

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 780 384**

51 Int. Cl.:

**H02K 37/04** (2006.01)

**H02K 16/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2013** E 13195544 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020** EP 2741406

54 Título: **Motor paso a paso de doble rotor**

30 Prioridad:

**05.12.2012 FR 1203295**

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

**25.08.2020**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie , FR**

72 Inventor/es:

**VEZAIN, STÉPHANE;  
BAUDASSE, YANNICK y  
GAFARI, YASMINA**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 780 384 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**

Motor paso a paso de doble rotor

La invención se sitúa en el campo de los accionadores mecánicos de precisión. Se refiere a un motor paso a paso de gran precisión y puede en especial utilizarse en los mecanismos de accionamiento de satélites artificiales.

5 Los satélites artificiales necesitan generalmente numerosos dispositivos de accionamiento. Estos dispositivos pueden, en especial, servir para desplegar paneles desde una configuración de almacenamiento hacia una configuración desplegada, para orientar mecanismos de apuntado en diferentes direcciones, o para accionar elementos de instrumentos ópticos tales como espejos. De manera general, el contexto espacial impone restricciones en términos de consumo eléctrico, de fiabilidad, de peso y de espacio ocupado. Además, los dispositivos de accionamiento deben a menudo presentar una gran precisión, es decir, una resolución angular reducida en el caso de motores rotativos. Los motores paso a paso se utilizan actualmente como accionadores mecánicos para las aplicaciones aeroespaciales. De hecho, este tipo de motor presenta varias ventajas, como un rozamiento reducido, una posibilidad del mantenimiento en posición sin consumo eléctrico, y una simplicidad de control. En particular, no es necesaria ninguna readaptación para mantener una posición particular. Los motores paso a paso presentan además una resolución angular reducida, pudiendo alcanzar algunas décimas de grado. Sin embargo, una disminución de la resolución angular se acompaña de un aumento del espacio ocupado y de la masa del motor. Además, pueden ser necesarias resoluciones angulares más precisas. Una solución consiste en añadir un reductor mecánico a la salida del motor paso a paso. La introducción de un reductor implica no obstante una disminución del rendimiento energético debido a los rodamientos que implica, y un aumento del peso y del espacio ocupado. Otra solución consiste en controlar el motor paso a paso con micropasos. Esta solución necesita una electrónica más costosa, y no permite mantener un par de mantenimiento sin alimentación.

La patente US6700272 describe un motor de reluctancia que comprende un estator, un rotor y un rotor intermedio en el cual los dientes del estator no tienen el mismo paso que los dientes del rotor al cual están enfrentados.

25 El documento US2010/0066184 describe una máquina eléctrica rotativa que comprende un estator y un rotor que disponen de pares de polos magnéticos que tienen dientes repartidos según un paso regular pero diferente a los pasos de los dientes de los polos del estator.

La patente FR2724783 describe un micromotor paso a paso que comprende un estator y un rotor que presentan el mismo número de dientes polares.

30 Un objetivo de la invención es, en especial, remediar totalmente o en parte los inconvenientes citados anteriormente proponiendo un motor paso a paso que ofrece una resolución angular muy reducida a la vez que presenta una concepción mecánica de un control electrónico simples, un espacio ocupado limitado, y una posibilidad de mantenimiento en posición sin consumo eléctrico. Con tal fin, la invención tiene por objeto un motor paso a paso de doble rotor que presenta un movimiento diferencial. De forma más precisa, la invención tiene por objeto un motor paso a paso que comprende:

- 35 • un estator que comprende N contactos de estator, donde N es un número entero superior o igual a tres,
- un primer rotor capaz de desplazarse con respecto al estator según un eje, comprendiendo el primer rotor un primer conjunto de dientes repartidos según un primer paso  $p_1$ , y un segundo conjunto de dientes repartidos según un segundo paso  $p_2$ , y
- 40 • un segundo rotor capaz de desplazarse con respecto al primer rotor según el eje, comprendiendo el segundo rotor N contactos de rotor,

los N contactos de estator comprenden una pluralidad a de dientes repartidos según el paso  $p_1$ , donde a es un número entero, estando los N contactos de estator repartidos sobre el estator según un tercer paso igual a  $p_1(a+1/N)$  siendo los dientes del primer conjunto capaces de alinearse individualmente con uno de los contactos de estator, el pasaje de un alineamiento tiene un alimento consecutivo que causa un desplazamiento del primer rotor con respecto al estator en un primer sentido con el paso  $p_1/N$ ,

los N contactos de rotor comprenden una pluralidad b de dientes repartidos según el paso  $p_2$ , donde b es un número entero, estando repartidos los N contactos de rotor sobre el segundo rotor según un cuarto paso igual a  $p_2(b+1/N)$  y siendo capaces de alinearse individualmente con uno de los dientes del segundo conjunto, el pasaje de una alineación de una alineación consecutiva que causa un desplazamiento del segundo rotor con respecto al primer rotor en un segundo sentido, opuesto al primero, con el paso  $p_2/N$ .

Según una forma particular de realización, los movimientos entre el estator, el primer rotor y el segundo rotor son movimientos de rotación según el eje.

55 Cada contacto de estator puede comprender una primera porción de anillo cuya superficie interior está dentada con el paso  $p_1$ , siendo los dientes de la porción del anillo capaces de alinearse con los dientes del primer conjunto del primer rotor. Cada contacto de estator puede por tanto comprender una segunda porción de anillo cuya superficie inferior está dentada con el paso  $p_1$ , estando dispuesta la segunda porción de anillo simétricamente según el eje con

respecto a la primera porción de anillo, siendo los dientes de la segunda porción de anillo capaces de alinearse con los dientes del primer conjunto del rotor. El primer rotor y el segundo rotor, pueden por tanto comprender cada uno, N anillos concéntricos repartidos a lo largo del eje y aislados electromagnéticamente entre sí, la primera y segunda porciones del anillo de cada contacto de estator se alinea con uno de los anillos del primer rotor y con uno de los anillos del segundo rotor, de manera que permite la circulación de un campo magnético entre la primera porción de anillo y la segunda porción de anillo.

Según una forma particular de realización, el primer rotor comprende dos partes solidarias en rotación según el eje, comprendiendo cada parte N anillos concéntricos repartidos a lo largo del eje y aislados electromagnéticamente entre sí, comprendiendo una superficie exterior de cada anillo dientes repartidos según el paso  $p_1$  y alineados entre los diferentes anillos, comprendiendo una superficie interior de cada anillo dientes repartidos según el paso  $p_2$  y alineados entre los diferentes anillos, comprendiendo el segundo rotor dos partes solidarias en rotación según el eje, comprendiendo cada parte del segundo rotor N anillos concéntricos repartidos a lo largo del eje y aislados electromagnéticamente entre sí, comprendiendo una superficie exterior de cada anillo de los dientes repartidos según el paso  $p_2$  y desfasados con respecto a los dientes de los otros anillos de paso  $p'_2$ , alineándose cada anillo del primer rotor con uno de los anillos del segundo rotor.

Además, cada contacto de estator puede comprender cuatro porciones de anillo concéntricas, estando dentada cada porción de anillo con el paso  $p_1$ , para cada contacto de estator, estando dispuestas una primera porción de anillo y una segunda porción de anillo simétricamente según el eje y cooperando con uno de los anillos de la primera parte del primer rotor y con uno de los anillos de la primera parte del segundo rotor, estando dispuestas una tercera porción de anillo y una cuarta porción de anillo simétricamente según el eje y cooperando con uno de los anillos de la segunda parte del primer rotor y con uno de los anillos de la segunda parte del segundo rotor.

La invención tiene en especial como ventaja que permite al motor paso a paso ser controlado en paso completo a la vez que presenta un movimiento ocular muy reducido entre el segundo rotor y el estator entre dos fases de alimentación sucesivas.

La invención se comprenderá mejor y otras ventajas aparecerán de la lectura de la descripción siguiente, hecha con respecto a los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 representa, en forma de un esquema sinóptico simplificado, un primer ejemplo de motor paso a paso según la invención;
- las figuras 2 a 6 ilustran el funcionamiento del motor paso a paso de la figura 1 durante diferentes fases de alimentación;
- la figura 7 representa un segundo ejemplo de motor paso a paso según la invención.
- Las figuras 8 y 9 representan, respectivamente en una vista en perspectiva y en una vista en sección, un estator del motor paso a paso de la figura 7;
- la figura 10 representa una parte de un motor intermedio del motor paso a paso de la figura 7;
- la figura 11 representa una parte de un rotor central del motor paso a paso de la figura 7;
- la figura 12 ilustra, en una vista en sección longitudinal, el funcionamiento del motor paso a paso de la figura 7.

La figura 1 representa, en forma de un esquema sinóptico simplificado, un primer ejemplo de motor paso a paso según la invención. El motor es representado en este caso siendo un motor lineal. Sin embargo, podría igualmente tratarse de un motor rotativo en una representación plana. El motor 10 paso a paso representado en la figura 1 comprende un estator 11, un primer rotor 12 y un segundo rotor 13 que comprende un imán 14 permanente. El estator 11 comprende cuatro contactos 111 a 114 de estator. Cada contacto 111-114 de estator comprende dos dientes 115 separados entre sí un paso  $p_1$ , y una bobina 116 que puede ser alimentada por una corriente eléctrica con el fin de crear un campo electromagnético. Los contactos 111-114 de estator están repartidos sobre el estator 11 según un paso  $p_1(2+1/N)$ . De forma más precisa, los contactos de estator están dispuestos de manera que uno de los dientes 115 en un contacto 111-114 de estator está situado a una distancia  $p'_1$  de un contacto de estator contiguo. El paso  $p'_1$  es determinado en función del paso  $p_1$  y del número N de contactos de estator. Es igual a  $(1+1/N).p_1$ , es decir en el ejemplo de la figura 1,  $(1+1/4).p_1$ . El primer rotor 12, igualmente denominado rotor intermedio, está en conexión deslizante con respecto al estator 11 según un eje X (o en conexión de pivote según un eje ortogonal al eje X en el caso de un motor rotativo). La conexión deslizante debe entenderse en el sentido amplio, es decir que la conexión debe comprender al menos un grado de libertad en traslación según el eje X. El rotor 12 intermedio comprende un primer conjunto de dientes 121 repartidos según el paso  $p_1$  y que se enfrentan a dientes 115 de los contactos 111-114 de estator. Debido a la diferencia entre los pasos  $p_1$  y  $p'_1$ , los dientes 115 de todos los contactos 111-114 de estator no se pueden alinear simultáneamente con los dientes 121 del rotor 12 intermedio. En cada paso del motor, dos dientes 121 se alinean con los dientes 115 de uno de los contactos 111-114 de estator. El rotor 12 intermedio comprende además un segundo conjunto 122 de dientes repartidos según un paso  $p_2$ , diferente del paso  $p_1$ . El segundo rotor 13, igualmente denominado rotor central, está en conexión deslizante con respecto al rotor 12 intermedio según el eje X (o en conexión

de pivote en el caso de un motor rotativo). Esta por tanto igualmente en conexión deslizante con respecto al estator 11. El rotor 13 central comprende cuatro conjuntos 131 a 134 de dientes 135, denominados contactos de rotor, por analogía con los contactos 111-114 de estator. De manera general, el rotor 13 central comprende N contactos de rotor, es decir tantos contactos de rotor como contactos de estator. Cada contacto 131-134 de rotor comprende dos dientes 135 separados entre sí un paso  $p_2$ . Los contactos 131-134 de rotor están repartidos según un paso  $p_2(2+1/N)$ . De forma más precisa, los contactos de rotor están dispuestos de manera que uno de los dientes 135 de un contacto 131-134 de rotor está situado a una distancia  $p'_2$  de un contacto de rotor contiguo. El paso  $p'_2$  es determinado en función del paso  $p_2$  y del número N de contactos de rotor y de estator. Es igual a  $(1+1/N) \cdot p_2$ , es decir en el ejemplo de la figura 1,  $(1+1/4) \cdot p_2$ . Debido a la diferencia entre los pasos  $p_2$  y  $p'_2$ , los dientes 135 de todos los contactos 131-134 de rotor no se pueden alinear simultáneamente con los dientes 122 del rotor 12 intermedio. En cada paso del motor, dos dientes 122 se alinean con los dientes 135 de uno de los contactos 131-134 de rotor. El imán 14 permanente se une al rotor 13 central de manera que crea o aumenta la circulación de corriente magnética entre los contactos 111-114 de estator y los contactos 131-134 de rotor.

Las figuras 2 a 6 ilustran el funcionamiento del motor 10 paso a paso esquematizado en la figura 1 durante sus fases de alimentación sucesivas. Una fase corresponde a un periodo de tiempo durante el cual una bobina 116 de uno de los contactos 111-114 de estator está alimentada. La bobina en sí misma puede igualmente ser denominada "fase". Durante cada fase, el rotor 12 intermedio y el rotor 13 central se sitúan de manera que minimizan la reluctancia entre uno de los contactos 111-114 de estator y el contacto 131-134 de rotor correspondiente. La figura 2 representa las posiciones respectivas del estator 11, del rotor 12 intermedio y del rotor 13 central durante una primera fase, en este caso cuando la bobina 116 del contacto 111 de estator es alimentada. Con el fin de minimizar la reluctancia entre el contacto 111 de estator y el contacto 131 de rotor, dos dientes 121 del rotor 12 intermedio se alinean con los dientes 115 del contacto 111 de estator, y dos dientes 122 del rotor 12 intermedio se alinean con los dientes 135 del contacto 131 de rotor. El campo 20 magnético establecido entre el contacto 111 de estator y el contacto 131 de rotor es por tanto máximo.

La figura 3 representa el motor 10 paso a paso durante la segunda fase, es decir cuando la bobina 116 del segundo contacto 112 de estator es alimentada. Las posiciones del rotor 12 intermedio y del rotor 13 central durante la primera fase son representadas en trazados discontinuos. Con el fin de minimizar la reluctancia entre el contacto 112 de estator y el contacto 132 de rotor, dos dientes 121 del rotor 12 intermedio se alinean con los dientes 115 del contacto 112 de estator, y dos dientes 122 del rotor 12 intermedio se alinean con los dientes 135 del contacto 132 de rotor. De manera clásica, el paso de la primera alineación entre los dientes 115 del contacto 111 de estator y los dientes 121 del rotor 12 intermedio, a la segunda alineación entre los dientes 115 del contacto 112 de estator y los dientes 121 del rotor 12 intermedio causa un desplazamiento del rotor 12 intermedio con respecto al estator 11 una distancia  $d_1$  igual a  $p_1/N$ , es decir en este caso  $p_1/4$ . De forma análoga, el paso de la primera alineación entre los dientes 122 del rotor 12 intermedio y los dientes 135 del contacto 131 de rotor, a la segunda alineación entre los dientes 122 del rotor 12 intermedio y los dientes 135 del contacto 132 de rotor causa un desplazamiento del rotor 13 central con respecto al rotor 12 intermedio una distancia  $d_2$  igual a  $p_2/N$ , es decir en este caso  $p_2/4$ . En la medida en la que la diferencia entre el paso  $p_1$  y  $p_2$  es relativamente reducida, el motor 12 intermedio es accionado en un primer sentido  $S_1$ , y el rotor 13 central es accionado en un segundo sentido  $S_2$ , opuesto al primero. Por tanto, el movimiento resultante del rotor 13 central con respecto al estator 11 es inferior a cada uno de los dos movimientos relativos. La distancia  $d_3$  recorrida por el rotor 13 central con respecto al estator 11 es igual a la distancia  $(d_2-d_1)$ , es decir  $(p_2-p_1)/N$ . De ello se deduce que la distancia  $d_3$  puede elegirse tan pequeña como se desee eligiendo los valores de los pasos  $p_1$  y  $p_2$  apropiados.

La figura 4 representa un motor 10 paso a paso durante la tercera fase, es decir cuando se alimenta la bobina 116 del tercer contacto 113 de estator. El rotor 12 intermedio y el rotor 13 central son todavía representados en trazados discontinuos en las posiciones que ocupan durante la primera fase. Durante esta tercera fase, son los dientes 115 del contacto 113 de estator los que se alinean con los dientes 121 del rotor 12 intermedio, y los dientes 135 del contacto 133 de rotor los que se alinean con los dientes 122 del rotor 12 intermedio. El paso de las alineaciones de la segunda fase a las alineaciones de la tercera fase causa de nuevo el desplazamiento del rotor 12 intermedio con respecto al estator 11 de distancia  $d_1$  y de sentido  $S_1$ , y un nuevo desplazamiento del rotor 13 central con respecto al rotor 12 intermedio de distancia  $d_2$  y de sentido  $S_2$ . El rotor 13 central ha sufrido por tanto un desplazamiento igual a  $2 \cdot (d_2-d_1)$  desde la primera fase.

La figura 5 representa el motor 10 paso a paso durante la cuarta fase, es decir cuando se alimenta la bobina 116 del cuarto contacto 114 de estator. En esta fase, los dientes 115 del contacto 114 de estator se alinean con los dientes 121 del rotor 12 intermedio, y los dientes 135 del contacto 134 de rotor se alinean con los dientes 122 del rotor 12 intermedio. El paso de las alineaciones de la tercera fase a las alineaciones de la cuarta fase causa de nuevo un desplazamiento del rotor 12 intermedio con respecto al estator 11 de distancia  $d_1$  y de sentido  $S_1$ , y un nuevo desplazamiento del rotor 13 central con respecto al rotor 12 intermedio de distancia  $d_2$  y de sentido  $S_2$ . El rotor 13 central por tanto ha sufrido un desplazamiento igual a  $3 \cdot (d_2-d_1)$  desde la primera fase.

La figura 6 representa el motor 10 paso a paso durante la quinta fase. Esta fase corresponde de hecho a la primera fase, en la cual se alimenta la bobina del primer contacto 111 de estator. Se obtienen las mismas alineaciones que las de la primera fase. Los pasos sucesivos de la primera a la quinta fase por tanto causan un desplazamiento del rotor 12 intermedio con respecto al estator 11 de distancia  $p_1$ , es decir  $4 \cdot d_1$ , y de sentido  $S_1$ , y un desplazamiento del rotor

13 central con respecto al rotor 12 intermedio de distancia  $p_2$ , es decir  $4.d_2$  y de sentido  $S_2$ . En consecuencia, el desplazamiento del rotor 13 central con respecto al estator 11 es igual a  $p_2-p_1$ .

El ejemplo de realización del motor paso a paso de la figura 1 se puede generalizar. En particular, como se indicó anteriormente, la invención puede aplicarse a motores paso a paso rotativos. En dicho caso, los movimientos de los rotores son movimientos de rotación, y los pasos considerados son pasos angulares. Por otro lado, se ha considerado un número  $N$  de contactos de rotor y de contactos de estator igual a cuatro. El número  $N$  puede no obstante tomar cualquier valor entero superior o igual a tres. De manera general, cada contacto de estator y cada contacto de rotor puede comprender uno o varios dientes. Con  $a$  un número entero que representa el número de dientes de cada contacto de estator, los contactos de estator son repartidos sobre el estator según un paso igual a  $p_1(a+1/N)$ . De la misma forma, con  $b$  un número entero que representa el número de dientes de cada contacto de rotor, los contactos de rotor están repartidos sobre el rotor según un paso igual a  $p_2(b+1/N)$ . Con preferencia, los contactos de rotor y de estator comprenden el mismo número de dientes. Cuando un contacto comprende una pluralidad de dientes, estos dientes son repartidos según los pasos  $p_1$  o  $p_2$ , según se trate de un contacto de estator o de rotor, respectivamente. Cada diente situado en el extremo de la pluralidad de dientes de un contacto de estator debe estar a la distancia  $p'_1$  de uno de los dientes de un contacto de estator consecutivo. De la misma manera, cada diente situado en el extremo de la pluralidad de dientes de un contacto de rotor debe estar a la distancia  $p'_2$  de uno de los dientes del contacto de rotor consecutivo. Los pasos  $p'_1$  y  $p'_2$  han sido indicados siendo iguales a  $(1+1/N).p_1$  y  $(1+1/N).p_2$ , respectivamente. No obstante, debido a la periodicidad de los dientes de rotor intermedio y del rotor central, estos pasos pueden también ser iguales a  $p_1/N$  y  $p_2/N$ , respectivamente. Los dientes del estator, del rotor intermedio y del rotor central han sido esquematizados en las figuras 1 a 6 en forma de triángulos. No obstante, se puede utilizar cualquier otra forma de los dientes en el ámbito de la invención. Más generalmente, los dientes pueden ser reemplazados por cualquier medio capaz de generar posiciones que presentan una reluctancia inferior a la de otras posiciones. En particular, se pueden utilizar materiales cuyas propiedades electromagnéticas difieren. A título de ejemplo, el paso  $p_2$  puede ser igual a 1,1 veces el paso  $p_1$ . La diferencia entre los pasos  $p_1$  y  $p_2$  puede ajustarse en función de la resolución angular deseada entre el estator y el rotor central.

La figura 7 representa un segundo ejemplo de realización de un motor paso a paso según la invención. Se trata en este caso de un motor paso a paso rotativo de reluctancia variable y con rotores escalonados. El motor 30 paso a paso comprende un estator 31, un rotor 32 intermedio, y un rotor 33 central que comprende un imán 34 permanente. El imán 34 permanente es solidario al rotor 33 central. Los rotores 32 y 33 están en conexión de pivote con respecto al estator 31 según un eje  $Y$ .

Las figuras 8 y 9 representan el estator 31 del motor 30 de la figura 7 en una vista en perspectiva y en una vista en sección según el eje  $Y$ , respectivamente. El estator 31 comprende cuatro contactos 311, 312, 313 y 314 de estator. Cada contacto 311-314 de estator comprende respectivamente cuatro porciones 311A-311D, 312A-312D, 313A-313D y 314A-314D de anillo. Estas porciones de anillo son denominadas de manera genérica 31A-31D. Cada porción 31C de anillo está desfasada en traslación según el eje  $Y$  de la porción 31A de anillo correspondiente. Las porciones 31B y 31D de anillo están situadas enfrentadas a cada porción 31A y 31C de anillo, respectivamente. Cada porción anillo está dentada con un mismo paso  $p_1$ . Los dientes de la porción 312A de anillo están desfasados angularmente de los dientes de la porción 311A de anillo un paso  $p'_1$ . El paso  $p'_1$  es igual a  $1/4.p_1$ . De forma más general, el desfase angular es igual a  $1/N.p_1$ , donde  $N$  es el número de contactos de estator. Del mismo modo, los dientes de las porciones 313A y 314A de anillo están desfasados angularmente de los dientes de las porciones 312A y 313A de anillo, respectivamente, un paso  $p'_1$ . Sucede lo mismo para las porciones 311B-314B, 311C-314C y 311D-314D de anillo. Los dientes de las porciones 31A de anillo están alineadas con los dientes de las porciones 31C de anillo respectivas, y los dientes de las porciones 31B de anillo están alineadas con los dientes de las porciones 31D de anillo. El estator comprende además ocho bobinas 316 alimentadas por par. Una primera bobina 316 permite alimentar las porciones 311A y 311C de anillo. Una segunda bobina 316 permite alimentar las porciones 311B y 311D de anillo. De manera análoga, las otras seis bobinas permiten alimentar individualmente las porciones 312A y 312C, 312B y 312D, 313A y 313C, 313B y 313D, 314A y 314C, y 314B y 314D de anillo.

La figura 10 representa una parte 32A del rotor 32 intermedio en una vista en perspectiva. La parte 32A comprende cuatro anillos concéntricos, denominados fases 321 a 324, repartidos a lo largo del eje  $Y$  y solidarios en rotación según el eje  $Y$ . El número de fases de la parte 32A es igual al número  $N$  de contactos de estator. Las fases 321-324 están aisladas electromagnéticamente entre sí por espaciadores 325. La superficie exterior de cada anillo 321-324 porta un conjunto de dientes 326 repartidos según el paso  $p_1$ . Los dientes 326 de cada fase 321-324 están alineados con los de las otras fases. La superficie interior de cada anillo 321-324 porta un conjunto de dientes 327 repartidos según el paso  $p_2$ . Los dientes 327 de cada fase 321-324 están alineados con los de las otras fases. El rotor 32 intermedio comprende dos partes 32A y 32B solidarias en rotación según el eje  $Y$ . La parte 32B, no representada, es idéntica a la parte 32A. La parte 32A se alinea con las porciones 31A y 31B de anillo y la parte 32B se alinea con las porciones 31C y 31D de anillo. De forma más precisa, las fases 321-324 de la parte 32A se disponen respectivamente enfrentadas a las porciones 311A y 311B, 312A y 312B, 313A y 313B, y 314A y 314B de anillo. Las fases 321-324 de la parte 32B se disponen respectivamente enfrentadas a las porciones 311C y 311D, 312C y 312D, 313C y 313D, y 314C y 314D de anillo. El rotor 32 intermedio está dimensionado de manera que los dientes 326 pueden cooperar con los dientes de las porciones 31A-31D de anillo.

5 La figura 11 representa una parte 33A del rotor 33 central en una vista en perspectiva. La parte 33A comprende cuatro anillos concéntricos, denominados fases 331 a 334, repartidos a lo largo del eje Y y solidarios en rotación según el eje Y. De forma más general, la parte 33A comprende tantas fases como el número N de contactos de estator. Las fases 331-334 están aisladas electromagnéticamente entre sí por separadores 335. La superficie exterior de cada anillo 331-334 porta un conjunto de dientes 336 repartidos según el paso  $p_2$ . Los dientes 336 de cada fase 331-334 están desfasados un paso  $p'_2$ , igual a  $1/4 \cdot p_2$  o, más generalmente,  $1/N \cdot p_2$ . El rotor central comprende dos partes 33A y 33B solidarias en rotación según el eje Y. La parte 33B, no representada, es idéntica a la parte 33A. La parte 33A se alinea con la parte 32A del rotor 32 intermedio, y la parte 33B se alinea con la parte 32B del rotor 32 intermedio. El rotor 33 central está dimensionado de manera que los dientes 336 pueden cooperar con los dientes 327 del rotor 32 intermedio. El funcionamiento del motor 30 paso a paso es por tanto análogo al del motor 10 paso a paso ilustrado por las figuras 1 a 6.

15 La figura 12 ilustra en una vista en sección longitudinal según el eje Y, el funcionamiento del motor 30 paso a paso en una tercera fase de alimentación. En esta fase, los dientes de las porciones 313A, 313B, 313C y 313D de anillo están alineados con los dientes 326 de los anillos 323 de las dos partes 32A y 32B del rotor 32 intermedio. Además, los dientes 327 de estos mismos anillos 323 están alineados con los dientes 336 de los anillos 333 de las dos partes 33A y 33B del rotor 33 central. Pueden por tanto circular líneas 41 y 42 de campo entre el estator 31, el rotor 32 intermedio, el rotor 33 central y el imán 34 permanente.

20 De la lectura de la figura 12, se comprende que el motor 30 paso a paso podría ser modificado sin salir del ámbito de la invención. Por ejemplo, el rotor 32 intermedio y el rotor 33 central puede que comprendan sólo parte de las N fases, y el estator 31 puede que sólo comprenda las ocho porciones 31A y 31B de anillo. Las líneas de campo se establecen por tanto entre las porciones 31A 31B de anillo. A la inversa, el motor paso a paso puede que sólo comprenda las porciones 31A y 31C o 31B y 31D de anillo. Las dos partes del rotor 32 intermedio y del rotor 33 central son por tanto necesarias. Por otro lado, el número N de fases y de contactos de estator puede tomar cualquier valor entero superior o igual a 3. Además las formas de los dientes pueden diferir de las representadas en las figuras 7 a 11.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Motor paso a paso que comprende:

- un estator (11, 31) que comprende N contactos (111-114, 311-314) de estator, donde N es un número entero inferior o igual a tres,
- 5 • un primer rotor (12, 32) capaz de desplazarse con respecto al estator (11, 31), según un eje (X, Y), comprendiendo el primer rotor (12, 32) un primer conjunto de dientes (121) repartidos según un primer paso  $p_1$ , y un segundo conjunto de dientes (122) repartidos según un segundo paso  $p_2$ , y
- un segundo rotor (13, 33) capaz de desplazarse con respecto al primer rotor (12, 32) según el eje (X, Y), comprendiendo el segundo rotor (13, 33) N contactos (131-134, 311-314) de rotor,

10 **caracterizado porque**

los N contactos (111-114, 311-314) de estator comprenden una pluralidad a de dientes repartidos según el paso  $p_1$ , donde a es un número entero que representa el número de dientes de cada contacto de estator, estando repartidos los N contactos (111-114, 311-314) de estator sobre el estator (11, 31) según un tercer paso igual a  $p_1(a+1/N)$ , siendo los dientes (121) del primer conjunto capaces de alinearse individualmente con uno de los contactos (111-114, 311-314) de estator, causando el paso de una alineación a una alineación consecutiva un desplazamiento del primer rotor (12, 32) con respecto al estator (11, 31), en un primer sentido ( $S_1$ ) con el paso  $p_1/N$ .

**y porque**

los N contactos (131-134, 311-314) de rotor comprenden una pluralidad b de dientes repartidos según el paso  $p_2$ , donde b es un número entero que representa el número de dientes de cada contacto de rotor, estando repartidos los N contactos (131-134, 311-314) de rotor sobre el segundo rotor (13, 33) según un cuarto paso igual a  $p_2(b+1/N)$ , y siendo capaces de alinearse individualmente con uno de los dientes (122) del segundo conjunto, causando el paso de una alineación a una alineación consecutiva un desplazamiento del segundo rotor (13, 33) con respecto al primer rotor (12, 32) en un segundo sentido ( $S_2$ ), opuesto al primero, con el paso  $p_2/N$ .

2. Motor paso a paso según la reivindicación 1, cuyo tercer paso y cuarto paso tienen un mismo valor, y cuyos movimientos entre el estator (31), el primer rotor (32) y el segundo rotor (33) son movimientos de rotación según el eje (Y).

3. Motor paso a paso según la reivindicación 2, en el cual cada contacto (311-314) de estator comprende una primera porción (31A) de anillo cuya superficie interior está dentada con el paso  $p_1$ , siendo los dientes de la porción de anillo capaces de alinearse con los dientes (326) del primer conjunto del primer rotor (32).

4. Motor paso a paso según la reivindicación 3, en el cual cada contacto (311-314) de estator comprende una segunda porción (31B) de anillo cuya superficie interior está dentada con el paso  $p_1$ , estando dispuesta la segunda porción (31B) de anillo simétricamente según el eje (Y) con respecto a la primera porción (31A) de anillo, siendo los dientes de la segunda porción (31B) de anillo capaces de alinearse con los dientes (326) del primer conjunto del primer rotor (32).

5. Motor paso a paso según la reivindicación 4, en el cual el primer rotor (32) y el segundo rotor (33) comprenden, cada uno, N anillos (321-324, 331-334) concéntricos repartidos a lo largo del eje (Y) y aislados electromagnéticamente entre sí, la primera y segunda porciones (31A, 31B) de anillo de cada contacto (311-314) de estator se alinean con uno de los anillos (321-324) del primer rotor (32) y con uno de los anillos (331-334) del segundo rotor (33) de manera que permiten una circulación de un campo magnético entre la primera porción (31A) de anillo y la segunda porción (31B) de anillo.

6. Motor paso a paso según la reivindicación 2, en el cual el primer rotor (32) comprende dos partes (32A, 32B) solidarias en rotación según el eje (Y), comprendiendo cada parte N anillos (321-324) concéntricos repartidos a lo largo del eje (Y) y aislados electromagnéticamente entre sí, comprendiendo una superficie exterior de cada anillo dientes repartidos según el paso  $p_1$  y alineados entre los diferentes anillos, comprendiendo una superficie interior de cada anillo dientes repartidos según el paso  $p_2$  y alineados entre los diferentes anillos, comprendiendo el segundo rotor (33) dos partes (33A, 33B) solidarias en rotación según el eje (Y), comprendiendo cada parte del segundo rotor N anillos (331-334) concéntricos repartidos a lo largo del eje (Y) y aislados electromagnéticamente entre sí, comprendiendo una superficie exterior de cada anillo dientes repartidos según el paso  $p_2$  y desfasados con respecto a los dientes de otros anillos del paso  $p_2$ , alineándose cada anillo (321-324) del primer rotor (32) con uno de los anillos (331-334) del segundo rotor (33).

7. Motor paso a paso según la reivindicación 6, en el cual cada contacto (311-314) de estator comprende cuatro porciones (31A-31D) de anillo concéntricas, estando dentada cada porción de anillo con el paso  $p_1$ , para cada contacto de estator, estando dispuestas una primera porción (31A) de anillo y una segunda porción (31B) de anillo simétricamente según el eje (Y) y cooperando con uno de los anillos (321-324) de la primera parte (32A) del primer rotor (32) y con uno de los anillos (331-334) de la primera parte (33A) del segundo rotor (33), estando dispuestas una tercera porción (31C) de anillo y una cuarta porción (31D) de anillo simétricamente según el eje (Y) y cooperando con

uno de los anillos (321-324) de la segunda parte (32B) del primer rotor (32) y con uno de los anillos (331-334) de la segunda parte (33B) del segundo rotor (33).



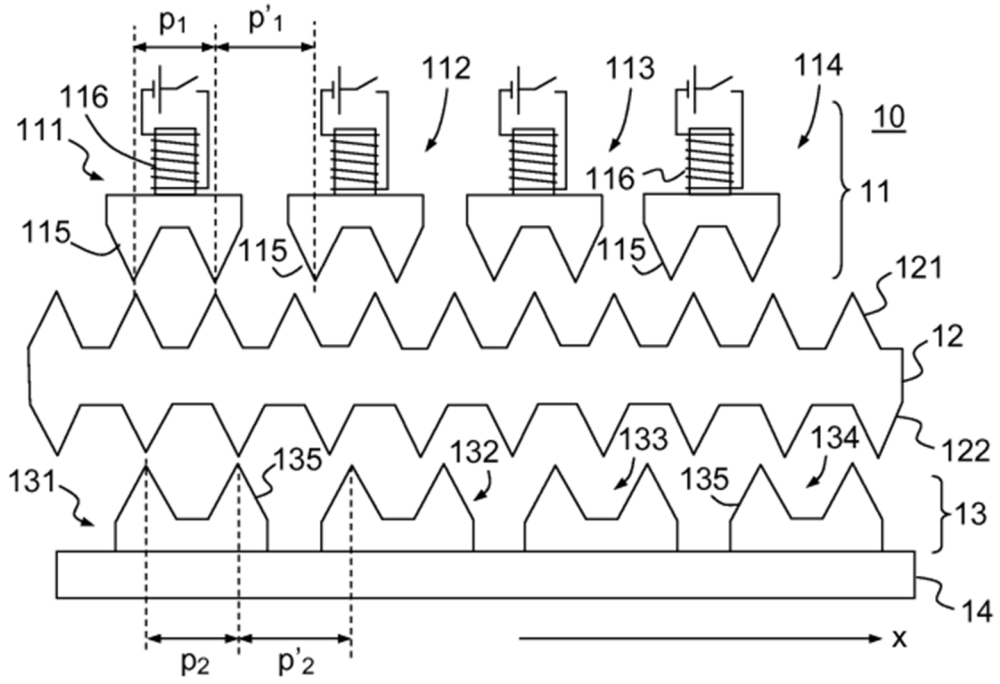


FIG. 1

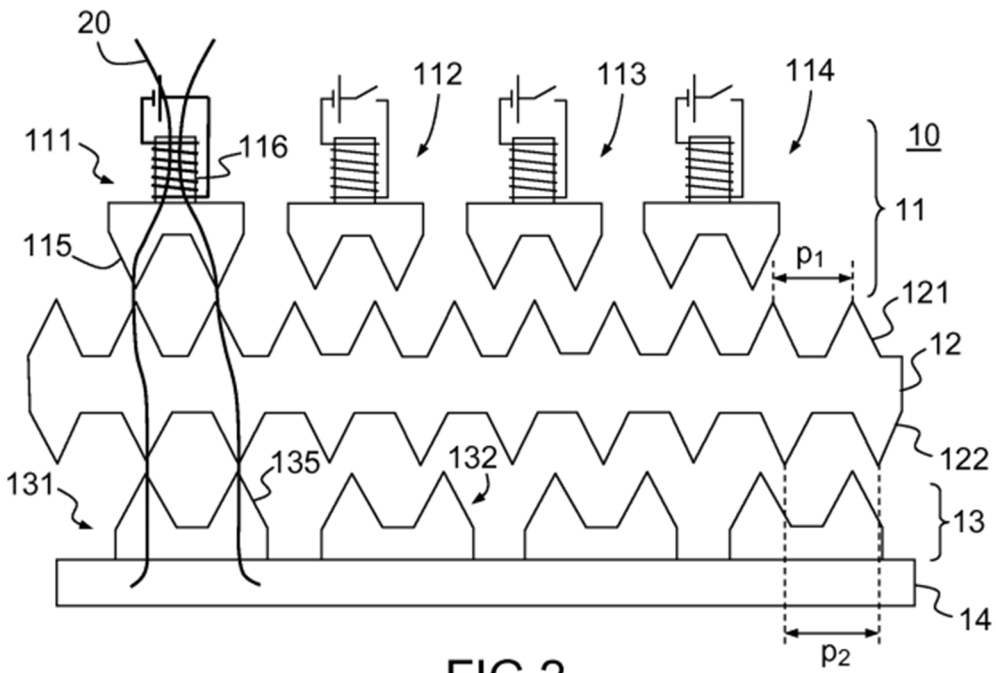


FIG. 2

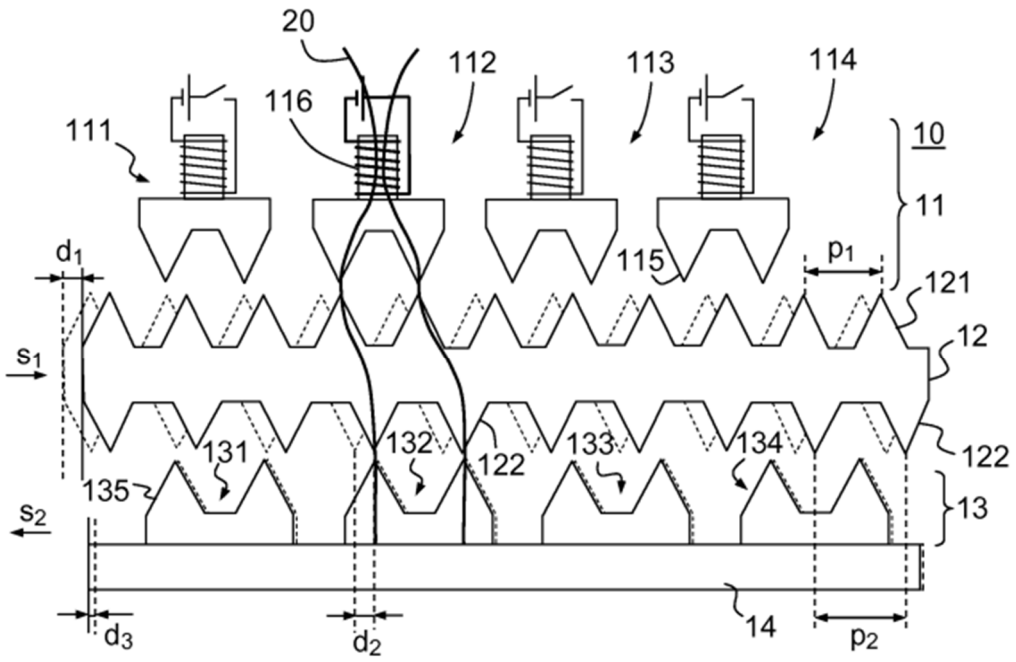


FIG. 3

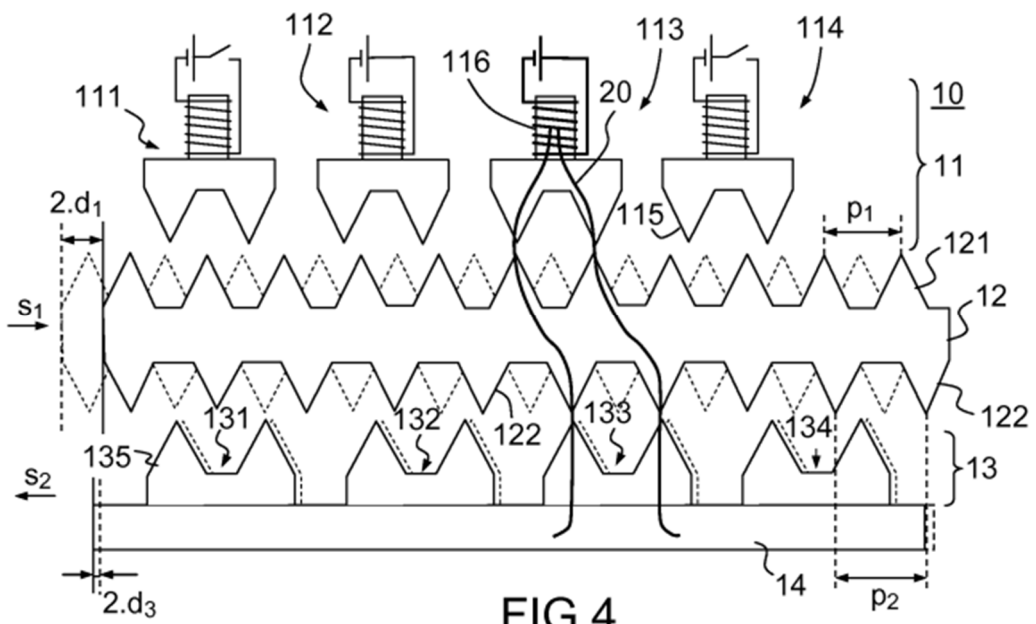


FIG. 4

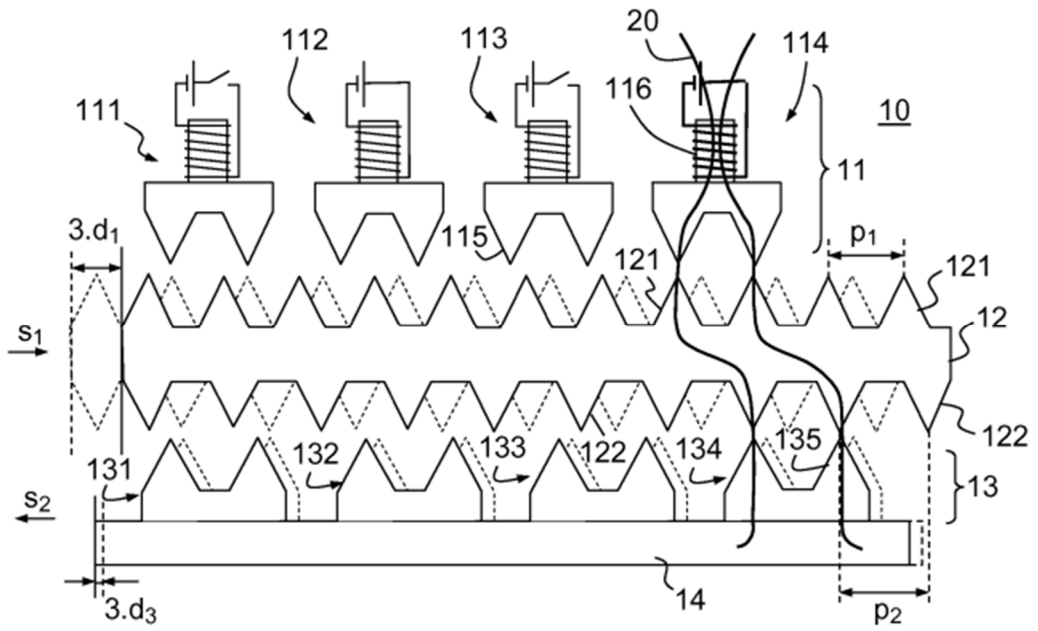


FIG.5

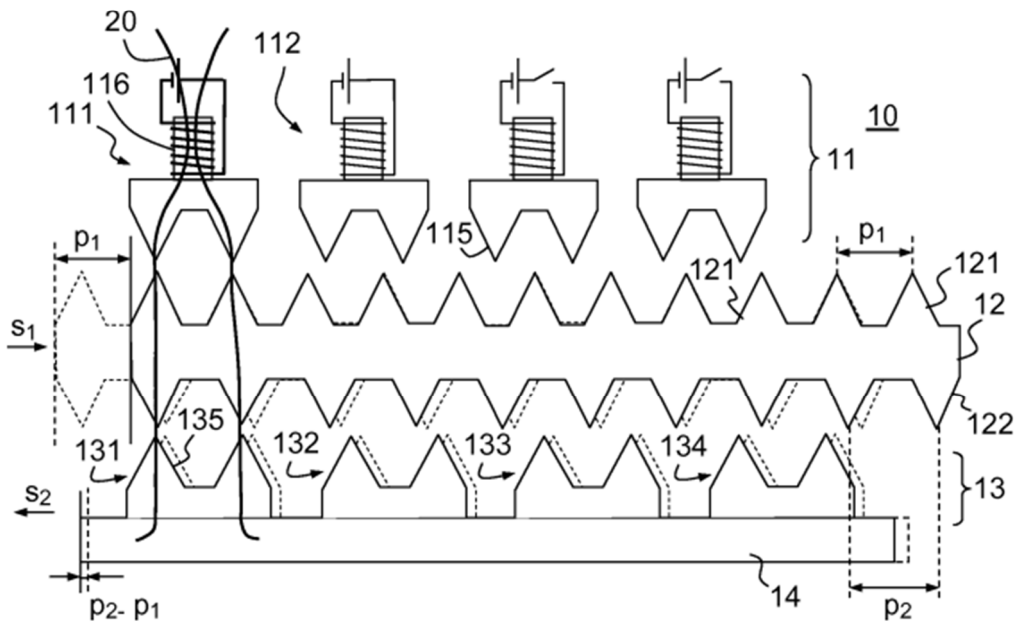


FIG.6

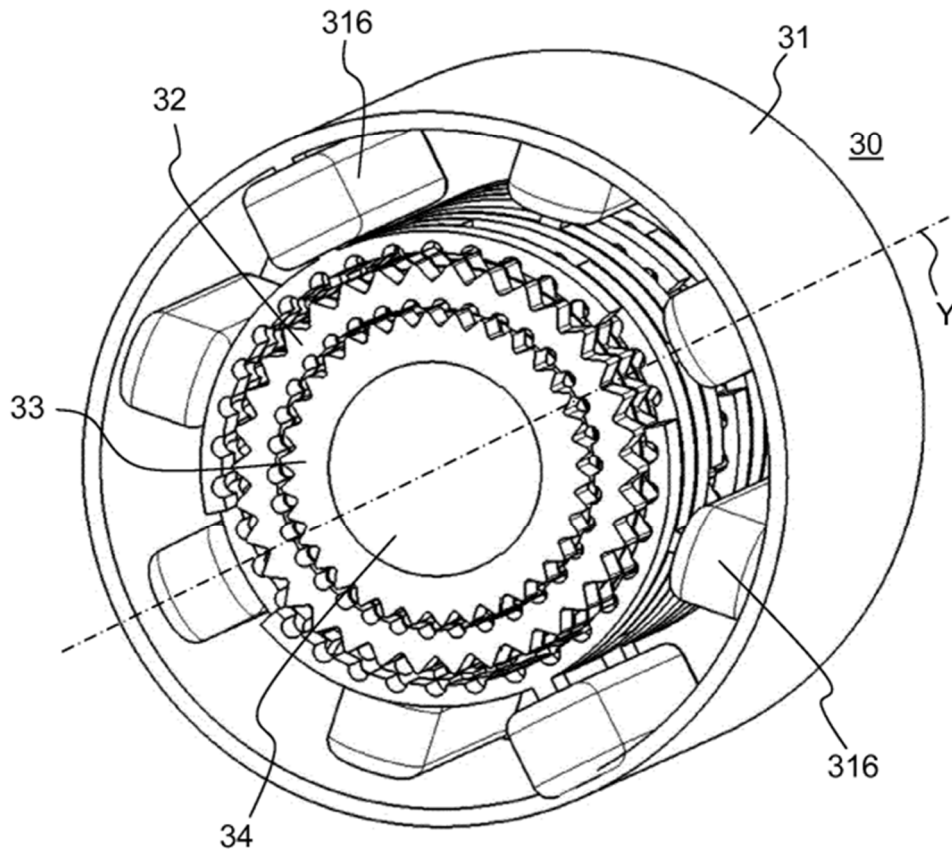


FIG.7

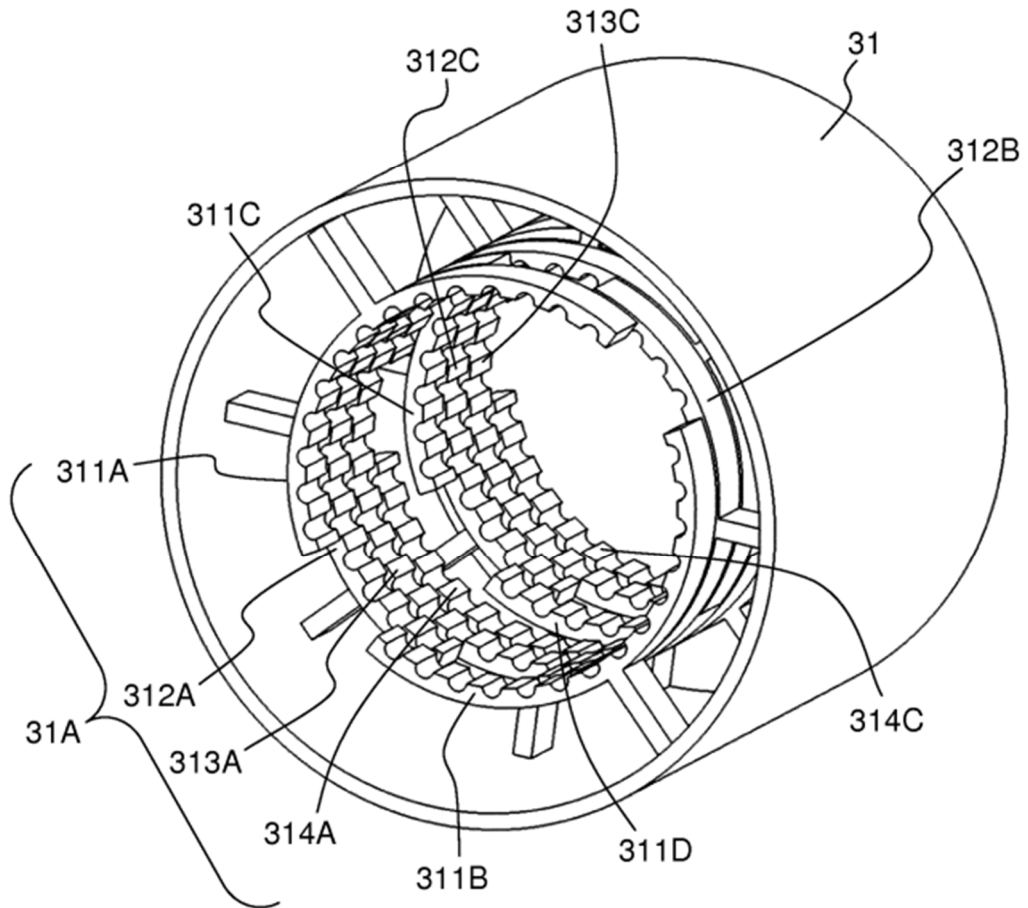


FIG.8

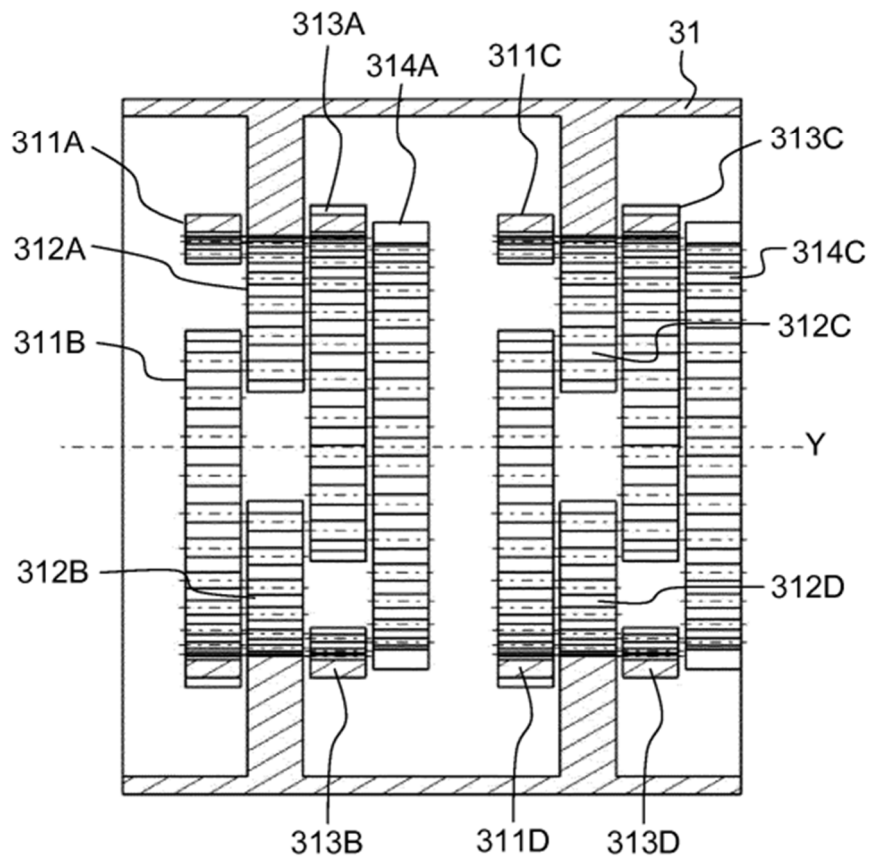


FIG.9

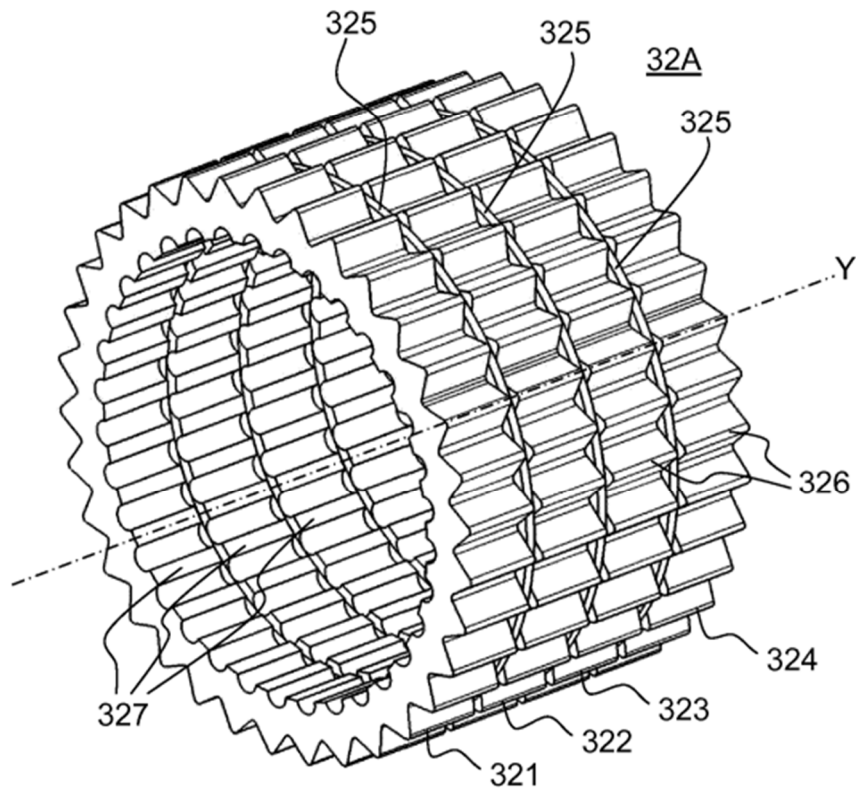


FIG. 10

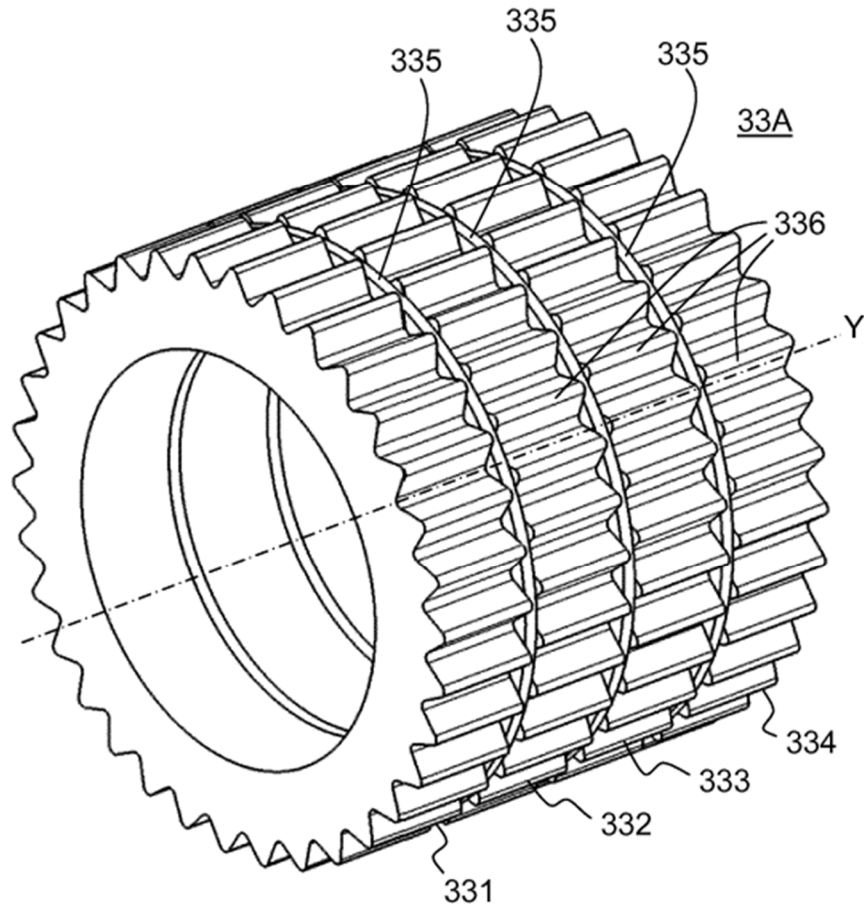


FIG.11



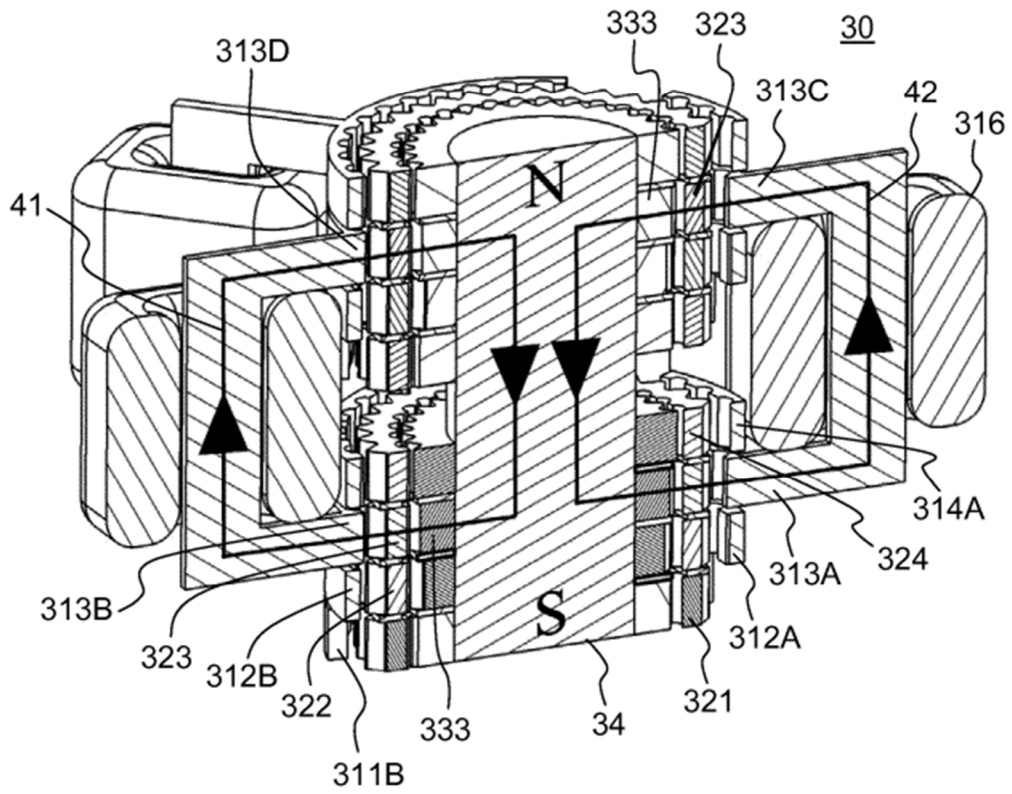


FIG.12