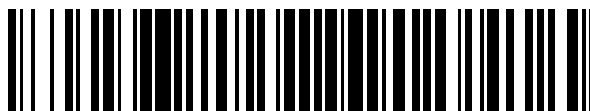


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 231**

51 Int. Cl.:

**H02K 3/47** (2006.01)  
**H02K 16/02** (2006.01)  
**H02K 21/24** (2006.01)  
**H02K 3/12** (2006.01)  
**H02K 16/00** (2006.01)  
**H02K 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2008 PCT/JP2008/066310**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2009 WO09034991**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2008 E 08831067 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2190103**

54 Título: **Máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial**

30 Prioridad:

**14.09.2007 JP 2007238979**

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

**17.01.2018**

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (100.0%)  
6-1, OHEMACHI 2-CHOME CHIYODA-KU  
TOKYO 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**MIYATA, KOJI;  
KOBAYASHI, HIDEKI;  
WATANABE, NAOKI y  
MINOWA, TAKEHISA**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 650 231 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 rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una máquina rotativa de imanes permanentes de tipo síncrono, tal como un motor o un generador eléctrico, y, más en particular, se refiere a una máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial, que tiene un rotor y un estator enfrentados en la dirección de un árbol giratorio.

10

Antecedentes de la técnica

Una máquina rotativa de imanes permanentes se clasifica estructuralmente en un tipo con huelgo radial y un tipo con huelgo axial. En el tipo con huelgo radial, múltiples imanes permanentes están dispuestos en una dirección circunferencial de un rotor, los polos magnéticos de los imanes permanentes están alineados en una dirección radial, y un estator está dispuesto de manera que quede orientado hacia los imanes permanentes. Generalmente, en el tipo con huelgo radial, las bobinas de estator individuales están enrolladas alrededor de un núcleo de hierro que tiene múltiples dientes, de modo que puedan enlazarse eficientemente los flujos magnéticos de los polos del rotor con las bobinas, y pueda generarse un par elevado para un motor y una tensión elevada para un generador. Por el contrario, dado que se utiliza un núcleo de hierro, se produce una pérdida del par debido a un par de detención o una pérdida de histéresis del núcleo de hierro, y, por lo tanto, se aumenta el par de arranque. Cuando se utiliza dicha estructura en un generador eólico y el par de arranque es demasiado elevado, el viento con poca fuerza no podrá hacer girar el generador y no podrá generarse electricidad.

15

20

25

Si se elimina el núcleo de hierro, desaparece dicho problema. Sin embargo, esto provoca un deterioro de la eficiencia magnética, y en el tipo con huelgo radial es imposible obtener una salida elevada de potencia. En vista de esto, se propone un tipo con huelgo axial como el mostrado en la Fig. 8.

30

En la Fig. 8, múltiples capas de cuerpos magnéticos 25 (armaduras de rotor) en forma de disco, que comprenden múltiples imanes permanentes 26a sobre su superficie, están aseguradas entre sí a través de unos espaciadores para el ajuste de las mismas en un árbol giratorio 22, de modo que formen integralmente con el mismo un rotor 27.

35

40

En los huelgos de aire, formados entre las armaduras individuales del rotor, está dispuesto un estator 1, que comprende unas bobinas 3 y está fijado a una carcasa 21. El árbol giratorio 22 está soportado de forma rotativa por la carcasa 21, a través de unos cojinetes 28. De acuerdo con esta estructura, es posible aumentar la potencia de salida mediante la ampliación de las superficies polares magnéticas, de los imanes permanentes 26a, sin utilizar núcleos de hierro para las bobinas 3. Dado que la máquina rotativa del tipo con huelgo axial tiene una estructura que no utiliza núcleos de hierro para las bobinas (denominada "sin núcleo"), es posible obtener una máquina rotativa de alto rendimiento dado que no presenta par de arranque (véanse, por ejemplo, tales publicaciones como la Publicación Provisional de Patente Japonesa (JP-A) n.º 2002-320364 y JP-A n.º 2003-348805). De acuerdo con la máquina rotativa sin núcleo, presenta una menor pérdida interna y ofrece una elevada potencia de salida y un rendimiento muy eficiente, incluso a una alta velocidad de rotación, debido a que la inductancia del devanado es pequeña, lo que hace que su impedancia sea baja. Por ejemplo, cuando se utiliza la máquina rotativa sin núcleo como generador de potencia sin núcleo, dado que la pérdida interna es el resultado del producto de la impedancia y la corriente, es posible suministrar una gran corriente con la misma dado que su impedancia es menor. La máquina rotativa sin núcleo presenta una ventaja para este tipo de aplicación en la que se suministra una mayor corriente. Sin embargo, debe observarse que la magnitud de la corriente que podrá fluir estará determinada por el área de sección transversal del alambre del devanado, dado que la generación de calor en la bobina deberá estar limitada a entre aproximadamente 5 y 15 A por cada 1mm<sup>2</sup> de área de sección transversal del alambre de devanado.

50

Documento de Patente 1: 2002-320364A

Documento de Patente 2: 2003-348805A. El Documento de Patente con número de publicación JP H11 187635 da a conocer una máquina rotativa del tipo con huelgo axial, que comprende: una carcasa; un árbol giratorio soportado de forma rotativa en la carcasa; dos rotores capaces de girar integralmente con el árbol giratorio, estando dispuestos los rotores orientados el uno hacia el otro con una distancia entre los mismos, en una dirección axial del árbol giratorio, comprendiendo dos placas giratorias e imanes permanentes dispuestos en un círculo alrededor del árbol giratorio, sobre al menos una de las caras opuestas de las placas giratorias de modo que las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes estén posicionadas perpendicularmente al árbol giratorio; y un estator fijado a la carcasa, estando dispuesto el estator en un huelgo para aire formado entre las placas giratorias enfrentadas entre sí, comprendiendo una placa de fijación y bobinas dispuestas en círculo en la placa de fijación, de modo que estén orientadas hacia el círculo de los imanes permanentes, en el que cada una de las bobinas comprende un alambre de devanado.

55

60

Sumario de la invención

Problema a resolver por la invención

5 Resulta preferible enrollar un alambre de devanado que tenga una sección transversal rectangular en lugar de una sección transversal circular, para aumentar el factor espacial y lograr una mayor potencia de salida. En vista de esto, los inventores fabricaron una bobina enrollada con un alambre que tiene una sección transversal rectangular de 1,6 mm x 1,25 mm, con un área de sección transversal de 2 mm<sup>2</sup> para obtener una corriente de 30 A, y se utilizó la bobina en un generador sin núcleo del tipo con huelgo axial. Cuando se hizo girar a 3600 rpm el generador sin núcleo del tipo con huelgo axial, la bobina generó calor a pesar de que no había carga alguna conectada al mismo, por lo que no circulaba corriente a través de la bobina. Dicha generación de calor tiene como resultado una pérdida interna del generador, y hace que disminuya la eficiencia de generación. Los inventores investigaron la causa de la generación de calor y descubrieron que una corriente parásita fluía anularmente por dentro del alambre de devanado, y que generaba calor cuando el campo magnético estaba enlazado con el alambre de devanado de la bobina. Como un posible método para reducir la corriente de Foucault, es concebible fabricar un alambre de devanado más delgado. Sin embargo, dicho método evita el flujo de una mayor corriente.

Medios para solucionar el problema

20 En vista de los problemas descritos anteriormente, un objeto de la presente invención es proporcionar una máquina rotativa del tipo sin juego axial, con una elevada potencia de salida y altamente eficiente, capaz de reducir la corriente parásita causada dentro del alambre de devanado y suministrar una mayor corriente.

25 El estudio intensivo de los inventores para resolver el anterior problema logró una máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial, con una elevada potencia de salida y altamente eficiente, capaz de reducir la corriente parásita generada dentro del alambre de devanado y suministrar una mayor corriente. La máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de la invención puede comprender: una carcasa; un árbol giratorio soportado de forma rotativa en la carcasa; dos rotores, capaces de rotar integralmente con el árbol giratorio, comprendiendo el rotor unas placas giratorias dispuestas enfrentadas entre sí con una distancia axial entre las mismas, en la dirección axial del árbol giratorio, e imanes permanentes dispuestos en un círculo alrededor del árbol giratorio sobre al menos una de las caras opuestas de las placas giratorias, dispuestas para estar enfrentadas entre sí, de manera que las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes estén posicionadas perpendiculares al árbol giratorio; y un estator fijado a la carcasa, estando dispuesto el estator en un huelgo para aire formado por las placas giratorias con el fin de estar enfrentadas entre sí, comprendiendo el estator una placa de fijación y unas bobinas dispuestas en círculo sobre la placa de fijación, de modo que estén orientadas hacia los círculos de los imanes permanentes, en el que cada una de las bobinas comprende un alambre de devanado que se forma con un paquete de al menos dos conductores de bobina, que tienen secciones transversales rectangulares, mediante la alineación de al menos uno de sus lados largos y sus lados cortos, y teniendo el alambre de devanado una circunferencia exterior cubierta con un revestimiento aislante, y enrollándose el mismo de tal manera que los lados largos de la sección transversal de los conductores de bobina queden situados perpendiculares a las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, la máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial puede comprender: una carcasa; un árbol giratorio soportado de forma rotativa en la carcasa; un primer rotor terminal y un segundo rotor terminal capaces de girar integralmente con el árbol giratorio, estando dispuestos enfrentados entre sí con una distancia entre los mismos en la dirección axial del árbol giratorio, comprendiendo unas respectivas placas giratorias terminales; al menos un rotor de imanes de doble cara capaz de girar integralmente con el árbol giratorio, estando dispuesto cada rotor de doble cara en un huelgo para aire formado entre el primer y el segundo rotores terminales, comprendiendo una placa giratoria e imanes permanentes dispuestos concéntricamente alrededor del árbol giratorio sobre ambos lados de la placa giratoria, de modo que las superficies polares magnéticas estén posicionadas perpendicularmente al árbol giratorio; y al menos dos estatores fijados a la carcasa, estando dispuesto cada estator en un huelgo para aire formado entre el primer rotor terminal, dicho rotor de imanes de doble cara, y el segundo rotor terminal, comprendiendo unas placas de fijación y unas bobinas dispuestas circunferencialmente en cada una de las placas de fijación de modo que estén orientadas hacia los círculos de los imanes permanentes, en el que cada una de las bobinas comprende un alambre de devanado que se forma con un paquete de al menos dos conductores de bobina, que tienen secciones transversales rectangulares, mediante la alineación de al menos uno de sus lados largos y sus lados cortos, y teniendo el alambre de devanado una circunferencia exterior cubierta con un revestimiento aislante, y enrollándose el mismo de tal manera que los lados largos de cada una de las secciones transversales de los conductores de bobina queden situados perpendiculares a las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes.

60 De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, la máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial puede estar estructurada de tal manera las caras opuestas de las placas giratorias terminales del primer y segundo rotores terminales estén provistas adicionalmente de imanes permanentes, de modo que las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes estén posicionadas perpendicularmente al árbol giratorio.

De acuerdo con la máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de la presente invención, es preferible que la sección transversal de los conductores de bobina tenga una forma en la que la relación entre la longitud de los lados largos y la longitud de los lados cortos sea al menos de cinco.

5 De acuerdo con la máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de la presente invención, es preferible que la longitud de los lados cortos en la sección transversal de los conductores de la bobina no sea superior a 0,5 mm.

De acuerdo con la máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de la presente invención, la circunferencia exterior de cada uno de los conductores de bobina puede recubrirse con un revestimiento aislante.

10 Efecto de la invención

De acuerdo con la presente invención, es posible obtener una máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial, con una elevada potencia de salida y altamente eficiente, incluso si el área de la sección transversal del alambre de devanado de la misma es tal que pueda pasar por el mismo una mayor corriente.

Breve descripción de los dibujos

20 La Fig. 1 es una vista esquemática en sección transversal, que muestra un rotor de la máquina rotativa de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 2 muestra, en (a), una bobina de acuerdo con un aspecto, alojada en el rotor mostrado en la Fig. 1; en (b), una vista en sección transversal tomada por la línea A-A mostrada en la Fig. 1; y, en (c), una vista ampliada de la misma.

25 La Fig. 3 es un alzado frontal, visto en una dirección del eje de rotación, que muestra cómo un imán del rotor pasa por encima de un estator de la máquina rotativa de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 4 representa vistas, tomadas por la línea A-A y la línea B-B de la Fig. 3, que muestran cómo un imán del rotor pasa por encima de un estator de la máquina rotativa de acuerdo con la presente invención.

30 La Fig. 5 muestra una vista en sección transversal de una bobina de acuerdo con otro aspecto, alojada en el estator, tomada por la línea A-A de la Figura 1, y una vista esquemática de la misma que muestra un conjunto de conductores con un solo alambre de devanado.

La Fig. 6 muestra una vista en sección transversal de una bobina de acuerdo con otro aspecto, alojada en el estator, tomada por la línea A-A de la Figura 1, y una vista esquemática de la misma que muestra un conjunto de conductores con un solo alambre de devanado.

35 La Fig. 7 es un diagrama esquemático que muestra ejemplos de un método y de un aparato para producir la bobina, alojada en el estator, mostrada en la Figura 1.

La Fig. 8 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un aspecto de una máquina rotativa del tipo con huelgo axial de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 9 es una vista en perspectiva esquemática que muestra un rotor, que puede emplearse en una máquina rotativa del tipo con huelgo axial de acuerdo con la presente invención.

40 La Fig. 10 es una vista en sección transversal esquemática que muestra otro aspecto de una máquina rotativa del tipo con huelgo axial de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 11 es una vista en sección transversal esquemática que muestra otro aspecto de una máquina rotativa del tipo con huelgo axial de acuerdo con la presente invención.

45 La Fig. 12 es una vista en sección transversal esquemática que muestra otro aspecto de una máquina rotativa del tipo con huelgo axial de acuerdo con la presente invención.

Explicaciones de letras y numerales

1	estator
50 2	base de bobina
3	bobina
4	alambre de devanado de bobina
5	conductor de bobina
6	revestimiento aislante
55 7	imán permanente
8	flujo magnético
9	corriente parásita
10	aparato de fabricación de bobinas
11	sección de suministro de conductores
60 12	sección de montaje de conductores
13	sección de devanado de bobinas
14	fuentes de conductores de bobina
15	cuerpo giratorio
16	bastidor hueco de bobina
65 20, 30, 40, 50	máquina rotativa del tipo con huelgo axial

Mejor modo de llevar a cabo la invención

En lo sucesivo, se describirá en detalle la presente invención con referencia a los dibujos.

5 En la Fig. 1 se muestra un estator de una máquina rotativa sin núcleo, del tipo con huelgo axial, de acuerdo con la presente invención. En la Fig. 1, el estator 1 tiene 12 piezas de bobinas 3, dispuestas en círculo y espaciadas equitativamente unas respecto a las otras alrededor del árbol giratorio de una base (placa de fijación) 2 de bobina. El número de bobinas se decide de acuerdo con el número de polos del rotor, o en función de si las bobinas están conectadas de manera monofásica o trifásica. Es común establecer la relación entre el número de polos y el número  
10 de bobinas para que sea 1:1 para la fase única, y 4:3 para la fase trifásica, y también es posible establecer la relación para que sea 16:9, 20:12, o similar. En el ejemplo mostrado en la Fig. 1, 12 piezas de bobinas están conectadas de manera trifásica para obtener una salida trifásica, con un rotor que tiene 16 polos.

15 Cabe observar que el estator no está limitado a tener las bobinas dispuestas en un solo círculo, alrededor del árbol giratorio en la base 2 de bobina, como se muestra en la Fig. 1, sino que también es posible adoptar una estructura de tipo multi-circunferencial mediante la disposición de las bobinas al menos en dos círculos concéntricos, que tengan diferentes diámetros alrededor del árbol giratorio sobre la base 2 de bobina. En tal caso, los imanes permanentes se proporcionan concéntricamente en cada círculo con un diámetro diferente, sobre una placa giratoria, de modo que cada círculo concéntrico de la placa giratoria se corresponda con los círculos concéntricos de la placa de fijación sobre la que están dispuestas las bobinas.  
20

Con referencia a la Fig. 2, se describirá con más detalle la estructura del alambre de devanado utilizado para el estator anteriormente mencionado. Como se muestra en (a) a (c) de la Fig. 2, la bobina 3 se forma enrollando un alambre 4 de devanado de bobina que tiene forma de placa, y un revestimiento aislante 6 aplicado sobre una  
25 superficie exterior del mismo. Adicionalmente, como se muestra en la Fig. 2 (d), alambre 4 de devanado de bobina con forma de placa se compone de un total de 18 conductores 5 de bobina que tienen secciones transversales rectangulares, cuyos lados largos y lados cortos están alineados entre sí.

30 Resulta preferible que el grosor del revestimiento aislante 6 del alambre 4 de devanado de bobina esté en el intervalo de 0 a 50  $\mu\text{m}$ , y más preferentemente en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 30  $\mu\text{m}$ , desde el punto de vista de reducción de la corriente parásita. Adicionalmente, puede aplicarse un revestimiento de esmalte como el revestimiento aislante del cable de devanado.

35 Con referencia a las Figs. 3 y 4, se ofrece una descripción de una corriente parásita que fluye a través del interior del alambre 4 de devanado de bobina de tipo placa, cuando se acciona la máquina rotativa del tipo con huelgo axial. La Fig. 3(a) muestra un estado en el que el imán permanente 7 del rotor, por la rotación del árbol giratorio, alcanza un punto situado por encima del alambre 4 de devanado de una bobina 3 específica que está dispuesta concéntricamente alrededor del árbol giratorio. En este estado, la vista en sección transversal tomada por la línea A-A se corresponde con la Fig. 4(a).  
40

En la Fig. 3(b), el rotor gira adicionalmente, y el imán permanente 7 está a punto de abandonar el punto situado por encima del alambre 4 de devanado de la bobina 3 específica. En este estado, la vista en sección transversal tomada por la línea B-B se corresponde con la Fig. 4(b). Durante la transición desde el estado que se muestra en la sección de la Fig. 3(a) al estado que se muestra en la Fig. 3(b), el flujo magnético 8 que penetra dentro del alambre 4 de devanado disminuye constantemente, como se muestra en (a) y (b) de la Fig. 4. A continuación, una corriente parásita 9 (corriente inducida) fluye dentro del alambre 4 de devanado, de tal manera que se evita la disminución del flujo magnético. Dado que fluye una mayor cantidad de corriente parásita 9 a través de una cara a través de la cual penetra el flujo magnético, la corriente parásita fluirá más a través de una cara que sea paralela a la superficie polar magnética que a través de una cara que sea paralela al flujo magnético. Esto significa que fluye una mayor cantidad de corriente a través de las caras superior e inferior, como se muestra en la Fig. 4(b). Por consiguiente, los inventores dedujeron que, si en una bobina de una máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial se divide en segmentos más pequeños una cara paralela a la superficie del polo magnético, se reducirá eficazmente la corriente parásita al fragmentar la ruta de la corriente parásita, y concibieron la idea de fabricar el alambre de devanado mediante la agrupación de al menos dos conductores de bobina que tengan una forma de sección transversal idéntica, de tal manera que los lados largos y/o los lados cortos en la sección transversal de los conductores queden alineados entre sí, como se describió anteriormente.  
50  
55

60 Resulta preferible que los conductores 5 de bobina que forman el cable de devanado tengan una sección transversal de forma rectangular. También resulta preferible que se recubra cada uno de los conductores 5 con el revestimiento aislante 6, como se muestra en la Fig. 2(e), a fin de reducir la corriente parásita. Sin embargo, dado que un revestimiento aislante 6 más grueso reduce el factor espacial del alambre de devanado, y provoca una reducción en la potencia de salida, resulta mejor un revestimiento aislante más delgado y, por ejemplo, puede emplearse un alambre de esmalte de manera preferentemente. Dado que el efecto de reducción de la corriente parásita puede obtenerse incluso sin el revestimiento aislante, el revestimiento aislante de los conductores 5 de bobina no es un requisito esencial. Cuando se aplica el revestimiento aislante 6 a los conductores 5 de bobina, el espesor del revestimiento estará preferentemente en el intervalo de 0 a 50  $\mu\text{m}$ , y más preferentemente en el intervalo de  
65

20 a 30  $\mu\text{m}$ , de cara a reducir la corriente parásita. Adicionalmente, también es posible emplear un material para el revestimiento aislante de los conductores 5 de bobina similar al del revestimiento aislante del alambre de devanado.

5 En cuanto al tamaño de los conductores, se selecciona un tamaño que dificulte el flujo de la corriente parásita. El tamaño que dificulta el flujo de la corriente parásita varía de acuerdo con el número de polos, la velocidad de rotación, la intensidad del campo magnético, y similares, y es posible calcular el tamaño basándose en una simulación del campo magnético utilizando el método de elementos finitos o uno similar.

10 Resulta preferible que la longitud del lado corto en la sección transversal de los conductores sea de 0,5 mm, o menor. Aunque la reducción del tamaño del lado largo en la sección transversal de los conductores conlleva una reducción en la corriente parásita, los conductores demasiado finos dificultan el trabajo de enrollamiento y reducen el factor espacial del alambre de devanado. El lado largo en la sección transversal de los conductores, es decir, el lado posicionado perpendicularmente a la superficie de polo magnético del imán permanente cuando la bobina está dispuesta en la máquina rotativa, no tiene por qué tener un valor bajo como el lado corto en la sección transversal de los conductores, es decir, el lado posicionado en paralelo a la superficie de polo magnético del imán permanente.

15 Resulta preferente que la forma de la sección transversal de los conductores de bobina tenga una relación por la cual la tasa de longitud del lado largo en sección transversal con respecto a la longitud del lado corto en sección transversal sea al menos de cinco (la relación  $\geq 5$ )

20 Las Figs. 5 y 6 muestran otros aspectos de la bobina utilizada en la máquina rotativa de acuerdo con la presente invención. En la Fig. 5, el aspecto de los conductores de bobina que forman el alambre de devanado coincide con el que se muestra en la Fig. 2 en lo referente a la sección transversal rectangular, pero su aspecto difiere del mostrado en la Fig. 2 en lo referente a que la bobina se forma enrollando un alambre de devanado con sección transversal cuadrada.

25 En la Fig. 6, el aspecto es igual al mostrado en la Fig. 2 en lo referente a que la bobina se forma enrollando un alambre de devanado con sección transversal rectangular. Sin embargo, el lado corto en la sección transversal de los conductores de bobina es más grande que el que se muestra en la Fig. 2.

30 Sin embargo, en cada una de estas bobinas, la longitud del lado corto en la sección transversal de los conductores que forman el alambre de devanado está establecida en 0,5 mm, o menos.

35 La Fig. 7 muestra un ejemplo de un método para producir el alambre de devanado y la bobina descritos anteriormente. El dispositivo de fabricación 10 de bobinas que se muestra en la Fig. 7 comprende: una sección 11 de suministro de conductores, que tiene siete fuentes 14 de conductores de bobina para suministrar por rotación los conductores 5 de bobina; una sección 12 de montaje de conductores para formar un solo hilo del alambre 4 de devanado, que tiene una sección transversal rectangular, mediante el enrollamiento y agrupación de los conductores 5 suministrados desde la sección de suministro de conductores, mediante dos cuerpos giratorios 15 que giran en direcciones opuestas entre sí; y una sección 13 de devanado de bobinas para enrollar el alambre 4 de devanado de bobinas, obtenido en la sección de montaje de conductores, alrededor de un bastidor hueco 16 de bobina. Por ejemplo, la bobina puede obtenerse mediante un aparato de producción como el descrito anteriormente.

40 También es posible proporcionar, entre la sección 12 de montaje de conductores y la sección de devanado de bobinas, una sección de recubrimiento para aplicar un revestimiento aislante en el alambre de devanado, obtenido en la sección 12 de montaje de conductores.

45 El rotor que comprende las bobinas puede utilizarse preferentemente para las máquinas rotativas del tipo con huelgo axial mostradas en las Figs. 8, 10, 11 y 12.

50 La máquina rotativa 20 del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 8 comprende: un carcasa 21; un árbol giratorio 22, soportado de forma rotativa en la carcasa 21; dos rotores 24 y 27 capaces de girar integralmente con el árbol giratorio, que comprenden unas placas giratorias 23 y 25 dispuestas enfrentadas entre sí con una distancia entre las mismas, en la dirección axial del árbol giratorio 22, e imanes permanentes 26a dispuestos concéntricamente alrededor del árbol giratorio sobre una de las caras opuestas de las placas giratorias 23 y 25, de modo que las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes estén situadas perpendiculares al árbol giratorio; y un estator fijado a la carcasa, que comprende una placa 1 de fijación dispuesta en el huelgo para aire, formado entre las placas giratorias 23 y 25 enfrentadas entre sí, y unas bobinas 3 dispuestas en círculo en la placa de fijación de manera que estén orientadas en un círculo de los imanes permanentes.

55 Los flujos magnéticos generados a partir de los imanes permanentes del rotor se enlazan intermitentemente con el interior de cada una de las bobinas 3, que están dispuestas concéntricamente, a medida que gira el árbol giratorio.

60 La Fig. 9 da a conocer el rotor 27 utilizado en la máquina rotativa 20 del tipo con huelgo axial. El rotor 27 tiene 16 piezas de los imanes permanentes 7, dispuestos sobre la superficie de la armadura 25 del rotor de manera que los polos de los mismos estén alternados. La cantidad de imanes permanentes será un número par. Si a modo de

imanes permanentes se utiliza un imán sinterizado con base de Nd-Fe-B, con fuerza magnética elevada, es posible obtener una potencia de salida elevada.

5 La máquina rotativa 30 sin núcleo del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 10 difiere del aspecto que se muestra en la Fig. 8 en que los imanes permanentes 34a y 34b están dispuestos concéntricamente alrededor del árbol giratorio 32, sobre ambas caras de las placas giratorias 35a y 36b que están enfrentadas entre sí, de modo que las superficies magnéticas polares están situadas perpendiculares al árbol giratorio.

10 De acuerdo con el aspecto mostrado en la Fig. 10, dado que los imanes permanentes están dispuestos sobre ambas superficies de la placa giratoria (armadura del rotor), es posible mejorar la eficiencia magnética en comparación con el aspecto mostrado en la Fig. 8. La placa giratoria puede formarse incrustando un imán en un orificio pasante, formado en la placa giratoria.

15 La máquina rotativa 40 del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 11 comprende: una carcasa 41; un árbol giratorio 42, soportado de forma rotativa en la carcasa; un primer y segundo rotores terminales capaces de girar integralmente con el árbol giratorio, que comprenden unas placas giratorias 43a y 43b dispuestas enfrentadas entre sí con un huelgo entre las mismas, en la dirección axial del árbol giratorio 42; al menos un rotor de imanes de doble cara que comprende una placa giratoria 44, dispuesta en un huelgo para aire formado entre el primer y segundo rotores terminales, que puede girar integralmente con el árbol giratorio, que comprende los imanes permanentes 45  
20 dispuestos concéntricamente alrededor del árbol giratorio 42 sobre ambas caras opuestas de la placa giratoria 44, de modo que las superficies polares magnéticas estén situadas perpendiculares al árbol giratorio; y un estator fijado a la carcasa, estando dispuesto cada estator en un huelgo para aire formado entre el primer rotor terminal, dicho al menos un rotor de imanes de doble cara, y el segundo rotor terminal, comprendiendo el rotor las placas 1 de fijación y las bobinas 3, dispuestas circunferencialmente en las placas de fijación de manera que estén orientadas hacia los círculos de imanes permanentes.  
25

La máquina rotativa 50 sin núcleo del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 12 difiere del aspecto que se muestra en la Fig. 11 en que los imanes permanentes 54 están situados sobre las caras opuestas de las placas giratorias terminales 53a y 53b del primer y segundo rotores terminales, de modo que las superficies polares magnéticas estén situadas perpendiculares al árbol giratorio.  
30

35 Cuando múltiples rotores y estatores están dispuestos en una dirección axial, como se muestra en la Fig. 11 o 12, la potencia de salida aumenta tanto como el número de bobinas, formando una máquina rotativa con elevada potencia de salida. Los generadores mostrados en las Figs. 11 y 12 comprenden tres rotores y dos estatores, dispuestos en los mismos. El número de estatores es un número entero igual a 2, o superior, y el número de rotores puede ser igual al resultado obtenido al sumar uno al número de estatores.

40 En lo sucesivo, se describirán en detalle los Ejemplos. Aunque se ofrecerá la descripción de un caso en el que se utiliza los imanes permanentes con base de Nd<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>-B, la presente invención no se limita a los imanes con base de Nd-Fe-B. El imán permanente utilizado en la presente invención tiene las siguientes propiedades, donde Br: 13,7 kG, iHc: 16 kOe, y (BH)máx.: 46 MGOe.

#### Ejemplo Comparativo 1

45 En primer lugar, se midieron la energía generada y la pérdida cuando se utilizó la máquina rotativa del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 10 a modo de generador. El generador tenía una estructura con 16 polos y 12 bobinas. La Fig. 9 muestra el rotor 25 obtenido al disponer los imanes permanentes 7 en la armadura 27 del rotor. A modo de armadura 27 del rotor se utilizó un disco fabricado con un material de S15C, y que tenía un diámetro de 200 mm y un espesor de 5 mm. A modo de los imanes permanentes 27 se utilizaron imanes con base de Nd-Fe-B, como se describió anteriormente, que tenían una anchura de 20 mm, una longitud de 35 mm y una profundidad de 3 mm en la dirección de magnetización. Sobre la superficie de la armadura 27 del rotor se dispusieron 16 imanes, de manera que las superficies polares magnéticas del polo N y del polo S quedaran alternadas, y se adhirieron a la misma con un adhesivo elástico (EP001 de Cemedine Co., Ltd). Los imanes se colocaron de tal manera que los imanes con polos opuestos quedaran enfrentados a través del huelgo para aire, como se muestra en la Fig. 10. El tamaño del huelgo para aire era 8 mm, estando dispuesto en el mismo el estator 1.  
50  
55

60 Como se muestra en la Fig. 1, en el estator 1 se proporcionaron 12 piezas de bobinas 3, cada una de las cuales estaba formada por 30 vueltas de devanado sobre la base 2 de bobina, de un material de baquelita con un grosor de 5 mm. Las bobinas 3 se dispusieron en una conexión de estrella trifásica en la que se conectaron cuatro piezas de bobinas 3, en serie para cada fase. Cada una de las bobinas 3 se fijó a la base 2 de bobina con un adhesivo epoxi (EW2040, de Sumitomo 3M Limited). Cuando se construyó el estator dentro de la máquina rotativa del tipo con huelgo axial que se muestra en la Fig. 10, la sección transversal de la bobina tenía un lado de 5 mm que era perpendicular a la superficie de polar magnética del imán permanente, y un lado de 12 mm que era paralelo a la superficie polar magnética del imán permanente. En este ejemplo comparativo, se utilizó como alambre de devanado un hilo de conductor (fabricado con un material de cobre y con un revestimiento aislante), que tenía secciones transversales rectangulares con un lado corto de 1,25 mm y un lado largo de 1,6 mm de sección transversal, y se  
65

enrolló en la máquina rotativa del tipo con huelgo axial mostrada en la Fig. 10 de modo que el lado corto en la sección transversal de cada alambre de devanado de bobina quedara posicionado perpendicular a la superficie polar magnética del imán permanente. El área de sección transversal del alambre de devanado era de 2 mm<sup>2</sup>.

5 A continuación, cuando se hizo girar a 3600 rpm el rotor del generador sin núcleo del tipo con huelgo axial resultante, con una carga conectada, se obtuvieron una corriente de línea de 30 A, una tensión de línea de 100 V, y una potencia de salida trifásica de 5200 W. Se conectó un medidor de torque al lado de entrada del generador, y se midió la potencia de entrada del generador a partir de la velocidad de rotación y el par. La potencia de entrada fue de 6.500 W. Dado que la pérdida por cobre del devanado fue de 300 W, que se obtuvo a partir del valor de resistencia del mismo y el valor de la corriente, se confirmó que la pérdida restante de 1000 W era atribuible a la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado, y otras pérdidas, tales como la pérdida mecánica y la pérdida por rozamiento, estaban a un nivel casi descartable.

#### Ejemplo Comparativo 2

15 Cuando se suministró a la máquina rotativa con huelgo axial mostrada en la Fig. 10 un único hilo de conductor de bobina con un lado largo de 5 mm y un lado corto de 0,4 mm en su sección transversal, a modo de alambre de devanado, se enrolló el conductor de bobina de tal manera que el lado largo en su sección transversal quedara situado perpendicular a la superficie polar magnética del imán permanente, y el resto se dispuso de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 1.

20 A continuación, cuando se hizo girar a 3600 rpm el rotor del generador sin núcleo del tipo con huelgo axial resultante, con una carga conectada, se obtuvieron una corriente de línea de 30 A, una tensión de línea de 100 V, y una potencia de salida trifásica de 5200 W. Al mismo tiempo, la potencia de entrada fue de 5.700 W. Dado que la pérdida por cobre del devanado fue de 300 W, que se obtuvo a partir del valor de resistencia del mismo y el valor de la corriente, se confirmó que la pérdida restante de 200 W era atribuible a la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado. En consecuencia, también se confirmó que, cuando se hace que el conductor del alambre de devanado sea menor en una dirección perpendicular al huelgo para aire, puede reducirse la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado.

#### Ejemplo 1

35 Se agruparon en cuatro filas los conductores de bobina, cada uno con un lado largo de 5 mm y un lado corto de 0,1 mm en su sección transversal, alineando los lados largos de los mismos, y se obtuvo un conjunto de conductores con un lado largo de 5 mm y un lado corto de 0,4 mm en su sección transversal. Se aplicó un revestimiento de esmalte al conjunto para obtener el alambre de devanado, y el resto se dispuso de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 2.

40 A continuación, cuando se hizo girar a 3600 rpm el rotor del generador sin núcleo del tipo con huelgo axial resultante, con una carga conectada, se obtuvieron una corriente de línea de 30 A, una tensión de línea de 100 V, y una potencia de salida trifásica de 5200 W. Al mismo tiempo, la potencia de entrada fue de 5.620 W. Dado que la pérdida por cobre del alambre de devanado fue de 300 W, que se obtuvo a partir del valor de la resistencia del mismo y el valor de la corriente, se confirmó que la pérdida restante de 120 W era atribuible a la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado. En consecuencia, fue posible reducir la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado en comparación con el Ejemplo Comparativo 2, y obtener un generador altamente eficiente.

#### Ejemplo 2

50 Se agruparon en cuatro filas los conductores de bobina, cada uno con un lado largo de 1,25 mm y un lado corto de 0,4 mm en su sección transversal, alineando los lados cortos de los mismos, y se obtuvo un conjunto de conductores con un lado largo de 5 mm y un lado corto de 0,4 mm en su sección transversal. Se aplicó un revestimiento de esmalte al conjunto para obtener el alambre de devanado, y el resto se dispuso de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 2.

55 A continuación, cuando se hizo girar a 3600 rpm el rotor del generador sin núcleo del tipo con huelgo axial resultante, con una carga conectada, se obtuvieron una corriente de línea de 30 A, una tensión de línea de 100 V, y una potencia de salida trifásica de 5200 W. Al mismo tiempo, la potencia de entrada fue de 5.610 W. Dado que la pérdida por cobre del alambre de devanado fue de 300 W, que se obtuvo a partir del valor de la resistencia del mismo y el valor de la corriente, se confirmó que la pérdida restante de 110 W era atribuible a la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado. En consecuencia, fue posible reducir la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado en comparación con los Ejemplos Comparativos, y obtener un generador altamente eficiente.

#### Ejemplo 3

65 Se agruparon en cuatro líneas y cuatro filas un total de 16 conductores de bobina, cada uno con un lado largo de 1,25 mm y un lado corto de 0,1 mm en su sección transversal, alineando los lados largos y los lados cortos de los



mismos, y se obtuvo un conjunto de conductores con un lado largo de 5 mm y un lado corto de 0,4 mm en su sección transversal. Se aplicó un revestimiento de esmalte al conjunto para obtener el alambre de devanado, y el resto se dispuso de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 2.

- 5 Luego, cuando se hizo girar a 3600 rpm el rotor del generador sin núcleo del tipo con huelgo axial resultante, con una carga conectada, se obtuvieron una corriente de línea de 30 A, una tensión de línea de 100 V, y una potencia de salida trifásica de 5200 W. Al mismo tiempo, la potencia de entrada fue de 5.550 W. Dado que la pérdida por cobre del alambre de devanado fue de 300 W, que se obtuvo a partir del valor de la resistencia del mismo y el valor de la corriente, se confirmó que la pérdida restante de 50 W era atribuible a la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado. No solo fue posible reducir la pérdida de corriente parásita en el alambre de devanado hasta 1/20, en comparación con el Ejemplo comparativo 1, y hasta 1/4 en comparación con el Ejemplo comparativo 2, sino que también fue posible obtener un generador aún más eficiente que el del Ejemplo 1 o 2.
- 10

**REIVINDICACIONES**

1. Una máquina rotativa (20, 30) sin núcleo de tipo con huelgo axial, que comprende:

5 una carcasa (21, 31);  
 un árbol giratorio (22, 32), soportado de manera rotativa en la carcasa;  
 dos rotores (24, 27), capaces de girar integralmente con el árbol giratorio, estando dispuestos los rotores  
 enfrentados entre sí con una distancia entre los mismos, en la dirección axial del árbol giratorio, que comprende  
 10 dos placas giratorias (23, 25, 33a, 33b) e imanes permanentes (7, 26a, 34a, 34b), dispuestos en un círculo  
 alrededor del árbol giratorio sobre al menos una de las caras opuestas de las placas giratorias (23, 25, 33a, 33b),  
 de modo que las superficies polares magnéticas de los imanes permanentes estén posicionadas perpendiculares  
 al árbol giratorio;  
 y  
 15 un estator (1) fijado a la carcasa, estando dispuesto el estator en un huelgo para aire formado entre las placas  
 giratorias (23, 25, 33a, 33b) enfrentadas entre sí, comprendiendo una placa de fijación y unas bobinas (3)  
 dispuestas en círculo en la placa de fijación, de modo que estén orientadas hacia el círculo de los imanes  
 permanentes,  
 en la que cada una de las bobinas (3) comprende un alambre (4) de devanado que se forma con un grupo de al  
 menos dos conductores (5) de bobina, que tienen secciones transversales rectangulares, alineando al menos  
 20 uno de sus lados largos y sus lados cortos, y el alambre (4) de devanado tiene una circunferencia exterior  
 cubierta con un revestimiento aislante (6), y se enrolla de tal manera que los lados largos en sección transversal  
 de los conductores (5) de bobina queden posicionados perpendiculares a las superficies polares magnéticas de  
 los imanes permanentes (7, 26a, 34a, 34b).

25 2. Una máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial (40, 50), que comprende:

una carcasa (41, 51);  
 un árbol giratorio (42, 52), soportado rotativamente en la carcasa;  
 30 un primer rotor terminal y un segundo rotor terminal, capaces de girar integralmente con el árbol  
 giratorio (42, 52), estando dispuesto cada rotor terminal de modo que esté orientado hacia el otro con una  
 distancia entre los mismos, en una dirección axial del árbol giratorio (42, 52), comprendiendo cada rotor terminal  
 unas placas giratorias terminales (43a, 43, 53a, 53b);  
 al menos un rotor de imanes de doble cara, capaz de girar integralmente con el árbol giratorio (42, 52), estando  
 35 dispuesto cada rotor de imanes de doble cara en un huelgo para aire formado entre el primer y segundo rotores  
 terminales, comprendiendo el rotor de imanes de doble cara una placa giratoria (44, 55) y unos imanes  
 permanentes (45, 56), dispuestos concéntricamente alrededor del árbol giratorio sobre ambos lados de la placa  
 giratoria (44, 55), de modo que las superficies polares magnéticas estén situadas perpendiculares al árbol  
 giratorio (42, 52); y  
 40 al menos dos estatores (1) fijados a la carcasa (40, 50), estando dispuesto cada estator (1) en un huelgo para  
 aire formado entre el primer rotor terminal, el rotor de imanes de doble cara, y el segundo rotor terminal,  
 comprendiendo cada estator (1) una placa de fijación y unas bobinas (3) dispuestas en círculo, en cada una de  
 las placas de fijación, de modo que hagan frente a los círculos de los imanes permanentes (45, 56),  
 en la que cada una de las bobinas (3) comprende un alambre (4) de devanado que se forma mediante un grupo  
 45 de al menos dos conductores (5) de bobina, que tienen secciones transversales rectangulares, alineando al  
 menos uno de sus lados largos y sus lados cortos, y el alambre (4) de devanado tiene una circunferencia exterior  
 cubierta con un revestimiento aislante (6) y se enrolla de tal manera que los lados largos en cada una de las  
 secciones transversales de los conductores (5) de bobina queden posicionados perpendiculares a las superficies  
 polares magnéticas de los imanes permanentes (45, 56).

50 3. La máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de acuerdo con la reivindicación 2, en la que se  
 proporcionan adicionalmente unos imanes permanentes (54) sobre las caras opuestas de las placas giratorias  
 terminales del primer y segundo rotores terminales, de manera que las superficies polares magnéticas de los imanes  
 permanentes queden situadas perpendiculares al árbol giratorio (52).

55 4. La máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que cada una  
 de las secciones transversales de los conductores (5) de bobina tiene una forma en la que la relación entre la  
 longitud de los lados largos y la longitud de los lados cortos es de al menos cinco.

60 5. La máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de acuerdo con la reivindicación 1, en la que una  
 circunferencia exterior de cada uno de los conductores (5) de bobina está cubierta con un revestimiento aislante (6).

6. La máquina rotativa sin núcleo del tipo con huelgo axial de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la longitud  
 de los lados cortos en cada una de las secciones transversales de los conductores (5) de bobina no es superior a  
 0,5 mm.

65

Fig. 1

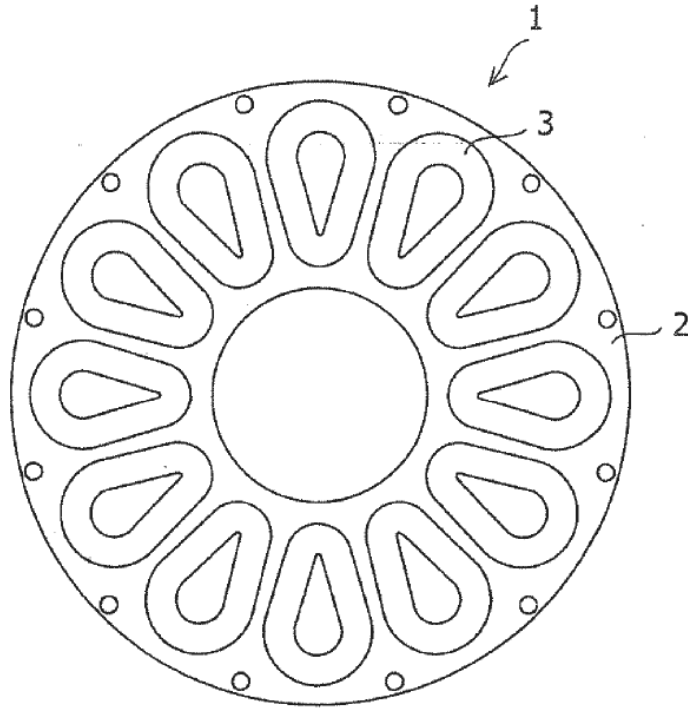


Fig. 2

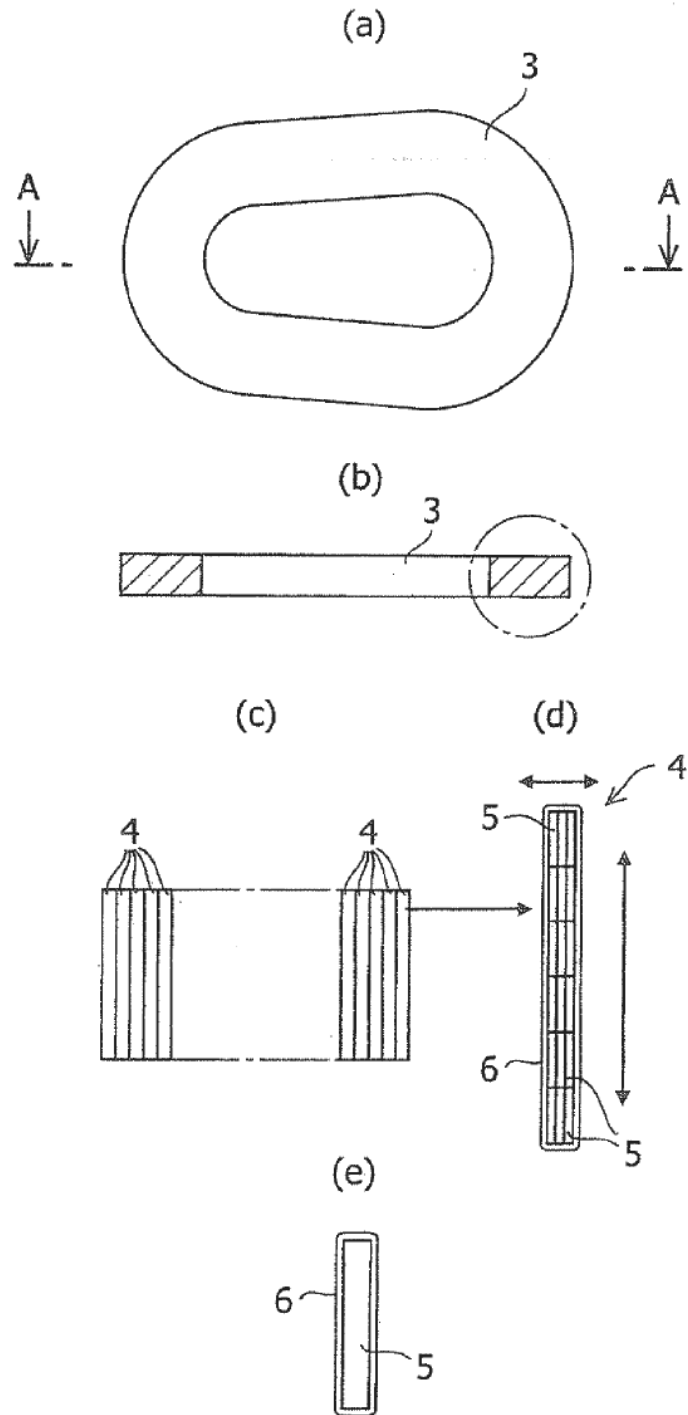


Fig. 3

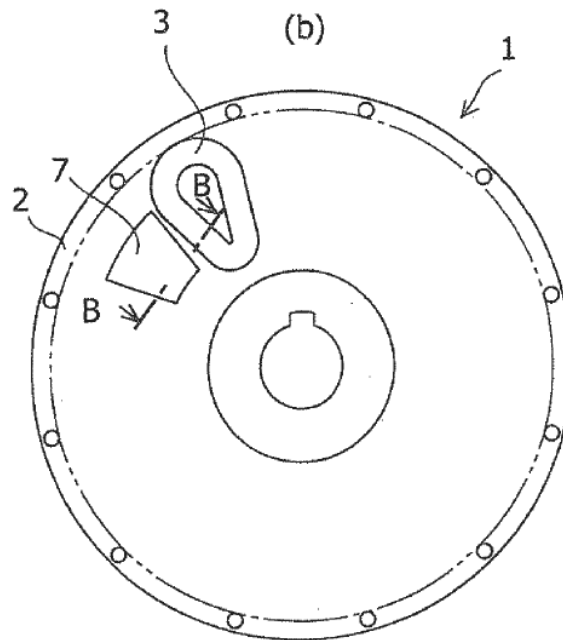
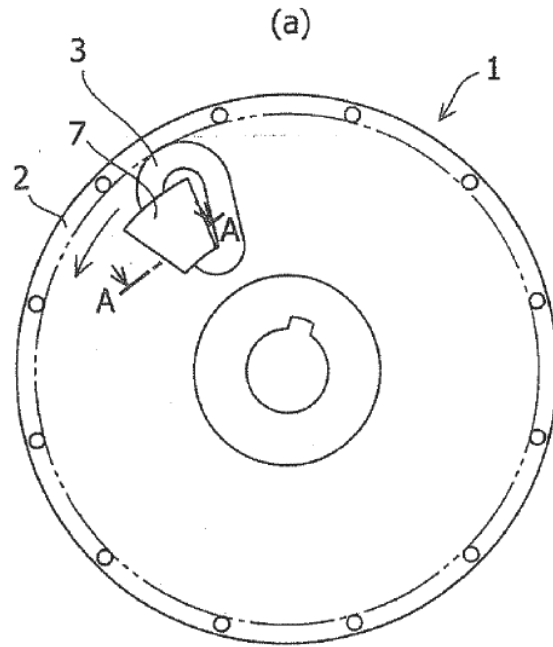


Fig. 4

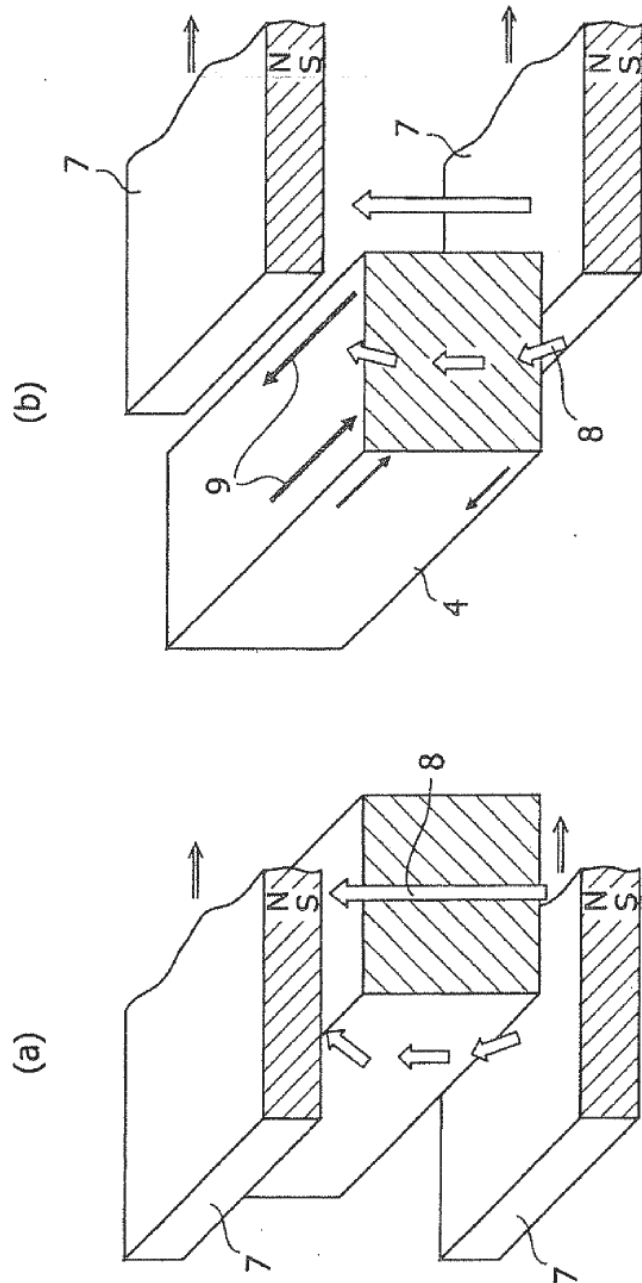


Fig. 5

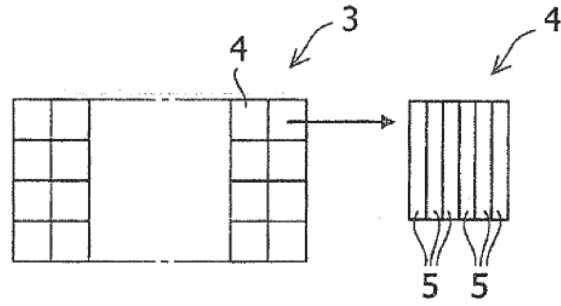


Fig. 6

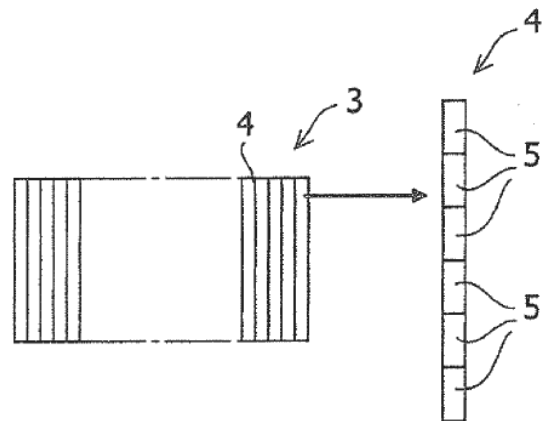


Fig. 7

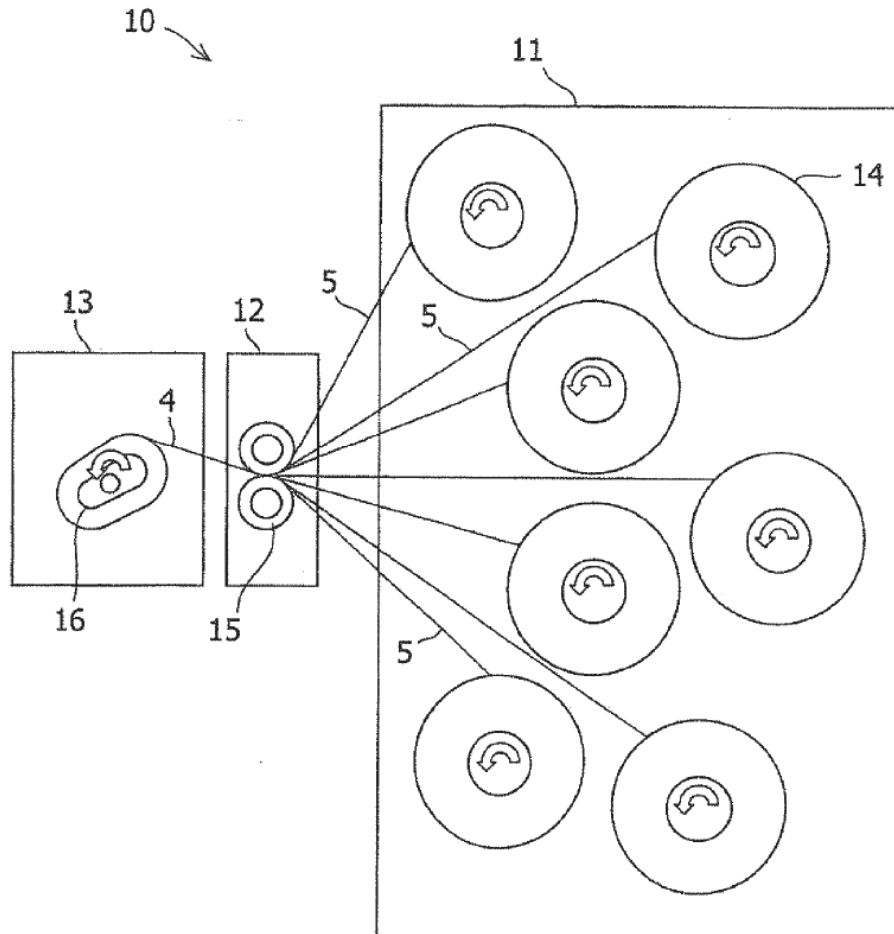




Fig. 8

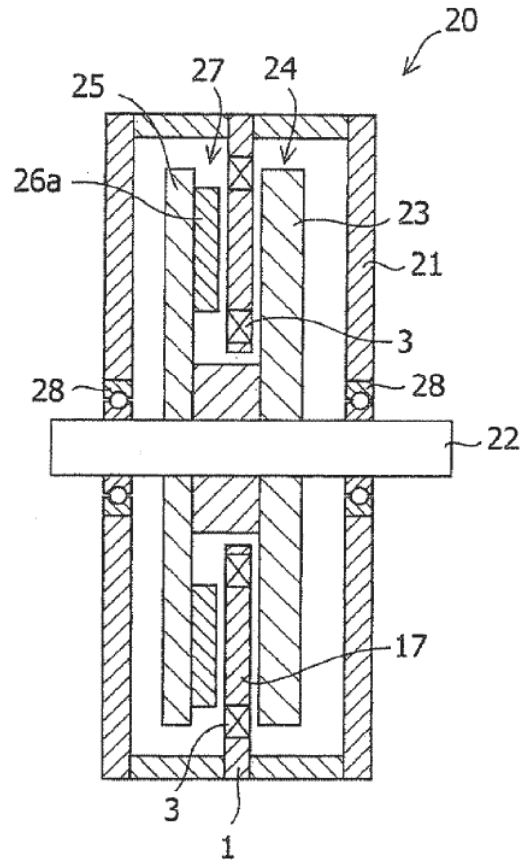


Fig. 9

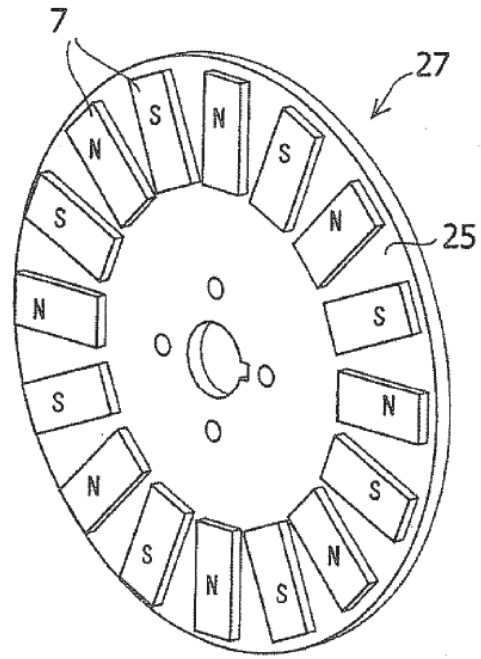


Fig. 10

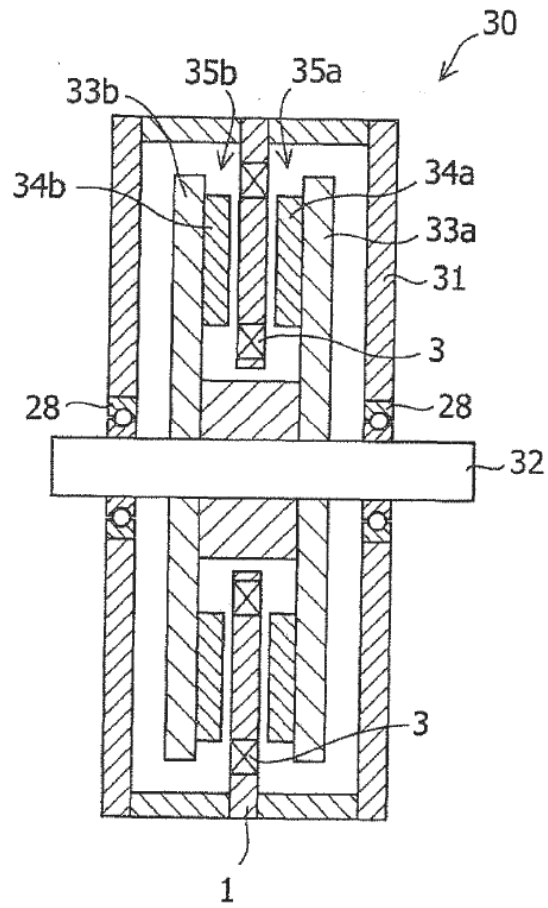


Fig. 11

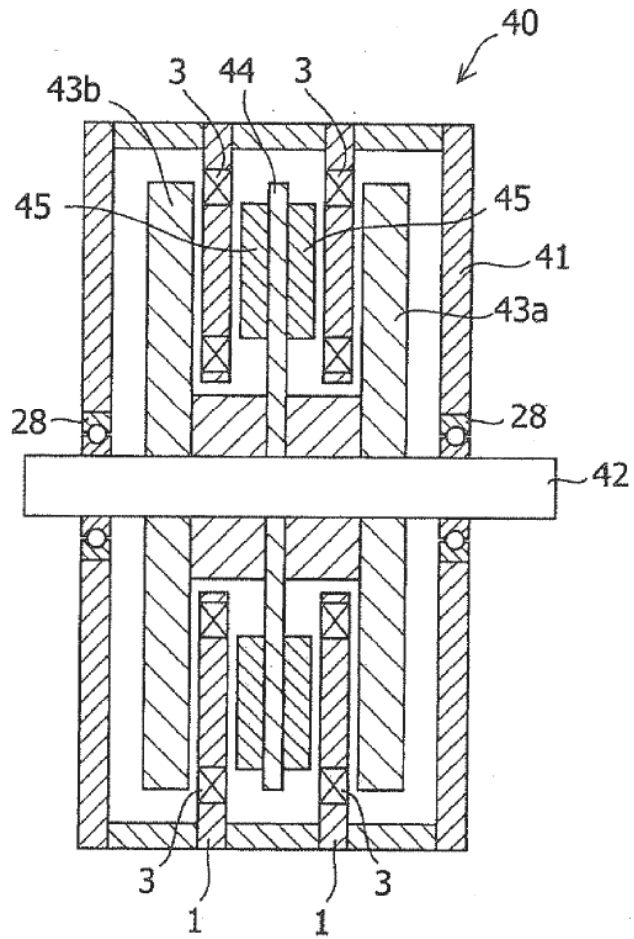


Fig. 12

