motor con la configuración de engranaje expuesta en la literatura, la precisión requerida de un primer engranaje accionado ha de resolver la siguiente ecuación.

[Expresión matemática 25]

$$\frac{e_1}{N} + e_2 < \frac{1}{2NM}$$

Ahora, si suponemos que $e_1 \approx 0$, la siguiente ecuación se cumple.

[Expresión matemática 26]

$$e_2 < \frac{1}{2NM}$$

- 10 Por lo tanto, puede observarse que se requiere N veces la precisión disponible con la utilización de un detector de ángulo de orden 1.

EXPLICACIONES DE LOS NÚMEROS DE REFERENCIA

[0047]

- 1 Mecanismo de engranaje
- 10 Motor
- 11a, 12a, 13a Primer a tercer árbol de transmisión secundario
- 11b, 12b, 13b Primer a tercer engranaje de árbol de transmisión secundario
- 20 Unidad de computación de ángulo de rotación
- 21a, 21 b, 21c, 21d Línea de señal
- 20 23 Convertidor AD
- 24 Circuito de conversión/computación RD
- 25 Circuito de computación de múltiples vueltas
- RS0-RS3 Resolucionador
- θ_0 Ángulo de rotación de árbol motor
- 25 θ_0 a θ_3 Ángulos de rotación de primer a tercer árbol de transmisión secundario

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que comprende: un engranaje de árbol motor (10b) montado sobre un árbol motor (10a); un primer engranaje de árbol de transmisión secundario (11b) y un segundo engranaje de árbol de transmisión secundario (12b) adaptados para engranarse con el árbol motor; un primer árbol de transmisión secundario (11a) y un segundo árbol de transmisión secundario (12a) adaptados para transmitir rotaciones del primer y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario, respectivamente;
- un conjunto de detectores de ángulo que incluye un detector de ángulo de árbol motor (RS0) adaptado para detectar un ángulo de rotación del árbol motor y un primer y un segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario (RS1, RS2) adaptados para detectar ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, donde el detector de ángulo de árbol motor produce N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden $N P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor y el primer y el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario producen un ciclo de valores de detección de ángulo de orden $1 P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$, respectivamente, por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos; y
- un mecanismo de engranaje que tiene una diferencia de número de dientes de dos o de un número entero superior a entre el primer engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, y una diferencia de número de dientes de 1 entre el engranaje de árbol motor y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario, siendo el número de dientes del primer engranaje de árbol de transmisión secundario un múltiplo entero de un producto de la diferencia de número de dientes a y de un multiplicador de ángulo de árbol N del detector de ángulo unido al árbol motor, donde se determina un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas a partir de los valores de detección de ángulo de rotación del árbol motor, el primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario,
- comprendiendo el aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas además medios de detección de ángulo de rotación de árbol motor adaptados para determinar una señal $P_{0((aN/M) \times X)}$ de la cual un ciclo corresponde a rotaciones M/aN del árbol motor a partir del valor de detección de ángulo de orden $N P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden $1 P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario detectado por el primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, siendo M el número de dientes del primer árbol de transmisión secundario, obtener un valor de discriminación que indica a qué ciclo de los N ciclos pertenece el valor de detección de ángulo de orden $N P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor a partir de la señal $P_{0((aN/M) \times X)}$, y sintetizar un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden $1 P_{0(1X)}$ del árbol motor por rotación del árbol motor a partir del valor de discriminación y el valor de detección de ángulo de orden $N P_{0(NX)}$, y
- medios de detección del número de rotaciones del árbol motor adaptados para generar una primera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden $1 P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden $1 P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario, generar una segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el segundo árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden $1 P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden $1 P_{2(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, y determinar el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario y la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario.
2. El aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 1, donde:
- el mecanismo de engranaje también incluye un tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b) adaptado para engranarse con el engranaje de árbol motor y un tercer árbol de transmisión secundario (13a) adaptado para transmitir la rotación del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario;
- un detector de ángulo (RS3) produce un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden $1 P_{3(1X)}$ del tercer árbol de transmisión secundario por rotación del tercer árbol de transmisión secundario; y
- los medios de detección del número de rotaciones de árbol motor también generan una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden $1 P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden $1 P_{3(1X)}$ del tercer árbol de transmisión secundario, y determinan el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.
3. El aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 1, que también comprende un tercer árbol de transmisión secundario (13a) además del primer árbol de

transmisión secundario (11a) y el segundo árbol de transmisión secundario (12a), donde: hay una diferencia de número de dientes de 1 entre el engranaje de árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario; se genera una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el tercer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario; y los medios de detección del número de rotaciones del árbol motor determinan el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.

4. El aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 2, donde si S indica el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b), cuando el número de dientes del segundo engranaje de árbol de transmisión secundario (12b) es $Q = R - 1$, el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario es $S = R + 1$, y cuando el número de dientes del segundo engranaje de árbol de transmisión secundario es $Q = R + 1$, el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario es $S = R - 1$.

5. El aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 1, donde el valor de discriminación $P_{0((aN/M) \times X)}$ es un resto obtenido mediante la división de una suma o diferencia entre el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ del primer árbol de transmisión secundario entre una cantidad unitaria básica u por ciclo, donde el valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ se calcula como un resto obtenido mediante la multiplicación del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario por N y la división de un producto resultante entre la cantidad unitaria básica u, detectándose el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ por medio del primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario.

6. Un método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas para un aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que comprende un engranaje de árbol motor (10b) montado sobre un árbol motor (10a) que transmite la rotación de una fuente de accionamiento giratoria, un primer engranaje de árbol de transmisión secundario (11b) y un segundo engranaje de árbol de transmisión secundario (12b) adaptados para engranarse con el árbol motor, un primer árbol de transmisión secundario (11a) y un segundo árbol de transmisión secundario (12a) adaptados para transmitir rotaciones del primer y el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario, respectivamente, un conjunto de detectores de ángulo que incluye un detector de ángulo de árbol motor (RS0) adaptado para detectar un ángulo de rotación del árbol motor y un primer y un segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario (RS1, RS2) adaptados para detectar ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, donde el detector de ángulo de árbol motor produce N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor y el primer y el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario producen un ciclo de valores de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$, respectivamente, por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos, y

un mecanismo de engranaje que tiene una diferencia de número de dientes de dos o de un número entero superior a entre el primer engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, y una diferencia de número de dientes de 1 entre el segundo engranaje de árbol de transmisión secundario y el engranaje de árbol motor, siendo el número de dientes del primer engranaje de árbol de transmisión secundario un múltiplo entero de un producto de la diferencia de número de dientes a y de un multiplicador de ángulo de árbol N del detector de ángulo unido al árbol motor, donde se determina un ángulo de rotación absoluto de múltiples vueltas a partir de los valores de detección de ángulo de rotación del árbol motor, el primer árbol de transmisión secundario y el segundo árbol de transmisión secundario,

el método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas que comprende una etapa de detección de N ciclos de un valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ por rotación del árbol motor, que es el ángulo de rotación del árbol motor, y de detección de un ciclo de valores de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ y $P_{2(1X)}$ por rotación de los árboles de transmisión secundarios respectivos, que son los ángulos de rotación del primer y el segundo árbol de transmisión secundario, respectivamente;

una etapa de determinación de una señal $P_{0((aN/M) \times X)}$ de la cual un ciclo corresponde a rotaciones M/aN del árbol motor a partir del valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario detectado por el primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, donde M es el número de dientes del primer árbol de transmisión secundario, obtención de un valor de discriminación que identifica a qué ciclo de los N ciclos pertenece el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ detectado por el detector de ángulo de árbol motor a partir de la señal $P_{0((aN/M) \times X)}$, y determinar de esta manera un ángulo de rotación dentro de una rotación del árbol motor; y

- una etapa de síntesis de un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor por rotación del árbol motor a partir del valor de discriminación y el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$, generación de una primera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el primer árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario, generación de una segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el segundo árbol de transmisión secundario, a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{2(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el segundo detector de ángulo de árbol de transmisión secundario, y determinación del número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario y la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
7. El método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 6, donde: el mecanismo de engranaje también incluye un tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b) adaptado para engranarse con el engranaje de árbol motor y un tercer árbol de transmisión secundario (13a) adaptado para transmitir la rotación del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario; un detector de ángulo (RS3) produce un ciclo de un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del tercer árbol de transmisión secundario por rotación del tercer árbol de transmisión secundario; y los medios de detección del número de rotaciones del árbol motor también generan una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del tercer árbol de transmisión secundario, y determinan el número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.
 8. El método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 6, donde: el aparato de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas comprende también un tercer árbol de transmisión secundario (13a) además del primer árbol de transmisión secundario (11a) y el segundo árbol de transmisión secundario (12a); hay una diferencia de número de dientes de 1 entre el engranaje de árbol motor (10b) y el tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b); el método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas comprende también una etapa de generación de una tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario que representa una diferencia de número de rotaciones entre el árbol motor y el tercer árbol de transmisión secundario a partir del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{0(1X)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{3(1X)}$ del segundo árbol de transmisión secundario detectado por el tercer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario; y la etapa de determinación del número de rotaciones del árbol motor también incluye una etapa de determinación del número de rotaciones del árbol motor a partir de la primera señal periódica de árbol de transmisión secundario, la segunda señal periódica de árbol de transmisión secundario y la tercera señal periódica de árbol de transmisión secundario.
 9. El método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 7, donde si S indica el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b), cuando el número de dientes del segundo engranaje de árbol de transmisión secundario (12b) es $Q = R - 1$, el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b) es $S = R + 1$, y cuando el número de dientes del segundo engranaje de árbol de transmisión secundario (12b) es $Q = R + 1$, el número de dientes del tercer engranaje de árbol de transmisión secundario (13b) es $S = R - 1$.
 10. El método de detección de ángulo de rotación de múltiples vueltas según la reivindicación 6, donde el valor de discriminación $P_{0((aN/M) \times X)}$ es un resto obtenido mediante la división de una suma o diferencia entre el valor de detección de ángulo de orden N $P_{0(NX)}$ del árbol motor y un valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ del primer árbol de transmisión secundario entre una cantidad unitaria básica u por ciclo, donde el valor de detección de ángulo de orden N $P_{1(NX)}$ se calcula como un resto obtenido mediante la multiplicación del valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ del primer árbol de transmisión secundario por N y la división de un producto resultante entre la cantidad unitaria básica u, detectándose el valor de detección de ángulo de orden 1 $P_{1(1X)}$ por medio del primer detector de ángulo de árbol de transmisión secundario.

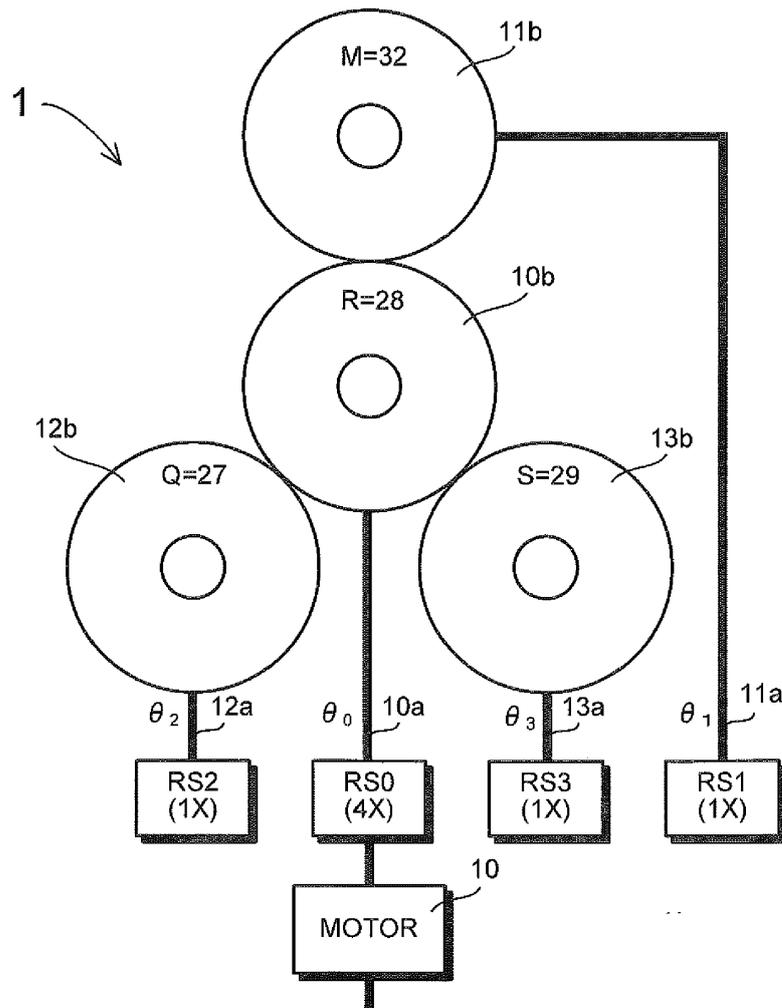


FIG. 1

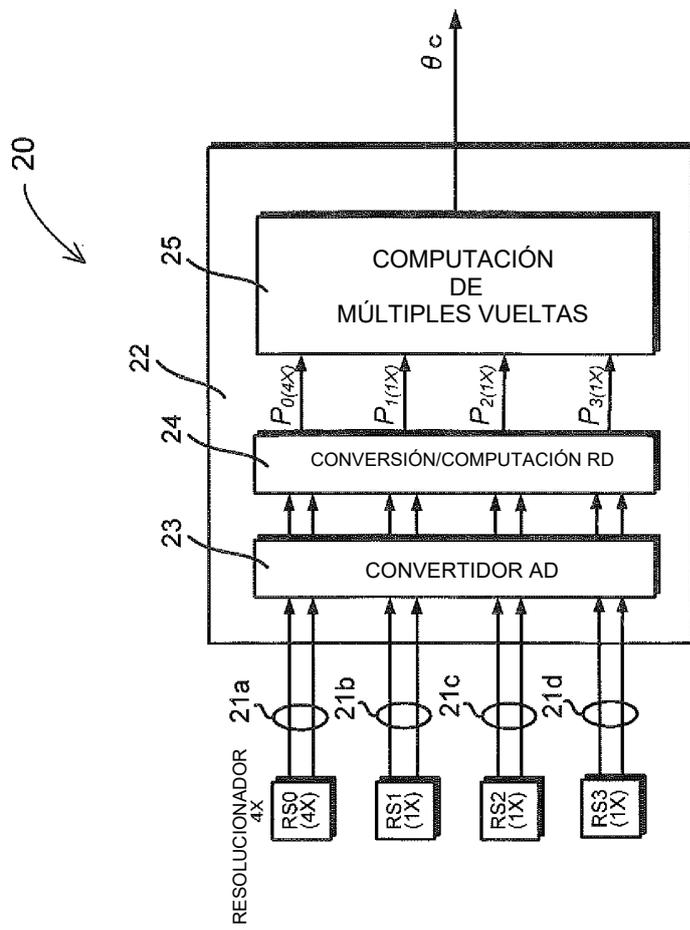


FIG. 2

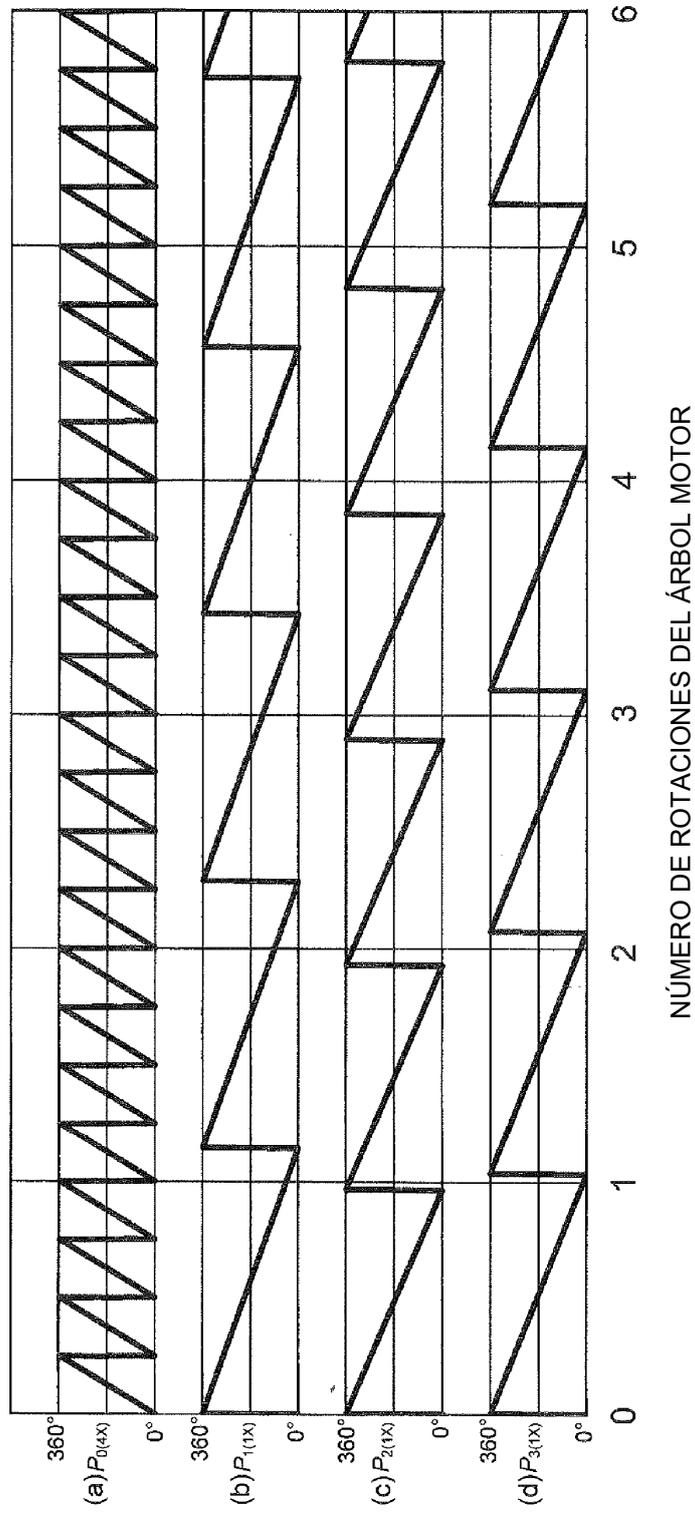


FIG. 3

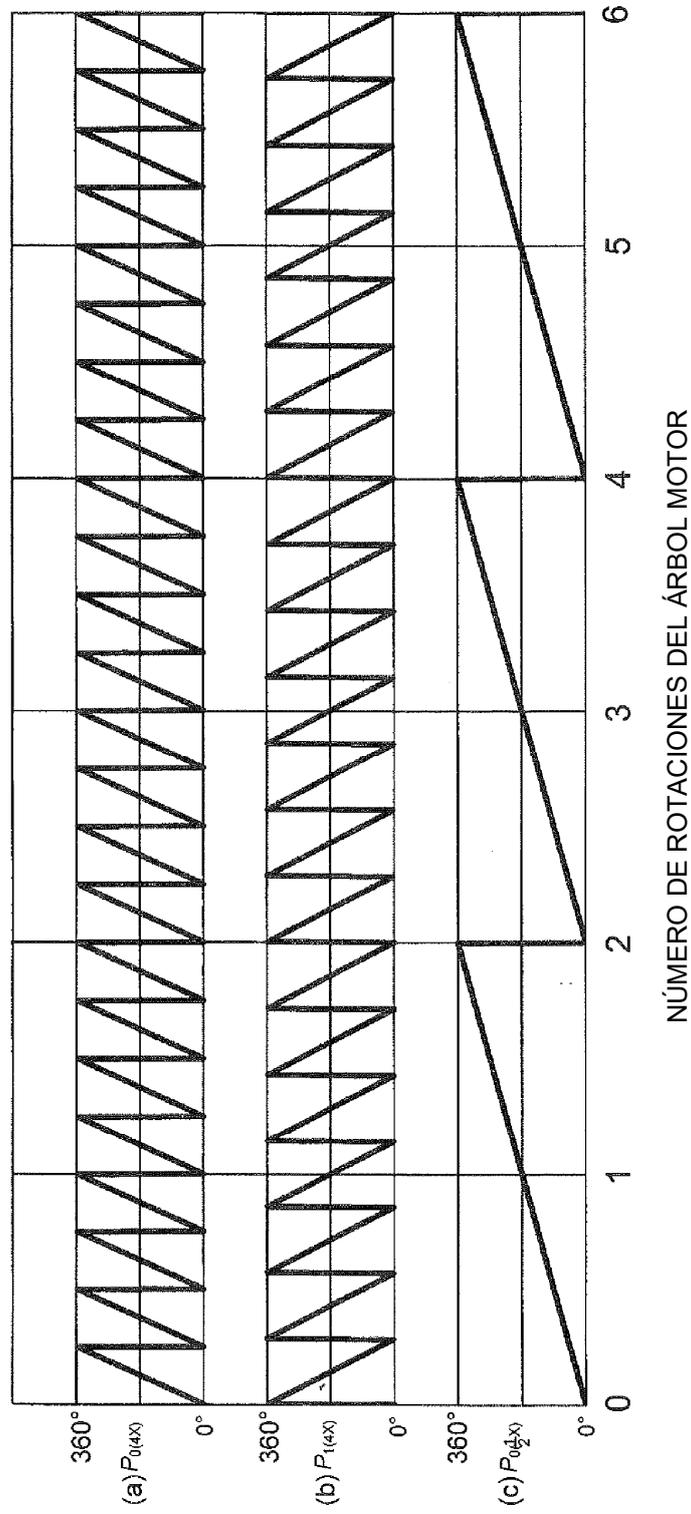
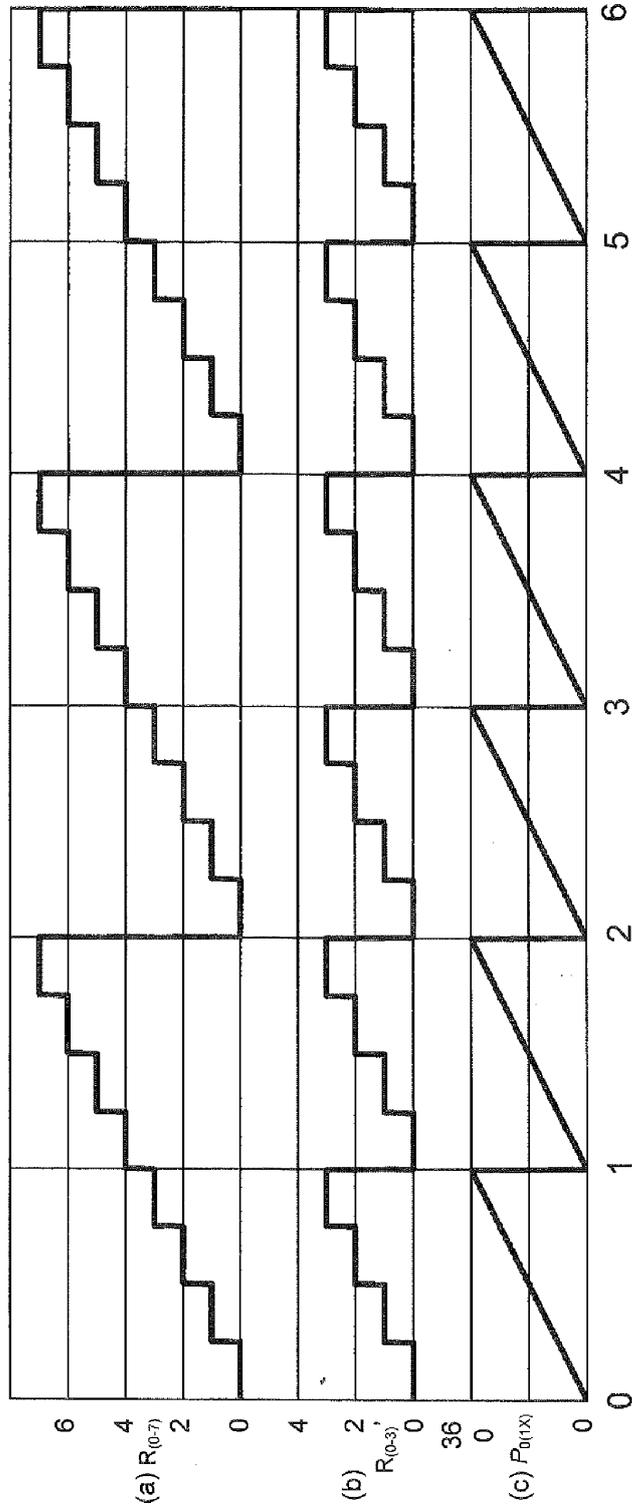


FIG. 4



NÚMERO DE ROTACIONES DEL ÁRBOL MOTOR

FIG. 5

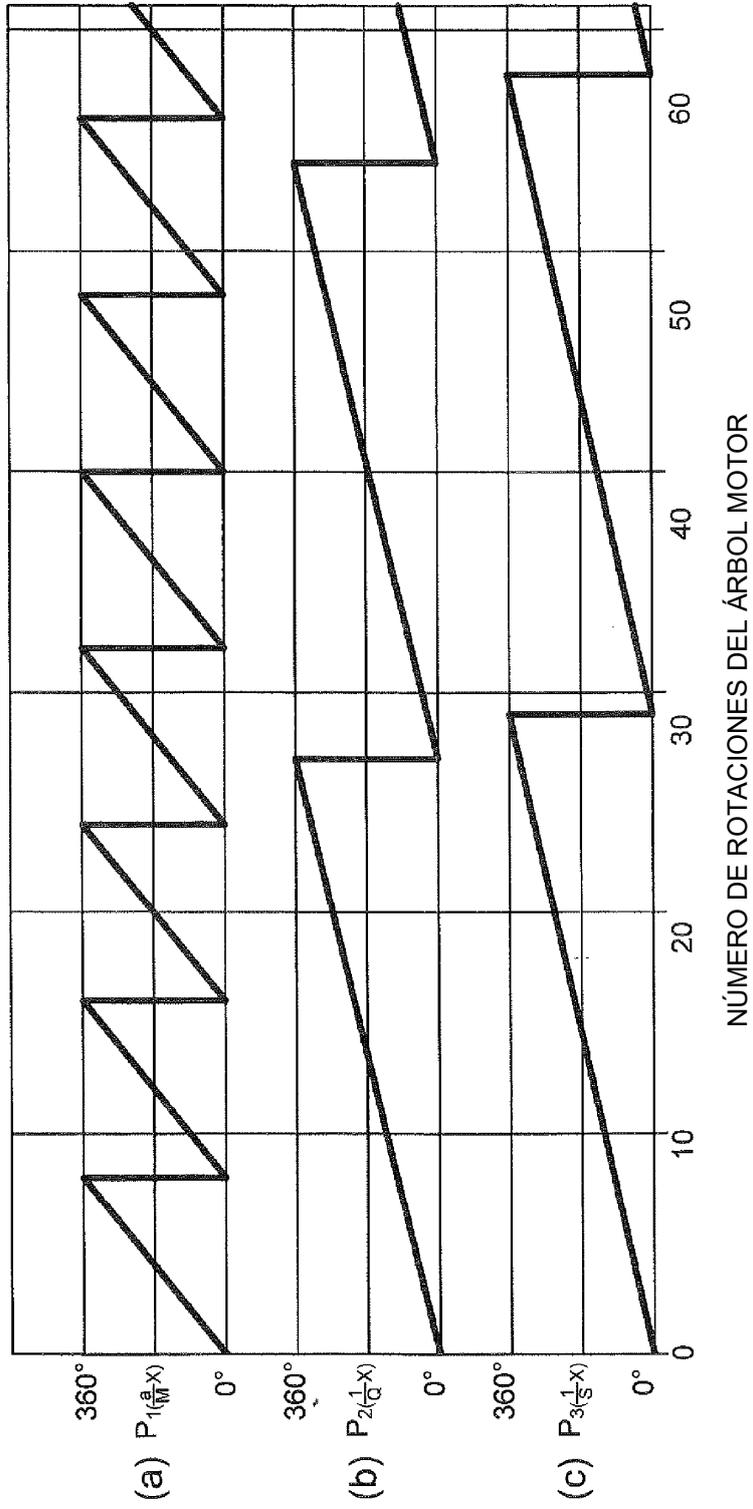


FIG. 6

NÚMERO DE ROTACIONES DEL ÁRBOL MOTOR (n)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL PRIMER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m1)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL PRIMER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m2)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL TERCER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m3)	NÚMERO DE ROTACIONES DEL ÁRBOL MOTOR (n)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL PRIMER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m1)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL PRIMER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m2)	DIFERENCIA DE NÚMERO DE ROTACIONES DEL TERCER ÁRBOL DE TRANSMISIÓN SECUNDARIO (m3)
0	0	0	0	215	7	26	12
1	1	1	1	216	0	0	13
2	2	2	2	217	1	1	14
3	3	3	3	218	2	2	15
4	4	4	4	219	3	3	16
5	5	5	5	:	:	:	:
6	6	6	6	6221	5	11	15
7	7	7	7	6222	6	12	16
8	0	8	8	6223	7	13	17
9	1	9	9	6224	0	14	18
10	2	10	10	6225	1	15	19
11	3	11	11	6226	2	16	20
12	4	12	12	6227	3	17	21
13	5	13	13	6228	4	18	22
14	6	14	14	6229	5	19	23
15	7	15	15	6230	6	20	24
16	0	16	16	6231	7	21	25
17	1	17	17	6232	0	22	26
18	2	18	18	6233	1	23	27
19	3	19	19	6234	2	24	28
20	4	20	20	6235	3	25	0
21	5	21	21	6236	4	26	1
22	6	22	22	6237	5	0	2
23	7	23	23	6238	6	1	3
24	0	24	24	6239	7	2	4
25	1	25	25	6240	0	3	5
26	2	26	26	6241	1	4	6
27	3	0	27	6242	2	5	7
28	4	1	28	6243	3	6	8
29	5	2	0	6244	4	7	9
30	6	3	1	6245	5	8	10
31	7	4	2	6246	6	9	11
32	0	5	3	6247	7	10	12
33	1	6	4	6248	0	11	13
34	2	7	5	6249	1	12	14
35	3	8	6	6250	2	13	15
36	4	9	7	6251	3	14	16
37	5	10	8	6252	4	15	17
38	6	11	9	6253	5	16	18
39	7	12	10	6254	6	17	19
40	0	13	11	6255	7	18	20
41	1	14	12	6256	0	19	21
42	2	15	13	6257	1	20	22
:	:	:	:	6258	2	21	23
209	1	20	6	6259	3	22	24
210	2	21	7	6260	4	23	25
211	3	22	8	6261	5	24	26
212	4	23	9	6262	6	25	27
213	5	24	10	6263	7	26	28

Fig. 7

