

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 164**

51 Int. Cl.:

B64G 1/22 (2006.01)

H02K 7/116 (2006.01)

H02K 16/00 (2006.01)

F16H 3/72 (2006.01)

F16H 57/12 (2006.01)

B64G 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2013** **E 13275146 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017** **EP 2818419**

54 Título: **Un ensamblaje giratorio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.09.2017

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire SG1 2AS, GB

72 Inventor/es:

GARLAND, MARTIN;
BAMFORD, STEPHEN y
WHITE, CARL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 633 164 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

Un ensamblaje giratorio

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un ensamblaje giratorio para el movimiento rotativo preciso de una rueda dentada y, en particular, tal ensamblaje capaz de un movimiento rotativo progresivo con efectos de reacción reducidos. La invención se refiere también a una estructura que comprende un ensamblaje giratorio según la invención.

10

Antecedentes

La nave espacial, tal como los satélites de telecomunicación y científicos, incluye varios instrumentos y dispositivos que requieren despliegue desde la nave espacial en uso y/o requieren un posicionamiento y realineación precisos en uso. Por ejemplo, un satélite puede comprender un radiador térmico desplegable, una antena en un micrófono de brazo o directamente en la estructura de satélite que requiere el despliegue, indicación y nivelación de la carga en uso o una unidad de propulsión, montada directamente en el satélite o en un micrófono de brazo desplegable, que requiere un ajuste y despliegue precisos para proporcionar control de inclinación de nave espacial. Por tanto, es importante que los mecanismos de accionamiento para tales instrumentos y dispositivos sean capaces de proporcionar un control preciso sobre su posicionamiento para el funcionamiento óptimo, tal como movimiento rotativo progresivo sobre ángulos pequeños o distancia de despliegue reducida.

20

El documento US 5,769,748 divulga un ensamblaje de engranaje giratorio que comprende ruedas cónicas diferenciales en acoplamiento con una rueda cónica de transmisión y una rueda cónica auxiliar. El engranaje de transmisión y el engranaje auxiliar están acoplados a través de unos engranajes de tornillo sin fin y ruedas de tornillo sin fin a un motor paso a paso de transmisión y un motor paso a paso auxiliar.

25

El documento US 2004/000829 que se considera la técnica anterior más cercana y divulga un ensamblaje de engranaje giratorio que comprende una rueda conducida en acoplamiento con un engranaje de transmisión y con un engranaje de piñón segundo auxiliar. El engranaje de transmisión está acoplado a un primer motor y el engranaje auxiliar está acoplado a un segundo motor 44. El segundo motor se acciona al mismo tiempo que el primer motor para impulsar el engranaje de carga.

30

Resumen

35

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un ensamblaje de engranaje giratorio para su uso en una nave espacial para el control de un componente móvil del mismo, comprendiendo el ensamblaje un engranaje de carga en acoplamiento con un engranaje de transmisión y con un engranaje auxiliar, donde el engranaje de transmisión está acoplado a un motor de transmisión para transmitir el engranaje de carga en una primera dirección rotativa y el engranaje auxiliar está acoplado a un dispositivo de retraso que está configurado para resistir pasivamente la rotación del engranaje de carga de la rotación en la primera dirección rotativa, donde el motor de transmisión puede estar configurado para girar progresivamente el engranaje de transmisión entre una pluralidad de posiciones rotativas distintas donde el motor de transmisión comprende un rotor de transmisión que se gira progresivamente entre una pluralidad de posiciones distintas y el dispositivo de retraso comprende un motor paso a paso que tiene un rotor paso a paso que se puede girar entre una pluralidad de posiciones de retén distintas y donde cuando el rotor de transmisión está en una posición distinta, el rotor paso a paso se desplaza desde su posición de retén más próxima y donde el ensamblaje de engranaje giratorio comprende además un controlador para controlar el funcionamiento del motor de transmisión y el motor paso a paso, estando configurado el controlador para controlar el motor paso a paso para que esté en un estado no accionado cuando el motor de transmisión se acciona para transmitir el engranaje de carga.

50

El motor de transmisión puede comprender un motor paso a paso de transmisión.

El ensamblaje puede incluir al menos un motor paso a paso y puede comprender al menos dos motores paso a paso acoplados a los engranajes auxiliares y de transmisión respectivamente, teniendo cada motor paso a paso posiciones de retén desplazadas relativas una a otra para una posición dada del engranaje de carga.

55

El engranaje de transmisión y el engranaje de carga pueden tener respectivamente dientes en acoplamiento de engranaje y el engranaje de carga y el engranaje auxiliar pueden tener dientes en acoplamiento de engranaje y donde el ensamblaje giratorio puede estar configurado de tal forma que cuando el motor de transmisión está en una

60

posición distinta, el engranaje de carga se mantiene inmóvil por dientes del engranaje de transmisión y engranaje de carga adyacentes para ejercer una fuerza en el engranaje de carga en una dirección y los dientes del engranaje auxiliar y el engranaje de carga adyacentes para ejercer una fuerza en el engranaje de carga en una dirección opuesta.

5

El motor paso a paso puede estar configurado para generar un par de retén que impulsa el engranaje de carga en una segunda dirección rotativa opuesta a la primera dirección rotativa cuando el rotor de transmisión está en una posición distinta.

10 El motor paso a paso puede comprender un estátor paso a paso que tiene una pluralidad de polos de estátor paso a paso y el rotor paso a paso comprende una pluralidad de polos de rotor paso a paso y donde el par de retén se proporciona por atracción magnética entre al menos un polo de rotor paso a paso y al menos un polo de estátor paso a paso cuando el motor paso a paso no está accionado.

15 Las posiciones de retén del rotor paso a paso pueden corresponder a las posiciones en las que un polo de rotor paso a paso está cerca de un polo de estátor paso a paso.

Cuando el rotor de transmisión está en una posición distinta, el rotor paso a paso puede ser desplazado desde su posición desplazada más próxima por un ángulo de desplazamiento en la segunda dirección rotativa.

20

El ángulo de desplazamiento puede ser entre 0 por ciento y 50 por ciento del ángulo entre posiciones distintas adyacentes del rotor de transmisión.

La reacción se puede proporcionar entre los engranajes de carga y de transmisión y puede comprender el ángulo por el que el engranaje de carga puede girar sin movimiento correspondiente del engranaje de transmisión y el ángulo entre posiciones distintas adyacentes del rotor de transmisión puede ser mayor que el ángulo de la reacción.

25

El motor de transmisión puede ser un primer motor paso a paso y el dispositivo de retraso puede ser un segundo motor paso a paso y el ensamblaje y controlador pueden estar configurado de tal forma que el segundo motor paso a paso no esté accionado y proporciona par de retén en el engranaje de carga en una segunda dirección opuesta cuando el primer motor paso a paso transmite el engranaje de carga en la primera dirección y donde el segundo motor paso a paso puede ser accionado para transmitir el engranaje de carga en la segunda dirección mientras que el primer motor paso a paso no está accionado y proporciona un par de retén en el engranaje de carga en la primera dirección.

30

El ensamblaje giratorio puede comprender un segundo engranaje de transmisión y un segundo engranaje auxiliar que se acoplan cada uno con el engranaje de carga y el segundo engranaje de transmisión puede estar acoplado a un segundo motor de transmisión que está controlado por el controlador para girar el engranaje de transmisión en una segunda dirección rotativa opuesta a la primera dirección rotativa y el segundo engranaje auxiliar puede estar acoplado a un segundo dispositivo de retraso que está configurado para resistir de forma pasiva que el engranaje de carga gire en dicha dirección rotativa opuesta.

35

El segundo motor de transmisión puede comprender un segundo rotor de transmisión que es giratorio en la segunda dirección rotativa entre una pluralidad de posiciones distintas u el segundo dispositivo de retraso puede comprender un segundo motor paso a paso que tiene un segundo rotor paso a paso que es giratorio entre una pluralidad de posiciones de retén distintas y cuando el segundo rotor de transmisión está en una posición distinta, el segundo rotor paso a paso puede ser desplazado de su posición de retén más próxima.

40

El ensamblaje giratorio puede comprender además terceros y cuartos engranajes auxiliares que están acoplados a terceros y cuartos motores paso a paso respectivamente que comprenden terceros y cuartos rotores paso a paso que son giratorios entre una pluralidad de posiciones de retén y los terceros y cuartos rotores paso a paso se pueden desplazar desde sus respectivas posiciones de retén cuando el primer y segundo rotor de transmisión están cada uno en una posición distinta.

45

El ensamblaje giratorio puede comprender además terceros y cuartos engranajes auxiliares que están acoplados a terceros y cuartos motores de transmisión respectivamente que están configurados para girar el engranaje de carga en la primera y segunda dirección rotativa respectivamente

50

La presente invención proporcionó también una estructura de nave espacial que comprende un componente móvil acoplado a y controlado por un ensamblaje giratorio como se describe más arriba.

55

60

El ensamblaje rotativo de la invención comprende generalmente un ensamblaje de engranaje y puede comprender un ensamblaje modular que tiene un chasis, estando el engranaje de carga, engranaje(s) de transmisión y engranaje(s) auxiliar(es) montados en el chasis. El(los) motor(es) de transmisión y motor(es) paso a paso y sus engranajes asociados se pueden sujetar individualmente a y desmontar del ensamblaje. El engranaje de carga puede estar acoplado a un componente movable de un vehículo espacial, tal como una antena, o un micrófono de brazo/propulsor desplegable, para proporcionar despliegue, nivelación de la carga y control de inclinación precisos del mismo. Alternativamente, el dispositivo puede comprender un radiador térmico desplegable o sistema de indicación de propulsión, por ejemplo, para proporcionar control de inclinación y órbita a una nave espacial.

El engranaje de carga puede comprender un engranaje recto central y el o cada engranaje de transmisión y engranaje auxiliar pueden comprender engranajes de piñón periféricos al engranaje recto. El engranaje de carga puede ser de un diámetro mayor que el engranaje(s) de transmisión y/o engranaje(s) auxiliar(es). Este proporciona de manera ventajosa un control rotativo más fino del engranaje de carga y, de este modo, cualquier componente móvil o mecanismo acoplado a este.

El ensamblaje giratorio puede incluir también un sensor de posición acoplado al engranaje de carga para detectar una posición del mismo y a datos de posición de retroalimentación. Los datos de posición se pueden proporcionar al controlador para determinar y permitir el control del motor de transmisión y/o el(los) motor(es) paso a paso.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora, por medio de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista esquemática de un ensamblaje giratorio conocido;
- La figura 1A es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 1;
- La figura 2 es una vista esquemática del ensamblaje giratorio de la figura 1, en una segunda posición rotativa;
- La figura 2A es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 2;
- La figura 3 es una vista esquemática del ensamblaje giratorio de la figura 1, en una tercera posición rotativa;
- La figura 3A es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 3;
- La figura 4 es una vista esquemática de un ensamblaje giratorio de acuerdo con una primera realización de la invención;
- La figura 4A es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 4;
- La figura 4B es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 4;
- La figura 5A es una vista esquemática de un primer motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una primera posición;
- La figura 5B es una vista esquemática del primer motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una segunda posición;
- La figura 5C es una vista esquemática del primer motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una tercera posición;
- La figura 6A es una vista esquemática de un segundo motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una primera posición;
- La figura 6B es una vista esquemática del segundo motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una segunda posición;
- La figura 6C es una vista esquemática del segundo motor paso a paso de la primera realización de la invención, en una tercera posición;
- La figura 7 es una vista en perspectiva del ensamblaje giratorio de una segunda realización;
- La figura 8 es una vista final del ensamblaje giratorio de la figura 7;
- La figura 9 es una segunda vista final del ensamblaje giratorio de la figura 7;
- La figura 10 es una vista lateral transversal del ensamblaje giratorio de la figura 7;
- La figura 11 es una vista esquemática de una porción del ensamblaje giratorio de la figura 7;
- La figura 11A es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 11;
- La figura 11B es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 11;
- La figura 11C es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 11; y
- La figura 11D es una vista en primer plano de parte del ensamblaje giratorio de la figura 11.

Descripción detallada

Un ensamblaje giratorio 1 de una configuración conocida se muestra en las figuras 1 a 3A y comprende un

engranaje recto 2 que está acoplado mecánicamente a un engranaje de carga (no mostrado) y de piñón 3 que es transmitido por un motor (no mostrado). Los engranajes recto y de piñón 2, 3 están en acoplamiento de engranaje y cada uno es giratorio en una primera y una segunda dirección rotativa (mostrada por las flechas "X" e "Y" en la figura 1). Se apreciará que debido al acoplamiento de engranaje de los engranajes recto y de piñón 2, 3, el engranaje recto 5 2 gira en la primera dirección X cuando el engranaje de piñón 3 gira en la segunda dirección Y y viceversa.

El engranaje recto 2 tiene una pluralidad de dientes rectos 4 que tiene cada uno una primera superficie 4A que mira hacia la primera dirección rotativa X y una segunda superficie 4B que mira hacia la segunda dirección rotativa Y. De forma similar el engranaje de piñón 3 tiene una pluralidad de dientes de piñón 5 que tienen cada uno una primera superficie 5A que mira hacia la primera dirección rotativa X y una segunda superficie 5B que mira hacia la segunda dirección rotativa Y. Los dientes rectos y de piñón 4, 5 encajan de forma que el engranaje de piñón 3 transmita el engranaje recto 2.

Cuando el motor se acciona para transmitir el engranaje de piñón 3, una superficie 5A, 5B de uno de los dientes de piñón 5 se acoplará con una superficie 4A, 4B de uno de los dientes rectos 4. Por ejemplo, cuando el engranaje de piñón 3 es accionado por el motor en la segunda dirección rotativa Y (como se muestra en las figuras 1 y 1A), la segunda superficie 5B de uno de los dientes de piñón 5 se impulsará contra la segunda superficie 4B de uno de los dientes rectos 4. Por tanto, la segunda superficie 5B del diente de piñón 5 aplica una fuerza a la segunda superficie 4B del diente recto 4, causando que el par se transfiera al engranaje recto 2 desde el motor para que el engranaje recto 2 gire en la primera dirección rotativa X.

La dirección rotativa del engranaje recto 2 se puede revertir invirtiendo la dirección del engranaje de piñón 3, que resultará en el diente de piñón acoplado actualmente 5 desacoplado del diente recto acoplado actualmente 4 y acoplado entonces a un diente adyacente 4 del engranaje recto 2. Por ejemplo, si en el ejemplo anterior (mostrado en las figuras 1 y 1A) el engranaje de piñón 3 se transmite entonces en la primera dirección rotativa X, la segunda superficie 5B del diente de piñón acoplado 5 se desplazará hacia fuera desde la segunda superficie 4B del diente recto acoplado 4 (como se muestra en las figuras 2 y 2A). El engranaje de piñón 3 girará entonces en la primera dirección rotativa y la primera superficie 5A del diente de piñón previamente acoplado 5 se acoplará con la primera superficie 4A de un diente recto adyacente 4, aplicando una fuerza al diente recto 4 de forma que el engranaje recto 30 2 gire en la segunda dirección rotativa Y (como se muestra en las figuras 3 y 3A).

Se proporciona un hueco 6 entre el diente de piñón acoplado 5 y el diente recto desacoplado más próximo 4. Por ejemplo, en el ejemplo anterior, cuando el engranaje de piñón 3 gira en la segunda dirección rotativa Y (como se muestra en las figuras 1 y 1A), el hueco 6 está formado entre la primera superficie 5A del diente de piñón acoplado 5 y la primera superficie 4A del diente recto desacoplado adyacente 4. De forma similar, cuando el engranaje de piñón 3 gira en la primera dirección rotativa X (como se muestra en las figuras 3 y 3A) el hueco 6 está formado entre la segunda superficie 5B del diente de piñón acoplado 5 y la segunda superficie 4B del diente recto desacoplado adyacente 4. El hueco 6 se puede introducir intencionadamente entre los engranajes 2, 3 para permitir que la lubricación alcance todas las partes de la superficie de los dientes de engranaje 4, 5. Alternativamente, el hueco 40 entre los engranajes 2, 3 puede ser una consecuencia inevitable de las tolerancias de fabricación, la expansión térmica, límites o desviación de los engranajes debido a la carga.

Si un par externo se aplica al engranaje recto 2 en la misma dirección que el engranaje recto 2 es impulsado por el engranaje de piñón 3, el diente recto acoplado actualmente 4 se puede desacoplar del diente de piñón acoplado actualmente 5 y girar libremente hasta que dicho diente recto 4 se acople con un diente de piñón adyacente 5. El ángulo máximo que el piñón 3 puede girar sin el impulso 2 debido al hueco entre los engranajes 2, 3 se conoce como "holgura" o "reacción". La reacción entre los engranajes 2, 3 puede resultar en que el sistema de engranaje no responda, aunque el engranaje recto 2 no girará inmediatamente en respuesta a un movimiento del engranaje de piñón 3 si el diente de piñón y recto 4, 5 no están acoplados. Además, la reacción puede resultar en que el desplazamiento rotativo preciso del engranaje recto 2 es desconocido, lo que puede introducir un error de posición en el sistema. Además, el engranaje recto 2 puede seguir girando después de que el engranaje de piñón 3 haya parado de girar debido a efectos de inercia.

En referencia a las figuras 4-6C, un ensamblaje giratorio 10 de una primera realización de la invención se muestra y comprende un engranaje de carga 11 que está acoplado a un engranaje de transmisión 12 y un engranaje auxiliar 13. Los engranajes de carga, transmisión y auxiliar 1, 12, 3 son cada uno giratorios en una primera dirección rotativa (mostrada por la flecha "X" en la figura 4) y una segunda dirección rotativa (mostrada por la flecha "Y" en la figura 4). El engranaje de carga 11 está acoplado a una carga (no mostrada), por ejemplo, una carga en una aplicación de nave espacial tal como un radiador térmico desplegable, un mecanismo de indicación de sistema de propulsión electrónico o un mecanismo de nivelación de la carga/indicación/despliegue de antena, conectado directamente o 60

como parte de una estructura de micrófono de brazo desplegable. El engranaje de transmisión 12 está acoplado a un primer motor paso a paso 14 que está configurado para girar progresivamente el engranaje de carga 11 en la primera dirección rotativa X mediante la transmisión del engranaje de transmisión 12 en la segunda dirección rotativa Y.

5

El engranaje de carga 11 tiene una pluralidad de dientes de carga 16 que tiene cada uno una primera superficie 16A que mira hacia la primera dirección rotativa X y una segunda superficie 16B que mira hacia la segunda dirección rotativa Y. De manera similar, el engranaje de transmisión 12 tiene una pluralidad de dientes de transmisión 17 que tiene cada uno una primera superficie 17A que mira hacia la primera dirección rotativa X y una segunda superficie 17B que mira hacia la segunda dirección rotativa Y y el engranaje auxiliar 13 tiene una pluralidad de dientes auxiliares 18 que tiene cada uno una primera superficie 18A que mira hacia la primera dirección rotativa X y una segunda superficie 18B que mira hacia la segunda dirección rotativa Y.

10

El primer motor paso a paso 14 comprende un estátor 20 que está dispuesto alrededor del eje rotativo de un rotor de imán permanente 21 que comprende un polo norte N y un polo sur S. El estátor 20 comprende un primer, segundo, tercer y cuarto bobinados 22A, 22B, 22C, 22D que están dispuestos alrededor del rotor 21 de forma que se opongan diametralmente al quinto, sexto, séptimo y octavo bobinados 23A, 23B, 23C, 23D respectivamente. El primer y quinto bobinados 22A, 23A comprenden una primera pareja de polos, el segundo y sexto bobinados 22B, 23B comprenden una segunda pareja de polos, el tercer y séptimo bobinados 22C, 23C comprenden una tercera pareja de polos y el cuarto y octavo bobinados 22D, 23D comprenden una cuarta pareja de polos. Cada bobinado de estátor 22A, 22B, 22C, 22D, 23A, 23B, 23C, 23D comprende hilo que está envuelto alrededor de un núcleo ferromagnético de forma que genere un campo magnético cuando se reactiva con corriente. Los bobinados de estátor correspondientes 22A, 22B, 22C, 22D, 23A, 23B, 23C, 23D de cada pareja de polos están conectados eléctricamente juntos y están conectados también a terminales posibles opuestos de un suministro de energía. Los bobinados de cada pareja de polos están envueltos en direcciones opuestas de forma que los bobinados de cada pareja de polos tengan una polaridad magnética opuesta cuando el suministro de energía está activado.

15

20

25

Las parejas de polos se reactivan secuencialmente para girar progresivamente el rotor 21 a través de 360 grados con respecto al estátor 20 entre ocho posiciones de "mantenimiento" distintas. Por ejemplo, cuando la primera pareja de polos se reactiva para que el primer bobinado 22A esté conectado al terminal positivo del suministro de energía y el quinto bobinado 23A está conectado al terminal negativo, el primer bobinado 22A tendrá una polaridad de polo sur y el quinto bobinado 23A tendrá una polaridad de polo norte. En tal circunstancia, el polo norte N del rotor 21 estará atraído magnéticamente al primer bobinado de estátor 22A y el polo sur S del rotor 21 estará atraído magnéticamente al quinto bobinado de estátor 23A. Esta atracción magnética resulta en una fuerza que se ejerce en el rotor 21 que causa que gire hasta que el rotor esté en una posición en la que el polo norte del rotor 21 sea adyacente al primer bobinado de estátor 22A y el polo sur del rotor 21 sea adyacente al quinto bobinado de estátor 23A de forma que el rotor 21 esté en una primera posición de mantenimiento (como se muestra en la figura 5A). Si la segunda pareja de polos se reactiva entonces de forma que el segundo bobinado 22B esté conectado al terminal positivo del suministro de energía y el sexto bobinado 23B está conectado al terminal negativo, el segundo bobinado 22B tendrá una polaridad de polo sur y el quinto bobinado 23B tendrá una polaridad de polo norte. En tal circunstancia, el polo norte N del rotor 21 estará magnéticamente atraído al segundo bobinado de estátor 22B y el polo sur S del rotor 21 estará magnéticamente atraído al sexto bobinado de estátor 23B y así el rotor girará en la primera dirección rotativa de forma que el rotor se desplace a una segunda posición de mantenimiento (como se muestra en la figura 5B) en la que el polo norte N del rotor es adyacente al quinto bobinado de estátor 23B y el polo sur S es adyacente al sexto bobinado de estátor 23B. El rotor 21 puede ser girado entonces en la primera dirección rotativa a una tercera posición de mantenimiento, donde los polos norte y sur N, S del rotor 21 son adyacentes al tercer y séptimo bobinados de estátor 22C, 23C respectivamente, mediante la reactivación de la tercera pareja de polos de forma que el tercer bobinado de estátor 22C esté conectado al terminal positivo y el quinto bobinado de estátor 23C esté conectado al terminal negativo del suministro de energía. El rotor 21 puede ser girado entonces en la primera dirección rotativa en una cuarta posición de mantenimiento, donde los polos norte y sur N, S del rotor 21 son adyacentes al cuarto y octavo bobinados de estátor 22D, 23D respectivamente, mediante la reactivación de la cuarta pareja de polos de forma que el cuarto bobinado de estátor 22D esté conectado al terminal positivo y el sexto bobinado de estátor 23D esté conectado al terminal negativo del suministro de energía.

30

35

40

45

50

Para seguir girando el rotor 21 en la primera dirección rotativa, la primera pareja de polos se reactiva entonces mediante la conexión del segundo bobinado 22B con el terminal negativo del suministro de energía y el sexto bobinado 23B al terminal positivo de forma que el segundo bobinado 22B tenga una polaridad de polo norte y el quinto bobinado 23B tenga una polaridad de polo sur. En tal circunstancia, el polo norte N del rotor 21 estará atraído al quinto bobinado de estátor 23A y el polo sur S del rotor 21 estará atraído al primer bobinado de estátor 22A, lo que causa que el rotor 21 gire hasta que esté en una posición en la que el polo norte N del rotor 21 sea adyacente al

60

quinto bobinado de estátor 23A y el polo sur S sea adyacente al primer bobinado de estátor 22A de forma que el rotor 21 esté en una quinta posición de mantenimiento. De manera similar, el rotor 21 se puede girar a la sexta, séptima y octava posición de mantenimiento en la que el polo norte N del rotor 21 es adyacente al sexto, séptimo y octavo bobinado de estátor 23B, 23C, 23d respectivamente y el polo sur S del rotor 21 es adyacente al segundo, tercer y cuarto bobinado de estátor 22B, 22C, 22D respectivamente. La dirección de rotación es reversible mediante la reactivación de las parejas de polos en el orden inverso al descrito más arriba. De este modo, el primer motor paso a paso 14 tiene un tamaño de paso de 45 grados, con el rotor 21 que se gira en la primera y segunda dirección rotativa entre las ocho posiciones de mantenimiento distintas.

- 10 Cuando el primer motor paso a paso 14 se acciona para transmitir el engranaje de transmisión 12, una superficie 17A, 17B de uno de los dientes de transmisión 17 se acoplará a una superficie opuesta 16A, 16B de uno de los dientes de carga 16. Por ejemplo, cuando el engranaje de transmisión 12 es transmitido por el motor en la segunda dirección rotativa (como se muestra en las figuras 4-4B), la segunda superficie 17B de uno de los dientes de transmisión 17 se impulsará contra la segunda superficie 16B de uno de los dientes de carga 16. Por tanto, la
- 15 segunda superficie 17B del diente de transmisión 17 aplica una fuerza a la segunda superficie 16B del diente de carga 16, causando que el par se transfiera desde el motor al engranaje de carga 11 de forma que el engranaje de carga 11 gire en la primera dirección rotativa.

- Para reducir los efectos de reacción, el engranaje auxiliar 13 está acoplado a un segundo motor paso a paso 15. De manera similar al primer motor paso a paso 14, el segundo motor paso a paso 15 comprende un estátor 30 que está dispuesto alrededor del eje rotativo de un rotor de imán permanente 31 que comprende un polo norte N y un polo sur S. El estátor 30 comprende un primer, segundo, tercer y cuarto bobinado 32A, 32B 32C, 32D que están dispuestos alrededor del rotor 31 de forma que se opongan diametralmente al quinto, sexto, séptimo y octavo bobinado 33A, 33B, 33C, 33D respectivamente. El primer y quinto bobinado 32A, 33A comprenden una primera pareja de polos, el
- 20 segundo y sexto bobinado 32B, 33B comprenden una segunda pareja de polos, el tercer y séptimo bobinados 32C, 33C comprenden una tercera pareja de polos y el cuarto y octavo bobinado 32D, 33D comprenden una cuarta pareja de polos.

- Cada bobinado de estátor 32A, 32B 32C, 32D, 33A, 33B, 33C, 33D del segundo motor paso a paso 15 comprende hilo que está envuelto alrededor de un núcleo ferromagnético. No obstante, a diferencia del primer motor paso a paso 14, el segundo motor paso a paso 15 no se acciona durante el funcionamiento del primer motor paso a paso 14 y de este modo los bobinados no se reactivan con corriente. A pesar de que los bobinados no se reactiven, el rotor de imán permanente 31 será atraído al material ferromagnético de los bobinados. Por tanto, los polos norte y sur N, S del rotor 31 serán impulsados hacia los respectivos bobinados de la pareja de polos más cercana, resultando en un par que se ejerce en el rotor 31 conocido como un "par de retén". El rotor es giratorio entre la primera a octava posición de retén donde el polo norte N del rotor 31 está próximo al primer, segundo, tercer, cuarto, quinto, sexto, séptimo y octavo bobinado de estátor 32A, 32B, 32C, 32D, 33A, 33B, 33C, 33D respectivamente y el polo sur S está próximo al quinto, sexto, séptimo, octavo, primero, segundo, tercer y cuarto bobinado de estátor 33A, 33B, 33C, 33D, 32A, 32B, 32C, 32D respectivamente. El par de retén resulta en el que el rotor 31 es impulsado hacia su posición de
- 30 retén más cercana.

- La primera a octava posición de retén del segundo motor paso a paso 15 están en incrementos de 45 grados, como sucede con la primera a octava posición de mantenimiento del primer motor paso a paso 14. No obstante, el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 se desplaza de forma giratoria desde el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 por un ángulo de desplazamiento A. Se ha encontrado que un ángulo de desplazamiento A que es del 10 por ciento del tamaño de paso del primer motor paso a paso 15 es efectivo en la reducción de reacción y así en la presente realización del ángulo de desplazamiento A es de 4,5 grados. Por tanto, cuando el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 está en una de sus posiciones de mantenimiento, el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 se desplazará desde su posición de retén más cercana en 4,5 grados y será impulsada hacia dicha posición de retén por el par de retén que actúa sobre el rotor 31.

- El rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 es desplazado desde el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 por el ángulo de desplazamiento A en la segunda dirección rotativa de forma que cuando el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 esté en una posición de mantenimiento, el par de retén impulse el engranaje auxiliar 13 en la primera dirección rotativa, que se opone a la dirección que el primer motor paso a paso 14 transmite al engranaje de transmisión 12. El par de retén del segundo motor paso a paso 15 se transferirá al engranaje de carga 11, a través del engranaje auxiliar 13, para impulsar el engranaje de carga 11 en la segunda dirección rotativa de forma que el diente acoplado 16 del engranaje de carga 11 sea impulsado contra el diente acoplado 17 del engranaje de transmisión 12. Por tanto, cuando el primer motor paso a paso 14 está en una posición de mantenimiento, se impide
- 55 que el engranaje de carga 11 gire en la primera dirección rotativa bajo fuerzas externas, que podrían resultar de otro

- modo en los dientes acoplados 16, 17 que se desacoplan y así se reducen los efectos de reacción entre los engranajes 11, 12. Por ejemplo, a medida que los dientes 16, 17 se mantienen acoplados, un par puede ser aplicado de forma más instantánea al engranaje de carga 11 por el engranaje de transmisión 12 y la posición rotativa del engranaje de carga 11 se conoce mejor. Además, el par de mantenimiento del sistema se mejora. Adicionalmente,
- 5 incluso en el caso de que una fuerza externa se aplique al engranaje de carga 11 que es suficiente para superar el par de retén del segundo motor paso a paso 15 de forma que los dientes 16, 17 de los engranajes de carga y de transmisión 11, 12 ya no estén acoplados y se forme un hueco entre ellos, el hueco entre los dientes desacoplados 16, 17 se reducirá más por la fuerza del par de retén que se transfiere al engranaje de carga 11.
- 10 Aunque en la realización anteriormente descrita, el primer motor paso a paso 14 se describe como que funciona en un modo de funcionamiento "paso completo, fase única", donde solo los bobinados de una pareja de polos se reactivan a la vez, se debería reconocer que los motores paso a paso que funcionan en otros modos están pensados para estar dentro del ámbito de la invención. Por ejemplo, en una realización el primer motor paso a paso 14 puede funcionar de forma alternativa en un modo de funcionamiento "paso completo, fase dual", donde las parejas de polos
- 15 adyacentes se reactivan simultáneamente de forma que el rotor 21 se desplace entre las posiciones de mantenimiento que están a mitad de camino entre dichas parejas de polos. En otra realización, el primer motor paso a paso 14 funciona en un modo de funcionamiento a "medio paso", donde el motor se alterna entre un funcionamiento de fase única y de fase dual de forma que una primera pareja de polos se reactive, entonces la primera y una segunda pareja de polos adyacente se reactivan y, a continuación, solo se reactiva la segunda pareja
- 20 de polos y, después, se reactivan la segunda pareja de polos y una tercera pareja de polos adyacente, y así sucesivamente. En otra realización, el primer motor paso a paso 14 puede ser de micro-paso. En todas las realizaciones descritas anteriormente, el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 está configurado para que se desplace desde su posición de retén más cercana cuando el primer motor paso a paso 14 está en una posición de mantenimiento.
- 25 Aunque en la realización descrita anteriormente, el primer motor paso a paso tiene un tamaño de paso de 45 grados, que tiene ocho posiciones de mantenimiento distintas, en realizaciones alternativas el primer motor paso a paso 14 puede tener cualquier número de tamaños de paso diferentes, por ejemplo, 90 grados, que tienen 4 posiciones de mantenimiento distintas, 5 grados, que tienen 72 posiciones de mantenimiento distintas o 1,8 grados, que tienen 200
- 30 posiciones de mantenimiento distintas. De forma similar, se debería reconocer que el segundo motor paso a paso que tiene cualquier número de tamaños de paso diferentes está pensado para entrar dentro del ámbito de la invención. Por ejemplo, el segundo motor paso a paso 15 puede tener 4 posiciones de retén, 72 posiciones de retén o 200 posiciones de retén. En una realización, el tamaño de paso del primer motor paso a paso 14 es mayor que el ángulo rotativo de la reacción de engranaje, que es el ángulo que el engranaje de carga 11 podría girar libremente
- 35 debido al hueco entre los engranajes si el engranaje auxiliar 13 y el segundo motor paso a paso 15 no se ha proporcionado. Tal realización evita que el primer motor paso a paso 14 se desincronice si un par externo se aplica al engranaje de carga 11 en la primera dirección rotativa que es de suficiente magnitud para superar el par de retén proporcionado por el segundo motor paso a paso 15, que puede resultar de otro modo en el primer motor paso a paso 14 que gira entre las posiciones de mantenimiento en la primera dirección rotativa sin ninguna rotación
- 40 correspondiente del engranaje de carga 11 debido a un hueco que se forma entre los dientes de los engranajes de carga y de transmisión 11, 12. La desincronización del primer motor paso a paso 14 y el engranaje de carga 11 puede resultar en un retraso entre el primer motor paso a paso 14 que se ha accionado y el engranaje de carga 11 gire posteriormente y puede resultar en que la posición rotativa del engranaje de carga 11 sea desconocida.
- 45 A medida que los engranajes de transmisión y auxiliar 12, 13 tienen cada uno el mismo ratio de engranaje con respecto al engranaje de carga 11, los rotores 12, 13 del primer y segundo motores paso a paso 14, 15 girarán por el mismo ángulo para cualquier ángulo dado de rotación del engranaje de carga 11. Por tanto, si el primer motor paso a paso 14 tiene el mismo número de posiciones de mantenimiento que el segundo motor paso a paso 15 tiene posiciones de retén, por ejemplo, disponiendo de estatores con el mismo número de bobinados y rotores con el
- 50 mismo número de polos magnéticos, entonces el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 se puede desplazar desde el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 por el mismo ángulo de desplazamiento y, en la misma dirección rotativa, independientemente de la posición de mantenimiento en la que esté el rotor 21 del primer motor paso a paso 14.
- 55 El segundo motor paso a paso 15 no necesita ser accionado para proporcionar el par de retén que impulsa un diente del engranaje auxiliar 13 contra un diente del engranaje de carga 11 y así el segundo motor paso a paso 15 actúa como un dispositivo pasivo, que no requiere energía o electrónica activa para proporcionar una fuerza de retraso rotativa en una dirección opuesta a la dirección de transmisión del engranaje de transmisión 12 para paliar los efectos de reacción.
- 60

- Aunque en la realización anteriormente descrita, el primer y segundo motor paso a paso 14, 15 tienen las mismas configuraciones de rotor y bobinado de estátor para garantizar que el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 se desplace por el ángulo de desplazamiento A para todas las posiciones de mantenimiento del rotor 21 del primer motor paso a paso 14, en realizaciones alternativas (no mostradas) este efecto se puede conseguir mediante el uso
- 5 de motores paso a paso con diferentes configuraciones rotor/estátor. Por ejemplo, en una realización el primer motor paso a paso comprende un estátor con ocho bobinados y un rotor con un polo norte y el segundo motor paso a paso comprende un estátor con ocho bobinados y un rotor con dos polos norte y dos polos sur. En otra realización, el primer motor paso a paso comprende un estátor con cuatro bobinados y un rotor con un polo norte y un polo sur y el segundo motor paso a paso comprende un estátor con ocho bobinados y un rotor con un polo norte y
- 10 un polo sur. Además, aunque en la realización descrita más arriba, los engranajes de transmisión y auxiliar tienen los mismos ratios de engranaje con respecto al engranaje de carga, en realizaciones alternativas, la reacción se puede reducir cuando el primer motor paso a paso está en cualquiera de sus posiciones de mantenimiento mediante el uso de engranajes de transmisión y auxiliares con diferentes ratios de engranaje. Por ejemplo, en una realización, el engranaje de transmisión y el engranaje de carga tienen un ratio de engranaje de 4:1 y el engranaje auxiliar y el
- 15 engranaje de carga tienen un ratio de engranaje de 8:1. En otra realización, el engranaje de transmisión y engranaje de carga tienen un ratio de engranaje de 4:1 y el engranaje auxiliar y el engranaje de carga tienen un ratio de engranaje de 8:1 y el primer motor paso a paso tiene un estátor con ocho bobinados y un rotor con un polo norte y polo sur y el segundo motor paso a paso tiene un estátor con cuatro bobinados y un rotor con un polo norte y un polo sur. En tal realización, el rotor del segundo motor paso a paso se desplazará dos veces el ángulo del primer motor
- 20 paso a paso para un ángulo dado de rotación del engranaje de carga y así el segundo motor paso a paso se desplazará desde su posición de retén por el mismo ángulo cuando el rotor del primer motor paso a paso está en cualquiera de sus posiciones de mantenimiento, a pesar de que el segundo motor paso a paso que tiene menos posiciones de retén que el primer motor paso a paso tiene posiciones de mantenimiento. Se debería reconocer que los ejemplos anteriores de las combinaciones de ratios de engranaje de carga, de transmisión y auxiliar y las
- 25 configuraciones de primer y segundo motor paso a paso son no exhaustivos y otras combinaciones están pensadas para estar dentro del ámbito de la invención, siempre que la posición de retén del rotor del segundo motor paso a paso se desplace desde su posición de retén cuando el primer motor paso a paso esté al menos en una de sus posiciones de mantenimiento.
- 30 Aunque en la realización anteriormente descrita, el núcleo de los bobinados de estátor comprende un material ferromagnético, en una realización alternativa (no mostrada) el hilo de los bobinados de estátor puede comprender un material ferromagnético.
- Aunque en la realización anteriormente descrita, el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 comprende un imán
- 35 permanente y el estátor 20 comprende bobinados que se reactivan para atraer magnéticamente el rotor, en una realización alternativa (no mostrada), el estátor puede comprender uno o más imanes permanentes y el rotor comprende bobinados que se reactivan para girar el rotor entre una pluralidad de posiciones de mantenimiento. En otra realización, el estátor y el rotor comprenden ambos bobinados que se reactivan para girar el rotor entre una pluralidad de posiciones de mantenimiento.
- 40 Aunque en la realización anteriormente descrita, el estátor 30 del segundo motor paso a paso 15 comprende un bobinado ferromagnético y el rotor 31 comprende un imán permanente que es magnéticamente atraído al material ferromagnético de los bobinados de estátor para generar un par de retén, en una realización alternativa (no mostrada) el estátor puede comprender uno o más imanes permanentes y el rotor comprende bobinados
- 45 ferromagnéticos y el par de retén es generado por el material ferromagnético de los bobinados del rotor que son atraídos magnéticamente al material de imán permanente del estátor.
- Aunque en la realización anteriormente descrita, el ángulo de desplazamiento A del segundo motor paso a paso 15 es el 10 por ciento del tamaño de paso del primer motor paso a paso 14, en realizaciones alternativas, el ángulo de
- 50 desplazamiento A del segundo motor paso a paso 15 puede ser de entre 0 y el 50 por ciento del tamaño de paso del primer motor paso a paso 14.
- En la realización anteriormente descrita, el primer motor paso a paso 14 se acciona para transmitir el engranaje de carga 11 en una primera dirección rotativa y el segundo motor paso a paso 15 no se acciona para proporcionar un
- 55 par de retén de forma que el efecto de reacción se reduzca cuando se aplique una fuerza externa al engranaje de carga 11 en la primera dirección rotativa. En una configuración alternativa de la primera realización, el engranaje de carga 11 se puede girar en una segunda dirección rotativa mediante el accionamiento del segundo motor paso a paso 15. En tal realización, cuando se desea girar el engranaje de carga 11 en la primera dirección rotativa, el primer motor paso a paso 14 se acciona de forma que el rotor 21 se desplace entre las posiciones de mantenimiento en la
- 60 segunda dirección rotativa de la manera anteriormente descrita y tiene posiciones de retén que se desplazan desde

las posiciones de mantenimiento del primer motor paso a paso 14 por un ángulo de desplazamiento de forma que el par de retén del segundo motor paso a paso 15 actúe sobre el engranaje de carga 11 en la segunda dirección rotativa para reducir la reacción. Para girar el engranaje de carga 11 en la segunda dirección rotativa, el primer motor paso a paso 14 no se acciona y el segundo motor paso a paso 15 se transmite en la primera dirección rotativa de forma que el engranaje auxiliar 13 transmite el engranaje de carga 11. En tal circunstancia, el rotor 31 del segundo motor paso a paso 15 se desplaza secuencialmente a través de las posiciones de mantenimiento y, mientras tanto, el rotor 21 del primer motor paso a paso 14 se desplaza desde sus posiciones de retén por un ángulo de desplazamiento. El ángulo de desplazamiento del rotor 21 del primer motor paso a paso 14 es igual al ángulo de desplazamiento del rotor 31 del segundo motor paso a paso 15, pero está en la dirección rotativa opuesta. El par de retén del primer motor paso a paso no accionado 14 actúa sobre el engranaje de carga 11 en la primera dirección rotativa para reducir el efecto de reacción cuando se aplica una fuerza externa al engranaje de carga 11 en la segunda dirección rotativa. En tal disposición, el primer motor paso a paso 14 actúa como un dispositivo de retraso rotativo pasivo dado que proporciona un par de retén contra la fuerza rotativa proporcionada por el segundo motor paso a paso 15 sin ser accionado en sí mismo.

En referencia a las figuras 7 - 11D, un ensamblaje giratorio 100 de una segunda realización de la invención se muestra y comprende un engranaje de carga 110 que acopla el primer y segundo engranaje de transmisión 120, 121 y el primer y segundo engranaje auxiliar 130, 31. Los engranajes de carga, transmisión y auxiliar 110, 120, 121, 130, 131 son giratorios en una primera dirección rotativa (mostrada por la flecha "X" en la figura 11) y una segunda dirección rotativa (mostrada por la flecha "Y" en la figura 11). El engranaje de carga 110 está acoplado a un engranaje armónico (no mostrado) que está acoplado a una carga y el primer y segundo engranajes de transmisión 120, 121 están acoplados a un primer y segundo motor paso a paso 140, 41, respectivamente.

El engranaje de carga 110 tiene una pluralidad de dientes de carga 160 que tienen cada uno una primera superficie 160A que está orientada a la primera dirección rotativa y una segunda superficie 160B que está orientada hacia la segunda dirección rotativa. De forma similar, el primer y segundo engranajes de transmisión 120, 121 comprenden cada uno una pluralidad de dientes de transmisión 170, 171 que tienen cada uno una primera superficie 170A, 171A que está orientada a la primera dirección rotativa y una segunda superficie 170B, 171B que está orientada hacia la segunda dirección rotativa y cada engranaje auxiliar 130, 131 comprende una pluralidad de dientes auxiliares 180, 181 que está orientada a la primera dirección rotativa y una segunda superficie 180B, 181B que está orientada a la segunda dirección rotativa.

Como sucede con el primer motor paso a paso 15 de la primera realización de la invención, el primer y segundo motor paso a paso 140, 41 de la segunda realización tiene cada uno un estátor (no mostrado) que está dispuesto alrededor del eje rotativo de un rotor de imán permanente que comprende un polo norte y un polo sur (no mostrado). Adicionalmente, el primer y segundo motor paso a paso 140, 41 comprenden cada uno ocho bobinados (no mostrados) que están dispuestos de forma diametral alrededor del rotor para comprender cuatro parejas de polos y cada rotor es giratorio entre ocho posiciones de mantenimiento. El primer y segundo motor paso a paso 140, 41 están configurados para que cuando el rotor del primer motor paso a paso 140 está en una posición de mantenimiento, con un diente 170 del primer engranaje de transmisión 120 que limita con un diente 160 del engranaje de carga 110, el segundo motor paso a paso 140 estará también en una posición de mantenimiento, con un diente 171 del segundo engranaje de transmisión 121 que limita con un diente 160 del engranaje de carga 110.

Para transmitir el engranaje de carga 110 en la primera dirección rotativa, el primer motor paso a paso 140 se acciona para que su rotor gire secuencialmente entre las parejas de polo en la segunda dirección rotativa para transmitir el primer engranaje de transmisión 120, de la misma manera que se ha descrito en la primera realización de la invención y el segundo motor paso a paso 141 no se acciona. La segunda superficie 170B de un diente 170 del primer engranaje de transmisión 120 se impulsará contra una segunda superficie 160B de un diente 160 del engranaje de carga 110, causando que el engranaje de carga 110 gire en la primera dirección rotativa. Contrariamente, para transmitir el engranaje de carga 110 en la segunda dirección rotativa, el segundo motor paso a paso 141 se acciona para que su rotor gire secuencialmente entre las parejas de polo en la primera dirección rotativa para transmitir el segundo engranaje de transmisión 121 y el segundo motor paso a paso 141 no se acciona. La primera superficie 171A de un diente 171 del segundo engranaje de transmisión 121 se impulsará contra una primera superficie 160A de un diente 160 del engranaje de carga 110, causando que el engranaje de carga 110 gire en la segunda dirección rotativa.

Para reducir los efectos de reacción, el primer y segundo engranaje auxiliar 130, 131 están acoplados a un tercer y cuarto motores paso a paso 150, 151 respectivamente, para actuar, cuando no estén accionados, como un primer y segundo dispositivos de retraso pasivos respectivamente. Como sucede con el segundo motor paso a paso 13 de la primera realización de la invención, el tercer y cuarto motor paso a paso 150, 151 de la segunda realización

- comprenden cada uno un estátor (no mostrado) que está dispuesto alrededor del eje rotativo de un rotor de imán permanente que tiene un polo norte y un polo sur (no mostrado). Adicionalmente, el tercer y cuarto motor paso a paso 150, 151 comprenden cada uno ocho bobinados (no mostrados) que están dispuestos de forma diametral alrededor del rotor para comprender cuatro parejas de polos y cada rotor tiene ocho posiciones de retén donde los polos norte y sur del rotor están próximos a los bobinados correspondientes de una pareja de polos. Los polos magnéticos del rotor de cada uno de los tercer y cuarto motores paso a paso 150, 151 son magnéticamente atraídos al material ferromagnético de los bobinados de la pareja de polos más cercana, que resulta en un par de retén que actúa sobre cada rotor para impulsarlo a su posición de retén más cercana.
- 5
- 10 El rotor del tercer motor paso a paso 150 es desplazado de forma rotativa desde el rotor del primer motor paso a paso 140 por un ángulo de desplazamiento de 4,5 grados en la segunda dirección rotativa de forma que cuando el rotor del primer motor paso a paso 140 esté en una de sus posiciones de mantenimiento, el rotor del tercer motor paso a paso 150 se desplazará desde su posición de retén más cercana en 4,5 grados y se impulsará hacia su posición de retén más cercana por el par de retén que actúa sobre el rotor. El par de retén del tercer motor paso a
- 15 paso 150, que actúa sobre el primer engranaje auxiliar 130 en la primera dirección rotativa, impulsará el engranaje de carga 110 en la segunda dirección rotativa de forma que el diente acoplado 160 del engranaje de carga 11 se impulse contra el diente acoplado 170 del primer engranaje de transmisión 120. Por tanto, cuando el primer motor paso a paso 140 está en una posición de mantenimiento, se impide que el engranaje de carga 110 gire en la primera dirección rotativa bajo fuerzas externas, que podrían resultar de otro modo en que los dientes acoplados 160, 170
- 20 queden desacoplados y se reduzca así el efecto de reacción entre el engranaje de carga 110 y el primer engranaje de transmisión 120. A medida que los dientes 160, 170 se mantienen acoplados, un par puede aplicarse de forma más instantánea al engranaje de carga 110 por el primer engranaje de transmisión 120 y la posición rotativa del engranaje de carga 110 se conoce mejor. Además, el par de mantenimiento del sistema se mejora.
- 25 El rotor del cuarto motor paso a paso 151 es desplazado de forma rotativa desde el rotor del segundo motor paso a paso 141 por un ángulo de desplazamiento de 4,5 grados en la primera dirección rotativa. Por tanto, cuando el rotor del segundo motor paso a paso 141 está en una de sus posiciones de mantenimiento, el rotor del cuarto motor paso a paso 151 se desplazará desde su posición de retén más cercana en 4,5 grados y se impulsará hacia su posición de retén más cercana por el par de retén que actúa sobre el rotor. El par de retén del cuarto motor paso a paso 151,
- 30 que actúa sobre el segundo engranaje auxiliar 131 en la segunda dirección rotativa, impulsará el engranaje de carga 110 en la primera dirección rotativa de forma que el diente acoplado 160 del engranaje de carga 110 se impulse contra el diente acoplado 171 del segundo engranaje de transmisión 121. Por tanto, cuando el segundo motor paso a paso 141 está en una posición de mantenimiento, se impide que el engranaje de carga 110 gire en la segunda dirección rotativa bajo fuerzas externas, que podrían resultar de otro modo en los dientes acoplados 160, 171
- 35 desacoplados y así el efecto de reacción entre el engranaje de carga 110 y el primer engranaje de transmisión 121 se reduce en la segunda dirección rotativa. A medida que los dientes 160, 171 se mantienen acoplados, un par puede aplicarse de forma más instantánea al engranaje de carga 110 por el segundo engranaje de transmisión 121 y la posición rotativa del engranaje de carga 110 se conoce mejor. Además, el par de mantenimiento del sistema se mejora.
- 40
- El aparato giratorio 100 de la segunda realización de la invención comprende además un tercer y cuarto engranaje auxiliar 132, 133 que se acoplan cada uno con el engranaje de carga 110. El tercer y cuarto engranaje auxiliar 132, 133 están acoplados al quinto y sexto motor paso a paso 152, 153 respectivamente. El quinto y sexto motor paso a paso 152, 153 están configurados para transmitir los engranajes auxiliares correspondientes 132, 133 en la primera
- 45 y segunda dirección rotativa respectivamente. El quinto y sexto engranaje auxiliar 152, 153 son similares en construcción al primer y segundo motor paso a paso 140, 141, que tienen las mismas configuraciones rotor/estátor y posiciones de mantenimiento y proporcionan unos medios de reserva de transmisión del engranaje de carga en caso de que el primer y/o segundo motor paso a paso 140, 141 fallen. Este elevado nivel de redundancia puede ser particularmente útil en aplicaciones en las que es difícil o costoso comenzar, reparar/reemplazo de componentes,
- 50 por ejemplo, en aplicaciones espaciales.
- El ensamblaje giratorio 100 comprende un marco 154 que tiene una pluralidad de puntos de montaje 155 para el montaje de motores paso a paso y dispositivos de retraso pasivos 140, 141, 150, 151, 152, 153 al marco 154. Cada uno de los motores paso a paso y dispositivos de retraso pasivos comprende una laca de extremo 156 que
- 55 comprende un conjunto de agujeros roscados 157. Cada punto de montaje 155 del marco 154 comprende un conjunto de agujeros roscados 158 que están configurados para alinearse con el conjunto de agujeros roscados 157 de un motor paso a paso o dispositivo de retraso pasivo 140, 41, 50, 51, 52, 53 cuando el ensamblaje giratorio 100 se ensambla. Un perno (no mostrado) se enrosca entonces a través de cada uno de los agujeros roscados alineados 157, 158 y se sujetan en un extremo libre por una tuerca (no mostrada) para fijar el motor paso a paso o dispositivo
- 60 de retraso pasivo al marco 154. Esta disposición permite que un sistema modular con cada motor paso a paso y/o

- dispositivo de retraso pasivo 140, 141, 150, 151, 152, 153 se extraiga del ensamblaje giratorio 100 complemente mediante la retirada de los pernos del mismo sin tener que desensamblar otras partes del ensamblaje giratorio 100. Esto puede ser particularmente ventajoso en situaciones donde cada componente del ensamblaje giratorio 100 se debe probar y certificar antes de su uso, por ejemplo, en aplicaciones espaciales, como si los componentes del
- 5 ensamblaje giratorio se prueban y certifican y se decide entonces que uno de los motores paso a paso o dispositivos de retraso pasivos se reemplacen, el nuevo componente se puede intercambiar y probar sin volver a probar y volver a certificar los otros componentes del ensamblaje giratorio 100. Además, el espaciado entre los agujeros roscados 157, 158 de los conjuntos de agujeros roscados 157, 158 se pueden estandarizar para facilitar que diferentes motores paso a paso y dispositivos de retraso pasivos 140, 141, 50, 51, 52, 53 se intercambien. Por ejemplo, el
- 10 espaciado y tamaño de los agujeros roscados 158 del punto de montaje 155 para el acoplamiento del tercer motor paso a paso 150 al primer engranaje auxiliar 130 se pueden estandarizar y el espaciado y tamaño de los agujeros roscados 157 del tercer motor paso a paso 150 o un motor paso a paso con una magnitud diferente de par de retén, se pueden estandarizar. Esto permitiría al tercer motor paso a paso 150 intercambiarse fácilmente aflojando simplemente los pernos para retirar el tercer motor paso a paso 150 y alineando entonces los agujeros roscados 157
- 15 del motor paso a paso alternativo con los agujeros roscados 158 del punto de montaje 155 y asegurando entonces el motor paso a paso alternativo con los pernos. El primer engranaje auxiliar 130 se puede acoplar entonces al motor paso a paso alternativo o alternativamente, el primer engranaje auxiliar 130 se puede reemplazar con un primer engranaje auxiliar alternativo (no mostrado) cuando se reemplaza el motor paso a paso.
- 20 Aunque en la realización anteriormente descrita, el quinto y/o sexto motor paso a paso 152, 153 se utilizan solo para transmitir el engranaje de carga 110 cuando el primer y/o segundo motor paso a paso 140, 141 no funcionan, para proporcionar redundancia de forma que el ensamblaje giratorio 100 pueda funcionar aún para transmitir el engranaje de carga 110, en una realización alternativa el primer y quinto motor paso a paso 140, 152 se accionan simultáneamente para transmitir el engranaje de carga 110 en la primera dirección rotativa y el segundo y sexto
- 25 motor paso a paso 141, 153 se accionan simultáneamente para transmitir el engranaje de carga 110 en la segunda dirección rotativa. Tal realización puede proporcionar una fuerza incluso mayor aplicada al engranaje de carga 110 y requeriría motores más pequeños para transmitir el engranaje de carga 110 con la misma cantidad de par. En una realización, si uno de los motores paso a paso que transmite en engranaje de carga 110 no funciona, la energía aumenta en uno o más de los motores paso a paso restantes de forma que el engranaje de carga 110 se transmite
- 30 con una cantidad similar de par que cuando todos los motores paso a paso so funcionales. En otra realización, el quinto y sexto motor paso a paso 152, 153 tienen rotores que se desplazan desde sus posiciones de retén en direcciones rotativas opuestas para proporcionar un par de retén adicional al proporcionado por el tercer y cuarto motor paso a paso 150, 151, de forma que el efecto de reacción debido a fuerzas externas mayores aplicadas al engranaje de carga 110 se reduce. En otra realización, el tercer y cuarto engranaje auxiliar 132, 133 y el quinto y
- 35 sexto motor paso a paso 152, 153 se omiten. Los múltiples motores paso a paso en el ensamblaje proporcionan el beneficio adicional del par de retén acumulado desde la pluralidad de motores paso a paso no accionados que proporcionan una fuerza incrementada para retener el engranaje de carga 110 (y de este modo el dispositivo/instrumentos acoplados a este) exactamente en la posición prevista. Aunque en las realizaciones anteriormente descritas, el primer y segundo engranaje de transmisión 120, 121 y el
- 40 tercer y cuarto engranaje auxiliar 132, 133 están acoplados a los motores paso a paso 140, 141, 152, 153, en realizaciones alternativas uno o más de los engranajes de transmisión y/o auxiliar están acoplados a un tipo diferente de motor que comprende un rotor que es giratorio en un número de pasos distintos entre posiciones distintas, por ejemplo, un servomotor. En tales realizaciones, cada uno de los distintos pasos del rotor comprende una posición de mantenimiento. Aunque en las realizaciones anteriormente descritas, el engranaje de carga 11, 110
- 45 es transmitido por uno o dos, o cuatro motores paso a paso y el par de retén se proporciona por uno, dos o cuatro motores paso a paso, en realizaciones alternativas otros números y combinaciones de motores paso a paso para la transmisión del engranaje de carga y los motores paso a paso para el suministro de par de retén son posibles. En una realización (no mostrada), uno o más de los motores paso a paso es un motor paso a paso híbrido.
- 50 En las realizaciones descritas anteriormente, un sensor posicional puede estar conectado al engranaje de carga transmitido 11/110 para medir la rotación neta proporcionada por el motor(es) y para proporcionar información a un controlador operable para el control del motor(es) y el suministro de energía al mismo.
- Aunque en las realizaciones anteriormente descritas, los engranajes son engranajes rectos, en realizaciones
- 55 alternativas (ahora mostradas) los dientes de engranaje pueden ser de otras formas, por ejemplo, de forma helicoidal o de espiga.
- A lo largo de la descripción anterior se describen diversas realizaciones de dispositivo de retraso pasivo que están
- 60 configuradas para ofrecer resistencia rotativa contra una fuerza de transmisión rotativa. Es decir, los dispositivos son pasivos, por tanto, pueden funcionar como dispositivos de retraso rotativos sin estar accionados, eléctricamente o de

otro modo, o sin la necesidad de estar activamente controlados por sistemas electrónicos u otros, para llevar a cabo la función de retraso rotativa.

REIVINDICACIONES

1. Un ensamblaje de engranaje giratorio para su uso en una nave espacial para el control de un componente móvil del mismo, comprendiendo el ensamblaje un engranaje de carga (11, 110) en acoplamiento con un engranaje de transmisión (12, 120) y con un engranaje auxiliar (13, 130), donde el engranaje de transmisión (12, 120) está acoplado a un motor de transmisión (14, 140) para transmitir el engranaje de carga (11, 110) en una primera dirección rotativa y el engranaje auxiliar (13, 130) está acoplado a un dispositivo de retraso (15, 150) que está configurado para resistir pasivamente la rotación del engranaje auxiliar (13, 130) por el engranaje de carga (11, 110) y resistir de este modo que el engranaje de carga (11, 110) gire en la primera dirección rotativa, donde el motor de transmisión (14, 140) está configurado para girar progresivamente el engranaje de transmisión (12, 120) entre una pluralidad de posiciones rotativas distintas, comprendiendo el motor de transmisión (14, 140) un rotor de transmisión (21) que se gira progresivamente entre una pluralidad de posiciones distintas y donde el dispositivo de retraso (15, 50) comprende un motor paso a paso (15, 150) que tiene un rotor paso a paso (31) que se puede girar entre una pluralidad de posiciones de retén distintas y donde cuando el rotor de transmisión (21) está en una posición distinta, el rotor paso a paso (31) se desplaza desde su posición de retén más próxima y donde el ensamblaje de engranaje giratorio comprende además un controlador para controlar el funcionamiento del motor de transmisión y el motor paso a paso, estando configurado el controlador para controlar el motor paso a paso para que esté en un estado no accionado cuando el motor de transmisión se acciona para transmitir el engranaje de carga.
2. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 1, donde el engranaje de transmisión (12, 120) y el engranaje de carga (11, 110) tienen respectivamente dientes (17, 170, 16, 160) en acoplamiento de engranaje y el engranaje de carga (11, 110) y el engranaje auxiliar (13, 130) tienen dientes (16, 160, 18, 180) en acoplamiento de engranaje y donde el ensamblaje giratorio (10, 100) está configurado de tal forma que cuando el motor de transmisión (14, 140) está en una posición distinta, el engranaje de carga (11, 110) se mantiene inmóvil por dientes del engranaje de transmisión (12, 120) y engranaje de carga (11, 110) adyacentes para ejercer una fuerza en el engranaje de carga (11, 110) en una dirección y los dientes del engranaje auxiliar (13, 130) y el engranaje de carga (11, 110) adyacentes para ejercer una fuerza en el engranaje de carga (11, 110) en una dirección opuesta.
3. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el motor paso a paso (15, 150) está configurado para generar un par de retén que impulsa el engranaje de carga (11, 110) en una segunda dirección rotativa opuesta a la primera dirección rotativa cuando el rotor de transmisión (21) está en una posición distinta.
4. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 3, donde cuando el rotor de transmisión (21) está en una posición distinta, el rotor paso a paso (31) se desplaza desde su posición de desplazamiento más cercana por un ángulo de desplazamiento en la segunda dirección rotativa.
5. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 4, donde el ángulo de desplazamiento está entre el 0 por ciento y el 50 por ciento del ángulo entre las posiciones distintas adyacentes del rotor de transmisión (21).
6. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 57, donde se proporciona la reacción entre los engranajes de transmisión y de carga (12, 120, 11, 110) y comprende el ángulo por el que el engranaje de carga (11, 110) puede girar sin movimiento correspondiente del engranaje de transmisión (12, 120) y donde el ángulo entre las posiciones distintas adyacentes del rotor de transmisión (21) es mayor que el ángulo de la reacción.
7. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el motor de transmisión (14,140) es un primer motor paso a paso (14,140) y el dispositivo de retraso (15, 150) es un segundo motor paso a paso (15, 150), donde el ensamblaje (10, 100) y el controlador están configurados de tal forma que cuando el segundo motor paso a paso (15, 150) no está accionado proporciona un par de retén en el engranaje de carga (11, 110) en una segunda dirección opuesta cuando el primer motor paso a paso (14, 140) transmite el engranaje de carga (11, 110) en la primera dirección y donde el segundo motor paso a paso (15, 150) puede estar accionado para transmitir el engranaje de carga (11, 110) en la segunda dirección mientras que el primer motor paso a paso (14, 140) no está accionado y proporciona par de retén en el engranaje de carga (11, 110) en la primera dirección.
8. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende un segundo engranaje de transmisión (121) y un segundo engranaje auxiliar (131) que se acoplan cada uno con el engranaje de carga (110), donde el segundo engranaje de transmisión (121) está acoplado a un segundo motor de transmisión

(141) que está controlado por el controlador para girar el engranaje de transmisión (110) en una segunda dirección rotativa opuesta a la primera dirección rotativa y el segundo engranaje auxiliar (131) está acoplado a un segundo dispositivo de retraso (151) que está configurado para resistir de forma pasiva que el engranaje de carga (110) gire en dicha dirección rotativa opuesta.

5

9. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 8, donde un segundo rotor (141) de transmisión que es giratorio en la primera dirección rotativa entre una pluralidad de posiciones distintas y el segundo dispositivo de retraso (151) comprende un segundo motor paso a paso (151) que tiene un segundo rotor paso a paso que es giratorio entre una pluralidad de posiciones de retén distintas, y donde cuando el segundo rotor de transmisión está en una posición distinta, el segundo rotor paso a paso se desplaza desde su posición de retén más cercana.

10. Un ensamblaje giratorio de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un tercer y cuarto engranaje auxiliar (132, 133) que están acoplados al tercer y cuarto motor paso a paso (152, 53) respectivamente que comprenden el tercer y cuarto rotor paso a paso que se pueden girar entre una pluralidad de posiciones de retén y donde el tercer y cuarto rotor paso a paso se desplazan desde sus posiciones de retén respectivas cuando el primer y segundo rotor de transmisión están cada uno en una posición distinta.

11. Una estructura de nave espacial que comprende un componente móvil acoplado a y controlado por un ensamblaje giratorio (10, 100) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior.

20

FIGURA 1A

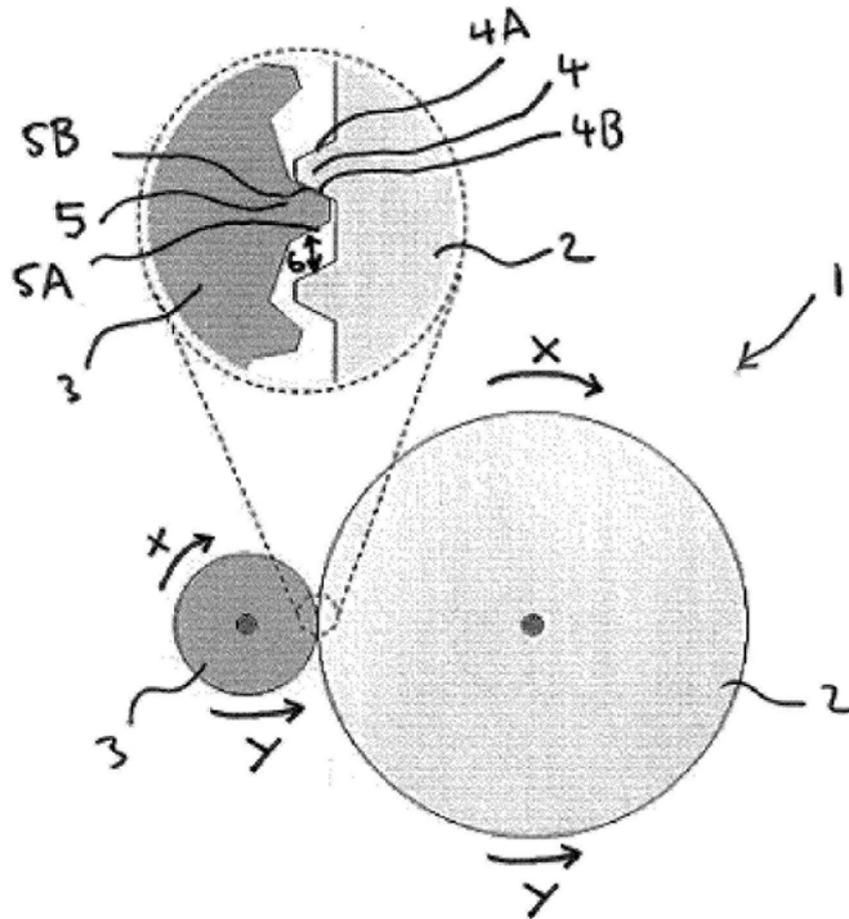


FIGURA 1

FIGURA 2A

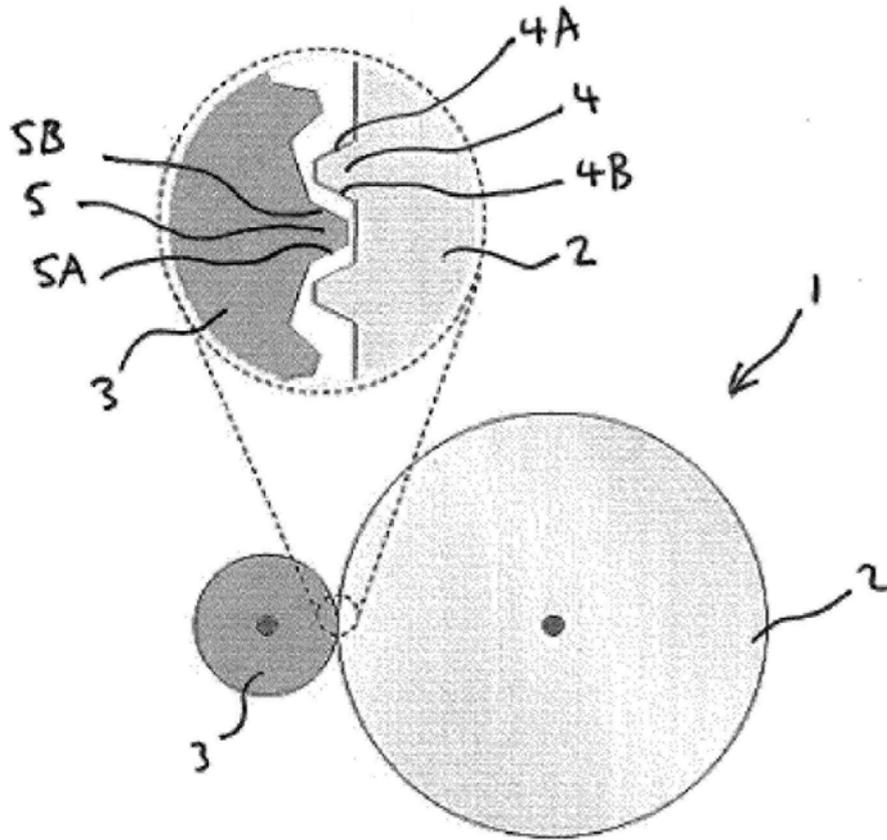


FIGURA 2

FIGURA 3A

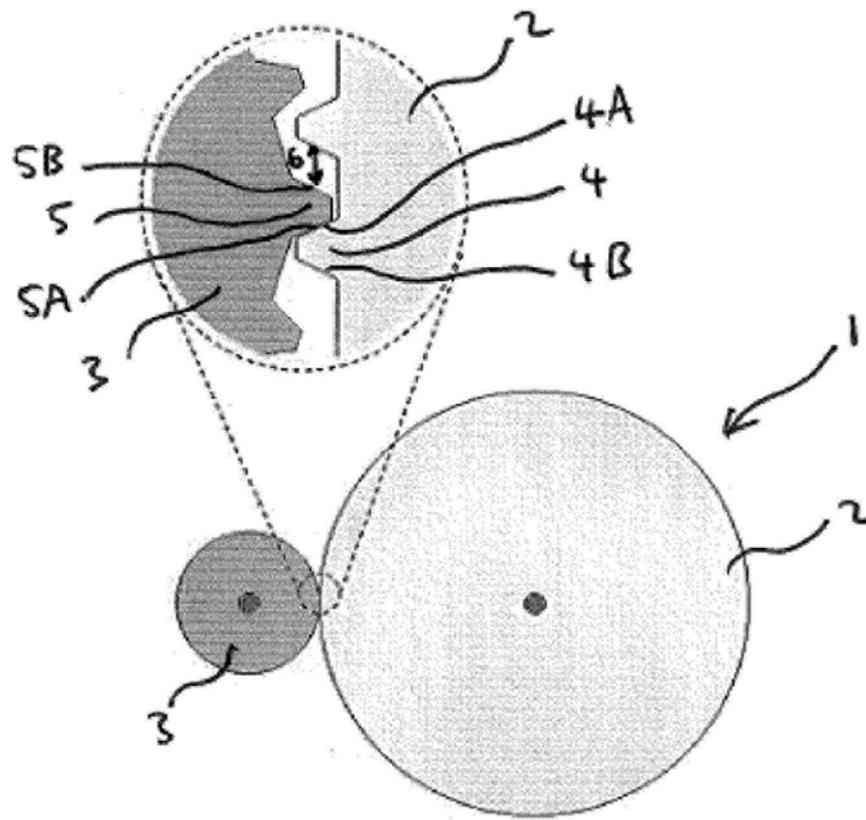


FIGURA 3

FIGURA 4A

FIGURA 4B

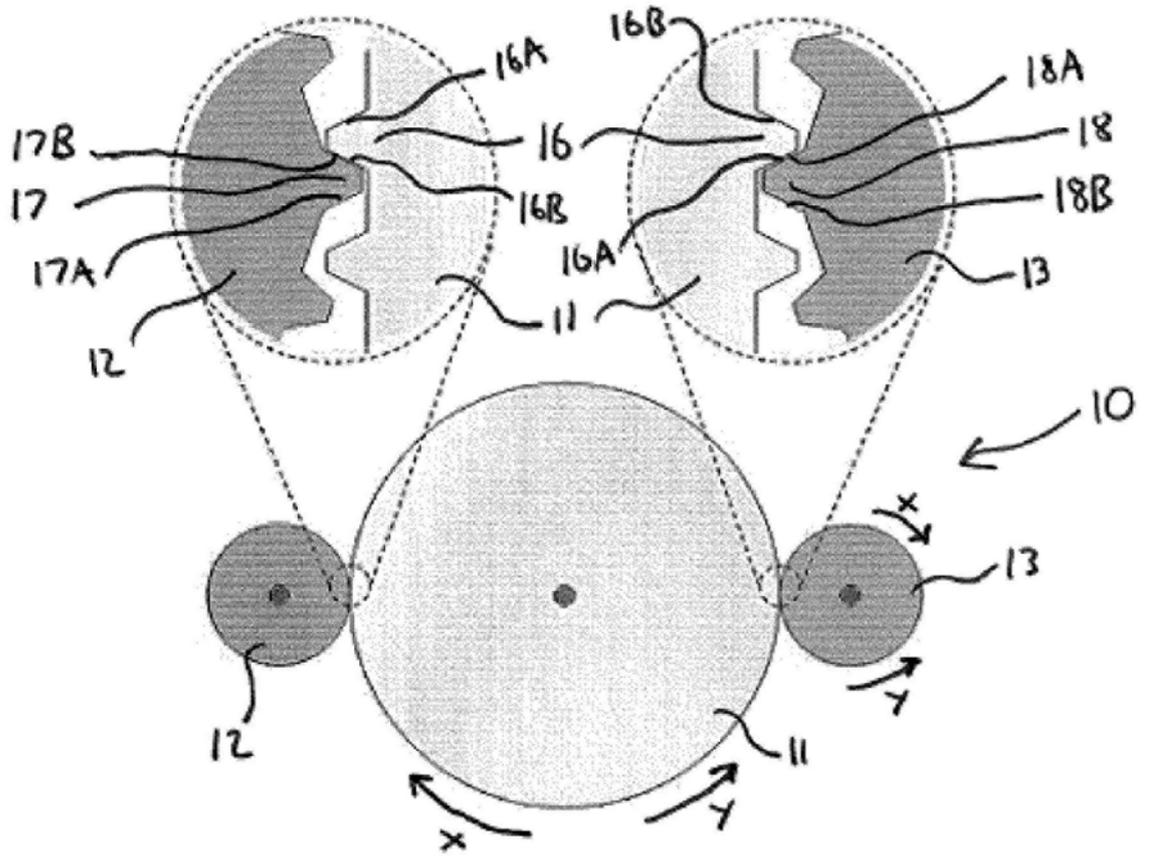


FIGURA 4

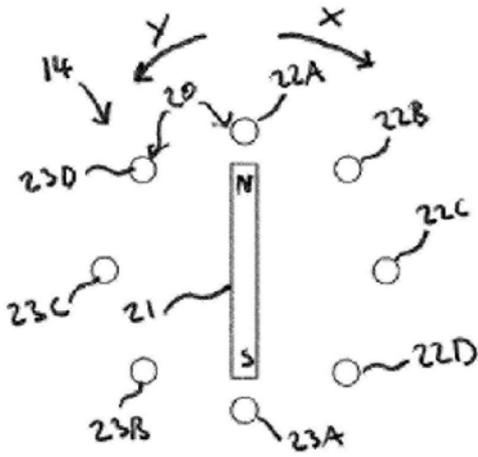


FIGURA 5A

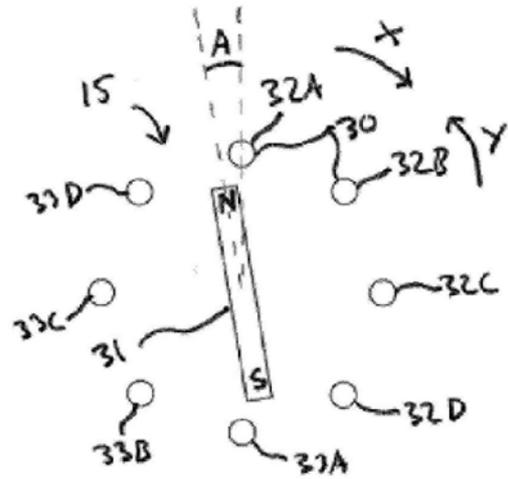


FIGURA 6A

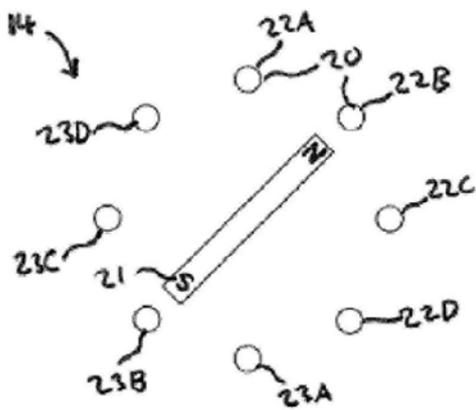


FIGURA 5B

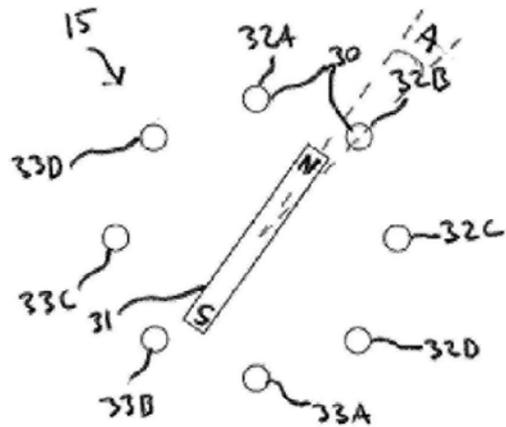


FIGURA 6B

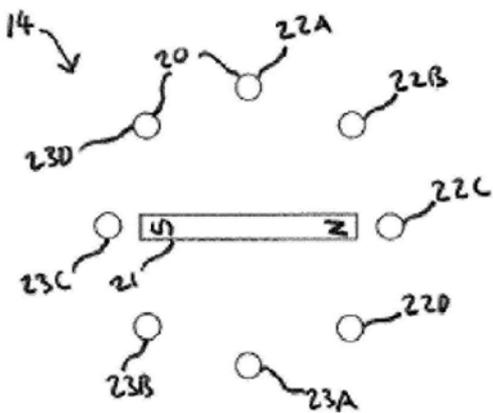


FIGURA 5C

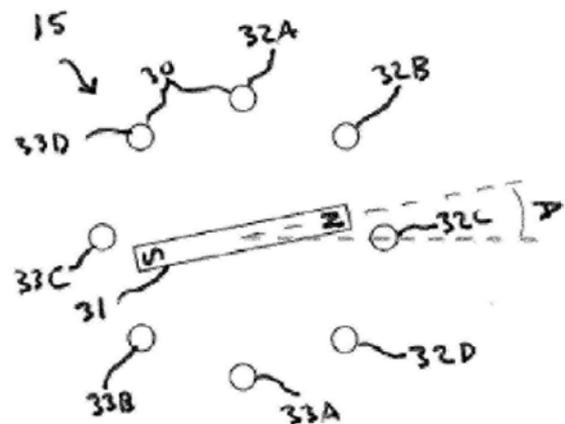


FIGURA 6C

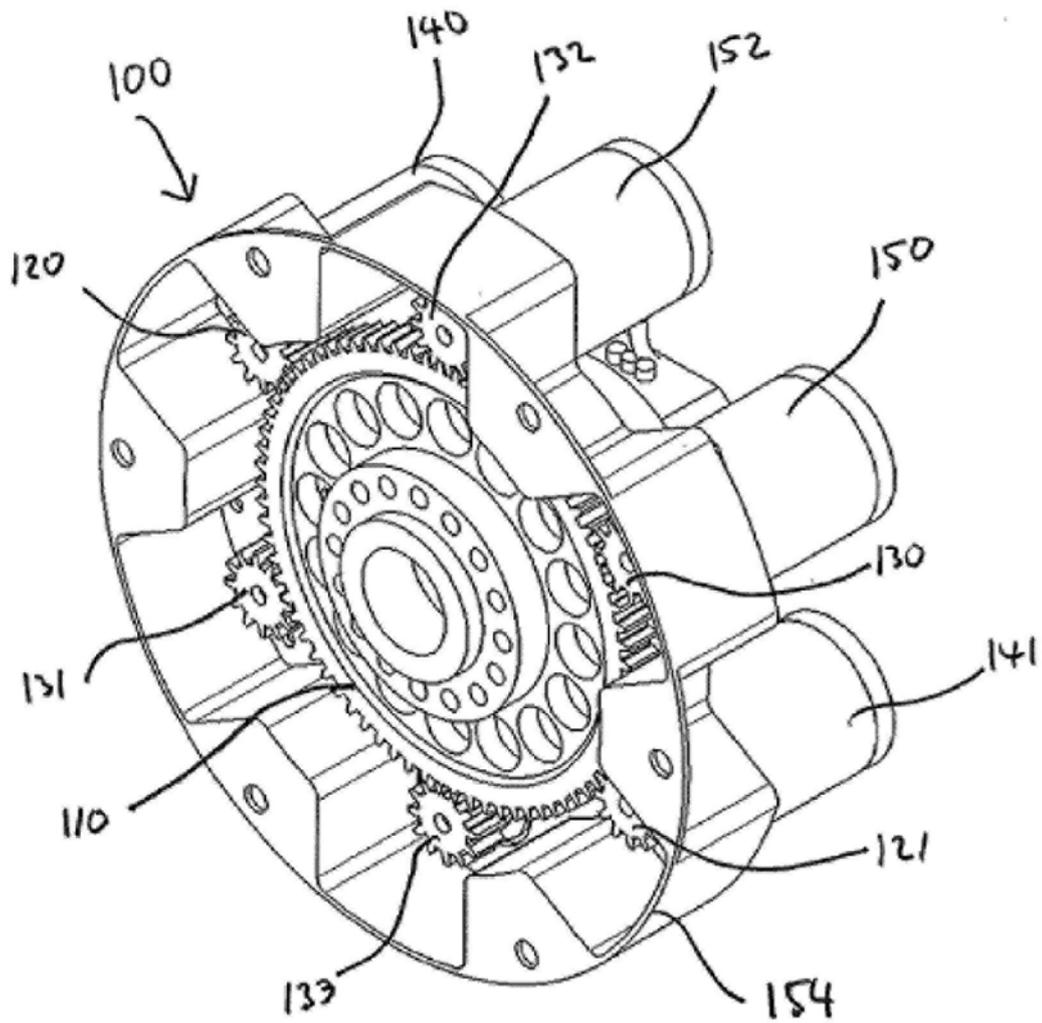


FIGURA 7

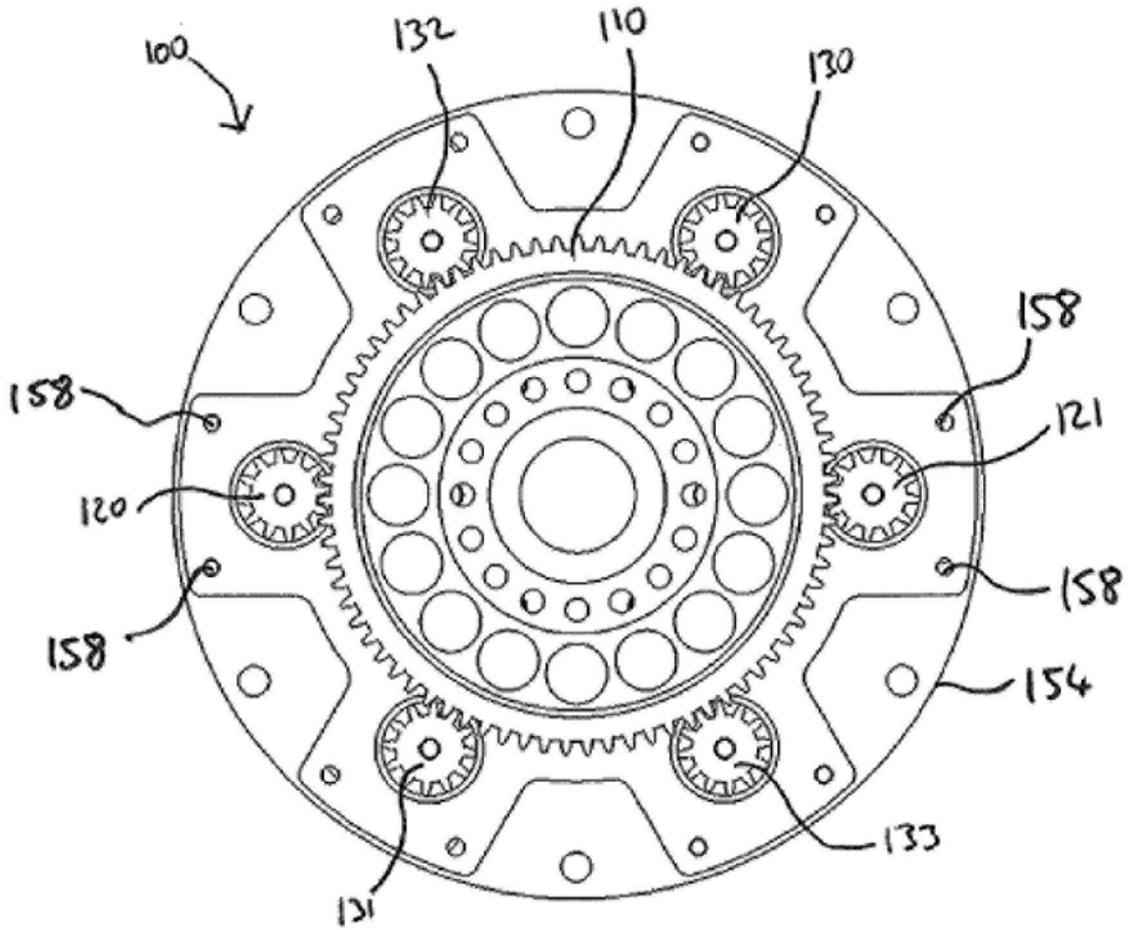


FIGURA 8

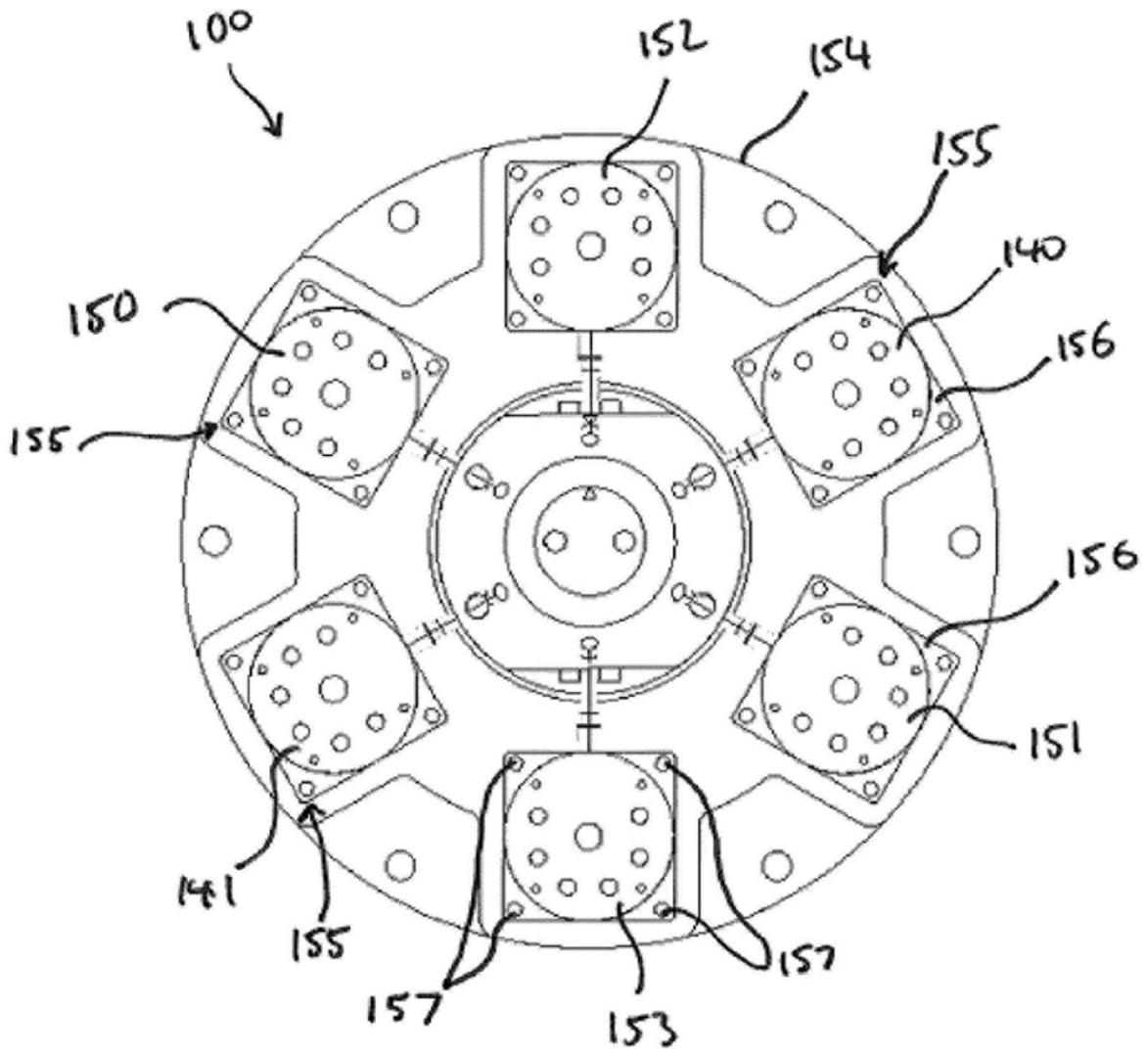


FIGURA 9

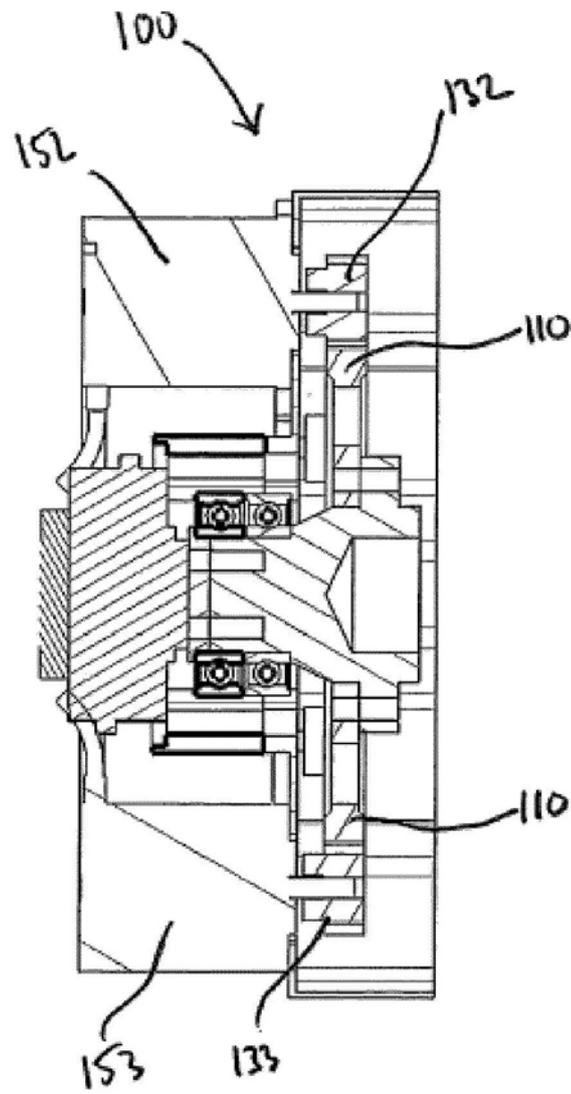


FIGURA 10

