

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 411**

51 Int. Cl.:

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 21/14 (2006.01)

H02K 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2010 E 10817405 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 2479876**

54 Título: **Equipamiento eléctrico de accionamiento directo**

30 Prioridad:

18.09.2009 KR 20090088576

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

04.03.2016

73 Titular/es:

**KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH
INSTITUTE (100.0%)
28-1 Seongju-dong
Changwon-si, Gyeongsangnam-do 641-120, KR**

72 Inventor/es:

**FERREIRA, JAN ABRAHAM;
POLINDER, HENK;
BANG, DEOK JE y
KIM, BONG JUN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 562 411 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

Equipamiento eléctrico de accionamiento directo

5 Antecedentes

(a) Campo técnico

10 La presente invención se refiere a una máquina eléctrica de accionamiento directo. Más particularmente, se refiere a máquinas eléctricas de imanes permanentes de accionamiento directo de par de torsión y de gran tamaño para generadores de turbinas eólicas, generadores de energía de corriente de las mareas, generadores de energía hidráulica y motores.

(b) Estado de la técnica

15 En general, las turbinas eólicas de accionamiento directo consisten en los álabes del rotor, el generador, y las estructuras de la parte fija.

20 La figura 1 ilustra una turbina eólica de baja velocidad y de accionamiento directo de gran tamaño típica (generador eólico). Una turbina eólica de accionamiento directo 10 consiste en partes giratorias tales como unos álabes del rotor 11 y un rotor del generador 12, y en partes estacionarias, tal como un árbol 13, un estator del generador 14 y unos cojinetes 15 que permiten la rotación del rotor del generador en el árbol 13.

25 El rotor del generador 12 está conectado directamente a los álabes del rotor 11. Por lo tanto, el rotor del generador 12 gira a baja velocidad como los álabes del rotor 11.

30 Por consiguiente, se requiere un generador de alto par de torsión que tiene que manejar una alta fuerza tangencial y que tiene un diámetro grande para turbinas eólicas de accionamiento directo de gran tamaño. Por lo tanto, los generadores de transmisión directa grandes tienen desventajas tales como el tamaño grande, la masa grande y el alto coste con el fin de obtener una potencia de alto par de torsión comparable a generadores engranados. Estas características se hacen más notables cuando el tamaño y la potencia de salida de las turbinas eólicas se incrementa, es decir, aumenta de escala.

35 Se sabe que los generadores de accionamiento directo son desventajosos en el coste pero ventajosos en el rendimiento energético y fiabilidad en comparación con los generadores de engranaje.

40 Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, si la masa y el coste de los generadores de accionamiento directo aumentan significativamente de acuerdo con el aumento de escala, existe una limitación en la aplicación de una tecnología de generador de accionamiento directo existente para grandes sistemas de turbina eólica.

En consecuencia, una nueva tecnología de la máquina de accionamiento directo es una necesidad urgente para superar la limitación de una tecnología de típica máquina de accionamiento directo grande.

45 Máquinas de flujo transversal, tales como en los documentos DE 102005020952 y DE 100 39 466, permiten la construcción de motores y generadores de transmisión directa del modulador con potencias de par de torsión altas.

Sumario de la divulgación

50 La presente invención proporciona una máquina eléctrica de accionamiento directo, que puede reducir la cantidad de material requerido para construir la máquina y por lo tanto un coste de fabricación usando una estructura optimizada, y puede facilitar la fabricación, transporte, instalación, y mantenimiento. La invención se define por las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes enumeran realizaciones ventajosas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

55 Las anteriores y otras características de la presente invención se describirán ahora en detalle con referencia a ciertos ejemplos de realización de la misma, ilustradas en los dibujos adjuntos, que se dan a continuación a modo de ilustración solamente, y por lo tanto no son limitativas de la presente invención, y en los que:

- 60 La figura 1 es una vista que ilustra un generador de accionamiento directo para una turbina eólica;
- La figura 2 es una vista que ilustra (a) la configuración para la reducción de los materiales de una parte activa y (b) la configuración para el aumento de un área de núcleo de hierro, respectivamente;
- La figura 3 es una vista que ilustra entrehierros mantenidos por un accionamiento sin cojinetes;
- 65 La figura 4 es una vista que ilustra un generador de accionamiento directo ligero y modular para grandes turbinas eólicas;
- La figura 5 es una vista que ilustra una estructura de una nueva máquina TFPM;

La figura 6 es una vista que ilustra una estructura de una máquina TFPM de concentración de flujo de acuerdo con una realización de la presente invención, que muestra una estructura que puede evitar el desprendimiento de un imán permanente;

5 La figura 7 es una vista que ilustra conceptos de accionamiento sin cojinetes típicos, que muestran (a) bobinas de un motor PM de 4 polos sin cojinetes, (b) configuraciones de bobinas de 4 polos y de 2 polos de un accionamiento sin cojinetes básico, (c) un rotor con una inserción de tipo PMs de un motor sin cojinetes, y (d) un rotor con un PMs de tipo enterrado de un motor sin cojinetes, respectivamente;

10 La figura 8 es una vista que ilustra una máquina TFPM sin cojinetes según una realización de la presente invención, que muestra (a) la dirección de movimiento de un rotor y el pasaje de flujo magnético, (b) el control de una longitud de entrehierro y una corriente en un bobinado del estator utilizando sensores de separación, (c) la configuración de accionamiento sin cojinetes más preferible;

La figura 9 es una vista que ilustra densidades de flujo magnético de diferentes longitudes del entrehierro;

Las figuras 10 a 12 son vistas que ilustran un generador de accionamiento directo en forma de anillo (motor) de acuerdo con una realización de la presente invención;

15 La figura 13 es una vista que ilustra diferentes estructuras mecánicas de los generadores eólicos de accionamiento directo;

La figura 14 es una vista que ilustra objetos flotantes en (a) un estado estable y (b) un estado inestable;

La figura 15 es una vista que ilustra una parte giratoria flotante y una parte estacionaria con cojinetes hidrostáticos;

20 La figura 16 es una vista que ilustra una máquina eléctrica con un concepto de rotor flotante y cojinetes hidrostáticos de acuerdo con una realización de la presente invención; y

Las figuras 17 a 20 son vistas que ilustran estructuras de soporte y de guía de un rotor del generador y los álabes del rotor para turbinas eólicas de accionamiento directo según una realización de la presente invención.

25 Los números de referencia establecidos en los dibujos incluyen la referencia a los siguientes elementos tratados en más detalle a continuación:

	10: turbina eólica	11: álabes del rotor
	12: rotor del generador	13: árbol
30	14: estator del generador	15: cojinete
	22: núcleo de hierro	23: núcleo de hierro
	24: imán permanente	

35 Debe entenderse que los dibujos adjuntos no están necesariamente a escala, presentando una representación algo simplificada de las diversas características preferidas ilustrativas de los principios básicos de la invención. Las características de diseño específicas de la presente invención como se describe en el presente documento, incluyendo, por ejemplo, las dimensiones específicas, orientaciones, ubicaciones y formas serán determinadas en parte por la aplicación prevista en particular y el ambiente de uso.

40 En las figuras, los números de referencia se refieren a las partes iguales o equivalentes de la presente invención en todas las diversas figuras del dibujo.

Descripción detallada

45 Ahora se hará referencia en lo sucesivo en detalle a diversas realizaciones de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos que se acompañan y se describen a continuación. Aunque la invención se describirá en conjunción con los ejemplos de realización, se entenderá que presente descripción no pretende limitar la invención a los ejemplos de realización. Por el contrario, la invención tiene por objeto cubrir no solo los ejemplos de realización, sino también diversas alternativas, modificaciones, equivalentes y otras realizaciones, que pueden ser incluidas dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

50 Las características anteriores y otras de la invención se describen posteriormente.

55 En lo sucesivo, los ejemplos de realización de la presente invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

60 En general, un generador de accionamiento directo puede dividirse en una parte electromagnética o una parte activa utilizada para producir electricidad y una parte estructural o de una parte inactiva que constituye una estructura del generador. Ambas partes necesitan ser consideradas cuidadosamente en el diseño del generador, es decir, el diseño electromagnético y el diseño mecánico. Dado que puede haber dificultades en la fabricación, transporte, instalación, y mantenimiento de una máquina de accionamiento directo grande, cuestiones prácticas sobre diseño también necesitan ser consideradas cuidadosamente.

65 La parte electromagnética y la parte estructural requieren una estructura que puede reducir la cantidad de materiales utilizados y, finalmente, puede reducir el coste de fabricación. También, en lo que respecta a los aspectos prácticos, se requiere una estructura que sea fácil de fabricar, transportar, instalar y mantener, y pueden ser necesarios

métodos para maximizar la producción de energía eléctrica. Soluciones para los problemas se pueden describir brevemente como sigue.

- 5 - Parte electromagnética/Parte activa
 - Máquina de imanes permanentes con alta densidad de fuerza.
 - Estructura capaz de reducir los materiales activos por acortamiento de la longitud de la trayectoria de flujo magnético.
 - Estructura capaz de aumentar el flujo magnético por tener una mayor área de núcleo de hierro.
- 10 - Parte estructural/Parte inactiva
 - Estructura capaz de reducir significativamente los materiales inactivos, utilizando el método de accionamiento sin cojinetes.
- 15 - Cuestiones prácticas
 - Estructura que facilita la fabricación, manipulación, transporte, instalación, y mantenimiento por tener una estructura modular que incluye una pluralidad de módulos que se configuran por separado.
 - 20 • Estructura en la que cada módulo puede ser operado de forma independiente por que tiene una estructura modular que incluye una pluralidad de módulos que se configuran por separado. Por consiguiente, aunque se produzca un fallo en un módulo o componente específico, otros módulos o componentes pueden producir continuamente energía eléctrica. Por ejemplo, suponiendo que un sistema generador de 10 MW consta de cinco módulos, la salida de cada módulo puede ser de aproximadamente 2 MW. Cuando se produce un fallo en un módulo, la información sobre el fallo puede ser adquirida a través de un sensor. Por lo tanto, el control y la operación se pueden realizar de tal manera que la energía eléctrica se puede producir de forma continua solo por otros cuatro módulos. Por consiguiente, un concepto tolerancia a fallos puede ser necesaria para producir continuamente energía eléctrica (alrededor de 8 MW) hasta que se corrija el error, sin interrupción de todo el sistema a pesar de que haya un fallo en cualquier componente.
 - 25 • Estructura flexible y ligera, estructura que tiene una relación con un gran diámetro y por lo tanto necesidad de no ser excesivamente pesada, fuerte y precisa, y la estructura que no necesita un rodamiento que requiera precisión con respecto a un árbol principal.
 - 30

Las soluciones descritas anteriormente se muestran en las figuras 2 a 4.

35 Con el fin de superar una limitación de una máquina eléctrica de baja velocidad y alto par de torsión de accionamiento directo (generador/motor), las soluciones descritas anteriormente deben reflejarse en el diseño y la operación. Con el fin de cumplir con las soluciones descritas anteriormente, la máquina eléctrica de accionamiento directo ha sido considerada para tener las tres características siguientes, y las configuraciones para el logro de cada función se describen en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

- maximización de la densidad de fuerza y la minimización de materiales activos
- minimización de materiales inactivos
- nuevos sistemas de cojinete y guiado

45 - Maximización de la densidad de fuerza y la minimización de material activo

Máquinas de imanes permanentes (generadores/motores) pueden tener ventajas en términos de mayor relación potencia-peso, una mayor eficiencia, una mayor fiabilidad y una mayor producción de energía en comparación con las máquinas eléctricamente excitadas. De acuerdo con ello, una estructura de una máquina de imán permanente se puede utilizar en la presente invención para maximizar la densidad de fuerza de un generador de turbina eólica grande y minimizar el material activo. La máquina de imán permanente se puede clasificar en una máquina de imán permanente de flujo axial (AFPM), una máquina de imán permanente de flujo radial (RFPM), y una máquina de imán permanente de flujo transversal (TFPM) de acuerdo a la dirección del flujo magnético. En este caso, la densidad de fuerza de la máquina de TFPM puede ser relativamente mayor que la de otras máquinas, y el material activo puede ser reducido en comparación con otras máquinas. En consecuencia, una nueva estructura de la máquina de TFPM puede ser proporcionada en la presente invención para maximizar la densidad de fuerza y reducir al mínimo el material activo.

60 Con respecto a la figura 3, el diseño de un generador (o motor) que se requiere para reducir al mínimo la cantidad de núcleo de hierro y el cobre con el fin de reducir al mínimo las pérdidas de un generador (o un motor). La cantidad de núcleo de hierro usado puede reducirse mediante la reducción de la trayectoria de flujo manteniendo al mismo tiempo la zona del núcleo de hierro en la que el flujo está interrelacionada en un entrehierro. Con el fin de reducir la trayectoria de flujo, la distancia de ranura y la altura de la ranura tienen que reducirse. Sin embargo, en un generador de flujo típico longitudinal (o motor), si se reduce la distancia de ranura, la distancia entre los polos puede

reducirse en conjunto, aumentando el flujo de dispersión. En consecuencia, existe una limitación en la reducción de la cantidad de núcleo de hierro utilizado en el generador de flujo longitudinal (o motor). Por otro lado, en un generador de flujo transversal (o motor), aunque se reduce la distancia de ranura, la distancia de polo no puede ser reducido. En consecuencia, la estructura en la que la pérdida de hierro se reduce mediante la reducción de la cantidad de núcleo de hierro puede ser ventajosa para el generador de flujo transversal (o motor).

Ejemplos de máquinas TFPM pueden incluir tipo de superficie montada PM, de tipo de concentración de flujo PM, de tipo de bobina única, de tipo de doble bobina, de tipo de entrehierro de un único lado, de tipo de entrehierro de doble lado, de tipo de núcleo C, de tipo de núcleo E y de tipo de núcleo de polos intercalados. En comparación con otros tipos, el tipo de concentración de flujo PM tiene la ventaja de reducir el peso y el volumen debido a una densidad de fuerza mayor. Además, el tipo de bobina única y el tipo de entrehierro de un único lado pueden ser fácilmente estructurados. El tipo de núcleo de polos intercalados puede tener la ventaja de aumentar la tensión inducida por el aumento de la zona del núcleo de hierro donde el flujo está interrelacionado.

Teniendo en cuenta las estructuras de bobinas de las máquinas TF, la bobina en forma de anillo se ha utilizado sobre todo para las máquinas de pequeño diámetro. Sin embargo, cuando se utiliza la bobina en forma de anillo para una máquina de accionamiento directo grande, puede haber dificultades en cuanto a la fabricación, instalación y mantenimiento. En consecuencia, una bobina en forma de modular que no tiene un gran diámetro como una bobina en forma de anillo puede ser útil para una gran máquina de accionamiento directo, que se describirá brevemente en lo siguiente.

- 1) Concepto A: máquinas de entrehierro de un único lado, de una bobina única, y de concentración de flujo de TFPM
- 2) Concepto B: bobina en forma modular adecuada para la máquina que tiene un gran diámetro en lugar de una bobina en forma de anillo
- 3) Conceptos C y D: Aumento del área de núcleo de hierro para producir tensión inducida superior
- 4) Concepto E: Concepto de módulo plural con el pasaje de flujo corto para reducir el material activo mediante la reducción de distancia de ranura y la altura

La figura 5 es una vista que ilustra la configuración de una nueva máquina TFPM. Los conceptos A, B, C, D y E se muestran en el lado izquierdo de la figura 5, y un nuevo concepto que tiene todas las ventajas de los conceptos A, B, C, D y E se muestra en el lado derecho de la figura 5. Aquí, núcleos de polos intercalados pueden ser núcleos de hierro del estator, y el componente que tiene una forma rectangular puede representar una bobina de forma modular que tiene una forma de circuito de carreras. Además, un núcleo de concentración de flujo que tiene una forma de hexaedro se puede interponer entre los imanes permanentes en forma de hexaedros (PM) de tal manera que los imanes permanentes y los núcleos de hierro se disponen alternativamente. Flechas indicadas en los imanes permanentes pueden representar la dirección de magnetización del imán permanente.

A del dibujo de la izquierda de la figura 5 representa una de las estructuras típicas de un generador de flujo transversal (o motor), y B representa el uso de una pluralidad de bobinas en módulos adecuados para un generador de flujo transversal (o motor) que tienen un diámetro grande. Bobinas en forma de anillos pueden ser ampliamente utilizadas en un generador típico de flujo transversal (o motor), y hay muchas dificultades en varios términos de fabricación, instalación y mantenimiento para utilizar la bobina en el generador de flujo transversal (o motor) en forma de anillo que tiene un diámetro grande. Dado que el generador de una turbina eólica de accionamiento directo grande tiene un diámetro muy grande, la bobina que se muestra en B de la figura 5 puede ser incluida en la pluralidad en la máquina eléctrica de accionamiento directo (generador/motor) de acuerdo con una realización de la presente invención. C, D y E de la figura 5 pueden ser estructuras bien conocidas. E puede representar un concepto inicial que puede reducir la cantidad de núcleo de hierro (o núcleo de hierro y el imán permanente (PM)) usado en el generador (o motor). La imagen de la derecha de la figura 5 muestra una estructura básica de acuerdo con una realización de la presente invención, que se caracteriza en que un rotor (o propulsor) se modifica en una estructura que se muestra en la figura 6F.

Al aumentar la potencia de salida y el tamaño de la máquina PM de accionamiento directo, el diámetro entrehierro, el diámetro del rotor y el estator, de la máquina se incrementa junto con el aumento de las dimensiones electromagnéticas, que puede incluir una longitud de entrehierro, distancia entre polos, ancho de polo, y la longitud del imán permanente. Cuando se utiliza gran tamaño de los imanes permanentes, la fabricación (manufactura) y la manipulación de los imanes puede ser más difícil, por lo tanto, el costo de los imanes permanentes y el costo de las máquinas de imanes permanentes pueden aumentar. Cuando se utilizan el imán permanente y el núcleo de hierro de concentración de flujo como se muestra en la figura 5, el desprendimiento del imán permanente puede ocurrir como se muestra en la figura 6A.

Más específicamente, la estructura de la figura 6A se puede aplicar a un generador de imán permanente de concentración de flujo (o motor), y puede ser utilizada en generadores (o motores) del tipo de flujo longitudinal y de tipo de flujo transversal en común. Como se muestra en el dibujo, cuando se unen imanes permanentes a núcleos de hierro colocados, los imanes pueden desprenderse durante el funcionamiento del generador (motor). Además, dado que los imanes permanentes son grandes y gruesos, los imanes pueden ser difíciles de fabricar y manejar.

Con el fin de aumentar la cantidad de los imanes permanentes, es imposible cambiar el grosor del imán permanente mientras se mantiene la distancia entre los polos, de este modo las alturas del imán permanente y el núcleo de hierro tienen que ser aumentadas de forma simultánea.

5 En consecuencia, como se ha descrito anteriormente, el desprendimiento del imán permanente puede evitarse al tiempo que reduce el coste de fabricación en relación con el imán permanente, y la cantidad del imán permanente se puede aumentar sin aumentar la cantidad del núcleo de hierro. La estructura de acuerdo con una realización de la presente invención, que permite reducir el coste de fabricación relacionado con imanes permanentes, para evitar el desprendimiento de los imanes y para aumentar la cantidad de los imanes sin aumentar la cantidad de los núcleos de hierro, se muestra en la figura 6F. Los detalles sobre el mismo se describen a continuación.

15 La estructura de la figura 6A puede modificarse para la estructura segmentada que la figura 6C, y los núcleos de hierro y los imanes permanentes pueden ser reorganizados como en la figura 6D. La figura 6E representa que la cantidad de los imanes se aumenta de manera similar a la de la figura 6B sin aumentar la cantidad de núcleo de hierro. La estructura de la figura 6F, que puede mejorar las limitaciones de la estructura de la figura 6A y de la estructura de la figura 6B, puede ser una estructura de rotor (o propulsor) de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra en el dibujo, a fin de evitar el desprendimiento de los imanes permanentes y superar la dificultad de manejo, dos imanes permanentes más delgados hexaédricos 24 pueden utilizarse en lugar de un imán permanente grueso para cada módulo en un rotor o un propulsor que incluye una pluralidad de módulos.

20 Además, un núcleo de hierro 22 que tiene una forma triangular puede estar dispuesto entre los imanes permanentes 24 para hacer el pasaje de flujo del imán permanente. Un núcleo de hierro de concentración de flujo 23 que tiene una forma triangular invertida (en un ejemplo de realización, una sección de matraz cónico invertida como una sección triangular invertida, como se muestra en la figura 6F) puede estar dispuesto en cada módulo, y los dos imanes permanentes 24 se pueden disponer en ambas superficies inclinadas del núcleo de hierro de concentración de flujo 23. En este caso, los permanentes 24 de los módulos adyacentes pueden estar dispuestos en las superficies inclinadas del núcleo de hierro 22 que tienen una sección triangular, respectivamente. Cada imán permanente 24 puede estar dispuesto entre la superficie inclinada del núcleo de hierro de concentración de flujo 23 y la superficie inclinada del núcleo de hierro 22 para hacer el pasaje de flujo.

30 Por lo tanto, la estructura que puede evitar el desprendimiento del imán permanente y facilitar la fabricación y manipulación también se puede aplicar a máquinas RFPM típicas y máquinas AFPM que tienen flujo longitudinal así como las máquinas de flujo transversal.

- Minimización de material Inactivo

35 Las funciones de la parte inactiva (parte estructural) de turbinas eólicas de accionamiento directo podrían definirse de la siguiente manera.

- Para mantener el entrehierro entre el rotor y el estator del generador
- Para transmitir el par de torsión de los álabes del rotor al rotor del generador

45 En el caso de las máquinas de pequeño tamaño de accionamiento directo, el peso de la parte activa puede ser responsable de una gran parte. Sin embargo, se sabe que el peso de la parte inactiva se convierte en dominante en el peso total de las máquinas al aumentar la escala. Esto es por qué se requiere un generador de par de torsión más alto de acuerdo con el aumento de su tamaño en el caso de la turbina eólica de accionamiento directo. En consecuencia, los siguientes elementos pueden ser considerados para minimizar el material inactivo.

- 1) máquina de imanes permanentes sin cojinetes
- 2) máquina de imanes permanentes en forma de anillo sin árbol y otras estructuras (los brazos de par de torsión)

50 Antes de la descripción de una máquina de imanes permanentes de accionamiento sin cojinetes, se describirán los principios y las características de un típico accionamiento sin cojinetes. A continuación, se describe un método para superar las limitaciones de un típico accionamiento sin cojinetes y para una implementación más sencilla de un típico accionamiento sin cojinetes. A partir de entonces, se describirá una máquina de imán permanente en forma de anillo sin un árbol, una estructura necesaria para la transmisión de par de torsión y una estructura necesaria para mantener el entrehierro que se incluyen en una máquina de accionamiento directo típico.

60 Los accionamientos sin cojinetes se han utilizado para resolver problemas en ciertas aplicaciones especiales, tales como en el espacio exterior, ambientes hostiles y en máquinas de alta velocidad. Los diversos accionamientos sin cojinetes descritos y propuestos por algunos investigadores se pueden clasificar de la siguiente manera.

- 1) accionamientos de máquinas sin cojinetes PM
- 2) accionamientos de máquinas de reluctancia sincrónicas sin cojinetes
- 3) accionamientos de máquinas de inducción sin cojinetes
- 4) accionamientos de máquinas de reluctancia conmutadas sin cojinetes
- 5) accionamientos de máquinas homopolares, híbridos y de polos consecuentes sin cojinetes

De estos accionamientos sin cojinetes, un accionamiento de máquina de imanes permanentes sin cojinetes tiene las siguientes ventajas.

- 1) tamaño pequeño y ligero
- 2) factor de alta potencia y alta eficiencia
- 3) fuerzas de suspensión generadas sin corriente de excitación en la bobina principal
- 4) independencia de fallo de inversor alta debido a que la suspensión magnética funciona independientemente de la corriente de bobinado de la máquina

Por lo tanto, el concepto de accionamiento de la máquina PM sin cojinetes puede utilizarse en la presente invención.

Una característica importante del accionamiento sin cojinetes es que la bobina del cojinete está integrada en la máquina eléctrica. La figura 7A ilustra la construcción de bobina de la máquina PM sin cojinetes con cuatro polos. Con el fin de lograr un amplio desacoplamiento entre los generadores de las fuerzas de suspensión radiales y el par de torsión, las bobinas de cojinetes y bobinas de par de torsión están diseñadas con diferentes números de polos. La disposición de bobina de un accionamiento sin cojinetes primitivo puede ser simplificada como se muestra en la figura 7B. Aquí, las bobinas de cuatro polos son 4a y 4b, y las bobinas de dos polos son 2a y 2b. Entre los diversos tipos de accionamientos de máquinas sin cojinetes PM, la estructura del rotor con inserción de PMs y la estructura del rotor con los PMs enterrados de máquinas sin cojinetes PM se muestran en las figuras 7C y 7D, respectivamente. El rotor de tipo PM enterrado que se muestra en la figura 7D puede mejorar la generación de la fuerza radial de suspensión debido a la baja reluctancia magnética de PM.

Como se describió anteriormente, los accionamientos sin cojinetes tienen que controlar tanto la fuerza de suspensión radial con bobinas de cojinete y el par de torsión con bobinas de torsión. En consecuencia, los accionamientos sin cojinetes son más complicados y caros que los accionamientos de máquinas eléctricas convencionales.

En el caso de un generador eólico de accionamiento directo grande, el peso de la parte inactiva puede dar cuenta de una gran parte del peso total del generador. Si un accionamiento sin cojinetes puede contribuir a la reducción de peso significativa y la reducción de coste del generador, entonces el uso del accionamiento sin cojinetes podría ser aceptable para aplicaciones de accionamiento directo de gran tamaño. Sin embargo, en el caso de la máquina de accionamiento directo grande, ya que el peso (incluyendo el peso de la parte activa y el peso de la parte inactiva) de un rotor es muy pesado, se espera que el consumo de energía de la producción de la fuerza de suspensión radial, por soportar la parte giratoria en contra de la gravedad, será grande para los generadores eólicos de accionamiento directo grandes. En consecuencia, los siguientes requisitos deben cumplirse con el fin de utilizar el accionamiento sin cojinetes en aplicaciones de accionamiento directo de gran tamaño para que sea aceptable.

- (1) reducción de la masa significativa de la parte inactiva
- (2) consumo de energía minimizado en el proceso de producción de la fuerza de suspensión
- (3) control y componentes simplificados

El nuevo accionamiento sin cojinetes PM de acuerdo con una realización de la presente invención puede incluir también núcleos de hierro y los imanes permanentes en el rotor. Además, el estator puede constar de núcleos de hierro y las bobinas. La figura 8 ilustra un accionamiento de la máquina sin cojinetes PM de acuerdo con una realización de la presente invención, que tiene una forma de una máquina de flujo axial de doble lado. Como se muestra en la figura 8, la fuerza de la suspensión solo se utiliza para controlar el entrehierro entre el rotor y el estator, no se utiliza para soportar el peso del rotor. El concepto del accionamiento sin cojinetes se muestra en la figura 8 puede ser similar a la estructura de la máquina TFPM que se muestra en la figura 5, pero también se puede aplicar a una máquina PM típica (máquina de flujo longitudinal PM).

La figura 8 representa un nuevo concepto de accionamiento sin cojinetes que transmite par de torsión al motor y controla el entrehierro sin una estructura de guiado mecánico utilizada para los generadores convencionales (o motores). Un generador convencional (o motor) incluye una parte electromagnética o una parte activa para la producción de electricidad y una parte estructural o de una parte inactiva incluyendo cojinetes, un eje, y estructuras para transmitir par y mantener la longitud del entrehierro. El generador del accionamiento sin cojinetes (o motor) de acuerdo con la forma de realización de la presente invención es distinto de un generador típico del accionamiento sin cojinetes (o motor) que requieren ambas bobinas de cojinetes y bobinas de par de torsión.

Como se muestra en la figura 8, el generador de accionamiento sin cojinetes (o motor) de acuerdo con la forma de realización de la presente invención puede tener una estructura de entrehierro de doble lado. Los entrehierros en ambos lados pueden estar uniformemente mantenidos por la aplicación de diferentes magnitudes de las corrientes de las bobinas cuando las longitudes de entrehierro a ambos lados son diferentes una de otra. A diferencia de una estructura de accionamiento sin cojinetes típica, pueden no ser necesarias ambas bobinas para generar un par de torsión y una fuerza de suspensión, pero cualquiera de las bobinas puede ser necesaria para generar el par de torsión y la fuerza de suspensión.

La dirección de movimiento del rotor y de la trayectoria de flujo se muestra en la figura 8A. Cuando la nueva estructura de accionamiento sin cojinetes se encuentra en un estado estable, la longitud de un entrehierro 1 y un entrehierro 2 pueden ser iguales entre sí. Cuando las longitudes del entrehierro 1 y el entrehierro 2 son diferentes entre sí, es decir, estado inestable, una diferencia entre las longitudes de los entrehierros a ambos lados pueden ser vistas por una diferencia entre tensiones inducidas sin carga aplicadas a los estatores 1 y 2 en ambos lados o un sensor de separación. Cuando la longitud del entrehierro 1 es mayor que la longitud del entrehierro 2, si una fuerza de atracción entre el estator y el rotor en el entrehierro 1 aumenta y una fuerza de atracción en el entrehierro 2 se reduce, el rotor puede pasar a un punto en el que las longitudes de los dos entrehierros son iguales entre sí. Con este fin, la magnitud de una corriente i que fluye en la bobina de un estator 1 se puede aumentar, y la magnitud de una corriente que fluye en la bobina de un estator 2 puede reducirse.

Pueden existir la fuerza de atracción y el flujo debido al imán permanente. Por consiguiente, cuando la longitud del entrehierro 2 es demasiado pequeña, la fuerza de atracción en el entrehierro 2 puede ser mucho mayor que en el entrehierro 1. Por lo tanto, aunque la corriente del estator 1 se incrementa y la corriente del estator 2 se reduce, puede haber una limitación en la igualación de ambos entrehierros. En este caso, se puede utilizar un método para reducir la fuerza de atracción en el entrehierro 2 mediante la inversión de la dirección de la corriente que fluye en el estator 2.

Cuando el rotor vibra en el eje de la dirección de rotación o la dirección de movimiento, la longitud de entrehierro en el lado superior de los dos entrehierros y la longitud del entrehierro en el lado inferior de los dos entrehierros pueden ser diferentes entre sí. En consecuencia, esta limitación puede no ser lo suficientemente superada solamente por la estructura de accionamiento sin cojinetes que se muestra en las figuras 8A y 8B. La figura 8C muestra una estructura de accionamiento sin cojinetes que puede superar más preferiblemente la limitación anterior de acuerdo con una realización de la presente invención. Debido a la estructura anterior, el entrehierro 1 y el entrehierro 2 se pueden mantener de manera uniforme incluso cuando el rotor vibra en el eje de la dirección de movimiento.

Por consiguiente, si la ubicación de la gravedad del rotor se puede mantener uniformemente dentro de un intervalo deseado por cualquier método o guía, la estructura de accionamiento sin cojinetes propuesta en la presente invención se puede utilizar en una máquina de accionamiento directo grande, así como una turbina de energía eólica.

Cuando las longitudes del entrehierro 1 y el entrehierro 2 son diferentes entre sí, la densidad de flujo B en cada entrehierro puede variar, y por lo tanto la magnitud de la fuerza de atracción existente entre el rotor y el estator también puede variar. Específicamente, cuando otras dimensiones y parámetros no varían, pero solo el entrehierro varía, la densidad de flujo se puede reducir en el lado donde los incrementos de longitud del entrehierro, y se pueden aumentar en el lado donde el entrehierro disminuye.

En la figura 8, el sensor de separación se puede utilizar supletoriamente para detectar la variación de la longitud de entrehierro. Mientras que el generador (o motor) está en funcionamiento, la variación de la longitud de entrehierro puede ser detectada por medición y comparación de tensiones inducidas en vacío aplicadas a cada bobina en lugar de utilizar el sensor de separación. Sin embargo, ya que la tensión inducida sin carga es difícil de medir en la etapa de funcionamiento inicial o estado anormal del generador, el sensor de separación puede ser utilizado.

En la figura 9, las densidades de flujo con respecto a las diferentes longitudes de entrehierro se muestran en la consideración de las características de la densidad de flujo del núcleo de hierro que varía de forma no lineal en sus características de acuerdo con la magnitud de la intensidad magnética H (la densidad de flujo real del núcleo de hierro no se muestra de forma lineal como la figura 9, pero se muestra en curva). En el generador de accionamiento sin cojinetes (o motor) como se describió anteriormente, cuando la longitud de entrehierro en un lado disminuye, la longitud del entrehierro en el otro lado aumenta. La figura 9 muestra la variación de la densidad de flujo de los dos entrehierros en una curva B-H.

En la figura 9, $B_{\text{entrehierro}}$ es una densidad de flujo en el estado estable en el que el entrehierro 1 y el entrehierro 2 son iguales entre sí, y $B_{\text{entrehierro más pequeño}}$ y $B_{\text{entrehierro más grande}}$ denotan las densidades de flujo de un entrehierro más pequeño y un entrehierro más grande cuando el entrehierro 1 y el entrehierro 2 son diferentes entre sí, respectivamente.

Un segundo método que puede reducir significativamente la masa inactiva puede ser el uso de una estructura de generador (motor) en forma de anillo como se muestra en la figura 4. Las figuras 10 a 12 muestran esquemáticamente la forma de la estructura de generador en forma de anillo (motor), que se describirá a continuación.

Las figuras 10 a 12 muestran un generador de flujo transversal en forma de anillo (o motor). El generador de flujo transversal en forma de anillo (o motor) puede ser un tipo de entrehierro de doble lado, y puede tener una estructura de la máquina de flujo axial en la que la dirección del flujo vinculada entre sí en el entrehierro es una dirección axial. Los estatores pueden estar dispuestos en ambos lados del rotor. Cada estator puede incluir un núcleo de hierro y una bobina de cobre. El rotor puede incluir un núcleo de hierro y un imán permanente. Como se ve a partir de la

trayectoria de flujo que se muestra en la figura 8, pueden existir rotores correspondientes a los estatores en ambos lados. De acuerdo con ello, esta estructura puede incluir un conjunto de estator y rotor izquierdo y un conjunto de estator y rotor derecho.

- 5 En la estructura mostrada en la figura 10, un eje y una estructura inactiva necesaria para el mantenimiento de entrehierro y la transmisión de par de torsión motor, que se incluyen en un generador convencional (o motor), se pueden eliminar al máximo. En consecuencia, el peso de la estructura que tiene que ser superada en un generador de accionamiento directo (o motor) de gran tamaño y de alto par de torsión se puede reducir significativamente.
- 10 Cuando una máquina de gran tamaño está formada integralmente, puede causar dificultades considerables en la fabricación, transporte, instalación, y mantenimiento. Esto puede causar el aumento del precio del producto. Esta estructura ha sido ampliamente utilizada. En un generador típico (o motor), a pesar de que se produzca un fallo en solo una parte o algunos componentes de un sistema, el funcionamiento del generador (o motor) tiene que ser detenido para la reparación y reanudado. La detención de un generador (o motor) que tiene una salida grande puede tener una influencia severa en todo el sistema operativo.
- 15

Por lo tanto, con el fin de mejorar las limitaciones descritas anteriormente, el generador en forma de anillo (o motor) pueden modularizarse en una pluralidad para lograr los siguientes elementos.

- 20 (1) Superar las limitaciones generadas en la fabricación, transporte, instalación, y mantenimiento.
 (2) Incluso cuando se produce un fallo en algunos componentes o módulos del generador (o motor), otros módulos que no tienen ningún fallo pueden seguir produciendo electricidad o funcionando.

25 Para ello, el rotor, el estator, el dispositivo de conversión de energía, y las estructuras del generador (o motor) pueden estar configurados en una forma modular, no en una forma integral. En este caso, cuando el generador (o motor) tiene una estructura de tres fases, cada módulo del estator puede convertirse individualmente en un estator de un generador trifásico (o motor), y puede ser pequeño solo en la salida. En consecuencia, la salida de cada módulo puede ser expresada como "producción total de generador (motor)/número de módulos".

30 Las figuras 11 y 12 ilustran un gran generador transversal en forma de anillo (o motor) de acuerdo con una realización de la presente invención, que incluye una pluralidad de módulos. Como se muestra en los dibujos, el rotor puede ser fabricado parcialmente en una forma de módulo y puede ser montado en un rotor circular. El estator de una forma de módulo puede tener una estructura que puede ser fácilmente desmontada y montada por módulo. Dispositivos de conversión de potencia correspondiente a cada módulo se pueden acoplar a las superficies de cada módulo de estator. Por lo tanto, aun cuando algunos módulos de dispositivos estator y conversión de energía tengan un fallo, otros módulos pueden mantener la producción de electricidad (o funcionamiento).

35

40 Cuando tal estructura de tipo módulo se aplica a una turbina de energía eólica, otros módulos pueden producir electricidad incluso cuando algunos módulos fallan. En consecuencia, la producción de electricidad puede ser mejorada. Tal estructura de tipo módulo se puede aplicar a ambos generador y motor utilizando un tipo de accionamiento directo grande, así como una turbina de energía eólica.

45 Además, aunque la estructura de generador en forma de anillo (o motor) se muestra como un generador de flujo transversal (o motor) en las figuras 12 a 13, la estructura del generador en forma de anillo (o motor) se puede implementar usando un generador de flujo longitudinal (o motor).

50 Como se muestra en las figuras 10 a 12, la estructura de generador en forma de anillo (o motor) sin un árbol y una estructura para la transmisión de par de torsión y el mantenimiento de longitud de entrehierro también se puede aplicar a una baja velocidad y el generador de alto par de torsión (o motor) (por ejemplo, el motor de propulsión de un barco y submarino, generador mareomotriz o hidráulico, etc.), además de una turbina eólica.

55 Además, este principio y la estructura también se pueden aplicar a un motor lineal (o generador) (por ejemplo, motor lineal para el sistema de transporte, generador linealmente en vaivén, etc.) además de un generador rotativo (o motor).

- Nuevos sistemas de guía y de cojinetes

60 Una turbina de energía eólica de accionamiento directo típica puede utilizar un cojinete típico (por ejemplo, de soporte mecánico) para guiar y soportar el rotor y el estator. Teniendo en cuenta la configuración del cojinete y el rotor del generador, la turbina de energía eólica se puede clasificar en (1) sistema de cojinete doble, (2) sistema de cojinete individual, (3) sistema de rotor interno, y (4) sistema de rotor externo. La figura 13 ilustra la estructura de un sistema de accionamiento directo típico utilizable en una turbina de energía eólica. Refiriéndonos a la figura 13, se muestran una pieza giratoria, un estator, y un cojinete. Las limitaciones de un sistema de cojinete típico como se muestra en la figura 13 se pueden resumir de la siguiente manera.

65

El cojinete y la estructura en la que está instalado el cojinete tienen que ser fabricados y operados con precisión.

Una estructura de cojinete típica puede ser aplicada a una estructura que tiene un diámetro muy grande, pero puede haber muchas dificultades para satisfacer la precisión requerida de cojinete en la estructura que tiene el diámetro muy grande.

5 Dado que un cojinete típico tiene que soportar una fuerza de atracción existente entre el rotor y el estator del generador y mantener la longitud de entrehierro dentro de un cierto rango, además de soportar y guiar el álabe del rotor, la carga de la que el cojinete se hace cargo puede ser muy grande.

10 Por esta razón, un sistema de cojinete mecánico típico necesita ser fuerte y preciso. Con el fin de aplicar dicho sistema de cojinete típico a la estructura de accionamiento sin cojinetes de acuerdo con la realización de la presente invención, el diámetro del cojinete tiene que volverse grande de manera similar al diámetro del generador. En este caso, el cojinete tiene que soportar y guiar tanto el peso de los álabes del rotor de la turbina eólica y el peso del rotor del generador. Con el fin de soportar y guiar el peso de los álabes del rotor y el peso del rotor del generador mediante un cojinete que tiene un diámetro grande, la estructura puede ser más precisa, más fuerte, más pesada, y más costosa.

15 Cuando la velocidad de rotación de un cuerpo en rotación o la velocidad de movimiento de un objeto en movimiento de forma lineal es alta, una estructura de una precisión más alta es posible que se requiera para soportar y guiar el objeto. Sin embargo, en el caso de una máquina relativamente de baja velocidad de gran tamaño y alto par de torsión (o de alta propulsión), el objeto puede ser soportado y guiado por una estructura con una precisión relativamente más baja que una máquina de alta velocidad. En particular, en la turbina de energía eólica de accionamiento directo, cuando el tamaño de la turbina aumenta, la velocidad de rotación de un cuerpo giratorio puede ser reducida. En consecuencia, si un objeto pesado y grande puede ser soportado y guiado dentro de un rango de error deseado incluso cuando se utiliza un sistema de cojinete que tiene una precisión inferior a un sistema de cojinete típico, las limitaciones inherentes en el uso del cojinete típico descrito anteriormente se pueden superar.

20 Para ello, el contacto mecánico de un cojinete típico puede ser retirado del sistema de cojinete. De acuerdo con ello, el cojinete de fluido o el cojinete magnético pueden ser utilizados para soportar y guiar a un objeto.

30 En primer lugar, un fluido que tiene una presión capaz de soportar el peso de un objeto necesita colisionar con el objeto en la dirección opuesta de la fuerza de la gravedad a fin de mantener el objeto en una cierta ubicación en la dirección gravitacional utilizando el cojinete de fluido. Cuando se utiliza el cojinete magnético, la fuerza de suspensión necesita ser incrementada en la dirección opuesta a la fuerza de la gravedad, y por lo tanto una corriente de bobina de cojinete necesita ser aumentada. Si un objeto es muy pesado, el consumo de energía para soportar y guiar el objeto puede ser muy grande. Por consiguiente, puede ser necesario un nuevo concepto de cojinete en el que el consumo de energía para soportar y guiar un objeto es pequeño. Para ello, un cuerpo giratorio (o cuerpo en movimiento) que tiene flotabilidad para soportar y sostener un objeto se pueden utilizar en esta realización de la presente invención. Además, un cojinete hidrostático se puede usar para prevenir el contacto o la toma de contacto entre un rotor (o motor) y un estator. Cuando se utiliza el cojinete hidrostático, la carga de la estructura de accionamiento sin cojinetes para el mantenimiento del entrehierro puede reducirse. Dado que el cojinete hidrostático puede realizar un cierto porcentaje de la función de mantener el entrehierro, el cojinete hidrostático puede tener el efecto de reducir la carga máxima de la estructura de accionamiento sin cojinetes. Una descripción adicional del nuevo sistema de cojinete se hará de la siguiente manera.

45 1) Cuerpo giratorio flotante (o en movimiento)

Una estructura pesada puede ser levantada fácilmente usando la flotabilidad. Si un cuerpo giratorio o un cuerpo en movimiento se convierten en una estructura que tiene flotabilidad en el líquido, el cuerpo giratorio o el cuerpo en movimiento pueden ser fácilmente localizados en un punto deseado en contra de la gravedad. Por consiguiente, una estructura pesada, fuerte y precisa existente puede no ser necesaria más para mantener la ubicación gravitacional del cuerpo giratorio o el cuerpo en movimiento dentro de un cierto rango.

2) Cojinete hidrostático

55 Cuando se produce un fallo de control en un generador (o motor), o se produce un defecto en cualquier componente tal como el dispositivo de conversión de energía, el generador (o motor) y el accionamiento sin cojinetes pueden ser detenidos al mismo tiempo, causando daños de la estructura debido al contacto entre un rotor y un estator. En consecuencia, el cojinete hidrostático puede tener una función de prevenir el daño debido al contacto del rotor y el estator, así como una función de mantener el entrehierro junto con el accionamiento sin cojinetes.

60 El nuevo método de guiado y de soporte puede ser utilizado para una estructura de rotor de un generador de accionamiento directo/motor grande. Además, el nuevo método de guiado y de soporte puede ser utilizado para guiar y soportar ambos álabes del rotor (o impulsores, tornillos, etc.) y la estructura de rotor del generador/motor. En consecuencia, ya que las estructuras pesadas para soportar y guiar los componentes giratorios pueden omitirse, el peso de la turbina de accionamiento directo de energía eólica de gran tamaño puede ser reducido significativamente.

65

En lo sucesivo, el cojinete hidrostático y el cuerpo giratorio (o cuerpo en movimiento) que tiene flotabilidad se describirán en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

5 La figura 14 es una vista que ilustra un rotor que tiene flotabilidad, y la figura 15 es una vista que ilustra el principio básico de un cojinete hidrostático.

10 La figura 14A ilustra un estado estable en el que un objeto flotante se encuentra en un fluido. El objeto flotante puede flotar en un fluido. La figura 14B ilustra un estado inestable en el que un objeto flotante se encuentra en un fluido y se genera una fuerza de movimiento de balanceo y de vuelco del objeto. Por consiguiente, cuando el objeto se balancea o se vuelca en el estado inestable, y la fuerza opuesta de la fuerza de los movimientos de balanceo y vuelco se aplica desde el exterior, el objeto puede volver al estado estable. Con este fin, un cojinete hidrostático puede ser utilizado en esta realización. El concepto básico y la estructura del cojinete hidrostático se muestran en la figura 15. Refiriéndonos a la figura 15, mientras que un fluido suministrado a un pasaje de fluido mediante una bomba se mantiene a una cierta presión, un cuerpo en rotación puede ser soportado por la flotabilidad.

15 Cuando se aplican el cuerpo giratorio flotante y el cojinete hidrostático, la estructura puede estar configurada como se muestra en la figura 16. Tal estructura se puede aplicar a un sistema de accionamiento directo grande, y en particular, para soportar y guiar los álabes del rotor de la turbina eólica de accionamiento directo y el rotor del generador. Específicamente, cuando se aplica la estructura de generador de acuerdo con la forma de realización de la presente invención a la turbina de energía eólica, una estructura en la que el rotor de la turbina de energía eólica se combina junto puede ser implementada sin estar limitado al generador de la turbina de energía eólica de accionamiento directo. Esto se ilustra en la figura 17. El generador en forma de anillo sin cojinetes, la estructura del rotor flotante, y el sistema de cojinete hidrostático pueden aplicarse integradamente para guiar el rotor de la turbina de energía eólica.

20 En la estructura de cojinete hidrostático se muestra en las figuras 16 y 17, una parte fija en forma de anillo llena de un fluido puede estar dispuesta de manera fija en una estructura fija y una parte giratoria en forma de anillo puede estar dispuesta de forma concéntrica dentro de la parte fija. Un estator puede estar dispuesto dentro de la parte fija, y un rotor puede estar dispuesto fuera de la parte giratoria en una ubicación opuesta al estator. Además, un fluido puede ser llenado en la parte fija para mantener el entrehierro, y se puede llenar de aire la parte giratoria. En particular, los álabes del rotor (impulsor o hélice) pueden estar conectados de manera integral a una parte de conexión que sobresale de la superficie circunferencial exterior de la parte fija en una dirección radial. La parte de conexión puede extenderse hacia el exterior por un elemento de sellado (sellado del fluido) instalado en la superficie circunferencial exterior de la parte fija para ser conectada a un álabe de rotor exterior, y el rotor y la parte giratoria puede girar integralmente con los álabes del rotor en la parte fija. La aplicación del cojinete hidrostático puede permitir que la estructura giratoria incluyendo el rotor gire con respecto a la estructura fija mientras es soportado por la presión y la flotabilidad del fluido.

30 Aunque la figura 18 muestra que los álabes del rotor están dispuestos en la circunferencia exterior del generador (o motor) y la parte fija, los álabes del rotor pueden estar dispuestos en la circunferencia interior del generador y la parte fija como se muestra en las figuras 18 a 20. En este caso, cuando la parte de conexión se extiende hacia el exterior a través de un elemento de cierre hermético instalado en la superficie circunferencial interior de la parte fija, la parte de conexión puede extenderse hacia la circunferencia interior de la parte fija, y los álabes del rotor también puede ser conectados integralmente a la parte de conexión en la circunferencia interior de la parte fija.

45 La estructura de generador en forma de anillo (o motor) aplicado con el cojinete hidrostático se puede aplicar también a un generador de baja velocidad y alto par de torsión (o motor), además de a una turbina de energía eólica. Por ejemplo, la estructura de generador en forma de anillo (o motor) se puede aplicar a motores de propulsión de buques y submarinos y generadores mareomotrices o hidráulicos.

50 De acuerdo con las realizaciones, una máquina eléctrica de accionamiento directo puede reducir el coste mediante la maximización de la densidad de fuerza y reducir al mínimo el material activo o material electromagnético, y puede reducir significativamente el material inactivo o el material estructural mediante la aplicación de un método sin cojinetes para soportar y guiar un cuerpo giratorio tal como un rotor. Además, como el rotor y el estator tienen una estructura modular que incluye una pluralidad de módulos que están configurados por separado, su fabricación, manipulación, transporte, instalación, y mantenimiento son fáciles.

55 La invención se ha descrito en detalle con referencia a ejemplos de realización de la misma. Sin embargo, se apreciará por los expertos en la técnica que son posibles variaciones y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

60

REIVINDICACIONES

1. Una máquina eléctrica de accionamiento directo tal como un generador y un motor que comprende un rotor (12) o un propulsor y un estator (14), estando la máquina eléctrica de accionamiento directo configurada con una estructura de combinación de una pluralidad de módulos en la que el rotor (12) o el propulsor y el estator (14) están mutuamente combinados de tal manera que una pluralidad de módulos forman una fase, respectivamente, en donde cada uno de la pluralidad de módulos del rotor (12) o del propulsor comprende:
- 5
- dos imanes permanentes (24);
- 10 un núcleo de hierro de concentración de flujo (23) que tiene una sección triangular invertida; y dos núcleos de hierro de mantenimiento de pasaje de flujo (22) que tienen una sección triangular, en donde cada uno de los dos imanes permanentes (24) está dispuesto entre una superficie inclinada del núcleo de hierro de concentración de flujo (23) y una superficie inclinada de cada uno de los dos núcleos de hierro de mantenimiento de pasaje de flujo (22),
- 15 **caracterizada por que** cada uno de la pluralidad de módulos del rotor (12) o del propulsor corresponde a cada uno de los polos magnéticos y está instalado sobre material no ferromagnético del rotor (12) o del propulsor.
2. La máquina de accionamiento directo eléctrico según la reivindicación 1, en la que la estructura de combinación del rotor (12) o del motor y el estator (14) comprende una estructura de entrehierro de doble cara (1, 2) en la que el estator (14) está dispuesto de manera que dichos entrehierros (1, 2) están formados en ambos lados del rotor (12) o del propulsor.
- 20
3. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 2, en la que ambos entrehierros (1, 2) entre el rotor (12) o el propulsor y el estator (14) están mantenidos por un accionamiento sin cojinete que mantiene el entrehierro (1, 2) mediante el control de una corriente aplicada a una bobina de cobre del estator (14), y el accionamiento sin cojinetes está formado de manera que no sostiene un peso del rotor (12) o del propulsor.
- 25
4. La máquina eléctrica de accionamiento directo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, que comprende una estructura de una máquina de flujo axial en la que la dirección del flujo magnético en ambos entrehierros (1, 2) es la dirección axial.
- 30
5. La máquina eléctrica de accionamiento directo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, que comprende un conjunto izquierdo de estator (14) y rotor (12) o propulsor y un conjunto derecho de estator (14) y rotor (12) en el que el rotor (12) o el propulsor se corresponden con el estator (14), respectivamente.
- 35
6. La máquina eléctrica de accionamiento directo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, en la que el rotor (12) y el estator (14) están conformados para tener una forma de anillo.
- 40
7. La máquina eléctrica de accionamiento directo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un generador de flujo transversal o un motor de flujo transversal.
8. La máquina eléctrica de accionamiento directo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un generador de flujo longitudinal o un motor de flujo longitudinal.
- 45
9. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 2, en la que el entrehierro (1, 2) entre el rotor (12) y el estator (14) se mantiene por flotabilidad, soportando los cojinetes el rotor por presión hidrostática de fluido, y por un accionador sin cojinetes que mantiene el entrehierro (1, 2) mediante el control de una corriente aplicada a las bobinas de cada estator (14).
- 50
10. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 9, en la que como generador o motor:
- una parte fija en forma de anillo llena de un fluido está dispuesta de manera fija en una estructura fija;
- 55 una pieza giratoria en forma de anillo está dispuesta concéntricamente dentro de la parte fija;
- un estator (14) está dispuesto dentro de la parte fija;
- un rotor (12) está dispuesto fuera de la parte giratoria en una ubicación opuesta al estator (14);
- la parte fija está llena del fluido para mantener el entrehierro (1, 2); y
- la parte giratoria está conectada a los álabes del rotor (11) a través de una parte conexión que se extiende hacia el exterior de la parte fija.
- 60
11. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 10, en la que el álabe de rotor (11) está dispuesto en una circunferencia exterior de la parte fija de tal manera que la parte giratoria está conectada al álabe de rotor (11) a través de la parte de conexión que se extiende hacia la circunferencia exterior de la parte fija.
- 65
12. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 10, en la que el álabe de rotor (11) está dispuesto en una circunferencia interior de la parte fija de tal manera que la parte giratoria está conectada al álabe

de rotor (11) a través de la parte de conexión que se extiende hacia la circunferencia interior de la parte fija.

13. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 1, en la que la pluralidad de módulos está configurada por separado para llevar a cabo de forma independiente una función y una operación, respectivamente.

5 14. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 3, en la que la bobina tiene una estructura en forma de pista de carreras.

10 15. La máquina eléctrica de accionamiento directo según la reivindicación 3, que comprende una máquina eléctrica lineal que comprende un propulsor y un estator (14).

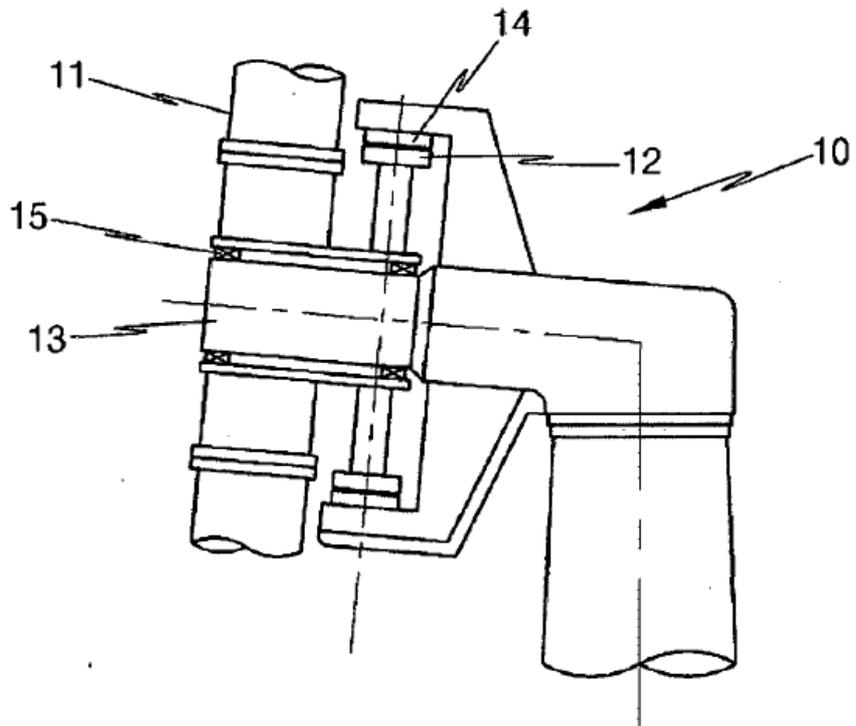
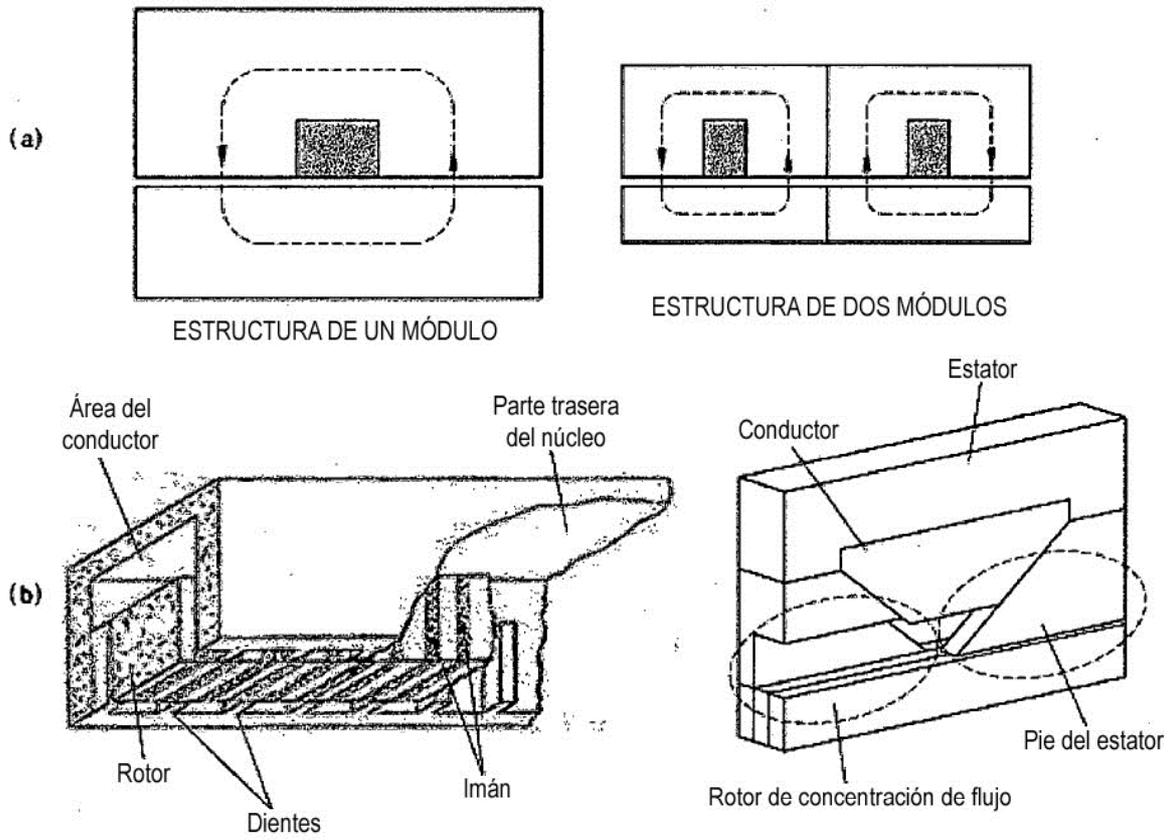


FIG. 1



Pie del estator → Núcleo de polo de pinza

FIG. 2

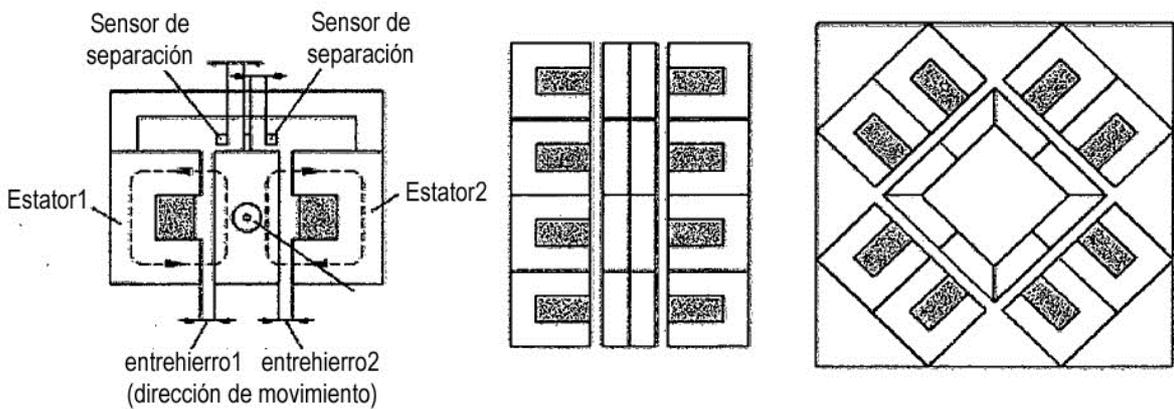
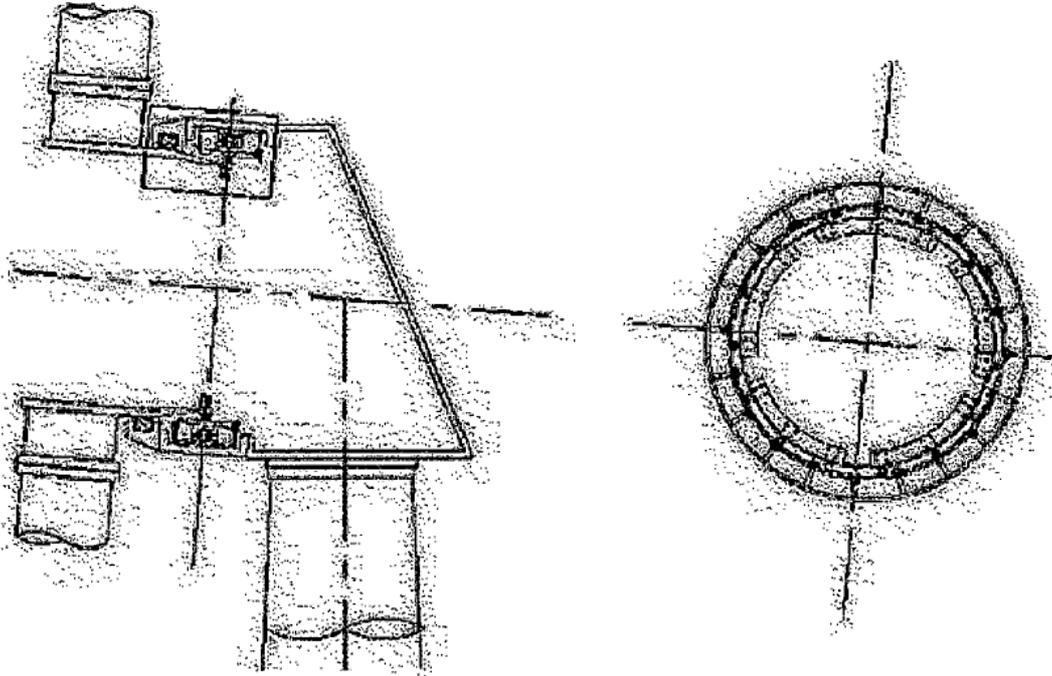
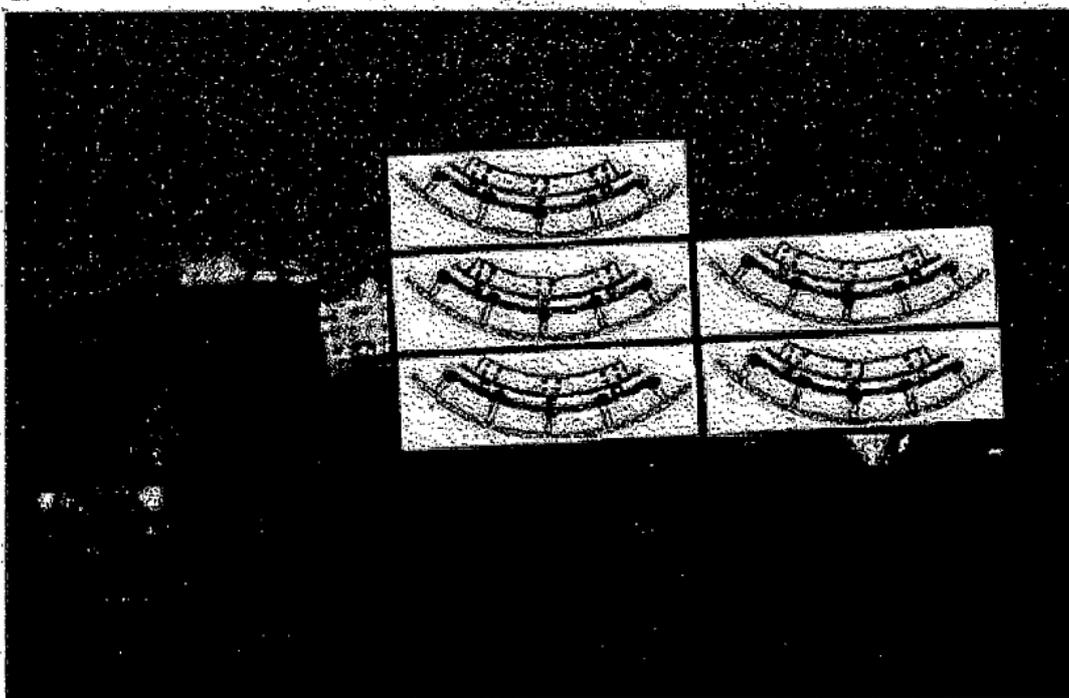


FIG. 3



(a)



(b)

FIG. 4

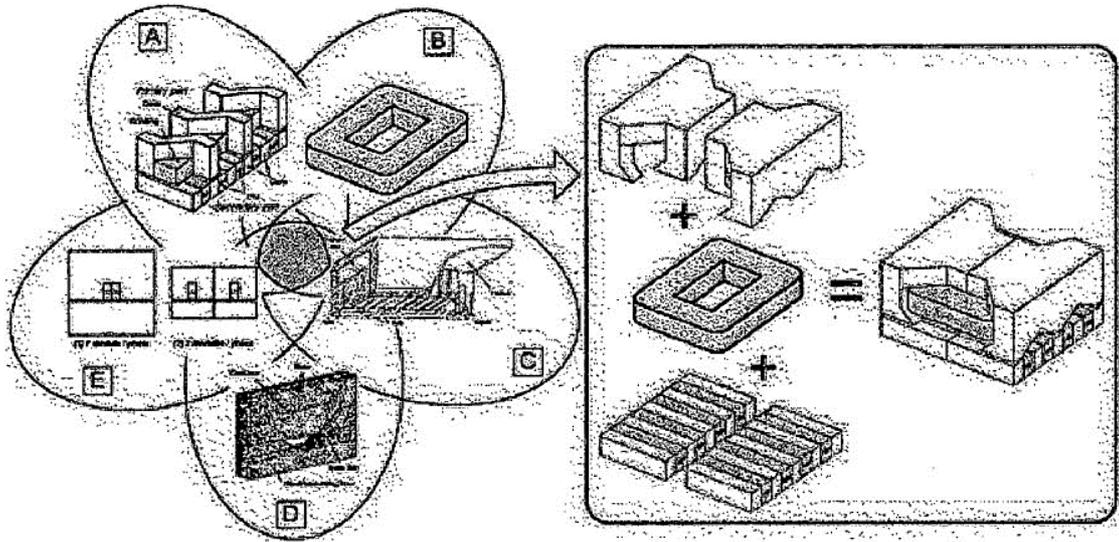


FIG. 5

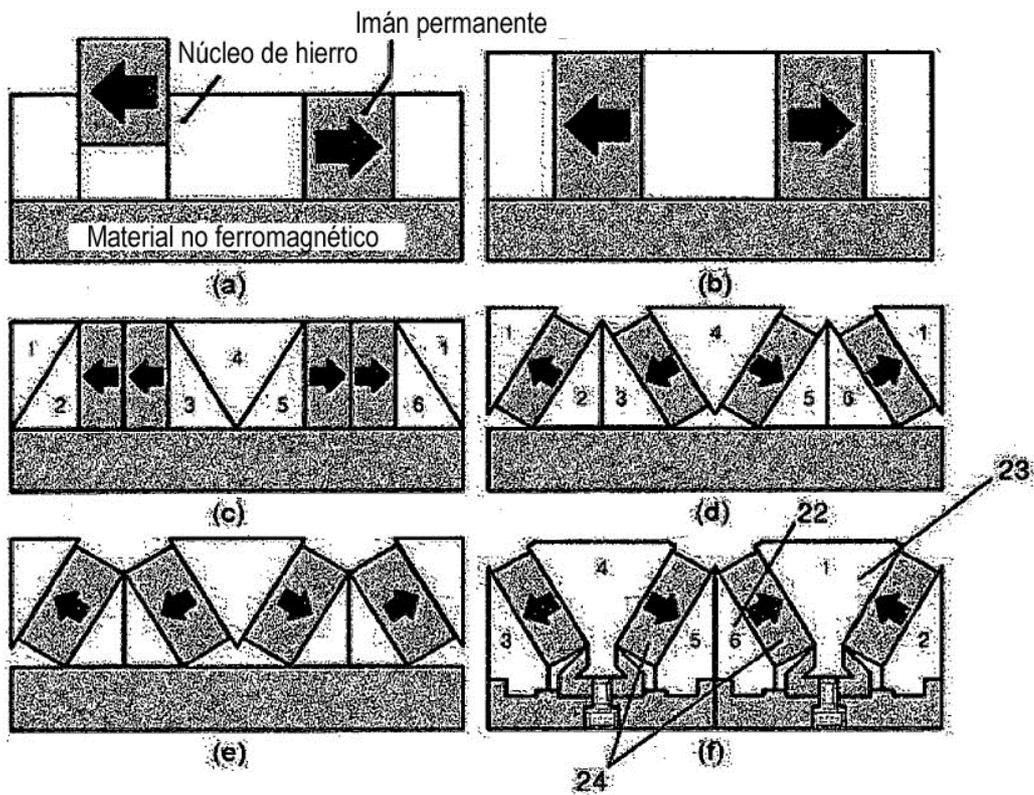
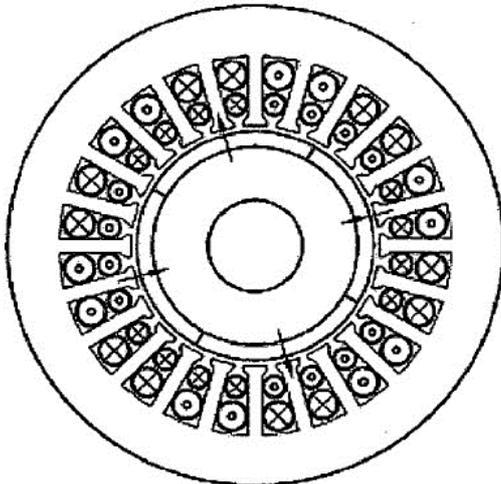
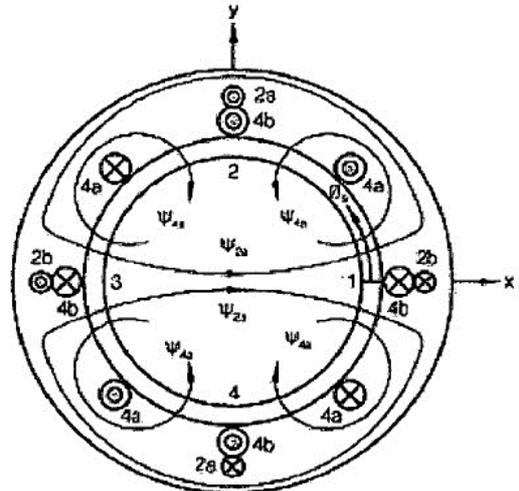


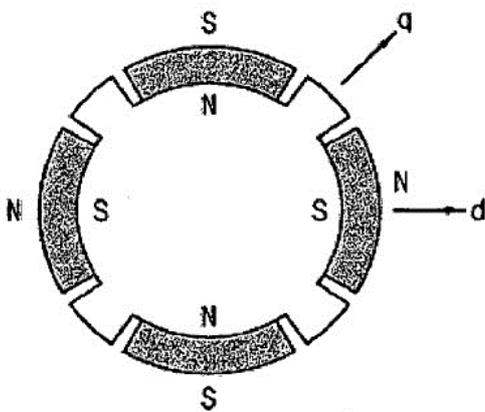
FIG. 6



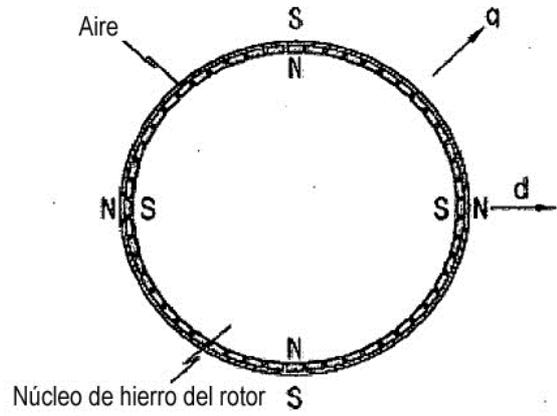
(a) MOTOR PM CUADROPOLAR SIN COJINETE
 INTERIOR: BOBINADO DE TORSIÓN CUADROPOLAR
 EXTERIOR: BOBINADO DE FUERZA DE COJINETE BIPOLAR



(B) DISPOSICIÓN DE BOBINADO
 CUADROPOLAR Y BIPOLAR PARA
 ACCIONAMIENTO SIN COJINETE



(c) PMS: PMS DE TIPO INSERCIÓN



(d) PMS: PMS DE TIPO ENTERRADO

FIG. 7

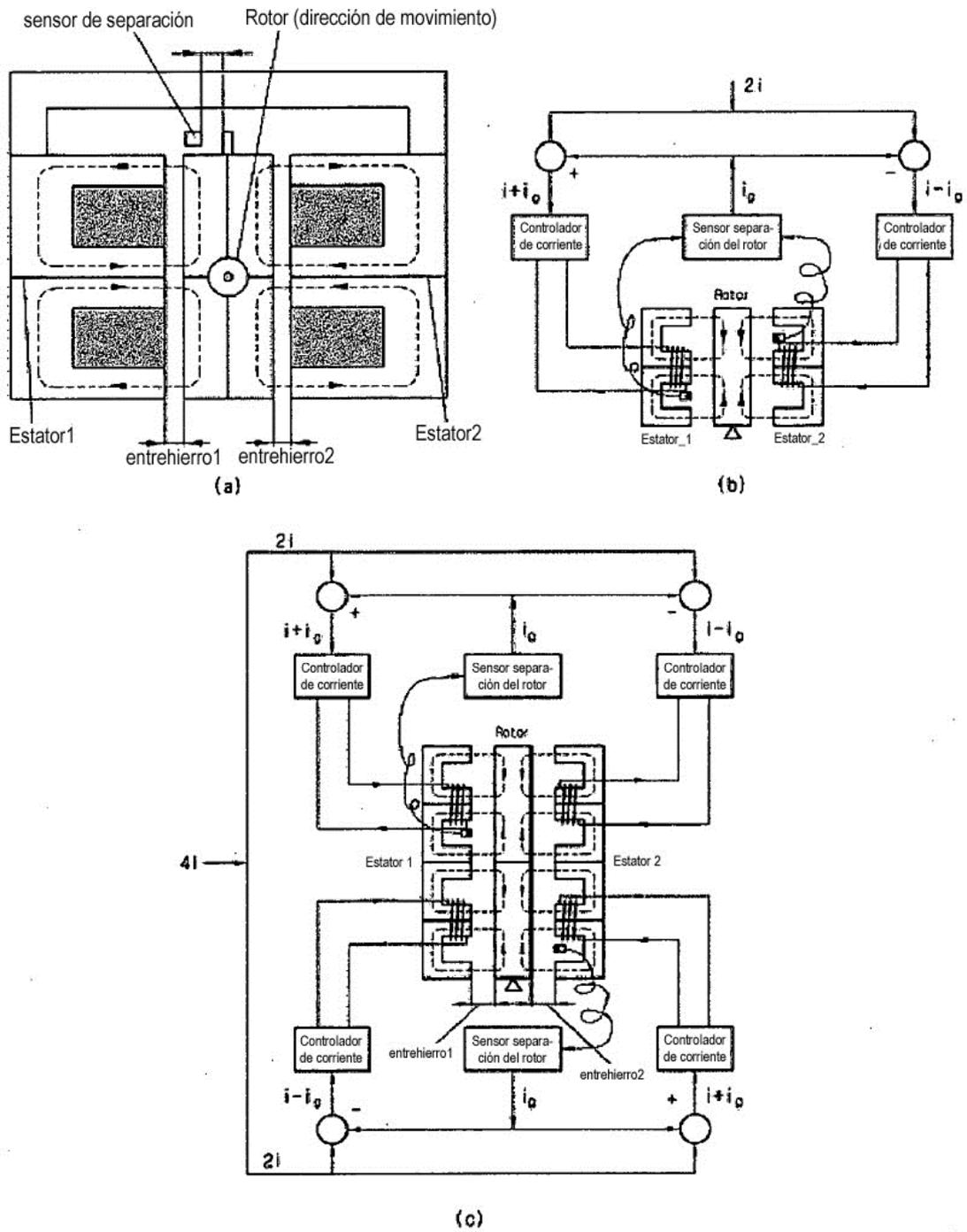


FIG. 8

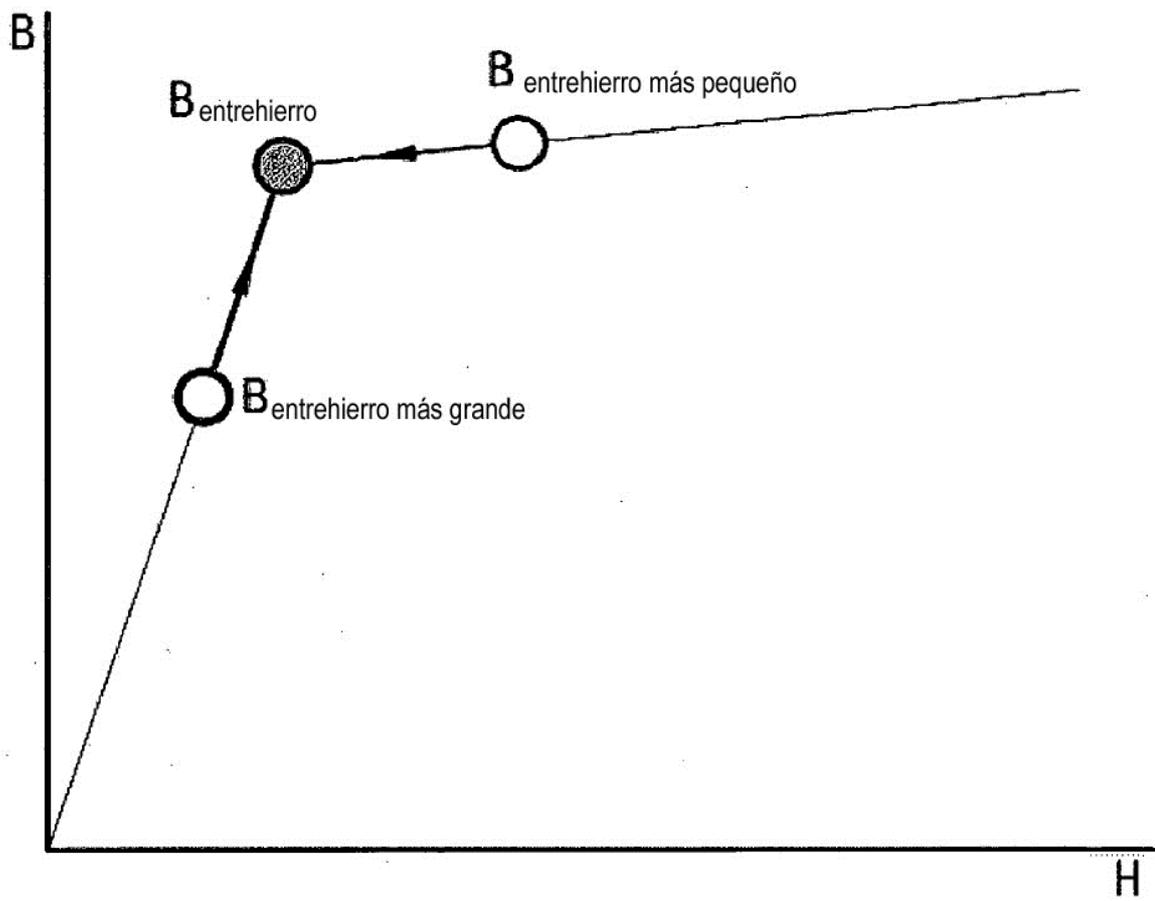


FIG. 9

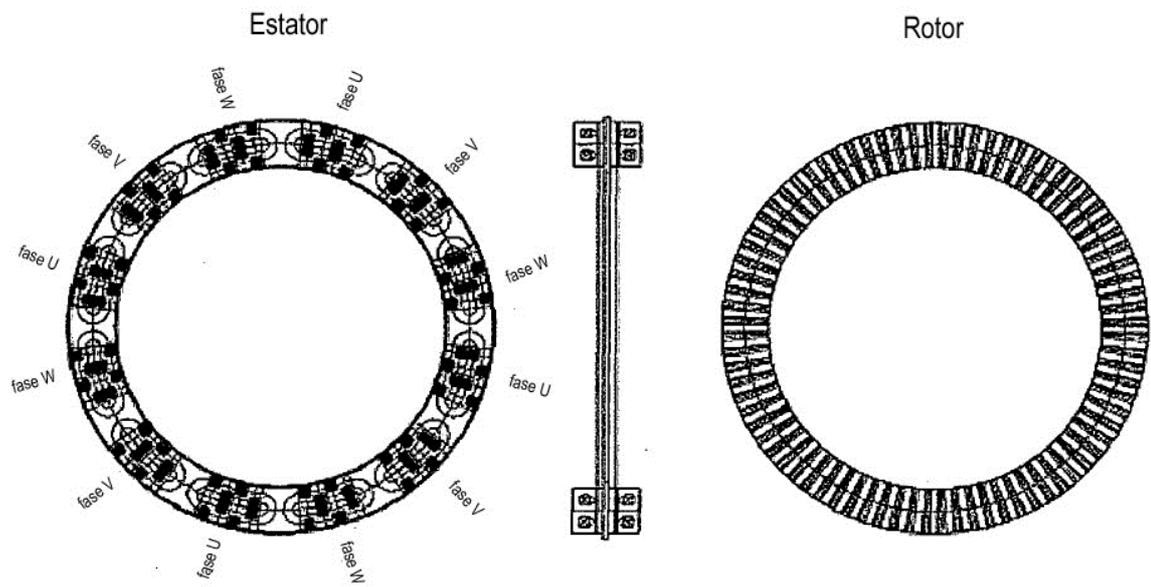


FIG. 10

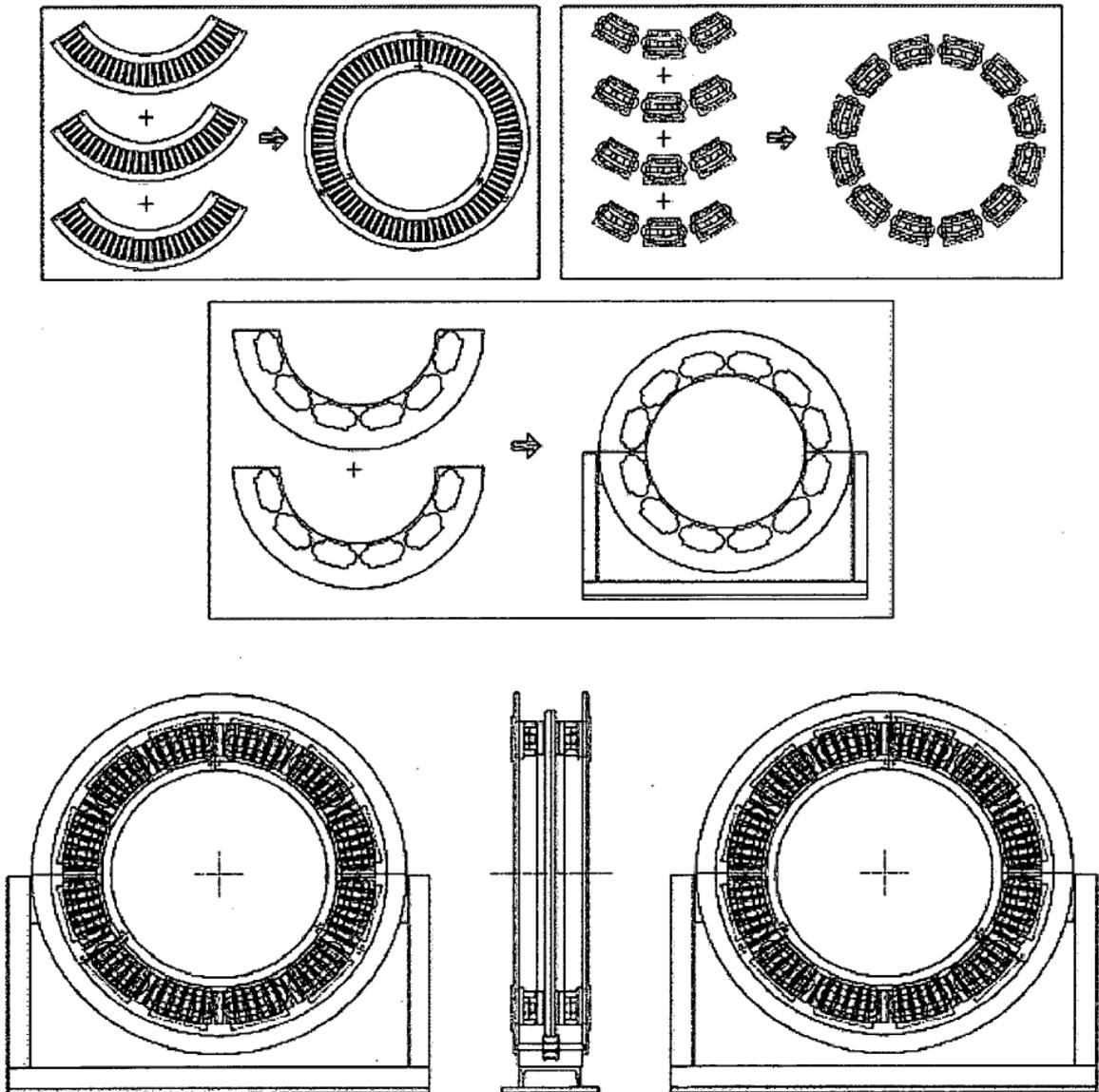


FIG. 11

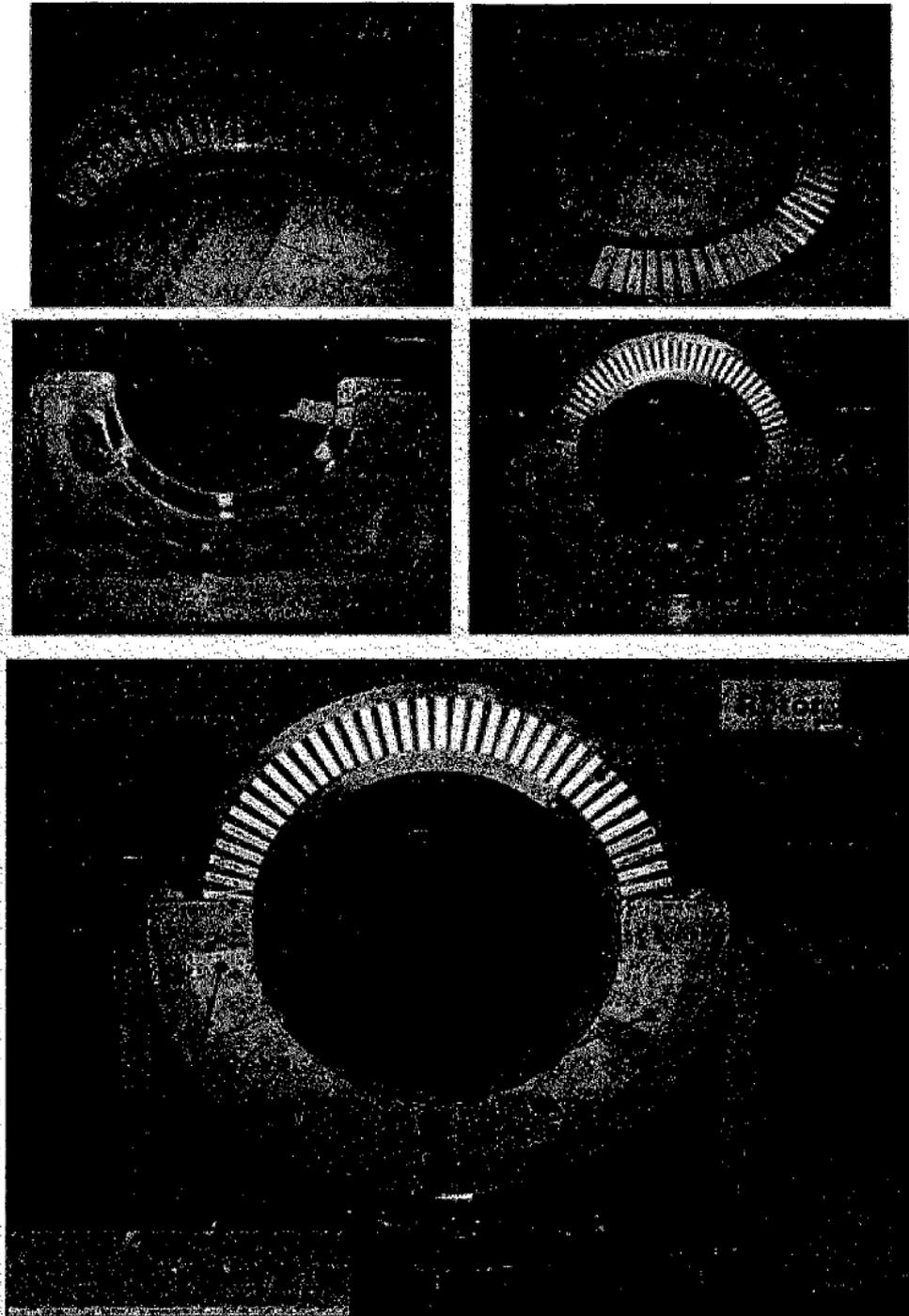


FIG. 12

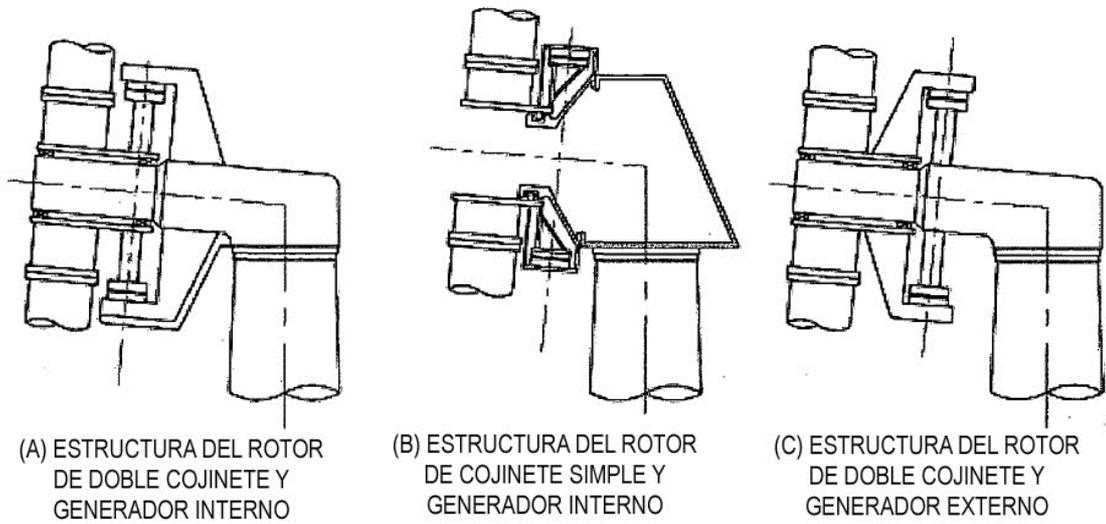


FIG. 13

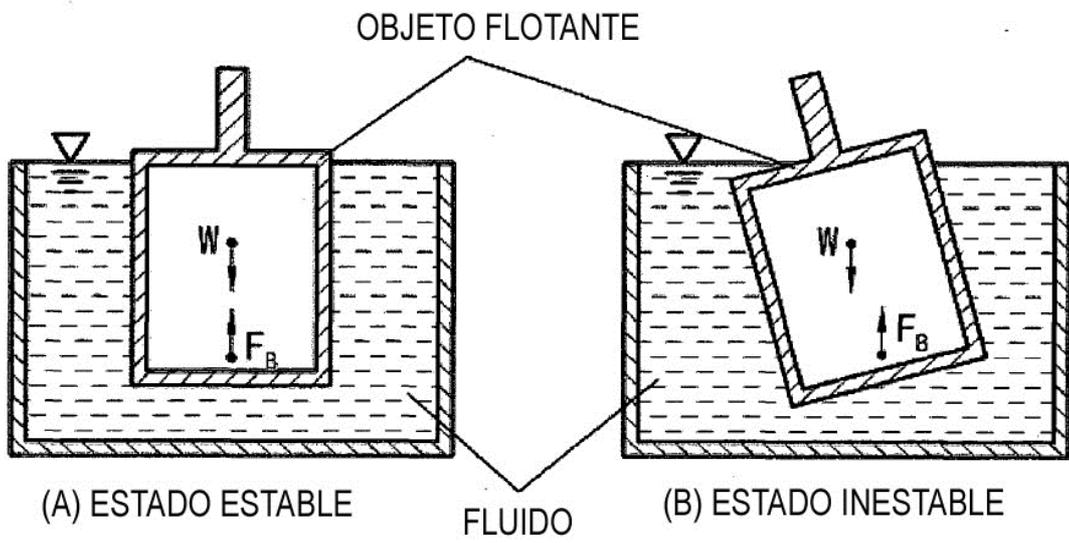


FIG. 14

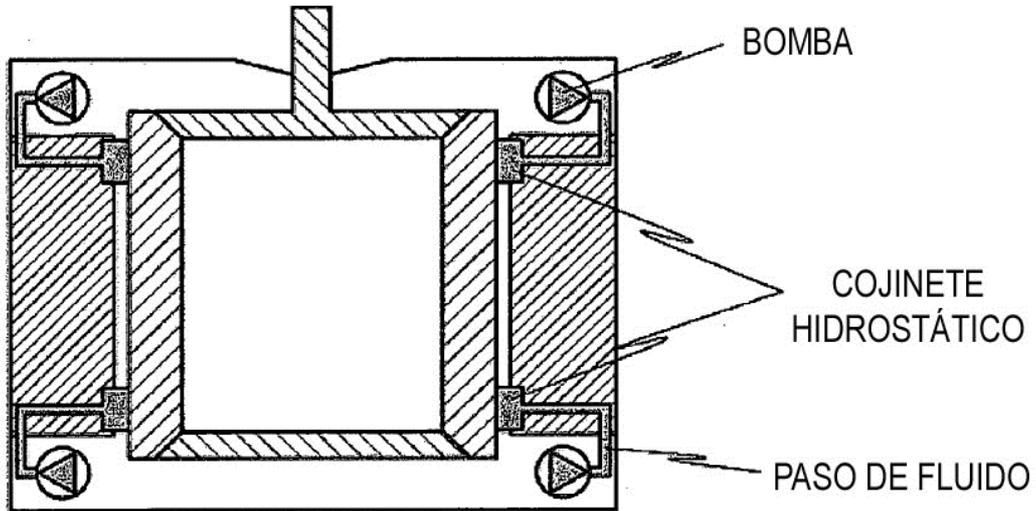


FIG. 15

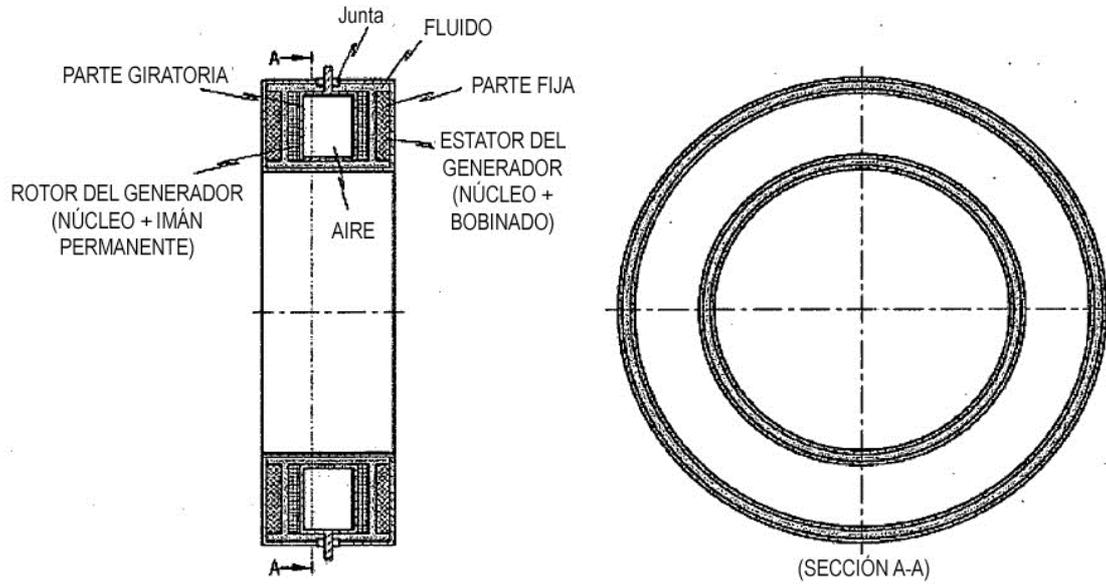


FIG. 16

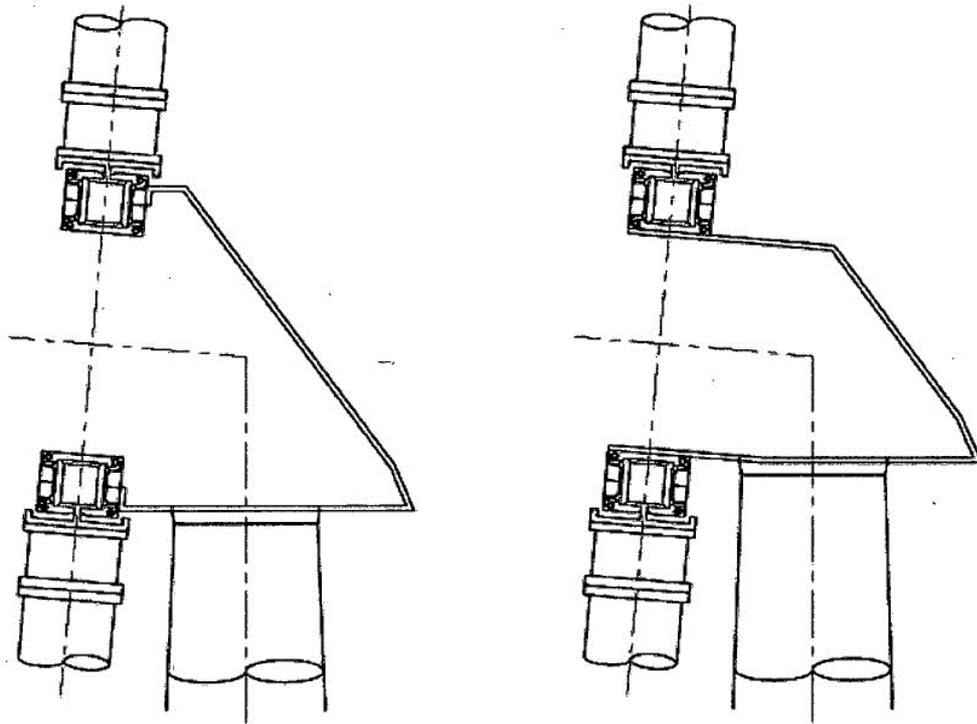


FIG. 17

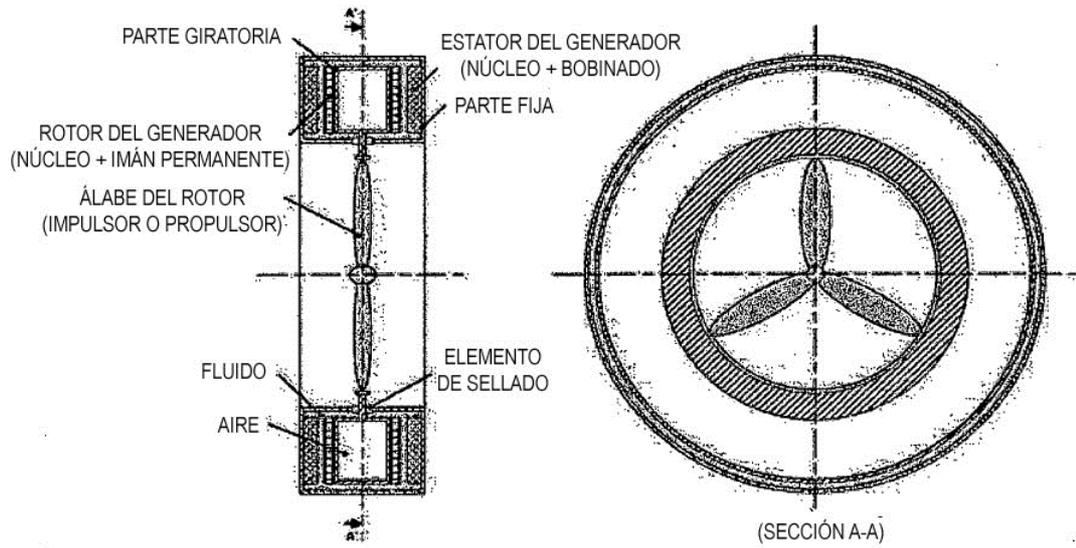


FIG. 18

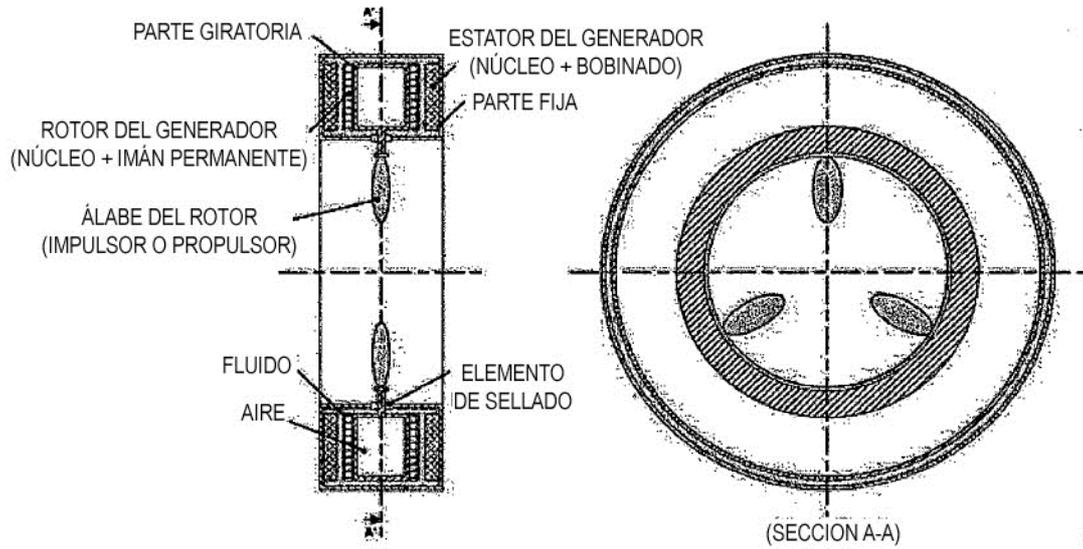


FIG. 19

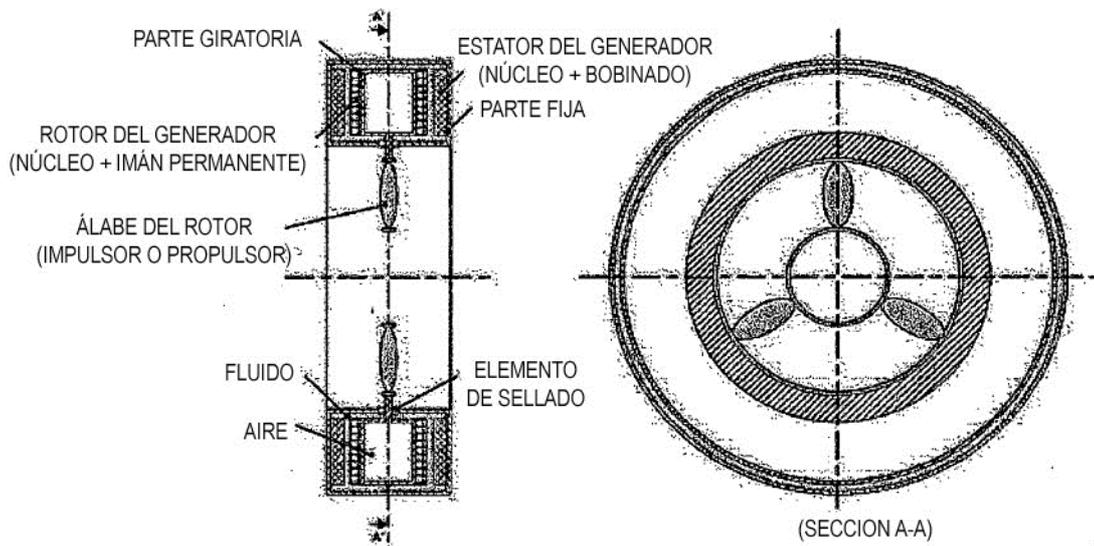


FIG. 20