

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 670**

51 Int. Cl.:

H02K 1/12 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 1/28 (2006.01)
H02K 1/30 (2006.01)
H02K 7/00 (2006.01)
H02K 16/02 (2006.01)
H02K 21/02 (2006.01)
H02K 51/00 (2006.01)
B63H 23/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2016 PCT/FI2016/050200**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016 WO16162595**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2016 E 16716892 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 3127224**

54 Título: **Una máquina de imán permanente**

30 Prioridad:

09.04.2015 US 201562145225 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.12.2017

73 Titular/es:

**THE SWITCH DRIVE SYSTEMS OY (100.0%)
Salpausselänkatu 291
53850 Lappeenranta, FI**

72 Inventor/es:

**KURRONEN, PANU;
SILVENTOINEN, MARKUS y
PURANEN, JUSSI**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 645 670 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

Una máquina de imán permanente

5 Campo de la divulgación

La divulgación se refiere a una máquina de imán permanente que puede, por ejemplo pero no necesariamente, ser un generador de árbol marino o una máquina eléctrica de otro sistema donde la máquina eléctrica no puede separarse de una línea de potencia mecánica incluso en el caso de una falla de enrollamiento. Además, la divulgación se refiere a un rotor para una máquina de imán permanente y a un método para desactivar una máquina de imán permanente.

Antecedentes

15 Una ventaja inherente de una máquina de imán permanente es la buena eficacia debido a que los imanes permanentes generan un campo magnético sin pérdidas en comparación con electroimanes. Por otro lado, una máquina de imán permanente no está libre de desafíos cuando la máquina de imán permanente es un generador de árbol marino o una máquina eléctrica de otro sistema donde la máquina eléctrica no puede separarse de una línea de potencia mecánica incluso en un caso de falla de enrollamiento. Junto con las máquinas de imán permanente
20 típicas, uno de los desafíos está relacionado con el hecho de que el campo magnético generado por los imanes permanentes induce tensiones en los enrollamientos de estator también durante una falla, por ejemplo una falla de vuelta a vuelta, de los enrollamientos de estator cuando el rotor de la máquina de imán permanente está rotando. Esto puede provocar corrientes de falla que a su vez pueden conducir a una situación de riesgo.

25 Un enfoque directo sería mantener la máquina de imán permanente detenida, es decir sin rotar, después de que la falla se haya producido, pero esto no es posible en todos los casos. Por ejemplo, un árbol de propulsión de una embarcación solo puede detenerse durante un periodo de tiempo relativamente corto definido por regulaciones. De esta manera, un generador de árbol de imán permanente debería desactivarse dentro de un tiempo relativamente corto durante el cual el árbol de propulsión puede detenerse. Existen básicamente las siguientes dos opciones para desactivar el generador de árbol de imán permanente: a) desconectar el rotor mecánicamente del árbol de propulsión y b) eliminar el campo magnético provocado por los imanes permanentes. La desconexión mecánica del rotor del árbol de propulsión es una tarea exigente y puede llevar demasiado tiempo dependiendo de la construcción y el espacio disponibles. Normalmente, la eliminación del campo magnético provocado por los imanes permanentes, es decir, la desmagnetización de los imanes permanentes, requiere calor y/o un campo magnético externo fuerte de acción contraria o una combinación de estos dos. Evidentemente, esto también destruiría los imanes permanentes.

La publicación EP1055282 describe una máquina eléctrica para la generación de potencia eléctrica en un orificio de perforación terrestre. La potencia eléctrica puede regularse variando la alineación de los imanes permanentes axialmente adyacentes del rotor de la máquina eléctrica.

40 La publicación WO2009036179 describe un motor de imán permanente que comprende un rotor primario que tiene polos magnéticos alrededor de su circunferencia y un rotor secundario similar al rotor primario. El rotor primario puede rotar mediante un paso de polo con respecto al rotor secundario. Cuando los dos rotores tienen polos magnéticos opuestos alineados, el motor de imán permanente está en un estado debilitado de campo.

45 La publicación FR2191329 describe una máquina de imán permanente que comprende una primera sección de rotor que tiene polos magnéticos alrededor de su circunferencia y un segundo rotor similar a la primera sección de rotor y axialmente adyacente a la primera sección de rotor. El rotor de la primera sección de rotor puede rotarse mediante un paso de polo con respecto a la segunda sección de rotor.

50 La publicación EP1916758 describe una máquina síncrona eléctrica de doble rotor que tiene un mecanismo para ajustar el desplazamiento angular relativo del rotor mientras la máquina está funcionando para reducir la fuerza electromotriz.

55 La publicación DE102010002401 describe una máquina de imán permanente que comprende una primera sección de rotor que tiene polos magnéticos alrededor de su circunferencia y un segundo rotor similar a la primera sección de rotor y axialmente adyacente a la primera sección de rotor. La máquina de imán permanente comprende un mecanismo de control de flujo magnético para controlar los flujos magnéticos eficaces variando las posiciones rotativas de la primera y segunda secciones de rotor una con respecto a otra.

60 La publicación US2010213885 describe una máquina eléctrica que comprende bobinas de excitación magnética cuyos ejes magnéticos se dirigen axialmente y que son capaces de magnetizar todos los polos salientes de un rotor de la misma manera.

65

Sumario

A continuación se presenta un sumario simplificado para proporcionar un entendimiento básico de algunos aspectos de diversas realizaciones de la invención. El sumario no es una vista de conjunto extensiva de la invención. Tampoco se pretende identificar elementos críticos o clave de la invención ni definir el alcance de la invención. El siguiente sumario únicamente presenta algunos conceptos de la invención de manera simplificada como un prelude a una descripción más detallada de realizaciones no limitativas y ejemplares de la invención.

De acuerdo con la invención, se proporciona un nuevo rotor para una máquina de imán permanente que puede, por ejemplo, pero no necesariamente, ser un generador de árbol marino que se ensambla en/alrededor de un árbol de propulsión de una embarcación. Un rotor de acuerdo con la invención comprende:

- una primera sección de rotor que comprende primeros imanes permanentes que generan un campo magnético que tiene un paso de polo,
- una segunda sección de rotor que comprende segundos imanes permanentes que generan un campo magnético que tiene el mismo paso de polo, siendo las primeras y segundas secciones de rotor sucesivas axialmente, y
- un primer sistema de acoplamiento para conectar la primera sección de rotor a un árbol y un segundo sistema de acoplamiento para conectar la segunda sección de rotor al árbol o a la primera sección de rotor.

La segunda sección de rotor es rotativa con respecto a la primera sección de rotor mediante un ángulo correspondiente al paso de polo en respuesta a la liberación del segundo sistema de acoplamiento para establecer los enlaces de flujo de estator generados por los primeros y segundos imanes sustancialmente a cero. Después de que la segunda sección de rotor haya rotado el ángulo correspondiente al paso de polo, los imanes permanentes no inducen sustancialmente tensiones en los enrollamientos de estator aunque el rotor esté rotando. El rotor comprende además al menos un dispositivo de bloqueo cargado por resorte para bloquear la segunda sección de rotor con respecto a la primera sección de rotor en respuesta a una situación en la que la segunda sección de rotor ha rotado mediante el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la primera sección de rotor.

El segundo sistema de acoplamiento antes mencionado puede comprender por ejemplo pasadores de cizalla entre la primera y segunda secciones de rotor. Los pasadores de cizalla pueden romperse o retirarse en una situación de falla, y de esta manera la segunda sección de rotor puede hacerse rotativa con respecto a la primera sección de rotor. Los pasadores de cizalla pueden estar provistos, por ejemplo, de cabezas de perno para que cada pasador de cizalla pueda romperse mediante el giro del pasador de cizalla en cuestión. También es posible que el segundo sistema de acoplamiento comprenda pernos entre la primera y segunda secciones de rotor. Los pernos pueden retirarse, por ejemplo, con una herramienta motorizada rápidamente en una situación de falla. También es posible que cada una de la primera y segunda secciones de rotor se conecte por separado al árbol, por ejemplo, con un acoplamiento crónico de manera que los mismos polos magnéticos se alineen axialmente. En una situación de falla, una de las secciones de rotor rota el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la otra sección de rotor, de manera que los polos magnéticos opuestos de las secciones de rotor quedan alineados cuando se observan en la dirección axial.

De acuerdo con la invención, se proporciona además una nueva máquina de imán permanente que comprende un rotor de acuerdo con la invención y un estator.

De acuerdo con la invención, se proporciona además un nuevo método para desactivar una máquina de imán permanente cuyo rotor comprende: primeras y segundas secciones de rotor sucesivas axialmente, un primer sistema de acoplamiento para conectar la primera sección de rotor a un árbol, y un segundo sistema de acoplamiento para conectar la segunda sección de rotor al árbol o a la primera sección de rotor. Un método de acuerdo con la invención comprende:

- liberar el segundo sistema de acoplamiento para hacer que la primera y segunda secciones de rotor sean rotativas una con respecto a otra,
- rotar la primera y segunda secciones de rotor una con respecto a otra mediante un ángulo correspondiente al paso de polo de los campos magnéticos generados por imanes permanentes de la primera y segunda secciones de rotor para establecer los enlaces de flujo magnético generados por las primeras y segundas secciones de rotor en los enrollamientos de estator de la máquina de imán permanente sustancialmente a cero, y
- bloquear la segunda sección de rotor con respecto a la primera sección de rotor con al menos un dispositivo de bloqueo cargado por resorte en respuesta a una situación en la que la segunda sección de rotor ha rotado el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la primera sección de rotor.

El principio del método antes descrito puede considerarse una nueva manera de eliminar enlaces de flujo de estator generados por un rotor de imán permanente.

Un número de realizaciones no limitativas y ejemplares de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

5 Diversas realizaciones no limitativas y ejemplares de la invención tanto en cuanto a construcciones como a métodos de funcionamiento, junto con objetos adicionales y ventajas de la misma, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones no limitativas y ejemplares específicas al leerse junto con los dibujos adjuntos.

10 Los verbos “comprender” e “incluir” se usan en este documento como limitaciones abiertas que ni excluyen ni necesitan la existencia de elementos no mencionados. Los elementos mencionados en las reivindicaciones dependientes adjuntas pueden combinarse de manera mutuamente libre a menos que se indique explícitamente lo contrario. Además, se entenderá que el uso de “uno” o “una”, es decir, una forma singular, en todo este documento no excluye una pluralidad.

15 **Breve descripción de las Figuras**

Las realizaciones no limitativas y ejemplares de la invención y sus ventajas se explican en mayor detalle a continuación haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

20 las Figuras 1a-1j ilustran un rotor de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención,
 la Figura 2a ilustra una máquina de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención,
 la Figura 2b muestra un diagrama de circuito de enrollamientos de estator de una máquina de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención, y
 25 la Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención para desactivar una máquina de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención.

30 **Descripción de realizaciones no limitativas y ejemplares**

Los ejemplos específicos proporcionados en la siguiente descripción no deben interpretarse como una limitación del alcance y/o la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. Las listas y los grupos de ejemplos proporcionados en la descripción no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

35 La Figura 1a muestra una vista en sección parcial de un rotor 101 de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención para una máquina de imán permanente. El eje rotativo del rotor 101 es paralelo al eje z de un sistema de coordenadas 199. Uno de los planos de sección en relación con la vista en sección parcial es paralelo al plano xz del sistema de coordenadas 199 y el otro de los planos de sección es paralelo al plano yz del sistema de coordenadas 199 de manera que los planos de sección coinciden con el eje rotativo del rotor. La Figura 1b muestra una vista isométrica del rotor 101 y la Figura 1c muestra una parte de una sección tomada a lo largo de la línea A-A mostrada en la Figura 1b. El plano en sección relacionado con la Figura 1c es paralelo al plano yz del sistema de coordenadas 199. Las direcciones de visionado relacionadas con las Figuras 1a-1c se ilustran mediante el sistema de coordenadas 199 mostrado en cada una de las Figuras 1a-1c.

45 El rotor 101 comprende una primera sección de rotor 102 que comprende primeros imanes permanentes que generan un campo magnético que tiene un paso de polo pp. En la Figura 1a, uno de los primeros imanes permanentes se indica con una referencia de figura 104. El paso de polo pp se ilustra en las Figuras 1a y 1b. El rotor 101 comprende una segunda sección de rotor 103 que comprende segundos imanes permanentes que generan un campo magnético que tiene el mismo paso de polo pp. En la Figura 1a, uno de los segundos imanes permanentes se indica con una referencia de figura 105. En la Figura 1a, cada imán permanente que está indicado con la letra 'N' tiene su polo norte orientado lejos del eje rotativo del rotor y su polo sur orientado hacia el eje rotativo del rotor. Correspondientemente, cada imán permanente que está indicado con la letra 'S' tiene su polo sur orientado lejos del eje rotativo del rotor y su polo norte orientado hacia el eje rotativo del rotor. Tal como se ve en las Figuras 1a-1c, las primeras y segundas secciones de rotor 102 y 103 son sucesivas en la dirección axial, es decir, en la dirección z del sistema de coordenadas 199.

60 El rotor 101 comprende un primer sistema de acoplamiento 106 para fijar la primera sección de rotor 102 a un árbol 115. En el caso ejemplar ilustrado en las Figuras 1a-1c, la primera sección de acoplamiento 106 comprende elementos de acoplamiento que tienen superficies cónicas de manera que uno de los elementos de acoplamiento se presiona radialmente contra el árbol cuando los elementos de acoplamiento se presionan axialmente entre sí con pernos. En la Figura 1c, las superficies cónicas antes mencionadas se indican con una referencia de figura 121.

65 El rotor 101 comprende un segundo sistema de acoplamiento 119 para conectar la segunda sección de rotor 103 a la primera sección de rotor 102. En este caso ejemplar, el segundo sistema de acoplamiento 119 comprende una disposición donde la segunda sección de rotor 103 se soporta de manera rotativa mediante una parte central 118 de la primera sección de rotor 102. Sin embargo, también es posible que el segundo sistema de acoplamiento 119

comprenda una disposición donde la segunda sección de rotor 103 sea soportada directamente por el árbol 115. En este caso ejemplar, la segunda sección de rotor 103 se soporta de manera rotativa mediante la parte central 118 con la ayuda de cojinetes 116 y 117 fabricados de bronce o cualquier otro material de soporte adecuado. También es posible que la superficie de cara cilíndrica de la parte central 118 o la superficie de cara cilíndrica de la segunda sección de rotor 103 esté revestida de bronce u otro material de soporte adecuado. Los cojinetes 116 y 117, o el revestimiento correspondiente, reducen la fricción y evitan la corrosión por erosión. El segundo sistema de acoplamiento 119 comprende además pasadores de cizalla para conectar la primera y segunda secciones de rotor 102 y 103 entre sí a modo de transferencia de par. En las Figuras 1a y 1c, uno de los pasadores de cizalla se indica con una referencia de figura 107. El pasador de cizalla 107 también se muestra en la Figura 1d. En este rotor ejemplar, un primer extremo de cada pasador de cizalla está moldeado para poder girarse con una herramienta, por ejemplo, una llave inglesa, y un segundo extremo de cada pasador de cizalla se bloquea de manera no rotativa en la segunda sección de rotor 103 para hacer que los pasadores de cizalla puedan romperse mediante el giro de los primeros extremos de los pasadores de cizalla. En las Figuras 1c y 1d, el primer extremo del pasador de cizalla 107 se indica con una referencia de figura 109. El primer extremo 109 del pasador de cizalla 107 también se muestra en la Figura 1b. El primer extremo de cada pasador de cizalla puede estar provisto, por ejemplo, de una cabeza de perno hexagonal como se ilustra en las Figuras 1c y 1d. En lugar de los pasadores de cizalla, también es posible usar pernos para conectar la primera y segunda secciones de rotor 102 y 103 entre sí a modo de transferencia de par.

La segunda sección de rotor 103 puede disponerse para ser rotativa con respecto a la primera sección de rotor 102 rompiendo los pasadores de cizalla antes mencionados. Después de haberse roto los pasadores de cizalla, la segunda sección de rotor 103 puede soportarse de manera rotativa mediante los cojinetes 116 y 117 antes mencionados. En caso de una falla, la segunda sección de rotor 103 se hace rotativa con respecto a la primera sección de rotor 102 y luego la segunda sección de rotor 103 se rota el ángulo correspondiente al paso de polo pp con respecto a la primera sección de rotor 102 de manera que los polos magnéticos opuestos de la primera y segunda secciones de rotor están alineados al verse en dirección axial. Como un corolario, los enlaces de flujo de estator pasan a ser sustancialmente ceros y de esta manera el rotor puede rotar sin provocar un riesgo importante de daños adicionales.

El rotor ejemplar 101 comprende además dispositivos de bloqueo cargados por resorte para bloquear la segunda sección de rotor 103 con respecto a la primera sección de rotor 102 en respuesta a una situación en la que la segunda sección de rotor se ha rotado el ángulo correspondiente al paso de polo pp con respecto a la primera sección de rotor. La Figura 1e ilustra una porción de rotor 101. La Figura 1e muestra una parte de la superficie de la primera sección de rotor 102 orientada axialmente hacia la segunda sección de rotor 103. Además, la Figura 1e muestra una vista en sección de una parte de la segunda sección de rotor 103 donde el plano en sección es paralelo al plano xz del sistema de coordenadas 199 y coincide con el eje de rotación del rotor. La Figura 1f muestra una vista en sección de una parte del rotor donde el plano en sección es paralelo al plano xz del sistema de coordenadas 199 y coincide con el eje de rotación del rotor. En las Figuras 1e y 1f, uno de los dispositivos de bloqueo cargados por resorte antes mencionados está indicado con una referencia de figura 108. La punta del dispositivo de bloqueo cargado por resorte 108 está en una hendidura arqueada que tiene hoyos de bloqueo en ambos extremos. En la Figura 1e, uno de los hoyos de bloqueo está indicado con una referencia de figura 122. Cuando la segunda sección de rotor 103 se rota con respecto a la primera sección de rotor 102 para que la punta del dispositivo de bloqueo cargado por resorte 108 se alinee con el hoyo de bloqueo 122, el resorte mostrado en las Figuras 1e y 1f empuja la punta del dispositivo de bloqueo cargado por resorte 108 al interior del hoyo de bloqueo 122 en la dirección axial, y de esta manera la segunda sección de rotor 103 se bloquea con respecto a la primera sección de rotor 102.

La Figura 1g ilustra el rotor 101 en su modo de funcionamiento normal donde los polos norte N de los imanes permanentes de la primera y segunda sección de rotor 102 y 103 están alineados entre sí al verse en la dirección axial, es decir en la dirección z, y correspondientemente los polos sur S de los imanes permanentes de la primera y segunda secciones de rotor 102 y 103 están alineados entre sí al verse en dirección axial. La Figura 1h muestra la superficie de la primera sección de rotor 102 orientada hacia la segunda sección de rotor 103. Además, la Figura 1h muestra la posición del dispositivo de bloqueo cargado por resorte 108 con respecto a la primera sección de rotor 102, y una sección transversal del pasador de cizalla 107. La Figura 1i ilustra el rotor 101 en un modo de cancelación de flujo donde la segunda sección de rotor 103 se ha rotado el ángulo correspondiente al paso de polo pp con respecto a la primera sección de rotor 102 de manera que los polos magnéticos opuestos de la primera y segunda secciones de rotor están alineados al verse en la dirección axial, es decir, en la dirección z. La Figura 1j muestra la superficie de la primera sección de rotor 102 orientada hacia la segunda sección de rotor 103 en el modo de cancelación de flujo ilustrado en la Figura 1i. Tal como se ve en la Figura 1j, el dispositivo de bloqueo cargado por resorte 108 se ha movido a un extremo de la hendidura arqueada. En la Figura 1j, la referencia de figura 107 significa una superficie rota del pasador de cizalla 107 mientras que en la Figura 1 la referencia de figura 107 significa una sección transversal del pasador de cizalla 107 sin romper.

Vale la pena mencionar que un rotor de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención puede comprender más de dos secciones de rotor sucesivas axialmente. El principio antes presentado para establecer enlaces de flujo de estator sustancialmente a cero es aplicable también en casos donde existen más de dos secciones de rotor sucesivas axialmente, por ejemplo, cuatro secciones de rotor sucesivas axialmente que pueden

rotarse una con respecto a otra en una situación de falla. Además, las conexiones mecánicas entre las secciones de rotor y el árbol y la posibilidad de rotar las secciones de rotor una con respecto a otra también pueden implementarse con medios diferentes a los presentados anteriormente.

5 La Figura 2a ilustra una máquina de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención. La máquina de imán permanente comprende un estator 210 y un rotor 201 que se soporta de manera rotativa con respecto al estator. Los rodamientos para soportar de manera rotativa el rotor 201 con respecto al estator 210 no se muestran en la Figura 2a. El rotor 201 comprende secciones de rotor 202 y 203 axialmente sucesivas y el rotor 201 se conecta a un árbol 215 a modo de transferencia de par. El rotor 201 puede ser, por ejemplo, como se ha descrito antes haciendo referencia a las Figuras 1a-1 j. El estator 210 comprende enrollamientos de estator 211 y una estructura de núcleo de estator 214. La estructura de núcleo de estator 214 comprende ventajosamente una pila de láminas ferromagnéticas apiladas en la dirección axial de la máquina de imán permanente, es decir, en la dirección z de un sistema de coordenadas 299.

15 En una máquina de imán permanente de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención, los enrollamientos de estator 211 comprenden enrollamientos de fase conectados en estrella. La máquina de imán permanente puede comprender además un conmutador entre cada uno de los enrollamientos de fase y el punto de estrella de los enrollamientos de fase conectados en estrella. La Figura 2b muestra un diagrama de circuito de los enrollamientos de estator en un caso ejemplar donde los enrollamientos de fase conectados en estrella constituyen un enrollamiento trifásico. En la Figura 2b, los conmutadores entre los enrollamientos de fase y el punto en estrella están indicados con una referencia de figura 212. La máquina de imán permanente puede comprender además un conmutador en cada uno de los terminales eléctricos para conectar la máquina de imán permanente a un sistema eléctrico externo. En la Figura 2b, los conmutadores en los terminales eléctricos u, v y w están indicados con una referencia de figura 213.

25 La Figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención para desactivar una máquina de imán permanente cuyo rotor comprende: primeras y segundas secciones de rotor sucesivas axialmente, un primer sistema de acoplamiento para conectar la primera sección de rotor a un árbol y un segundo sistema de acoplamiento para conectar la segunda sección de rotor al árbol o a la primera sección de rotor. El método comprende las siguientes acciones.

- acción 301: liberar el segundo sistema de acoplamiento para hacer que la primera y segunda secciones de rotor sean rotativas una con respecto a otra, y posteriormente
- acción 302: rotar la primera y segunda secciones de rotor una con respecto a otra un ángulo correspondiente al paso de polo de los campos magnéticos generados por imanes permanentes de la primera y segunda secciones de rotor para establecer los enlaces de flujo magnético generados por la primera y segunda secciones de rotor en los enrollamientos de estator de la máquina de imán permanente sustancialmente a cero.

40 En un método de acuerdo una realización no limitativa y ejemplar de la invención, la primera y segunda secciones de rotor se bloquean entre sí con la ayuda de al menos un dispositivo de bloqueo cargado por resorte después de que la segunda sección de rotor se haya rotado el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la primera sección de rotor.

45 En un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención, la liberación del segundo sistema de acoplamiento comprende romper uno o más pasadores de cizalla que conectan, cuando no están rotos, la primera y segunda secciones de rotor entre sí a modo de transferencia de par.

50 En un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención, cada uno de los pasadores de cizalla se rompe mediante el giro del primer extremo del pasador de cizalla en cuestión con una herramienta, moldeándose el primer extremo de cada pasador de cizalla para poder girarse con una herramienta y bloqueándose un segundo extremo de cada pasador de cizalla de manera no rotativa en una de las primeras y segundas secciones de rotor para hacer que los pasadores de cizalla puedan romperse mediante el giro de los primeros extremos de los pasadores de cizalla.

55 En un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención, la liberación del segundo sistema de acoplamiento comprende retirar uno o más pernos que conectan la primera y segunda secciones de rotor entre sí a modo de transferencia de par.

60 En una aplicación marina donde la máquina de imán permanente es un generador de árbol ensamblado en/alrededor de un árbol de propulsión de una embarcación, un método de acuerdo con una realización no limitativa y ejemplar de la invención puede comprender por ejemplo las siguientes acciones:

- 1) detener el motor que acciona el árbol,
- 2) abrir escotillas de servicio laterales de motor del generador de árbol,
- 3) colocar pasadores de cizalla u otros medios que bloquean la primera y segunda secciones de rotor entre sí,

- 4) romper los pasadores de cizalla o desactivar los otros medios antes mencionados para detener la transferencia de par entre la primera y segunda secciones de rotor,
 - 5) arrancar el motor: debido al par fluctuante del motor, por ejemplo, un diésel de dos tiempos, y la inercia de la segunda sección de rotor, el efecto del volante obliga a la segunda sección de rotor a rotar en relación con la primera sección de rotor, y
 - 6) bloquear, con dispositivos de bloqueo cargados por resorte, la segunda sección de rotor en la primera sección de rotor en una posición rotativa que se desvía un paso de polo desde la posición rotativa mutua original de la primera y segunda secciones de rotor.
- 10 En la posición rotativa bloqueada por los dispositivos de bloqueo cargados por resorte, los enlaces de flujo de estator son sustancialmente cero y de esta manera los imanes permanentes no inducen sustancialmente tensiones en los enrollamientos de estator aunque el rotor esté rotando. De esta manera, las corrientes de falla son sustancialmente cero.
- 15 Se probó una máquina de imán permanente que comprende un rotor de acuerdo con las Figuras 1a-1j. En el modo de funcionamiento normal ilustrado en la Figura 1g, la fuerza electromotriz sin carga "EMF" inducida por los imanes permanentes en los enrollamientos de estator es aproximadamente $500 V_{RMS}$ a la velocidad rotativa nominal. En el modo de cancelación de flujo ilustrado en la Figura 1i donde las secciones de rotor se han rotado un paso de polo una con respecto a otra, la fuerza electromotriz sin carga inducida por los imanes permanentes en los enrollamientos de estator es inferior a $5 V_{RMS}$ a la velocidad rotativa nominal. De esta manera, la fuerza electromotriz sin carga en el modo de cancelación del flujo es inferior al 1 % de la fuerza electromotriz sin carga en el modo de funcionamiento normal. A modo de comparación, vale la pena mencionar que en una máquina síncrona excitada eléctricamente convencional la fuerza electromotriz sin carga cuando la excitación se apaga es generalmente superior al 1 % de la fuerza electromotriz sin carga correspondiente a la excitación nominal. Esto se debe al flujo de remanencia en el núcleo de rotor ferromagnético de la máquina síncrona excitada eléctricamente.
- 20
- 25

Las listas y grupos de ejemplos proporcionados en la descripción facilitada anteriormente no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Un rotor (101, 201) para una máquina de imán permanente, comprendiendo el rotor:

- 5 - una primera sección de rotor (102) que comprende primeros imanes permanentes (104) que generan un campo magnético que tiene un paso de polo (pp),
- una segunda sección de rotor (103) que comprende segundos imanes permanentes (105) que generan un campo magnético que tiene el mismo paso de polo, siendo las primeras y segundas secciones de rotor sucesivas axialmente, y
- 10 - un primer sistema de acoplamiento (106) para conectar la primera sección de rotor a un árbol (115) y un segundo sistema de acoplamiento (119) para conectar la segunda sección de rotor al árbol o a la primera sección de rotor,

15 en el que la segunda sección de rotor puede girarse con respecto a la primera sección de rotor un ángulo correspondiente al paso de polo en respuesta a la liberación del segundo sistema de acoplamiento para establecer enlaces de flujo magnético generados por el primer y segundo imanes permanentes en enrollamientos de estator de la máquina de imán permanente para ser sustancialmente a cero, **caracterizado** por que el rotor comprende además al menos un dispositivo de bloqueo cargado por resorte (108) para bloquear la segunda sección de rotor con respecto a la primera sección de rotor en respuesta a una situación en la que la segunda sección de rotor ha rotado el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la primera sección de rotor.

2. Un rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo sistema de acoplamiento (119) comprende uno o más pasadores de cizalla (107) para conectar la primera y segunda secciones de rotor entre sí.

25 3. Un rotor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que un primer extremo (109) de cada uno de los pasadores de cizalla se moldea para poder girar con una herramienta y un segundo extremo de cada uno de los pasadores de cizalla se bloquea de manera no rotativa a una de las primeras y segundas secciones de rotor para hacer que los pasadores de cizalla puedan romperse mediante el giro de los primeros extremos de los pasadores de cizalla.

30 4. Un rotor de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el primer extremo de cada uno de los pasadores de cizalla está provisto de una cabeza de perno.

5. Un rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo sistema de acoplamiento comprende uno o más pernos para conectar la primera y segunda secciones de rotor entre sí.

35 6. Una máquina de imán permanente que comprende:

- un estator (210), y
- un rotor (201) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5.

40 7. Una máquina de imán permanente de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el estator comprende enrollamientos de fase conectados en estrella (211) y la máquina de imán permanente comprende además un conmutador (212) entre cada uno de los enrollamientos de fase y un punto de estrella de los enrollamientos de fase conectados en estrella.

45 8. Una máquina de imán permanente de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en la que la máquina de imán permanente comprende además un conmutador (213) en cada uno de los terminales eléctricos para conectar la máquina de imán permanente a un sistema eléctrico externo.

50 9. Un método para desactivar una máquina de imán permanente cuyo rotor (101, 201) comprende: primeras y segundas secciones de rotor (102, 103) sucesivas axialmente, un primer sistema de acoplamiento (106) para conectar la primera sección de rotor a un árbol (115), y un segundo sistema de acoplamiento (119) para conectar la segunda sección de rotor al árbol o a la primera sección de rotor, comprendiendo el método:

- 55 - liberar (301) el segundo sistema de acoplamiento para hacer que la primera y segunda sección de rotor sean rotativas una con respecto a otra, y
- rotar (302) la primera y segunda secciones de rotor una con respecto a otra un ángulo correspondiente a un paso de polo de campos magnéticos generados por imanes permanentes de la primera y segunda secciones de rotor para establecer enlaces de flujo magnético generados por la primera y segunda secciones de rotor en enrollamientos de estator de la máquina de imán permanente para ser sustancialmente a cero,
- 60

caracterizado por que el método comprende bloquear la segunda sección de rotor con respecto a la primera sección de rotor con al menos un dispositivo de bloqueo cargado por resorte (108) en respuesta a una situación en la que la segunda sección de rotor se ha rotado el ángulo correspondiente al paso de polo con respecto a la primera sección de rotor.

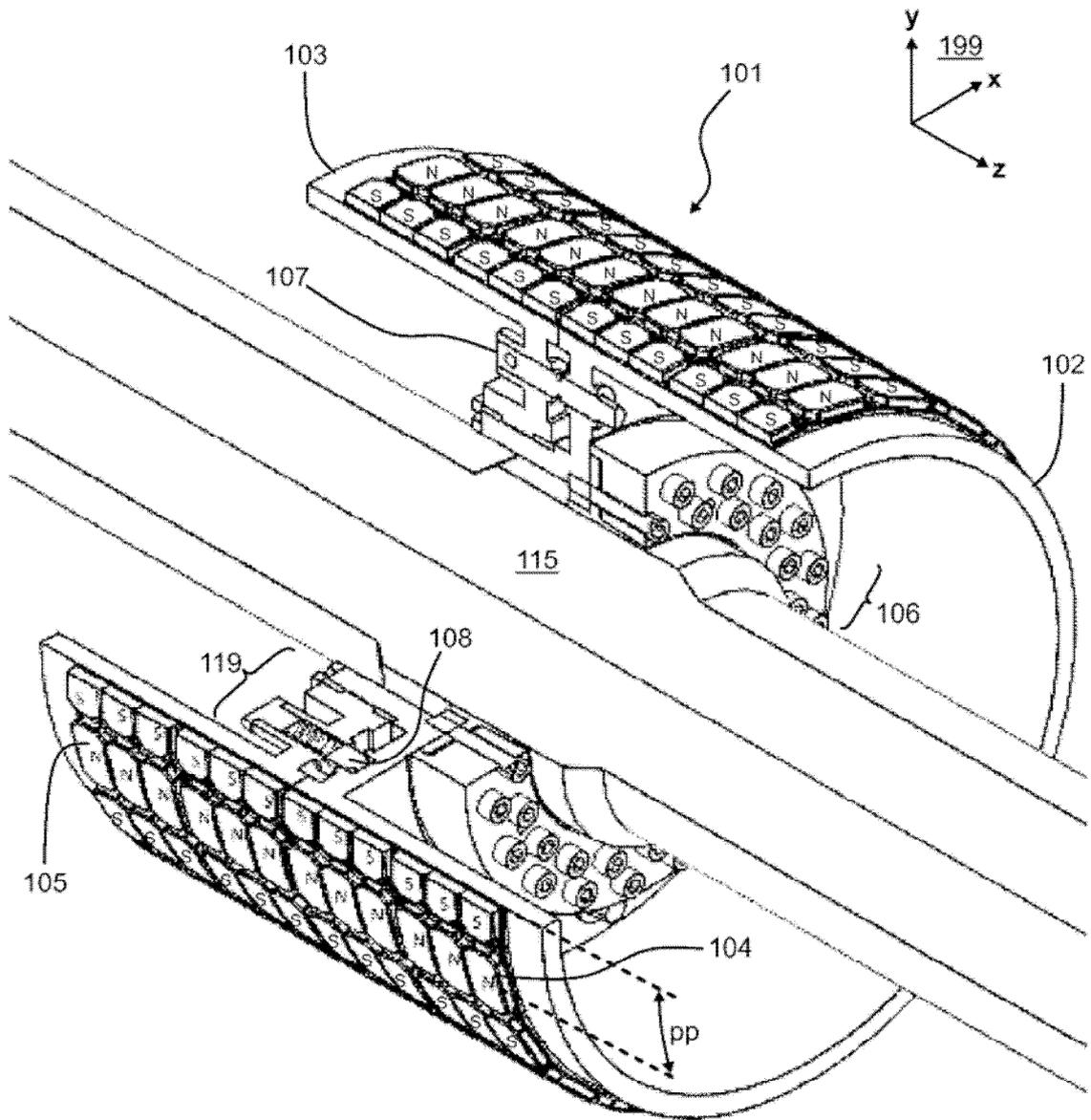


Figura 1a

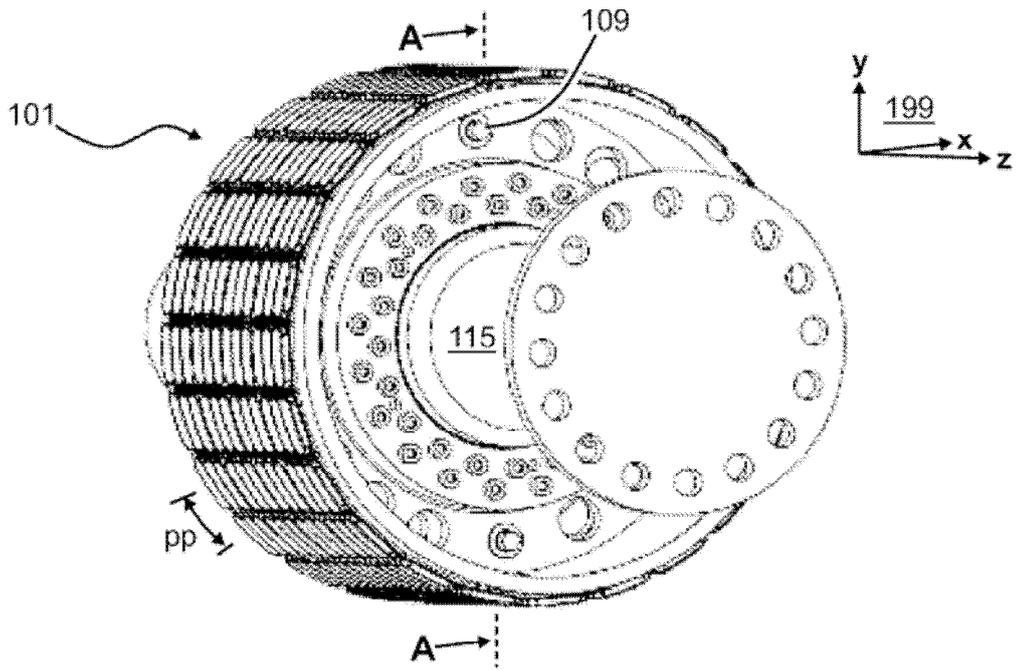


Figura 1b

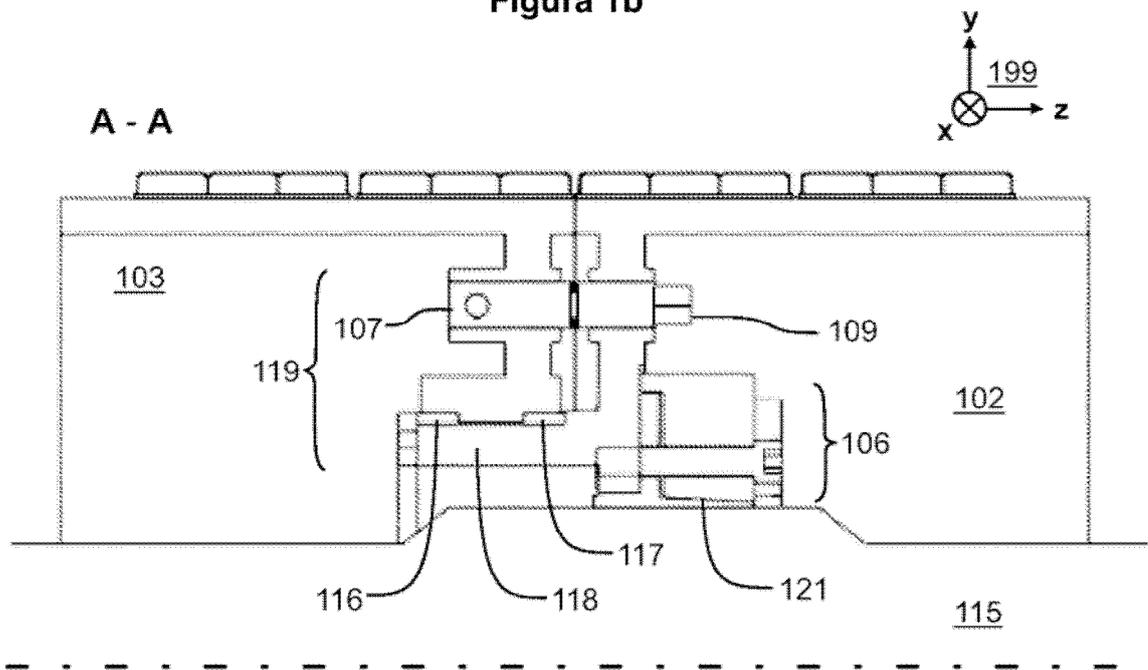


Figura 1c

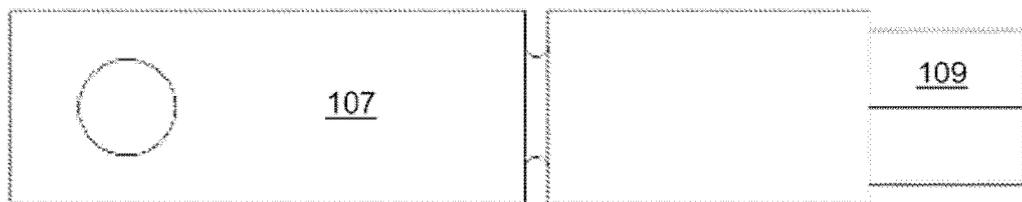


Figura 1d

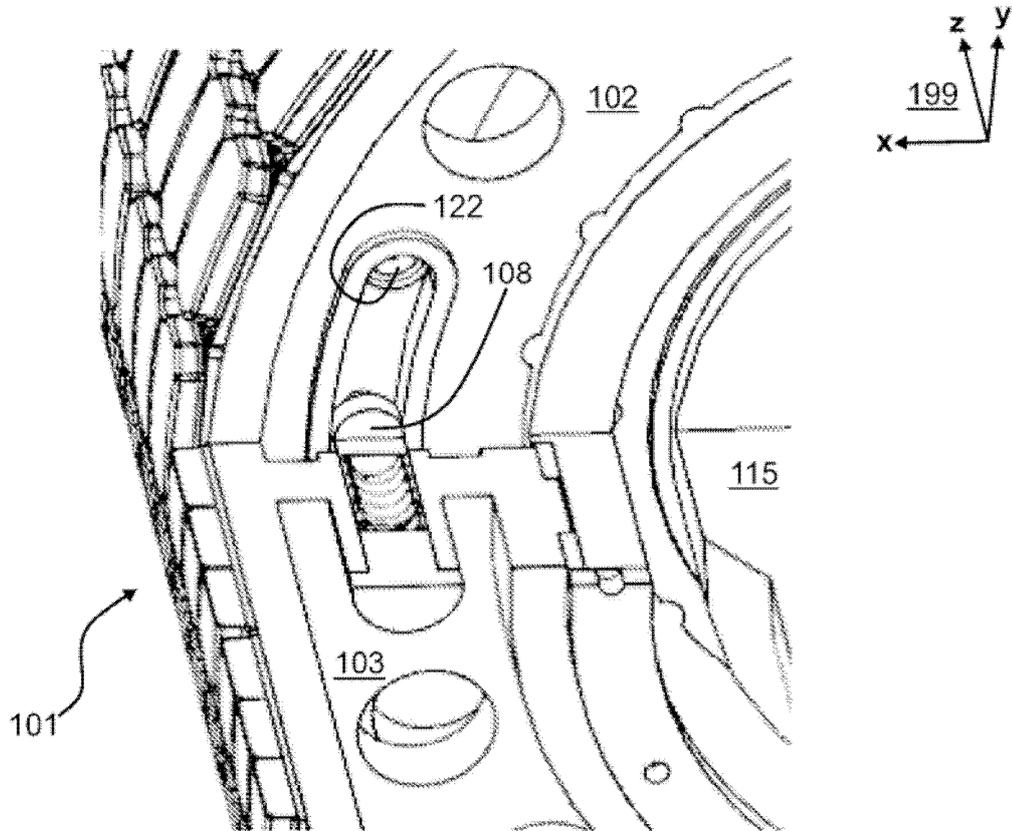


Figura 1e

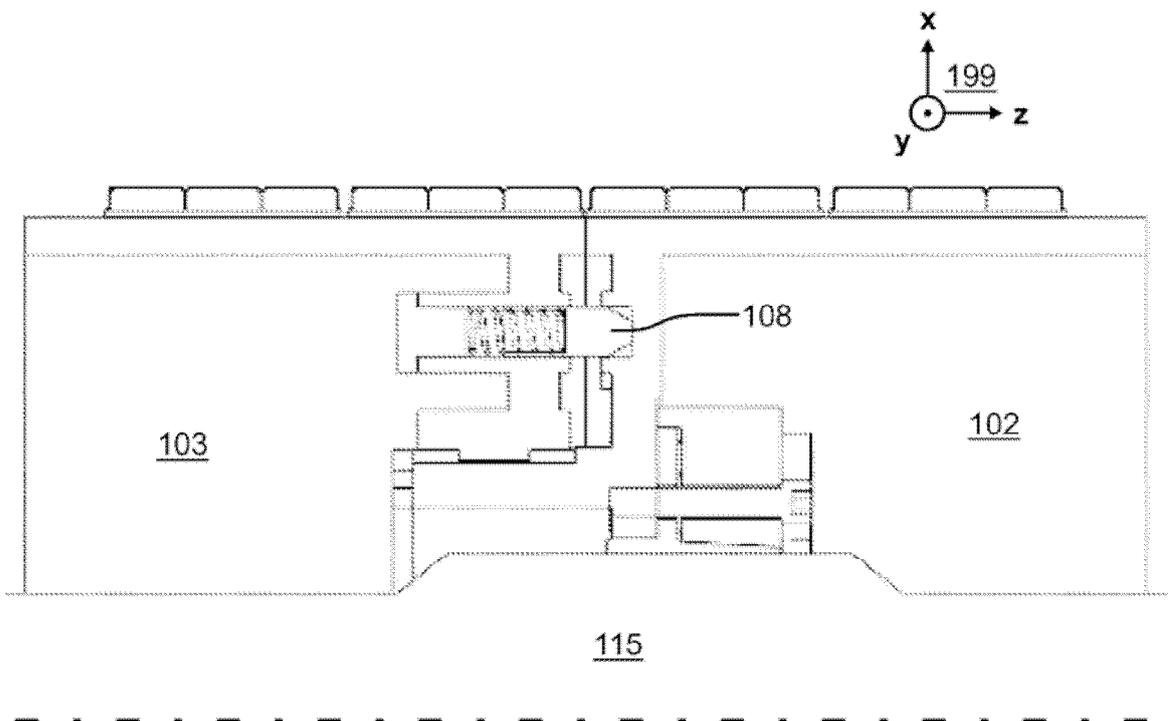


Figura 1f

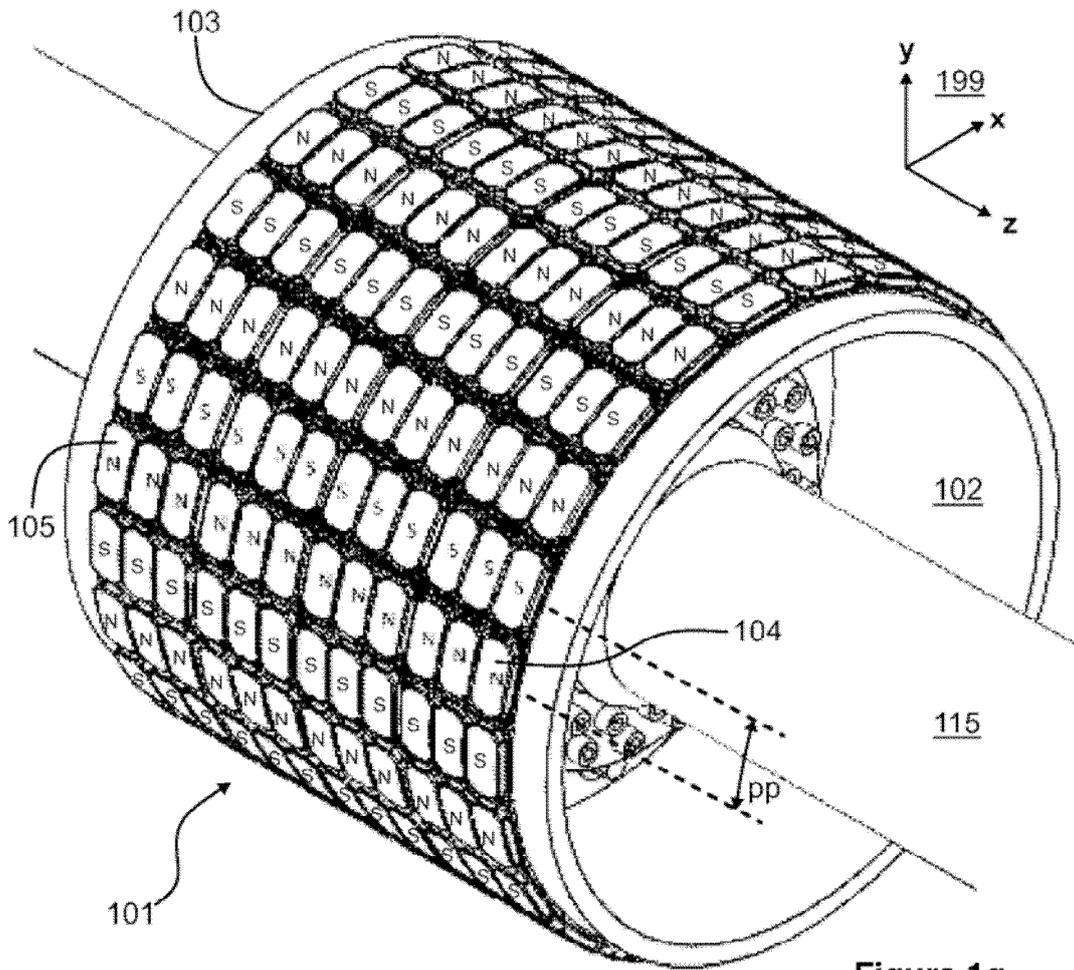


Figura 1g

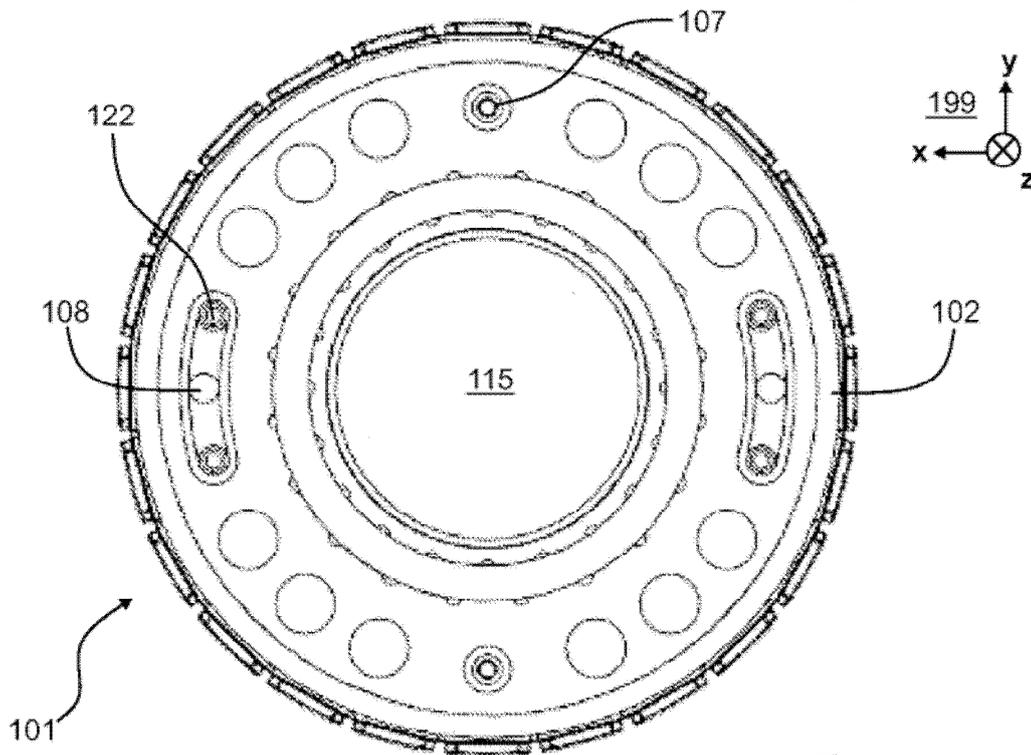


Figura 1h

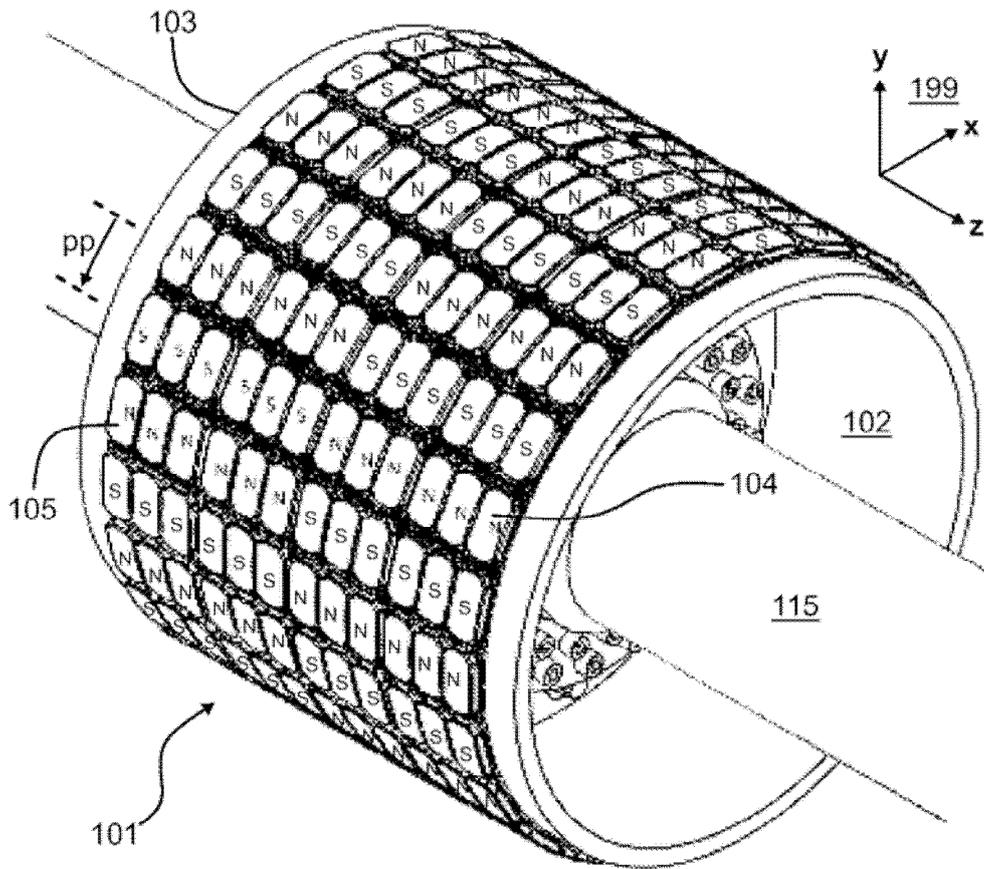


Figura 1i

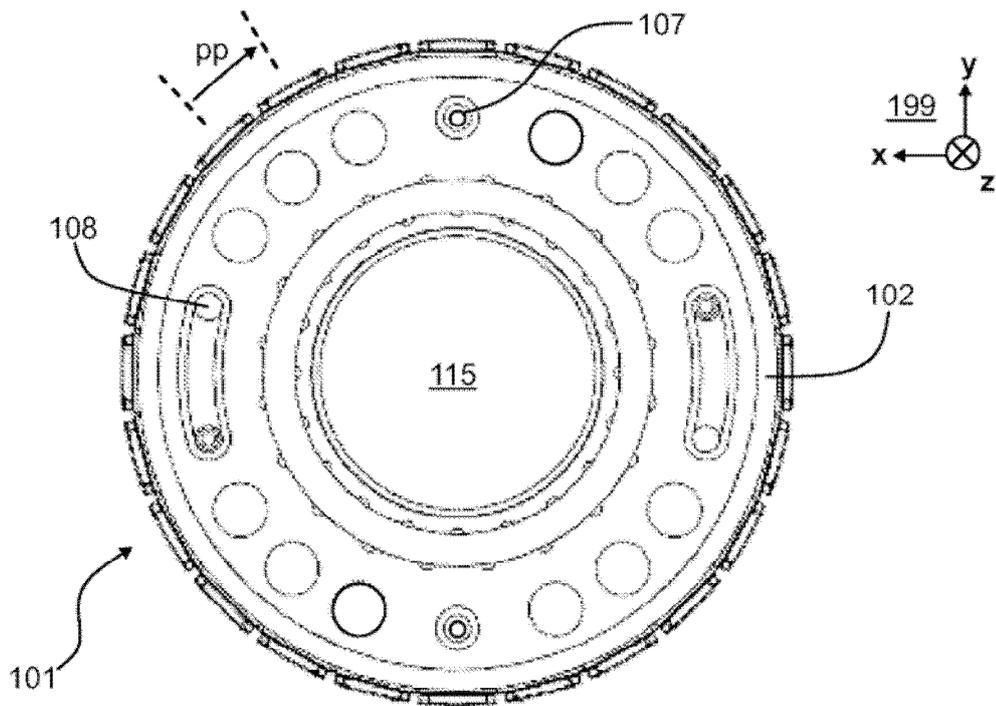


Figura 1j

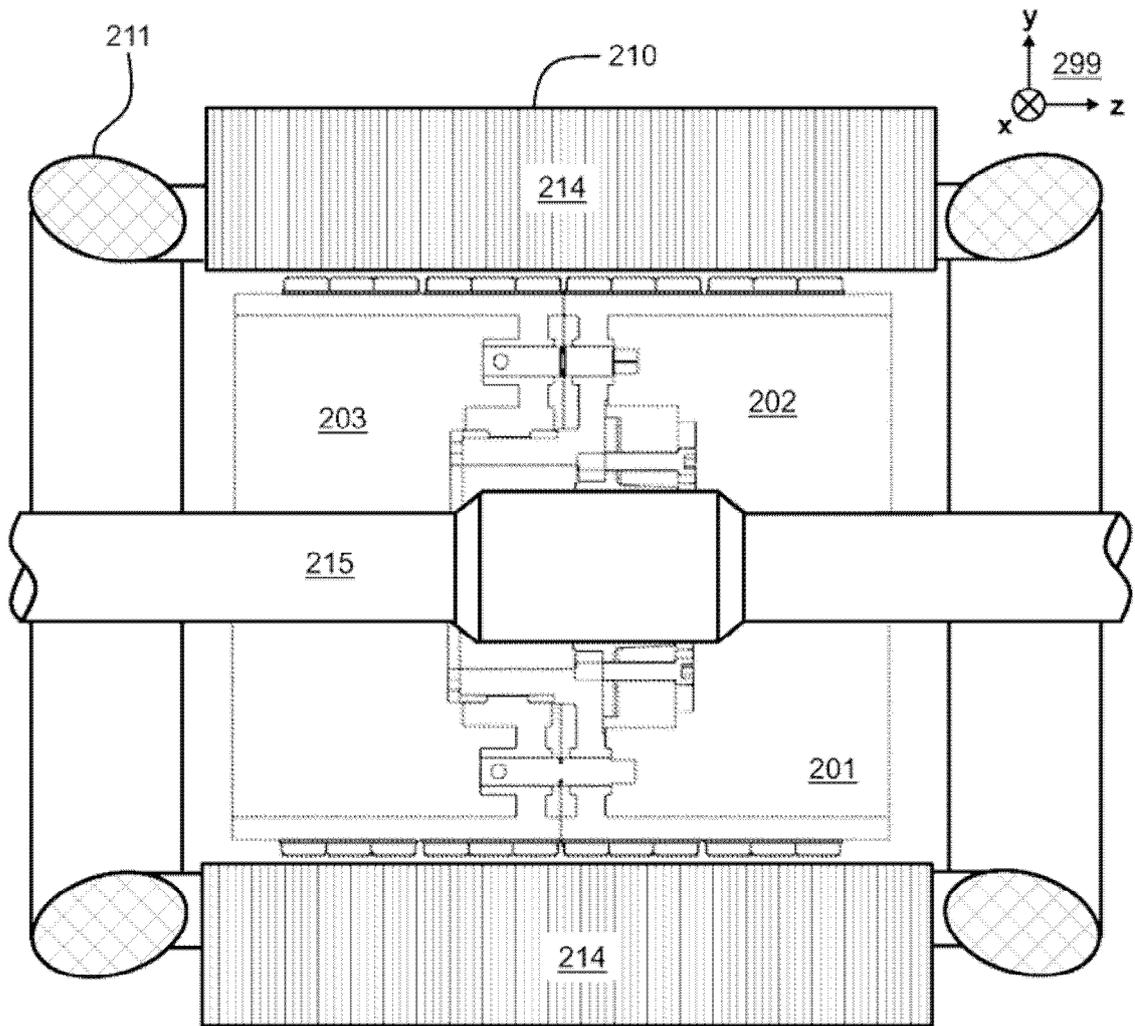


Figura 2a

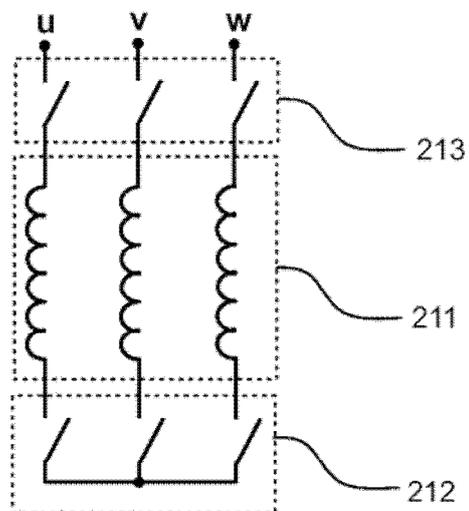


Figura 2b

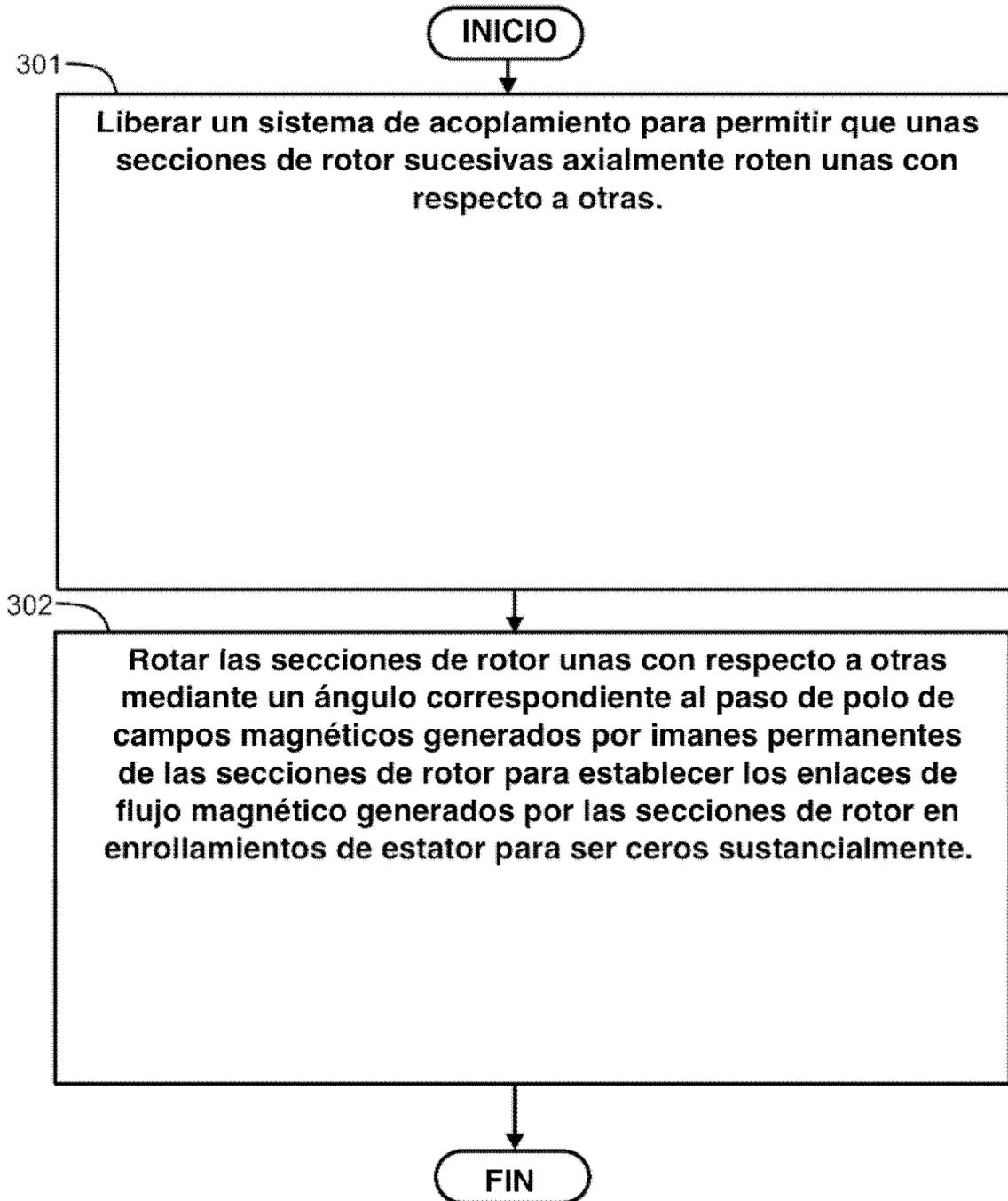


Figura 3