

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 934 742**

51 Int. Cl.:

H02K 3/50 (2006.01)

H02K 3/52 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

H02K 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2018** **E 18382519 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2022** **EP 3595139**

54 Título: **Máquina eléctrica y procedimientos de mantenimiento de la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2023

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.0%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**ROMERO PEREZ, SERGIO y
URRESTY, JULIO CÉSAR**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 934 742 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

Máquina eléctrica y procedimientos de mantenimiento de la misma

- 5 **[0001]** La presente divulgación se refiere a máquinas eléctricas y procedimientos para realizar operaciones de mantenimiento en dichas máquinas eléctricas. La presente divulgación también muestra procedimientos de operación de una máquina eléctrica en la que se han desconectado una pluralidad de devanados.

Antecedentes

- 10 **[0002]** Las máquinas eléctricas, tales como motores y generadores, en general comprenden una estructura de rotor y una estructura de estator. Los grandes generadores eléctricos pueden ser generadores excitados por imanes permanentes (PMG) o generadores síncronos excitados eléctricamente (EESG).
- 15 **[0003]** Dichos generadores se pueden usar, por ejemplo, en turbinas eólicas, en particular en turbinas eólicas marinas. Las turbinas eólicas en general comprenden un rotor con un buje de rotor y una pluralidad de palas. El rotor se pone en rotación bajo la influencia del viento sobre las palas. La rotación del eje de rotor acciona directamente el rotor de generador ("accionado directamente") o a través del uso de una caja de engranajes. Dicho generador de turbina eólica de accionamiento directo puede tener, por ejemplo, un diámetro de 6 - 10 metros (236 - 328 pulgadas), una longitud de, por ejemplo, 2 - 3 metros (79 - 118 pulgadas) y puede rotar a baja velocidad, por ejemplo en el intervalo de 2 a 20 rpm (revoluciones por minuto). De forma alternativa, los generadores de imanes permanentes o los generadores síncronos excitados eléctricamente también se pueden acoplar a una caja de engranajes que incrementa la velocidad de rotación del generador hasta, por ejemplo, entre 50 y 500 rpm o incluso más.
- 20 **[0004]** Las máquinas eléctricas comprenden un rotor que rota con respecto al estator. El rotor puede ser la estructura interna y el estator la estructura externa. Por tanto, el estator en este caso rodea el rotor. De forma alternativa, en algunas configuraciones puede ser lo contrario, es decir, el rotor rodea el estator.
- 25 **[0005]** En el caso de generadores excitados por imanes permanentes (PMG), los imanes permanentes (PM) en general están comprendidos en el rotor (aunque también podrían estar dispuestos de forma alternativa en la estructura de estator), mientras que los elementos de devanado (por ejemplo, bobinas) normalmente están incluidos en el estator (aunque de forma alternativa podrían estar dispuestos en la estructura de rotor). Los generadores de imanes permanentes en general se consideran fiables y requieren menos mantenimiento que otras tipologías de generadores.
- 30 **[0006]** Se pueden proporcionar múltiples imanes permanentes en módulos de imanes permanentes, que se pueden unir al rotor como un solo elemento. Un módulo de imanes permanentes se puede definir como una unidad que tiene una pluralidad de imanes permanentes, de modo que la pluralidad de imanes se puede montar y desmontar juntos. Dicho módulo puede tener una base de módulo con una conformación adecuada para alojar o transportar una pluralidad de imanes permanentes que se pueden fijar a la base. La base puede estar configurada para fijarse a un borde de rotor de tal forma que la pluralidad de imanes se fijan juntos al borde de rotor a través de la base de módulo. El uso de módulos de imanes permanentes puede facilitar la fabricación de un rotor.
- 35 **[0007]** Los generadores síncronos excitados eléctricamente en general comprenden un rotor que tiene una pluralidad de zapatas de polo ("pole shoe") y bobinas de excitación. En uso, se aplica una corriente a las bobinas de excitación que crean la polaridad de los polos. Los polos contiguos tienen diferente polaridad magnética. A medida que el rotor gira, el campo magnético de las zapatas de polo se aplica a los devanados del estator provocando un flujo magnético variable en los devanados del estator lo que produce un voltaje en los devanados del estator. En los generadores síncronos excitados eléctricamente, el campo magnético para generar la potencia eléctrica se crea eléctricamente. Como resultado, dichos generadores no requieren el uso de imanes permanentes que contienen elementos de tierras raras.
- 40 **[0008]** Los elementos de las máquinas eléctricas se pueden deteriorar durante su vida útil y por tanto, se puede requerir el mantenimiento o reemplazo de estos elementos. Por ejemplo, los imanes o los módulos magnéticos se pueden desprender ocasionalmente de la base o del borde de rotor debido a un fallo del adhesivo. Los devanados del estator y/o del rotor, como en el caso de los generadores síncronos excitados eléctricamente, también se pueden desprender. Además, accidentalmente pueden entrar cuerpos externos, tales como tornillos o tuercas, en el entrehierro de la máquina eléctrica y pueden dañar los elementos del estator, por ejemplo, devanados del estator, y/o del rotor, por ejemplo, imanes permanentes o devanados del rotor.
- 45 **[0009]** El documento WO 00/60719 divulga un generador directamente acoplado al eje principal del rotor eólico del aerogenerador. El generador es un estator que consiste en una serie de módulos de estator que son individuales y que se pueden instalar, reparar y desmontar de forma individual e independiente entre sí.
- 50 **[0010]** El reemplazo de los elementos o partes dañados de la máquina eléctrica puede requerir el acceso al área dañada. El acceso a la estructura interna de la máquina eléctrica, por ejemplo, el rotor, puede estar inhibido por la estructura externa, por ejemplo, el estator, que rodea parcialmente la estructura interna. Por ejemplo, en turbinas

eólicas, algunas áreas del generador, por ejemplo, la estructura interna, pueden ser accesibles solo desde el interior de la góndola de la turbina eólica. Esto se puede producir específicamente en turbinas eólicas de accionamiento directo en las que la parte rotatoria del generador está acoplada directamente al buje o al rotor. Acceder a la estructura interna desde el buje es en general muy difícil debido al tamaño relativamente compacto del buje y debido a que el personal en general no puede pasar a través del generador.

[0011] Además, los generadores eléctricos también pueden comprender sistemas de refrigeración, sensores, conexiones de devanado y conexiones eléctricas, por ejemplo, anillos eléctricos, dispuestos en el lado de góndola. Dichos elementos pueden dificultar además el acceso a la estructura interna del generador desde la góndola.

[0012] En grandes generadores eléctricos que tienen el rotor como estructura interna y el estator como estructura externa, los anillos eléctricos que conectan los devanados del estator a un convertidor pueden estar dispuestos en el estator y por tanto pueden bloquear el acceso al rotor. Una forma de acceder al área a reparar de la estructura interna, el rotor en este caso, es proporcionar una ventana en la estructura externa, cortar un segmento del anillo eléctrico y a continuación reparar o inspeccionar la parte de la estructura interna. Sin embargo, es necesario que la ventana se sitúe apropiadamente en relación con la parte del generador que se va a reparar o inspeccionar.

[0013] En casos en los que se deben reparar o inspeccionar varias partes de la estructura interna, después de cortar y retirar un segmento del anillo eléctrico y reparar una parte de la estructura interna, se debe reconectar la pluralidad de los devanados desconectados y se debe reensamblar el segmento retirado a las partes restantes del anillo eléctrico para rotar el rotor para que coincida con la ventana y la siguiente área a reparar. Cuando la ventana y la nueva área a reparar coinciden sustancialmente, se debe retirar un segmento del anillo eléctrico para permitir el acceso a esta área. Después de reparar esta área, este segmento se debe reensamblar para que las partes restantes del anillo eléctrico se reconecten. Si existen varias áreas de la estructura interna, este largo procedimiento se debe realizar de forma repetitiva para cada una de las áreas.

[0014] Este procedimiento es lento y laborioso. En consecuencia, dicho tiempo de reparación tan largo implica costes elevados, en particular en turbinas eólicas marinas.

[0015] Este tamaño y tipo de máquinas eléctricas no se limita a generadores en aplicaciones marinas de accionamiento directo, y ni incluso solo al campo de turbinas eólicas. También se pueden encontrar máquinas eléctricas de dimensiones considerables e instaladas en localizaciones no accesibles que pueden sufrir los mismos problemas y/o tener las mismas complicaciones, por ejemplo, en turbinas de vapor y turbinas de agua.

[0016] La presente divulgación proporciona ejemplos de sistemas y procedimientos que resuelven al menos parcialmente algunas de las desventajas mencionadas anteriormente.

Breve explicación

[0017] En un primer aspecto, se proporciona un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 8. La máquina eléctrica tiene una pluralidad de fases eléctricas y comprende una estructura radialmente interna, una estructura externa y un entrehierro radial dispuesto entre la estructura interna y la externa. La estructura interna es una del rotor y del estator y la estructura externa es la otra del rotor y del estator. El rotor está configurado para rotar alrededor de un eje de rotación que se extiende desde un primer lado hasta un segundo lado, y el estator comprende una pluralidad de devanados eléctricos y un anillo conductor eléctrico que se extiende a lo largo de la circunferencia del estator para conectar los devanados eléctricos a un convertidor eléctrico.

[0018] El procedimiento comprende situar el rotor en una primera posición para acceder a una primera región de la estructura interna a través de una abertura de mantenimiento en el primer lado de la estructura externa; desconectar una selección de la pluralidad de devanados eléctricos del estator de un anillo conductor eléctrico, teniendo dicha selección el mismo número de devanados para cada una de la pluralidad de fases eléctricas y comprendiendo dicho anillo al menos dos segmentos siendo al menos uno de dichos segmentos un segmento liberable conectado de forma liberable al otro segmento o segmentos del anillo conductor eléctrico; retirar uno o más segmentos liberables del anillo conductor eléctrico correspondientes al menos parcialmente a la abertura de mantenimiento en la primera posición; situar el rotor en una segunda posición para acceder a una segunda región de la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento, sin conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico al segmento o segmentos restantes del anillo conductor eléctrico.

[0019] En este aspecto, las operaciones de mantenimiento se pueden realizar en varias regiones de la estructura interna de una máquina eléctrica sin retirar y reensamblar un segmento del anillo conductor eléctrico cada vez que el rotor rota para situar la abertura de mantenimiento en las diversas áreas a reparar. Como resultado, se reduce el tiempo para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica. En el caso de generadores de turbinas eólicas, se reducen por tanto los costes operativos y, en consecuencia, se puede incrementar la energía producida por la turbina eólica.

[0020] En otro aspecto, se proporciona una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1. A saber, se proporciona una máquina eléctrica que tiene una pluralidad de fases eléctricas y que comprende una estructura radialmente interna, una estructura externa y un entrehierro radial dispuesto entre la estructura interna y la externa. La estructura interna es una del rotor y del estator y la estructura externa es la otra del rotor y del estator. El rotor está configurado para rotar alrededor de un eje de rotación que se extiende desde un primer lado hasta un segundo lado, y el estator comprende una pluralidad de devanados eléctricos y un anillo conductor eléctrico que se extiende a lo largo de la circunferencia del estator para conectar los devanados eléctricos a un convertidor eléctrico. La estructura externa comprende al menos una abertura de mantenimiento en el primer lado que se extiende a lo largo de una parte de la estructura externa para acceder a una parte de la estructura interna desde el primer lado y el anillo conductor eléctrico comprende al menos dos segmentos siendo al menos uno de dichos segmentos un segmento liberable conectado de forma liberable al otro segmento o segmentos del anillo conductor eléctrico, en la que el segmento liberable está configurado para conectarse a una selección de devanados eléctricos, teniendo la selección el mismo número de devanados para cada una de la pluralidad de fases eléctricas. El segmento liberable está configurado para ser accesible por medio de la al menos una abertura de mantenimiento y está configurado para retirarse durante las operaciones de mantenimiento.

Breve descripción de los dibujos

[0021] En lo que sigue, se describirán ejemplos no limitantes de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 2 ilustra una vista interna detallada de una góndola de una turbina eólica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 3 representa esquemáticamente una vista frontal de un ejemplo de una máquina eléctrica;

la figura 4 representa esquemáticamente una vista en sección a lo largo de la línea A - A' de la máquina eléctrica de la figura 3;

la figura 5 representa esquemáticamente una vista frontal de otro ejemplo de una máquina eléctrica;

la figura 6 representa esquemáticamente una vista frontal de un ejemplo de una máquina eléctrica;

la figura 7 representa esquemáticamente una vista en sección a lo largo de la línea A - A' de la máquina eléctrica de la figura 6;

la figura 8 representa esquemáticamente una vista frontal de un ejemplo de una máquina eléctrica en una primera posición;

la figura 9 representa esquemáticamente una vista frontal de un ejemplo de una máquina eléctrica en una segunda posición;

la figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 11 es un diagrama de flujo de un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en al menos dos regiones de una estructura interna de una máquina eléctrica de acuerdo con un ejemplo;

la figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento de operación de una máquina eléctrica que tiene una pluralidad de fases eléctricas de acuerdo con un ejemplo.

Descripción detallada de ejemplos

[0022] En estas figuras, los mismos signos de referencia se han usado para designar elementos coincidentes.

[0023] La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica 1. Como se muestra, la turbina eólica 1 incluye una torre 2 que se extiende desde una superficie de soporte 3, una góndola 4 montada en la torre 2 y un rotor 5 acoplado a la góndola 4. El rotor 5 incluye un buje rotatorio 6 y al menos una pala de rotor 7 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 6. Por ejemplo, en el ejemplo ilustrado, el rotor 5 incluye tres palas de rotor 7. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 5 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 7. Cada pala de rotor 7 se puede espaciar del buje 6 para facilitar rotar el rotor 5 para permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 6 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico 10 (figura 2) situado dentro de la góndola 4 o que forma parte de la góndola, para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0024] La figura 2 ilustra una vista interna simplificada de un ejemplo de una góndola 4 de una turbina eólica de accionamiento directo 1. Como se muestra, el generador 10 puede estar dispuesto dentro de la góndola 4 o entre la góndola 4 y el rotor 5. En general, el generador 10 se puede acoplar al rotor 5 de la turbina eólica 1 para generar potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 5. Por ejemplo, el rotor 5 de la turbina eólica puede incluir un buje 6 acoplado a un rotor 20 de un generador 10 para la rotación con el mismo. La rotación del buje 6 puede impulsar por tanto el rotor 20 del generador 10.

[0025] En la figura 2, el rotor de turbina eólica 5 se puede montar de forma rotatoria en una estructura de soporte 9 a través de dos rodamientos de rotor 8. En otros ejemplos, la estructura de soporte 9 no se puede extender a través del buje 6 y por lo tanto el rotor se puede soportar por un solo rodamiento de rotor 8, comúnmente llamado rodamiento principal.

[0026] El generador 10 puede comprender una estructura interna 20 y una estructura externa 30. En la figura 2, la estructura externa 30 es el estator y la estructura interna 20 es el rotor. Entre la estructura externa 30 y la estructura interna 20 está dispuesto un entrehierro 40. El estator se puede montar rígidamente en la estructura de soporte 9. El rotor se puede montar de forma rotatoria en el estator a través de un rodamiento de generador 11 de modo que el rotor puede rotar con respecto al estator alrededor de un eje de rotación que se extiende desde un primer lado, por ejemplo, desde el interior de la góndola 4, hasta un segundo lado, el rotor de turbina eólica 5.

[0027] Como se puede apreciar en la figura 2, la estructura externa 30, el estator de la figura 2, del generador 10 puede bloquear el acceso a la estructura interna 20, el rotor de la figura 2, desde el interior de la góndola, debido a que la estructura externa 30 rodea la estructura interna 20.

[0028] En este ejemplo, la estructura interna 20, es decir, el rotor en este ejemplo, no es accesible desde el buje 6. Las turbinas eólicas de accionamiento directo en general requieren grandes generadores. En consecuencia, el diámetro de estos generadores puede ser mayor que la altura interna de la góndola. Por tanto, solo algunas regiones de la estructura externa pueden ser accesibles. Por ejemplo, la parte inferior del generador de la figura 2 puede no ser directamente accesible desde la góndola mientras que la parte superior del generador puede ser accesible desde ella. En particular, la góndola 4 puede comprender una plataforma de mantenimiento 19 para permitir que el personal acceda a una parte del generador.

[0029] La energía producida por el generador se puede suministrar a un convertidor que adapta la potencia eléctrica de salida del generador a los requisitos de la red eléctrica. La máquina eléctrica puede comprender fases eléctricas, por ejemplo, tres fases eléctricas. El convertidor puede estar dispuesto en el interior de la góndola o en el interior de la torre o en el exterior en una plataforma.

[0030] La figura 3 y la figura 4 representan esquemáticamente una vista frontal y una vista en sección a lo largo de la línea A - A' de un ejemplo de máquina eléctrica, que no es de acuerdo con la invención reivindicada. La máquina eléctrica 10 comprende una estructura interna 20 y una estructura externa 30 y un entrehierro radial 40 dispuesto entre la estructura interna y la externa. En este ejemplo, la estructura interna 20 es el rotor y la estructura externa 30 es el estator de la máquina eléctrica 10. En otros ejemplos, la estructura interna puede ser el estator y la estructura externa puede ser el rotor de un generador eléctrico.

[0031] El rotor, en las figuras 3 y 4 la estructura interna 20, está configurado para rotar alrededor del eje 50 que se extiende desde un primer lado 51 hasta un segundo lado 52. La estructura interna 20 se puede montar de forma rotatoria en la estructura externa 30 a través del rodamiento de generador 11. El estator se puede conectar rígidamente a una estructura de soporte de una turbina eólica a través de la brida de estator 55. La máquina eléctrica de la figura 3 se muestra desde el primer lado 51.

[0032] El rotor, por ejemplo la estructura interna 20, puede comprender un borde de rotor externo 57 en el que puede estar dispuesta una pluralidad de módulos magnéticos 58. Cada uno de los módulos magnéticos 58 puede comprender imanes permanentes. Los generadores de imanes permanentes pueden ser máquinas eléctricas de estos tipos.

[0033] De forma alternativa, en lugar de módulos magnéticos, el rotor puede comprender una pluralidad de zapatas de polo y bobinas de excitación que activan y crean la polaridad de los polos. Los generadores síncronos excitados eléctricamente pueden ser máquinas eléctricas de estos tipos.

[0034] El estator, en las figuras 3 y 4 la estructura externa 30, comprende una pluralidad de devanados eléctricos 53 y un anillo conductor eléctrico 54. El estator puede comprender un borde de estator externo 59. En estos ejemplos, los devanados eléctricos 53 pueden estar dispuestos en el lado interno del borde externo exterior 59. El anillo conductor eléctrico 54 se puede extender circunferencialmente a lo largo del estator para conectar los devanados eléctricos 53 a un convertidor eléctrico (no mostrado). El anillo conductor eléctrico 54 puede estar dispuesto junto a la circunferencia exterior de la estructura externa 30. En algunos ejemplos, el anillo conductor eléctrico 54 está dispuesto fuera de la estructura externa 30, por ejemplo, dispuesto en el primer lado 51. En otros ejemplos, el anillo conductor eléctrico puede estar dispuesto entre la estructura externa 30 y la interna 20.

5 [0035] La estructura externa 30 comprende al menos una abertura de mantenimiento 31 que se extiende a lo largo de una parte de la estructura externa 30 para acceder a una parte de la estructura interna 20 desde el primer lado 51. El anillo conductor eléctrico 54 puede obstruir el acceso a una parte interna de la estructura interna 20. En este caso, se debe retirar un segmento del anillo conductor eléctrico.

10 [0036] La máquina eléctrica 10 de la figura 5 es similar a la máquina eléctrica de las figuras 3 y 4. Sin embargo, la máquina eléctrica de la figura 5 comprende un anillo conductor eléctrico 54 que tiene una pluralidad de segmentos 60 de acuerdo con la invención reivindicada. Al menos uno de la pluralidad de segmentos es un segmento liberable 61 que está conectado de forma liberable a los otros segmentos del anillo conductor eléctrico 54. El segmento liberable 61 está configurado para conectarse a una selección de devanados eléctricos, teniendo la selección el mismo número de devanados para cada una de la pluralidad de fases eléctricas. En la figura 5, el segmento liberable 61 se muestra desconectado del otro segmento o segmentos 60 del anillo conductor eléctrico 54. En algunos ejemplos, el anillo conductor 54 puede comprender dos segmentos, siendo uno de ellos el segmento liberable 61. En otros ejemplos, el anillo conductor puede comprender más de dos segmentos, por ejemplo, seis segmentos.

15 [0037] De acuerdo con este aspecto, la región del anillo conductor eléctrico que bloquea el acceso a la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento se puede retirar fácilmente y a continuación conectarse a otras partes del anillo conductor eléctrico. En consecuencia, se puede reducir el tiempo para realizar operaciones de mantenimiento en la estructura interna.

20 [0038] En algunos ejemplos, el segmento liberable se puede conectar de forma liberable a las otras partes o segmentos del anillo conductor eléctrico a través de un acoplamiento de clavija y enchufe ("plug and socket"). También se pueden usar otras conexiones fáciles de conectar y desconectar adecuadas como por ejemplo clips de conector ("connector clips") o conectores a presión ("snap in connectors").

25 [0039] En algunos ejemplos, el segmento liberable 61 puede corresponder sustancialmente a la al menos una abertura de mantenimiento 31. Por lo tanto, al retirar el segmento liberable 61, la estructura interna 20 es accesible a través de la abertura de mantenimiento 31.

30 [0040] En algunos ejemplos, la abertura de mantenimiento 31 puede tener un ancho mayor que el ancho del segmento liberable 61, es decir, las dimensiones de la abertura de mantenimiento pueden ser mayores que las dimensiones del segmento liberable 61. De forma alternativa, la abertura de mantenimiento 31 puede tener un ancho menor que el ancho del segmento liberable 61.

35 [0041] En algunos ejemplos, la abertura de mantenimiento 31 se puede extender circunferencialmente entre 5° y 90°, específicamente entre 10° y 45°, y más específicamente entre 10° y 30°.

40 [0042] En algunos ejemplos, la estructura externa 30 puede comprender una pluralidad de aberturas de mantenimiento 31 distribuidas a lo largo de la circunferencia exterior, por ejemplo, el borde de rotor exterior, de la estructura externa para acceder a varias partes de la estructura interna y/o del entrehierro. En consecuencia, el anillo conductor eléctrico puede comprender una pluralidad de segmentos liberables que corresponde a la pluralidad de aberturas de mantenimiento.

45 [0043] En algunos ejemplos, el segmento liberable 61 (o segmentos) se puede extender entre 10° y 120°, específicamente entre 10° y 60°.

50 [0044] En algunos ejemplos, el anillo conductor eléctrico 54 puede comprender una pluralidad de anillos conductores de fase y al menos un anillo conductor neutro que discurre sustancialmente paralelo entre sí. Cada uno de los anillos conductores de fase se puede asociar con una fase eléctrica de la máquina eléctrica y el al menos un anillo conductor neutro se puede asociar con el neutro de la máquina eléctrica. Cada uno de los devanados eléctricos 53 solo se puede conectar a un anillo conductor de fase y el número de devanados eléctricos conectados a cada anillo conductor de fase es el mismo. En consecuencia, el número de devanados eléctricos conectados a cada fase eléctrica es el mismo.

55 [0045] En algunos ejemplos, la máquina eléctrica puede comprender tres fases y un neutro, en consecuencia el número de devanados eléctricos del estator puede ser múltiplos de tres. En otros ejemplos, la máquina eléctrica puede comprender nueve fases y tres neutros, en consecuencia el número de devanados eléctricos del estator puede ser múltiplo de nueve.

60 [0046] La máquina eléctrica puede comprender una pluralidad de fases eléctricas, el anillo conductor eléctrico puede comprender una pluralidad de anillos eléctricos de fase proporcionales al número de la pluralidad de fases eléctricas y las dimensiones del segmento liberable 61 pueden corresponder sustancialmente a un número de los devanados eléctricos 53 El número de devanados eléctricos conectados a cada una de las fases eléctricas es el mismo. Antes de retirar el segmento liberable 61 para realizar operaciones de mantenimiento en la estructura interna, los devanados eléctricos 53 conectados a dicho segmento liberable 61 se desconectan de él, por ejemplo, se desconectan de un anillo eléctrico de fase. Se puede desconectar el mismo número de devanados de cada una de las fases eléctricas. En consecuencia, las fases eléctricas de la máquina eléctrica permanecen eléctricamente equilibradas.

65

[0047] En algunos ejemplos, la máquina eléctrica puede ser un generador eléctrico, específicamente un generador para una turbina eólica de accionamiento directo, y más específicamente un generador de imanes permanentes.

5 **[0048]** La figura 6 y la figura 7 representan esquemáticamente una vista frontal y una vista en sección a lo largo de la línea A - A' de un ejemplo de máquina eléctrica. La máquina eléctrica de la figura 6 y la figura 7 es similar a otros ejemplos descritos en el presente documento. Sin embargo, en las figuras 6 y 7, la estructura interna es el estator y la estructura externa es el rotor.

10 **[0049]** En la figura 6, se representa un segmento del anillo conductor eléctrico retirado de la(s) parte(s) restante(s) del anillo conductor eléctrico. El segmento retirado es un segmento liberable que se ha desconectado del otro segmento o segmentos del anillo conductor eléctrico.

15 **[0050]** La máquina eléctrica 10 comprende una estructura interna 20 y una estructura externa 30 y un entrehierro 40 dispuesto entre la estructura interna y la externa. En este ejemplo, la estructura interna 20 es el estator y la estructura externa 30 es el rotor de la máquina eléctrica 10.

20 **[0051]** El rotor está configurado para rotar alrededor del eje 50 que se extiende desde un primer lado 51 hasta un segundo lado 52. La estructura externa 20 se puede montar de forma rotatoria en una estructura de soporte 9 de una turbina eólica a través de un rodamiento de generador 11. La estructura externa se puede conectar a un buje de rotor de una turbina eólica (no mostrada en esta figura) que hace que rote. La estructura interna 30 se puede conectar rígidamente a una estructura de soporte 9 de una turbina eólica. Los devanados del estator 53 pueden estar dispuestos en el lado externo de un borde de estator externo 59. Los módulos magnéticos 58 pueden estar dispuestos en el lado interno del borde de rotor externo 57.

25 **[0052]** En las figuras 6 y 7, el rotor puede comprender un borde de rotor 57 y una pluralidad de radios de rotor 63 que se extienden desde el eje de rotación 50 hasta el borde de rotor 57, en el que al menos una abertura de mantenimiento 31 puede corresponder al espacio entre dos radios de rotor contiguos 63. En este ejemplo, el rotor puede comprender seis radios de rotor 63 que forman seis aberturas de mantenimiento 31. En otros ejemplos, el número de radios del rotor puede ser menor o mayor de seis.

30 **[0053]** En estos ejemplos, al rotar la estructura externa 30 con respecto a la estructura interna 20, la abertura de mantenimiento 31 coincide con la región de la estructura interna y/o del entrehierro a reparar, y por lo tanto se puede acceder a esta área desde el primer lado, por ejemplo, desde el interior de una góndola, a través de una abertura de mantenimiento 31 pasando a través de la estructura externa 30. Sin embargo, una región del anillo conductor eléctrico 54 puede bloquear el acceso a la estructura interna 20. Por este motivo, es necesario retirar un segmento del anillo conductor 54. El anillo conductor eléctrico 54 comprende una pluralidad de segmentos 60 que tienen un segmento liberable 61 que está conectado de forma liberable a los otros segmentos 60 del anillo conductor eléctrico 54.

35 **[0054]** Las figuras 8 y 9 representan respectivamente una vista frontal de un ejemplo de máquina eléctrica en una primera y en una segunda posición. En estas figuras, la máquina eléctrica tiene el rotor como estructura interna 20 y el estator como estator externo 30. La máquina eléctrica se ilustra desde el primer lado. El anillo conductor eléctrico de la máquina eléctrica no se ilustra en estas figuras para mostrar claramente las regiones a mantener de la estructura interna, sin embargo, debe quedar claro que esta máquina eléctrica comprende un anillo conductor eléctrico de acuerdo con cualquiera de los ejemplos descritos en el presente documento, por ejemplo, que tiene al menos un segmento liberable.

40 **[0055]** Estas figuras comprenden dos cortes parciales que muestran la primera y la segunda región de la región interna a mantener o inspeccionar. Una línea de puntos representa la abertura de mantenimiento 31 de la estructura externa 30.

45 **[0056]** En la figura 8 el rotor se sitúa en una primera posición. En esta posición, la primera región 21 de la estructura interna 20 es accesible desde el primer lado a través de la abertura de mantenimiento 31 después de retirar un segmento del anillo conductor eléctrico que corresponde parcialmente a la abertura de mantenimiento. En esta posición, la segunda región 22 de la estructura interna no puede ser accesible desde el primer lado, ya que la estructura externa bloquea el acceso.

50 **[0057]** En la figura 9, el rotor se sitúa en la segunda posición. El rotor se rota desde la primera hasta la segunda posición sin reconectar el segmento retirado correspondiente a la abertura de mantenimiento 31 a las otras partes del anillo conductor eléctrico, por ejemplo, para reparar o realizar operaciones de mantenimiento o inspección en la primera región 21 de la estructura interna. La segunda región 22 de la estructura interna 20 es accesible a través de la abertura de mantenimiento cuando el rotor está en la segunda posición. Sin embargo, la primera región 21 no puede ser accesible a través de la abertura de mantenimiento.

55 **[0058]** Desde la primera hasta la segunda posición, el rotor se puede rotar un ángulo entre 10° y 350°, específicamente entre 10° y 180, y más específicamente entre 10° y 90°.

[0059] Rotar el rotor desde una primera hasta una segunda posición puede ser a una velocidad de rotación menor de 1 rpm, específicamente menor de 0,1 rpm y más específicamente igual o menor de 0,01 rpm.

5 **[0060]** La figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento 100 en una máquina eléctrica de acuerdo con un ejemplo.

10 **[0061]** La máquina eléctrica puede tener una pluralidad de fases eléctricas y puede comprender una estructura interna, una estructura externa y un entrehierro radial dispuesto entre la estructura interna y la externa; la estructura interna puede ser una del rotor y del estator y la estructura externa es la otra del rotor y del estator. El rotor de la máquina eléctrica puede estar configurado para rotar alrededor de un eje de rotación que se extiende desde un primer lado hasta un segundo lado y el estator de la máquina eléctrica puede comprender una pluralidad de devanados eléctricos y un anillo conductor eléctrico que se extiende circunferencialmente a lo largo del estator para conectar los devanados eléctricos a un convertidor eléctrico. La estructura externa de la máquina eléctrica puede comprender al menos una abertura de mantenimiento que se extiende a lo largo de una parte de la estructura externa para acceder a una parte de la estructura interna desde el primer lado.

20 **[0062]** La caja 101 representa situar el rotor en una primera posición para acceder a una primera parte de la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento. Cuando el rotor se sitúa en la primera posición, la primera parte de la estructura interna coincide sustancialmente con la abertura de mantenimiento de la estructura externa.

25 **[0063]** En algunos ejemplos, la estructura externa puede ser el estator y la estructura interna puede ser el rotor. En estos ejemplos, el rotor rota para coincidir con el área a mantener del rotor y la abertura de mantenimiento del estator. La abertura de mantenimiento está dispuesta por tanto en una posición fija y varias regiones del rotor se pueden reparar o inspeccionar desde dicha abertura de mantenimiento fija. Como resultado, una plataforma de mantenimiento para facilitar el acceso al rotor puede estar dispuesta en el primer lado, por ejemplo, en el interior de una góndola de turbina eólica.

30 **[0064]** De forma alternativa, la estructura externa puede ser el rotor y la estructura interna puede ser el estator. En estos ejemplos, el rotor se sitúa en una primera posición para coincidir con la primera región del estator y la abertura de mantenimiento, por ejemplo, dispuesta entre los radios radiales del rotor.

35 **[0065]** En algunos ejemplos, la máquina eléctrica puede ser un generador eléctrico para una turbina eólica. En estos casos, el generador eléctrico puede actuar como motor durante la rotación del rotor.

40 **[0066]** La caja 102 representa desconectar una selección de la pluralidad de devanados eléctricos del estator del anillo conductor eléctrico. En algunos ejemplos, el número de devanados eléctricos desconectados del anillo conductor eléctrico es el mismo en cada una de las fases eléctricas de la máquina eléctrica. En consecuencia, las fases eléctricas de la máquina eléctrica se pueden equilibrar eléctricamente. En algunos de estos casos, puede ser necesario desconectar más devanados eléctricos de modo que para cada una de las fases eléctricas se haya desconectado el mismo número de devanados eléctricos (54).

45 **[0067]** La caja 103 representa retirar uno o más segmentos del anillo conductor eléctrico correspondientes al menos parcialmente a la abertura de mantenimiento cuando el rotor está en la primera posición. Al retirar el uno o más segmentos del anillo conductor eléctrico, se potencia la accesibilidad a la primera región de la estructura interna.

50 **[0068]** El segmento a retirar es un segmento liberable, por ejemplo, conectado a través de un acoplamiento de clavija y enchufe, y por lo tanto el segmento se puede desconectar más fácilmente del/de los segmento(s) restante(s) del anillo conductor eléctrico.

55 **[0069]** La caja 105 representa situar el rotor en una segunda posición para acceder a una segunda región de la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento sin conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico a la parte restante del anillo conductor eléctrico. Por tanto, la máquina eléctrica puede actuar como motor para rotar el rotor. Durante esta rotación se puede controlar la corriente que circula a través de los devanados eléctricos para evitar desequilibrios eléctricos. Como resultado, no es necesario reconectar los segmentos retirados a las partes restantes del anillo conductor eléctrico antes de situar el rotor en la segunda posición. En consecuencia, se pueden reducir los tiempos de mantenimiento, reparación o inspección.

60 **[0070]** En algunos ejemplos, el procedimiento puede comprender además desconectar uno o más devanados eléctricos adicionales del estator de modo que para cada una de las fases eléctricas se haya desconectado el mismo número de devanados eléctricos. En algunos de estos ejemplos, el número de devanados eléctricos desconectados puede no corresponder al número de devanados eléctricos conectados al uno o más segmentos del anillo a retirar. En estos casos, puede ser necesario desconectar más devanados eléctricos correspondientes a otra(s) parte(s) o segmento(s) del anillo hasta que el número de devanados desconectados sea proporcional al número de fases eléctricas de la máquina eléctrica. Estos devanados desconectados adicionales se pueden localizar contiguos a los devanados eléctricos desconectados correspondientes al uno o más segmentos a retirar. De forma alternativa, se

pueden localizar lejos de los correspondientes al uno o más segmentos a retirar, por ejemplo, en una posición fácilmente accesible.

5 **[0071]** El procedimiento puede comprender además realizar operaciones de mantenimiento en la primera región de la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento cuando el rotor está en la primera posición y/o en la segunda región de la estructura interna a través de la abertura de mantenimiento cuando el rotor está en la segunda posición. En algunos ejemplos, por ejemplo, en los que el rotor es la estructura interna, las operaciones de mantenimiento pueden comprender reparar o reemplazar módulos magnéticos o zapatas de polos y/o bobinas de excitación. En otros ejemplos, por ejemplo, en los que el estator es la estructura interna, las operaciones de mantenimiento pueden comprender reparar o reemplazar devanados eléctricos del estator. Realizar operaciones de mantenimiento puede comprender adicionalmente inspeccionar la primera y/o la segunda región de la estructura interna.

15 **[0072]** En algunos ejemplos, la estructura interna puede ser el rotor y la estructura externa puede ser el estator. En algunos de estos ejemplos, la máquina eléctrica puede ser un generador de imanes permanentes, por ejemplo, un generador de imanes permanentes para una turbina eólica de accionamiento directo. En estos ejemplos, el rotor del generador de imanes permanentes puede comprender una pluralidad de módulos magnéticos que tienen imanes permanentes dispuestos en la circunferencia externa del rotor. En algunos de estos ejemplos, el procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica puede comprender realizar operaciones de mantenimiento en la primera y/o en la segunda región del rotor incluyendo insertar una herramienta de mantenimiento a través de la abertura de mantenimiento para extraer un módulo magnético. Por lo tanto, extraer los módulos magnéticos puede ser más eficaz.

25 **[0073]** En algunos ejemplos, el procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica puede comprender además situar el rotor en otras posiciones, por ejemplo, en una tercera y en una cuarta posición, para acceder a otras regiones de la estructura interna, por ejemplo, una tercera y una cuarta región, a través de la abertura de mantenimiento sin conectar el segmento retirado y realizar las correspondientes operaciones de mantenimiento en estas regiones adicionales de la estructura interna.

30 **[0074]** El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en una máquina eléctrica puede comprender además conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico al segmento o segmentos restantes del anillo conductor eléctrico después de realizar las operaciones de mantenimiento en las regiones de la estructura interna a mantener, por ejemplo en la primera y en la segunda regiones de la estructura interna.

35 **[0075]** En algunos ejemplos, situar el rotor en una segunda posición puede comprender rotar el rotor a una velocidad de rotación menor de 1 rpm, específicamente menor de 0,1 rpm y más específicamente igual o menor de 0,01 rpm. Dicha velocidad de rotación tan lenta del rotor puede ayudar a reducir la frecuencia y la máquina eléctrica puede actuar como un circuito resistivo ya que la reactancia inductiva puede ser prácticamente insignificante.

40 **[0076]** En algunos ejemplos, desconectar un número de devanados eléctricos proporcional al número de fases eléctricas y rotar el rotor a una velocidad de rotación baja, por ejemplo, menor de 1 rpm, puede proporcionar un procedimiento fiable ya que las fases eléctricas se pueden equilibrar y los devanados eléctricos se pueden proteger contra corrientes altas. De acuerdo con estos aspectos, el rotor se puede situar por tanto de forma más precisa mientras que la corriente en cada uno de los devanados conectados se puede controlar para proteger los devanados eléctricos contra sobrecorriente.

50 **[0077]** La figura 11 es un diagrama de flujo de un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento 100 en al menos dos regiones de una estructura interna de una máquina eléctrica de acuerdo con un ejemplo. La máquina eléctrica puede ser de acuerdo con cualquiera de los ejemplos descritos en el presente documento, por ejemplo con la máquina eléctrica descrita con respecto a la figura 10.

55 **[0078]** La caja 101 representa situar el rotor en una primera posición para acceder a una primera parte de la estructura interna a mantener a través de la abertura de mantenimiento. Situar el rotor en una primera posición de mantenimiento puede ser de acuerdo con cualquiera de los ejemplos descritos en el presente documento.

60 **[0079]** La caja 102 representa desconectar los devanados eléctricos del estator correspondientes al menos parcialmente a uno o más segmentos del anillo conductor eléctrico a retirar del anillo conductor eléctrico. En algunos ejemplos, solo los devanados eléctricos conectados a los segmentos a retirar se desconectan del anillo. Por tanto, los segmentos se pueden retirar más fácilmente. De forma alternativa, los devanados eléctricos conectados a partes del anillo conductor eléctrico que no se van a retirar se pueden desconectar adicionalmente.

[0080] En algunos ejemplos, la máquina eléctrica comprende una pluralidad de fases eléctricas y el número de los devanados eléctricos desconectados del anillo conductor eléctrico es el mismo para cada una de las fases eléctricas. En consecuencia, las fases eléctricas de la máquina eléctrica se equilibran eléctricamente.

65

- 5 **[0081]** En algunos de estos ejemplos, el número de devanados eléctricos desconectados que es el mismo para cada una de las fases eléctricas puede no corresponder al número de devanados eléctricos conectados al uno o más segmentos del anillo a retirar. En estos casos, puede ser necesario desconectar más devanados eléctricos correspondientes a otro(s) segmento(s) del anillo hasta que el número de devanados desconectados sea el mismo para cada una de las fases eléctricas de la máquina eléctrica. Estos devanados desconectados adicionales se pueden localizar contiguos a los devanados eléctricos desconectados correspondientes a los segmentos a retirar. De forma alternativa, se pueden localizar lejos de los correspondientes a los segmentos a retirar, por ejemplo, en una posición fácilmente accesible.
- 10 **[0082]** La caja 103 representa retirar uno o más segmentos del anillo conductor eléctrico correspondientes al menos parcialmente a la abertura de mantenimiento. Esto puede ser de acuerdo con cualquiera de los ejemplos descritos en el presente documento, en particular de acuerdo con los ejemplos descritos con respecto a la figura 10.
- 15 **[0083]** La caja 104 y 105 representa realizar operaciones de mantenimiento en la primera región y en la segunda región de la estructura interna como se describe con respecto a la figura 10. La caja 105 representa situar el rotor en una segunda posición como se describe con respecto a la figura 10.
- 20 **[0084]** En algunos ejemplos, el procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en al menos dos regiones de una estructura interna de una máquina eléctrica puede comprender conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico al segmento o segmentos restantes del anillo conductor eléctrico después de realizar las operaciones de mantenimiento en la segunda región del rotor.
- 25 **[0085]** En algunos ejemplos, la máquina eléctrica puede ser un generador eléctrico para una turbina eólica. En estos casos, el generador eléctrico puede actuar como motor durante la rotación del rotor. En algunos de estos casos, el generador puede ser un generador de imanes permanentes.
- [0086]** En algunos ejemplos, la estructura interna puede ser el rotor y la estructura externa puede ser el estator. De forma alternativa, la estructura interna puede ser el estator y la estructura externa puede ser el rotor.
- 30 **[0087]** En algunos ejemplos, el procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento en al menos dos regiones de una estructura interna de una máquina eléctrica puede comprender realizar operaciones de mantenimiento en varias regiones adicionales de la estructura interna. Se puede lograr el acceso a estas regiones adicionales situando el rotor en una posición para mantener el acceso a estas regiones a través de la abertura de mantenimiento desde el primer lado.
- 35 **[0088]** En algunos ejemplos, situar el rotor en una segunda posición o en otras posiciones puede comprender rotar el rotor a una velocidad de rotación menor. Dicha velocidad de rotación menor puede ser menor de 1 rpm, específicamente menor de 0,1 rpm y más específicamente igual o menor de 0,01 rpm.
- 40 **[0089]** La figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento de operación 120 de una máquina eléctrica que tiene una pluralidad de fases eléctricas. La máquina eléctrica puede comprender un rotor y un estator, teniendo el estator una pluralidad de devanados eléctricos en los que se ha desconectado una parte de los devanados eléctricos.
- 45 **[0090]** La caja 111 representa desconectar devanados adicionales de los devanados eléctricos de modo que cada una de las fases eléctricas tenga el mismo número de devanados conectados. Por tanto, las fases se equilibran.
- [0091]** Rotar el rotor del generador a una velocidad de menos de 1 rpm se representa en la caja 112. En algunos ejemplos la velocidad de rotación puede ser menor de 0,1 rpm y específicamente igual o menor de 0,01 rpm.
- 50 **[0092]** De acuerdo con estos aspectos, el rotor puede rotar cuando se ha desconectado una parte de los devanados eléctricos, por ejemplo, debido a que la estructura interna se ha mantenido o inspeccionado.
- 55 **[0093]** En algunos ejemplos, el procedimiento de operación de una mecanización eléctrica de acuerdo con estos ejemplos puede ser parte de un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento de acuerdo con cualquiera de los ejemplos divulgados en el presente documento.
- 60 **[0094]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo los modos de realización preferentes, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistemas y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Dichos otros ejemplos pretenden estar dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones. Si los signos de referencia relacionados con los dibujos se colocan entre paréntesis en una reivindicación, son únicamente para intentar incrementar la inteligibilidad de la reivindicación y no se interpretarán como limitantes del alcance de la reivindicación.
- 65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una máquina eléctrica (10) que tiene una pluralidad de fases eléctricas y que comprende una estructura radialmente interna (20), una estructura externa (30) y un entrehierro radial (40) dispuesto entre la estructura interna (20) y la externa (30); en la que

la estructura interna (20) es una del rotor y del estator y la estructura externa (30) es la otra del rotor y del estator;

10 el rotor está configurado para rotar alrededor de un eje de rotación (50) que se extiende desde un primer lado (51) hasta un segundo lado (52), y el estator comprende una pluralidad de devanados eléctricos;

la estructura externa (30) comprende en el primer lado (51) al menos una abertura de mantenimiento (31) que se extiende a lo largo de una parte de la estructura externa (30) para acceder a una parte de la estructura interna (20) desde el primer lado (51);

15 caracterizada por que

el estator comprende además un anillo conductor eléctrico (54) que se extiende a lo largo de la circunferencia del estator para conectar los devanados eléctricos (53) a un convertidor eléctrico

20 el anillo conductor eléctrico (54) comprende al menos dos segmentos (60) siendo al menos uno de dichos segmentos un segmento liberable (61) conectado de forma liberable al otro segmento o segmentos del anillo conductor eléctrico (54), en la que

25 el segmento liberable está configurado para ser accesible por medio de al menos una abertura de mantenimiento y está configurado para retirarse durante las operaciones de mantenimiento, y en la que

el segmento liberable (61) está configurado para conectarse a una selección de devanados eléctricos (53), teniendo la selección el mismo número de devanados (53) para cada una de la pluralidad de fases eléctricas.
- 35 2. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la estructura interna (20) es el estator y la estructura externa (30) es el rotor.
- 40 3. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el rotor comprende un borde de rotor externo (57) y una pluralidad de radios de rotor (63) que se extienden radialmente de forma sustancial desde el eje de rotación (50) hasta el borde de rotor (57), en la que la al menos una abertura de mantenimiento (31) corresponde a la distancia entre dos radios de rotor contiguos (63).
- 45 4. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la estructura interna (20) es el rotor y la estructura externa (30) es el estator.
- 50 5. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en la que el segmento liberable (61) del anillo conductor eléctrico (54) se corresponde sustancialmente con la al menos una abertura de mantenimiento (31).
- 55 6. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en la que la abertura de mantenimiento (31) se extiende circunferencialmente entre 5° y 90°, específicamente entre 10° y 45°, y más específicamente entre 10° y 30°.
- 60 7. Una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en la que la máquina eléctrica es un generador eléctrico, específicamente un generador para una turbina eólica de accionamiento directo y más específicamente un generador de imanes permanentes.
- 65 8. Un procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10), teniendo la máquina eléctrica (10) una pluralidad de fases eléctricas y comprendiendo una estructura radialmente interna (20), una estructura externa (30) y un entrehierro radial (40) dispuesto entre la estructura interna (20) y la externa (30), siendo la estructura interna (20) una del rotor y del estator y siendo la estructura externa (30) la otra del rotor y del estator, en el que

el rotor está configurado para rotar alrededor de un eje de rotación (50) que se extiende desde un primer lado (51) hasta un segundo lado (52), y el estator comprende una pluralidad de devanados eléctricos (53) y un anillo conductor eléctrico (54) que se extiende a lo largo de la circunferencia del estator para conectar los devanados eléctricos (53) a un convertidor eléctrico;

el procedimiento comprendiendo:

- 5 situar (101) el rotor en una primera posición para acceder a una primera región (21) de la estructura interna (20) a través de una abertura de mantenimiento (31) en el primer lado de la estructura externa (30);
- 10 y caracterizado por desconectar (102) una selección de la pluralidad de devanados eléctricos (53) del estator del anillo conductor eléctrico (54), teniendo dicha selección el mismo número de devanados (53) para cada una de la pluralidad de fases eléctricas y comprendiendo dicho anillo al menos dos segmentos (60) siendo al menos uno de dichos segmentos un segmento liberable (61) conectado de forma liberable al otro segmento o segmentos del anillo conductor eléctrico (54),
- 15 retirar (103) uno o más de los segmentos liberables del anillo conductor eléctrico (54) correspondiente al menos parcialmente a la abertura de mantenimiento (31) en la primera posición; y
- situar (105) el rotor en una segunda posición para acceder a una segunda región (22) de la estructura interna (20) a través de la abertura de mantenimiento (31), sin conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico al segmento o segmentos restantes del anillo conductor eléctrico (54).
- 20 9. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el procedimiento comprende además desconectar uno o más devanados eléctricos adicionales (54) del estator de modo que para cada una de las fases eléctricas se ha desconectado el mismo número de devanados eléctricos (54).
- 25 10. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 9, en el que el procedimiento comprende además realizar operaciones de mantenimiento en la primera región (21) de la estructura interna (20) a través de la abertura de mantenimiento (31) cuando el rotor está en la primera posición y/o en la segunda región (22) de la estructura interna (20) a través de la abertura de mantenimiento (31) cuando el rotor está en la segunda posición.
- 30 11. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el procedimiento comprende además conectar los segmentos retirados del anillo conductor eléctrico (54) al segmento o segmentos restantes del anillo conductor eléctrico después de realizar las operaciones de mantenimiento en la primera (21) y en la segunda región (22) de la estructura interna (20).
- 35 12. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 11, en el que situar (105) el rotor en una segunda posición comprende rotar el rotor a una velocidad de rotación menor de 1 rpm, específicamente menor de 0,1 rpm y más específicamente igual o menor de 0,01 rpm.
- 40 13. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en el que el rotor es la estructura interna (20) y el estator es la estructura externa (30).
- 45 14. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en el que el estator es la estructura interna (20) y el rotor es la estructura externa (30).
- 50 15. El procedimiento para realizar operaciones de mantenimiento (100) en una máquina eléctrica (10) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la máquina eléctrica (10) es un generador de imanes permanentes y el rotor comprende una pluralidad de módulos magnéticos (58) que tienen imanes permanentes dispuestos en la circunferencia externa del rotor, y en el que el procedimiento comprende además realizar operaciones de mantenimiento en la primera (21) y/o en la segunda regiones (22) del rotor, incluyendo insertar una herramienta de mantenimiento a través de la abertura de mantenimiento (31) para extraer un módulo magnético (58).
- 55

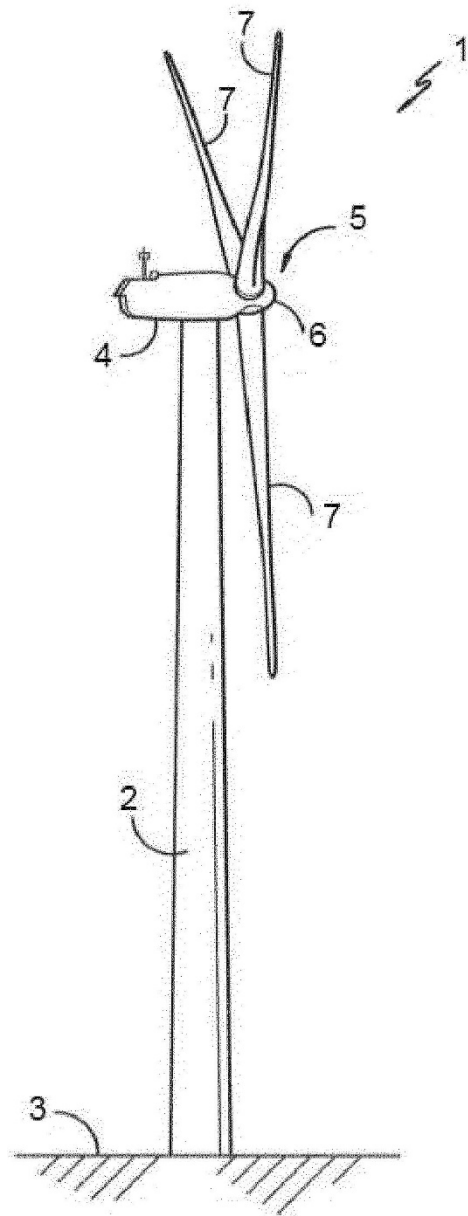


Figura 1

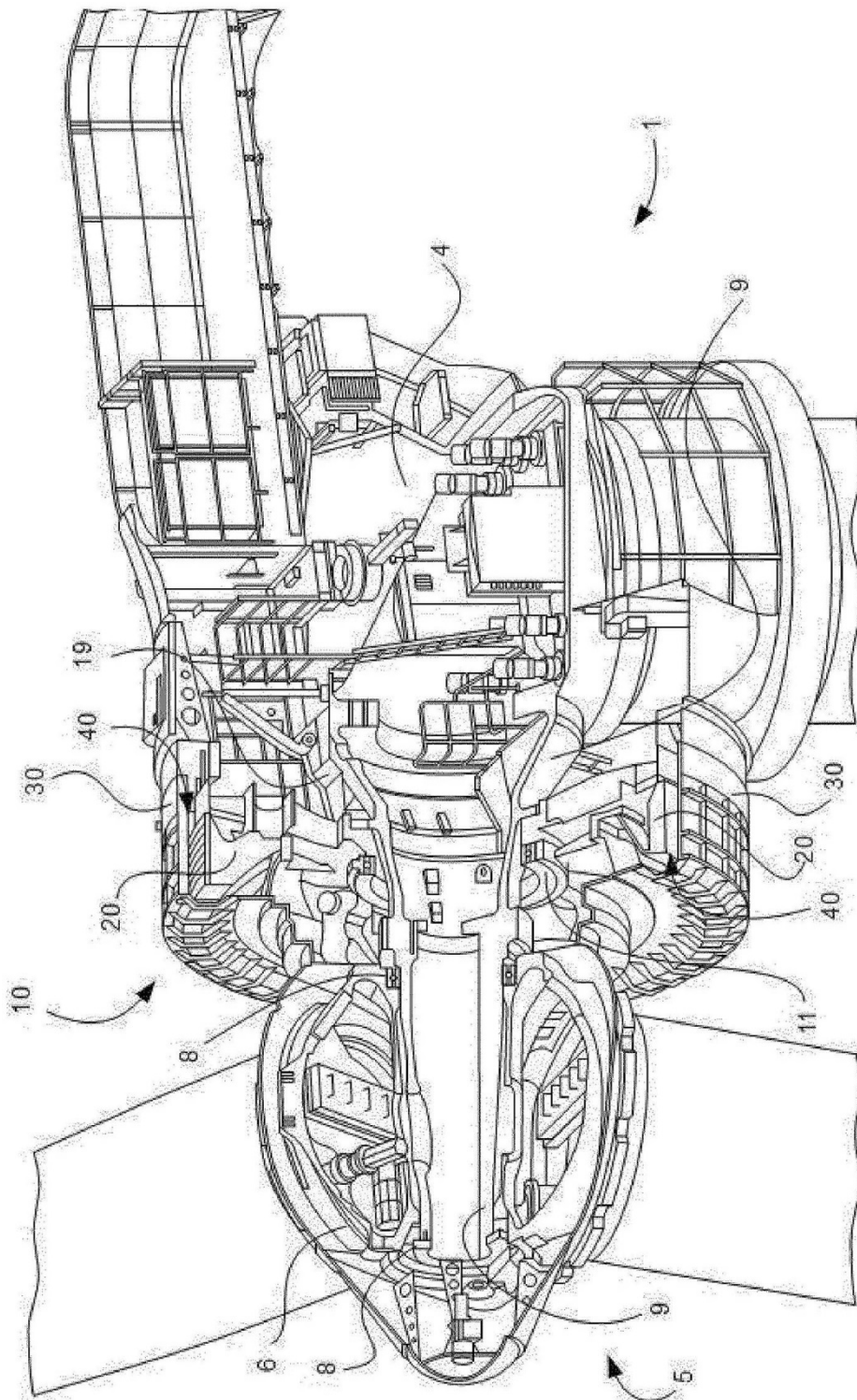


Figura 2

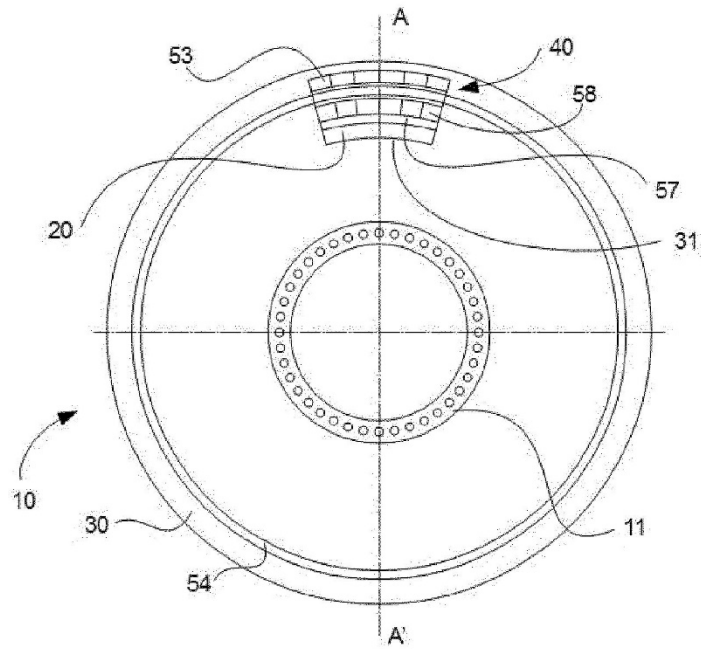


Figura 3

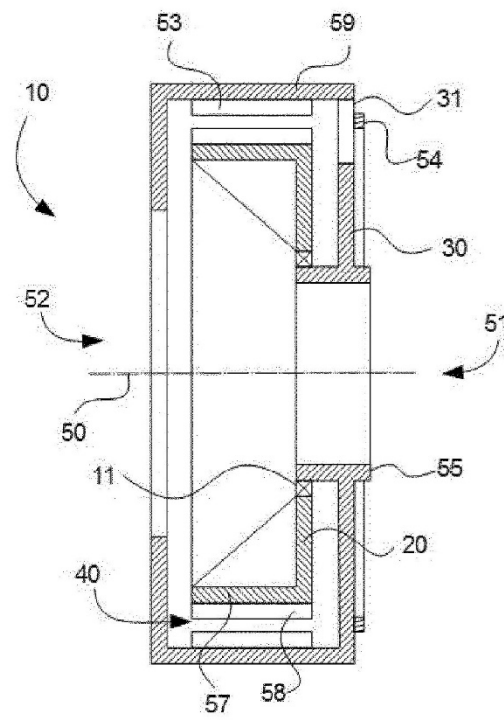


Figura 4

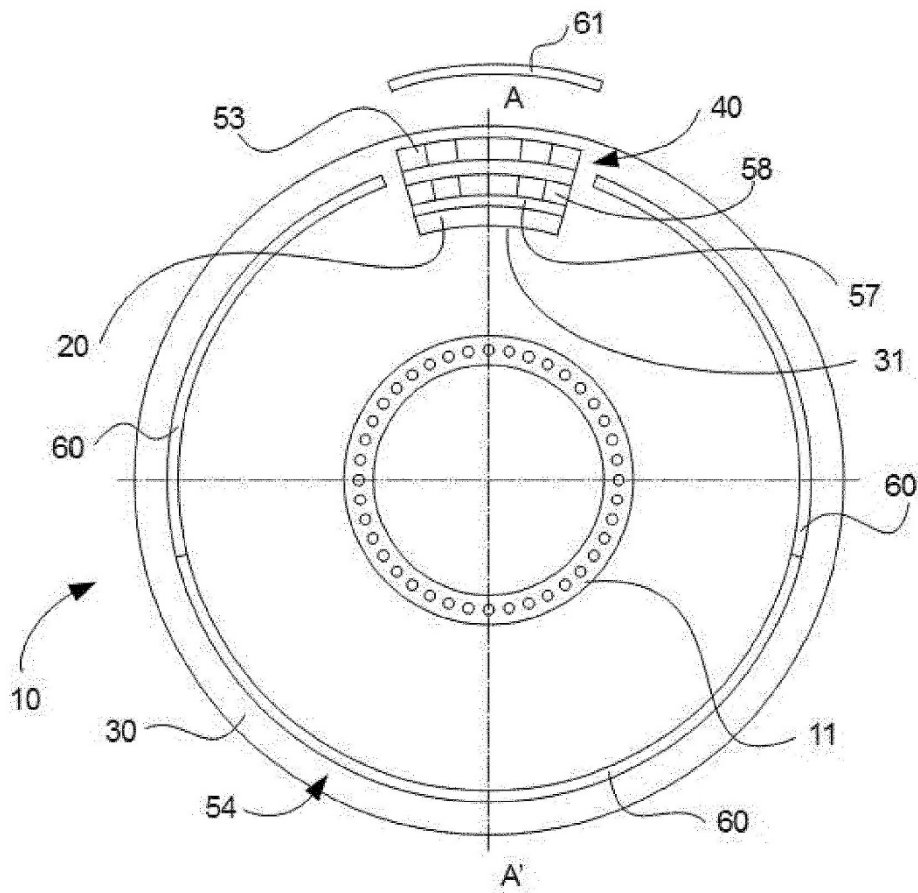


Figura 5

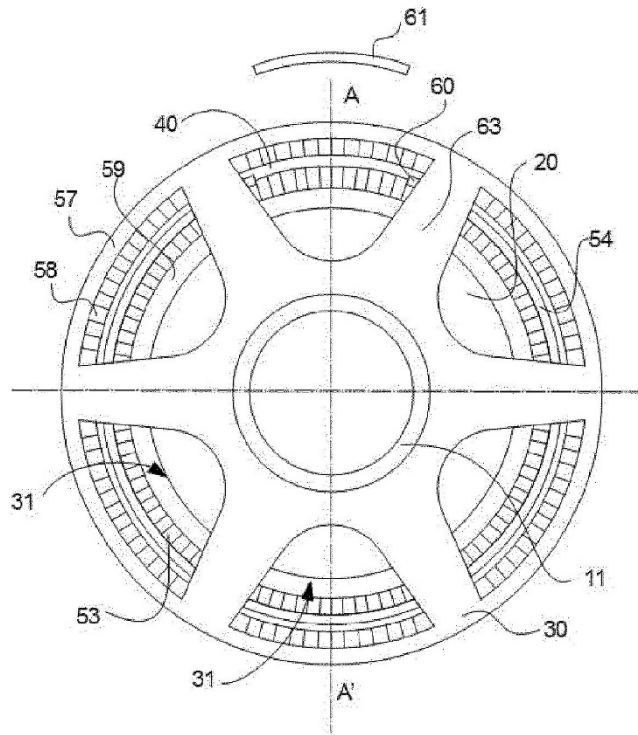


Figura 6

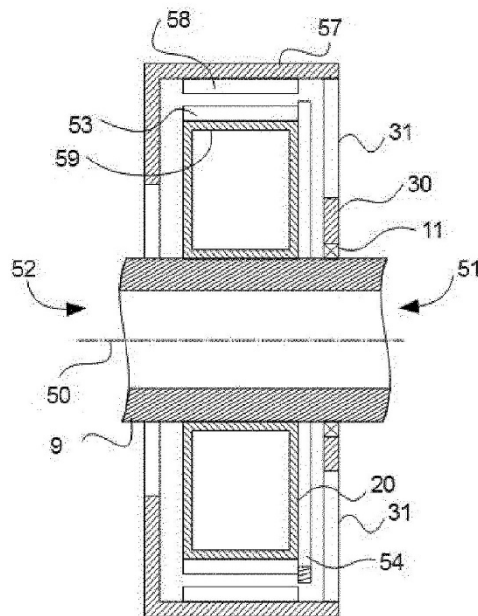


Figura 7

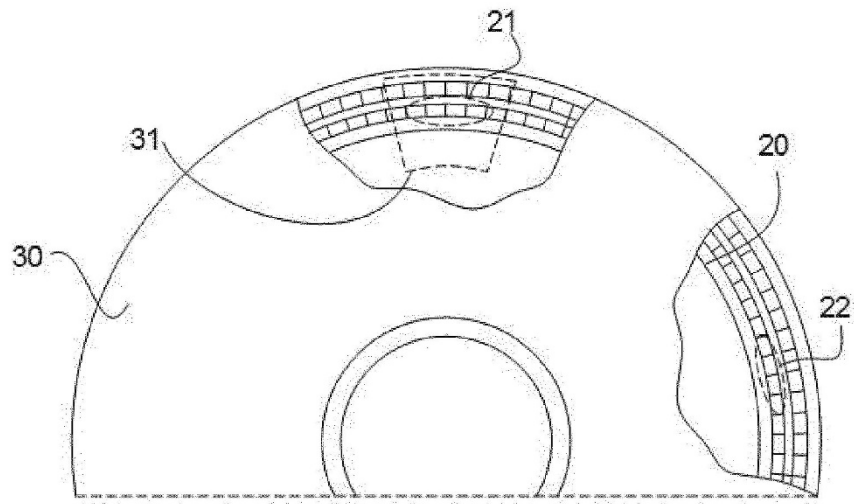


Figura 8

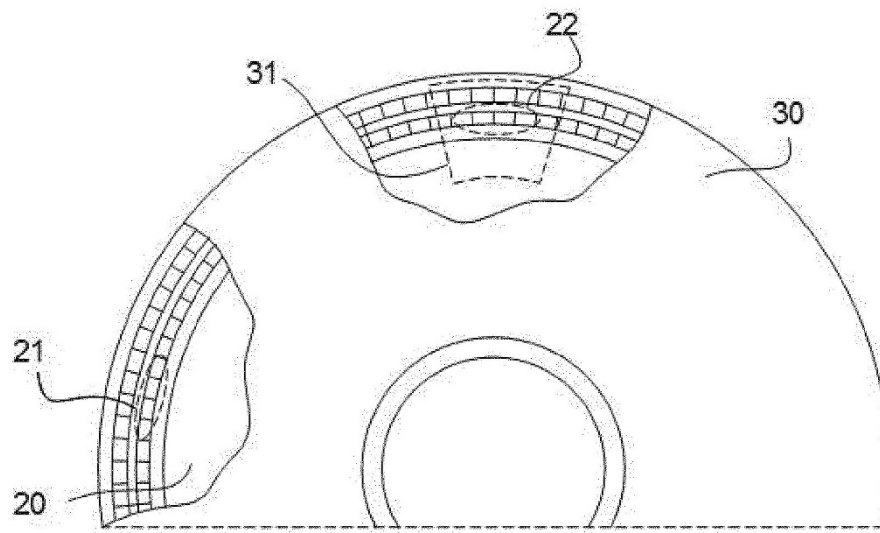


Figura 9

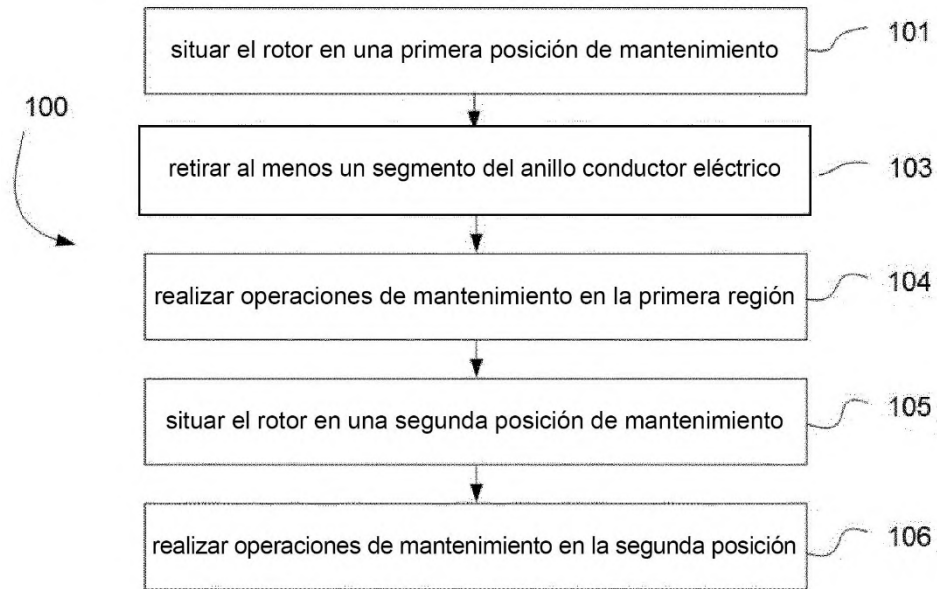


Figura 10

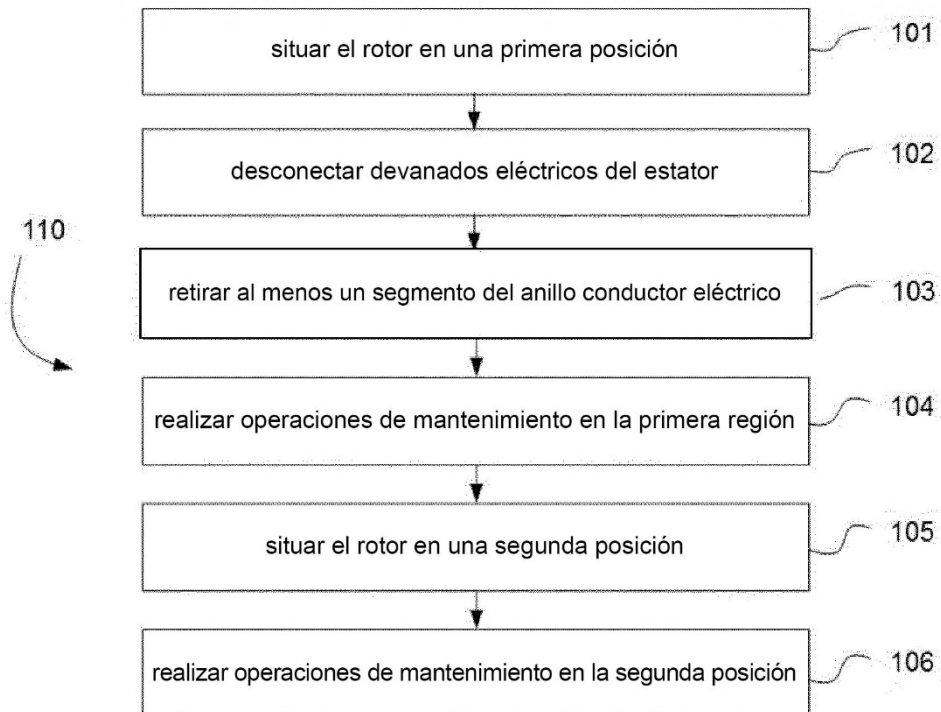


Figura 11

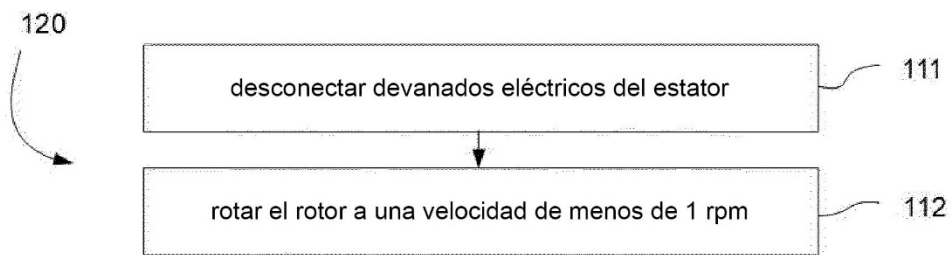


Figura 12