

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 442**

21 Número de solicitud: 201930462

51 Int. Cl.:

**H02P 25/08** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**27.05.2019**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**24.10.2019**

71 Solicitantes:

**CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS,  
MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS, O.A.,  
M.P. (75.0%)**

**Avda. Complutense, 22 Edf.1**

**28040 Madrid ES y**

**WEDGE GLOBAL, S.L. (25.0%)**

72 Inventor/es:

**GARCÍA-TABARÉS RODRÍGUEZ, Luis;**

**LAFOZ PASTOR, Marcos;**

**BLANCO AGUADO, Marcos;**

**OBRADORS CAMPOS, Diego;**

**TORRES MIRANDA, Jorge Jesús y**

**GARCÍA LORENZO, Francisco Enrique**

74 Agente/Representante:

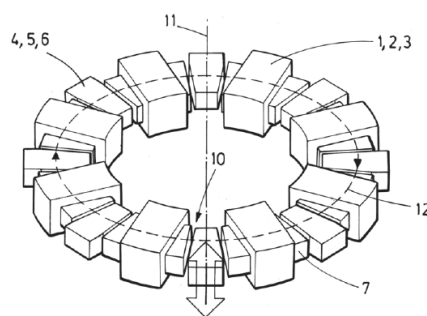
**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **MÁQUINA DE RELUCTANCIA CONMUTADA**

57 Resumen:

Máquina de reluctancia conmutada.

Siguiendo la configuración propuesta para el circuito magnético de la máquina de la presente invención, se reduce la cantidad de hierro usada tanto para los polos pasivos como para las bobinas de lado activo con respecto a otras distribuciones convencionales. Además, se crea una forma predominantemente acimutal del flujo magnético, que garantiza incluso para altos valores de saturación del hierro, una eficiente producción de la fuerza para cualquier posición relativa entre el lado activo y el pasivo.



**FIG.1**

**MÁQUINA DE RELUCTANCIA CONMUTADA**

**DESCRIPCIÓN**

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se puede incluir en el campo técnico de las máquinas de reluctancia conmutada o SRM (siglas en inglés de “Switched Reluctance Machine”), que pueden funcionar como generador o como motor, y en las que existe un lado activo con bobinas devanadas alrededor de núcleos de hierro y un lado pasivo que solo tiene polos de hierro. Ambos lados se mueven relativamente el uno con respecto del otro en una dirección que es perpendicular al plano que contiene a las líneas de flujo magnético.

En concreto la invención se refiere, de acuerdo con un primer objeto, a una máquina de reluctancia conmutada donde el circuito magnético de todas y cada una de sus fases se dispone según una configuración toroidal, creando un flujo magnético en sentido acimutal. Esta invención se basa en un caso de máquina de reluctancia conmutada sin ningún tipo de restricciones en el número de bobinas y polos y se centra en la forma en la que las líneas de flujo cierran de forma acimutal el circuito magnético.

20

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Las Máquinas de Reluctancia Conmutada (SRM) se basan en un circuito magnético móvil formado por bobinas con núcleo de hierro y polos de hierro que trata de maximizar o minimizar su reluctancia cuando las bobinas se encienden y apagan de forma secuencial.

25

Las SRM convencionales utilizan configuraciones prismáticas o cilíndricas en las que el flujo magnético se cierra a través de un yugo de retorno de hierro cuya longitud varía dependiendo de la geometría seleccionada.

30

La principal característica, común a todas las geometrías existentes, es que el flujo magnético se cierra a lo largo de las direcciones radial y axial de la máquina y que su forma está básicamente determinada por la geometría del hierro. Esto conduce a que la longitud del hierro necesario en el circuito magnético determina el peso total de la máquina. Por otra parte,

presenta el inconveniente de que una vez que el hierro se encuentra saturado, la distribución del flujo se modifica bruscamente, dando lugar a un alto flujo de dispersión, y como consecuencia a una pobre utilización de la corriente que circula por las bobinas en términos de generación de fuerza.

5

Hasta ahora se han estudiado formas de reducir la longitud del circuito magnético tanto en configuraciones prismáticas como circulares para rebajar el flujo de dispersión y su efecto negativo, pero la fuerza producida entre ambos lados de la máquina a lo largo de las diferentes posiciones relativas entre sus dos lados, se ve fuertemente afectada, quedando notablemente reducida con respecto al valor máximo teórico.

10

Se conoce igualmente en el estado de la técnica la llamada disposición multitranslator que es una extensión de la máquina SRM de doble cara en la que se introducen elementos activos y pasivos intermedios (bobinas y polos). Aunque la longitud del camino del flujo magnético se minimiza en los elementos intermedios, se hace necesaria la utilización de dos yugos de retorno para cerrar el circuito magnético, lo que aumenta el peso y los flujos de dispersión. Además, al tratarse de una geometría prismática, no es ideal cuando el espacio disponible en la aplicación sea circular, como puede ser el caso de una toma de potencia para aplicaciones de extracción de energía de las olas, o más genéricamente en actuadores circulares.

15

20

La presente invención proporciona una solución a ambos problemas mencionados en el estado de la técnica, debido a la nueva configuración que se propone para la disposición del circuito magnético.

25

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención resuelve el problema técnico planteado, mediante una máquina de reluctancia conmutada que comprende:

- al menos una fase que a su vez comprende:
  - o al menos una bobina devanada alrededor de un núcleo de hierro correspondiente a la al menos una bobina, configurados para actuar como lado activo de la máquina;
- al menos una estructura de hierro configurada para actuar como lado pasivo de la máquina, que a su vez comprende:

30

- al menos un polo de hierro;
- al menos un entrehierro dispuesto entre el núcleo de hierro correspondiente a la al menos una bobina y el al menos un polo de hierro de la al menos una estructura de hierro,

5 donde el conjunto formado por la al menos una bobina devanada alrededor del núcleo de hierro correspondiente, el al menos un polo de hierro y el al menos un entrehierro presenta una configuración toroidal.

10 La máquina de reluctancia así configurada puede ser usada bien como motor o bien como generador. La especial disposición de sus componentes formando una configuración toroidal permite generar un flujo magnético con unas líneas de flujo en una dirección acimutal, que es inducido en la al menos una bobina devanada alrededor del núcleo de hierro que se cierra a través del al menos un polo de hierro y el al menos un entrehierro dispuesto entre el núcleo de hierro donde se encuentra devanada la al menos una bobina y el al menos un polo de hierro.

15 Opcionalmente, la al menos una bobina devanada alrededor del núcleo de hierro correspondiente es desplazable respecto a el al menos un polo de hierro en una dirección perpendicular a un plano formado por la líneas de flujo del flujo magnético, entendiéndose por una dirección perpendicular a un plano formado por la líneas del flujo magnético la dirección axial definida por el eje de la configuración toroidal.

20 Opcionalmente, el al menos un polo de hierro es desplazable respecto a la al menos una bobina devanada alrededor del núcleo de hierro correspondiente en una dirección perpendicular a un plano formado por la líneas de flujo del flujo magnético, entendiéndose por una dirección perpendicular a un plano formado por la líneas del flujo magnético la dirección axial definida por el eje de la configuración toroidal.

25 Así configurada, la máquina de reluctancia conmutada de la presente invención presenta una fuerza específica mayor (fuerza por unidad de masa y fuerza por unidad de corriente circulando en las bobinas) y es especialmente apropiada para aplicaciones en las que el espacio en el que se aloja la máquina tiene una geometría circular como es el caso de convertidores de energía de las olas en las que una máquina lineal se dispone en el interior de un tubo cilíndrico, así como en actuadores cilíndricos o en generadores de pistón libre.

30 El principio de funcionamiento de las máquinas de reluctancia conmutada (SMR), y en

concreto de la invención propuesta, es simple y se basa en el encendido y apagado secuencial de la al menos una bobina que forma la fase del lado activo. En caso de que la fase comprenda más de una bobina, todas las bobinas de la fase se encienden y apagan simultáneamente. Cuando el lado activo formado por la al menos una bobina o bobinas se activa, se establece un flujo magnético que se cierra a través del lado pasivo de el al menos un polo de hierro que forma el lado pasivo de la máquina. En caso de que la fase comprende más de un polo de hierro, se establece un flujo magnético que se cierra a través de todos los polos de hierro que forman la estructura del lado pasivo de la máquina enfrentada a la citada fase.

Cuando la máquina funciona como motor, uno de los lados trata de moverse para minimizar la reluctancia del circuito magnético (alineando las bobinas del lado activo y los polos de hierro del lado pasivo) de forma que se produce una fuerza que se utiliza para accionar una carga mecánica. Sin embargo, cuando la máquina trabaja como generador, una fuerza externa mueve un lado con respecto del otro, aumentando la reluctancia y generando una potencia eléctrica.

Una vez que las bobinas de la al menos una fase se apagan, se activa una nueva fase y el proceso de alineamiento (motor) o desalineamiento (generador) de los polos de hierro con las bobinas se inicia de nuevo.

La principal ventaja que supone utilizar este tipo de configuración radica en la reducción de la longitud del circuito magnético y su consecuente menor utilización de hierro tanto para los polos de hierro como para las bobinas, lo que a efectos prácticos supondrá una mayor eficiencia de funcionamiento.

El número de bobinas a colocar circunferencialmente en cada fase de la presente invención quedará definido por la fuerza necesaria a desarrollar, y por el espacio disponible en la máquina de reluctancia conmutada (SRM).

Para accionar la máquina se requiere un Convertidor de Electrónica de Potencia, encargado de activar cada fase en el orden correspondiente. El convertidor estará comandado por un sensor de posición que indica que fase se debe encender y cuándo. También incluirá el correspondiente sistema de control para definir la corriente necesaria que debe circular en cada fase.

La configuración propuesta presenta las siguientes ventajas:

- La disposición acimutal de las diferentes bobinas, polos de hierro y entrehierros, minimiza el flujo de dispersión entre las bobinas y los polos pasivos, haciendo que la máquina sea más eficiente en la producción de fuerza (optimiza la relación Fuerza producida/Corriente de alimentación). Reducir el flujo de dispersión hace que la máquina sea más eficiente en términos de la fuerza desarrollada por unidad de corriente en las bobinas.
- La configuración toroidal de la máquina la hace especialmente apropiada para aquellas aplicaciones en las que se requiera una geometría circular o ésta resulta más conveniente, como es el caso de los Convertidores de Energía de la Olas, Generadores de Pistón Libre o Actuadores Circulares.

Estas ventajas permiten que la máquina de reluctancia conmutada de la presente invención sea más compacta y eficiente, y especialmente adecuada para aplicaciones en las que se necesita un desplazamiento lineal a lo largo del eje de un tubo de sección circular.

## DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista perspectiva de una fase de la máquina de reluctancia conmutada de acuerdo con la configuración propuesta en la presente invención.

Figura 2.- Muestra una vista perspectiva de un ejemplo particular de realización de una máquina de reluctancia conmutada con tres fases y 8 bobinas por fase de acuerdo a la presente invención.

Figura 3a. - Muestra un caso particular de diseño de la máquina de reluctancia conmutada de la presente invención, que comprende un soporte externo de los polos pasivos y un soporte interno para las bobinas activas.

Figura 3b. – Muestra un caso particular de diseño de la máquina de reluctancia conmutada de la presente invención, que comprende un soporte interno de los polos pasivos y un soporte externo para las bobinas activas.

5

### **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

Seguidamente se describe, con ayuda de las figuras 1 a 3 anteriormente referidas, una descripción en detalle de una realización preferente de la invención.

10

En términos generales, cada una de las fases que constituyen el lado activo de la máquina comprende 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 bobinas (1, 2, 3) para esta realización preferente de la invención, cada una de las cuales irá devanada alrededor de un núcleo de hierro (7). Además, cada estructura que constituye una parte del lado pasivo de la máquina comprende 4,6,8,10  
15 12 ó 24 polos (4, 5, 6) para esta realización preferente de la invención, es decir, los mismos que bobinas (1, 2, 3) haya por fase. El número de fases y el de estructuras de hierro existentes dependerá del diseño elegido, no siendo limitante la configuración mostrada en esta realización preferente de la invención.

20

En una primera realización preferente de la invención, la máquina de reluctancia comprende 3 fases, donde preferentemente, cada una de las fases comprende 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 bobinas (1, 2, 3), cada una de las cuales irá devanada alrededor de un núcleo de hierro (7), y donde la máquina comprende al menos tres estructuras de hierro, donde cada una de las cuales comprende el mismo número de polos de hierro (4, 5, 6) que bobinas (1, 2, 3) tenga una fase,  
25 es decir, preferentemente 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 de manera respectiva.

30

La máquina de reluctancia conmutada comprende en una realización preferida 3 fases, con 8 bobinas en cada fase. Habrá por tanto un total de 24 bobinas (1, 2, 3), cada una de las cuales irá devanada alrededor de un núcleo de hierro (7). Por otra parte, en el lado pasivo, presenta un conjunto de al menos 3 estructuras de hierro, de las cuales, dos de esas estructuras de hierro se encuentran dispuestas en correspondencia con las 3 fases, donde cada estructura de hierro comprende ocho polos de hierro (4, 5, 6), es decir, un total de 16 polos de hierro (4, 5, 6), quedando cada entrehierro dispuesto entre el núcleo de hierro (7) donde se encuentra devanada cada bobina (1, 2, 3) y cada polo de hierro (4, 5, 6), cuando el correspondiente polo de hierro (4,

5, 6) queda enfrentado con el núcleo de hierro (7) donde se encuentra devanada cada bobina (1, 2, 3).

5 En el caso que la máquina SRM Acimutal según la figura 2 trabaje como motor, los ocho polos de hierro (4) del lado pasivo mostrados en la parte inferior de la máquina, estarán alineados con las ocho bobinas (1) de la primera fase en un determinado instante como se representa en la figura 2. En ese momento se apaga dicha fase al tiempo que se encienden las ocho bobinas (2) que constituyen la segunda fase, de forma que los correspondientes ocho polos de hierro (5) del lado pasivo mostrados en la parte intermedia de la máquina son atraídos  
10 hacia las bobinas (2) para minimizar la reluctancia del circuito en el sentido descendente de la dirección perpendicular (11) al plano formado por la líneas del flujo magnético (12). Una vez que los polos y las bobinas quedan alineados, la segunda fase se apaga para empezar un nuevo proceso encendiendo la tercera fase para alinear los ocho polos (6) de hierro del lado pasivo mostrados en la parte inferior de la máquina con las 8 bobinas (3) correspondientes de  
15 dicha tercera fase.

En el caso en el que la máquina trabajase como generador, a partir de la posición de la figura 2, la primera fase se encendería y los 8 polos de hierro (4) mostrados en la parte inferior de la máquina, se empezarían a separar de las bobinas (1) de la primera fase y a dirigirse hacia  
20 las ocho bobinas (2) correspondientes a la segunda fase, en el sentido ascendente de la dirección perpendicular (11) al plano formado por la líneas del flujo magnético (12), al tiempo que los ocho polos de hierro (5) mostrados en la parte intermedia de la máquina se dirigen a alinearse con las ocho bobinas (3) correspondientes la tercera fase. En este momento la primera fase se desconecta y la segunda fase se energiza. El proceso seguiría conmutando  
25 de la segunda fase a la tercera fase.

En cuanto al diseño físico cabe destacar que los lados pasivo y activo irán cada uno fijado con su propio anillo soporte (8, 9) como se puede ver en las figuras 3a y 3b que ofrecen dos realizaciones particulares de la máquina. La máquina comprende unos medios de guiado (no mostrados) configurados para llevar a cabo el desplazamiento de un anillo soporte (8, 9)  
30 respecto al otro anillo soporte (9, 8), que no están mecánicamente conectados, por lo que quedarán ensamblados formando dos sistemas independientes y solidarios a su vez. Uno de ellos (pasivo o activo) se establecerá como lado móvil y otro (activo o pasivo) como lado fijo, pero no se establece cuál, y se dejará a merced de las condiciones de diseño para cada caso.



## **REIVINDICACIONES**

1. Máquina de reluctancia conmutada que comprende:

- al menos una fase que a su vez comprende:

5           ○ al menos una bobina (1, 2, 3) devanada alrededor de un núcleo de hierro (7) correspondiente a la al menos una bobina, configurados para actuar como lado activo de la máquina;

- al menos una estructura de hierro configurada para actuar como lado pasivo de la máquina que a su vez comprende:

10           ○ al menos un polo de hierro (4, 5, 6);

- al menos un entrehierro (10) dispuesto entre el núcleo de hierro (7) correspondiente a la al menos una bobina (1, 2, 3) y el al menos un polo de hierro (4, 5, 6);

15           caracterizada porque el conjunto formado por la al menos una bobina (1, 2, 3) devanada alrededor del núcleo de hierro (7) correspondiente, el al menos un polo de hierro (4, 5, 6) y el al menos un entrehierro (10) presenta una configuración toroidal, de manera que genera un flujo magnético con unas líneas de flujo (12) en una dirección acimutal.

2. Máquina de reluctancia conmutada según reivindicación 1 caracterizada porque la al menos una bobina (1, 2, 3) devanada alrededor del núcleo de hierro (7) correspondiente es desplazable  
20           respecto a el al menos un polo de hierro (4, 5, 6) en una dirección perpendicular (11) a un plano formado las líneas de flujo (12) del flujo magnético.

3. Máquina de reluctancia conmutada según reivindicación 1 caracterizada porque el al menos un polo de hierro (4, 5, 6) es desplazable respecto a la al menos una bobina (1, 2, 3) devanada  
25           alrededor del núcleo de hierro (7) correspondiente en una dirección perpendicular (11) a un plano formado por las líneas de flujo (12) del flujo magnético.

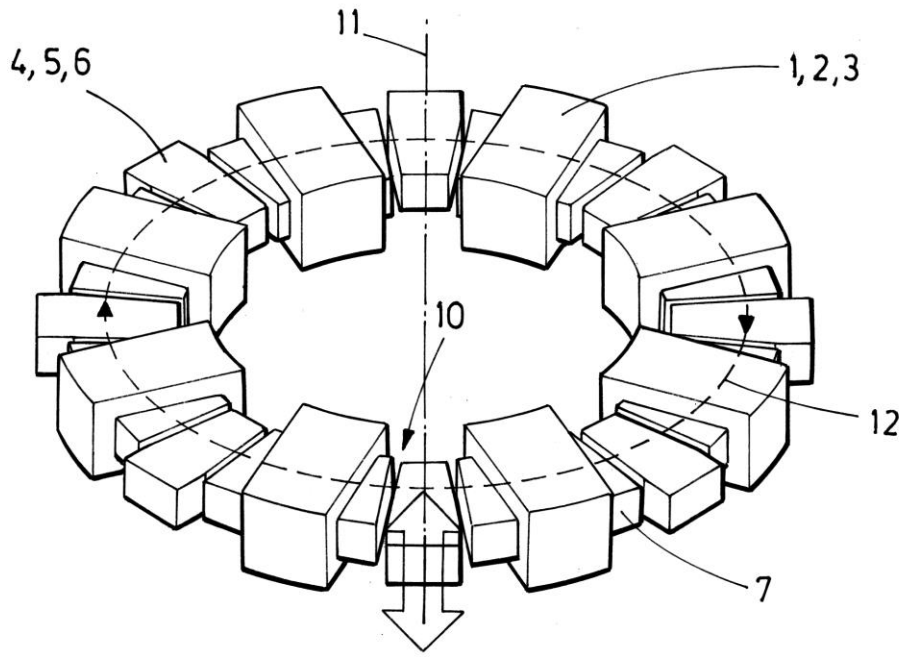
4. Máquina de reluctancia conmutada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque los lados pasivo y activo se encuentran fijados a un anillo soporte (8, 9)  
30           respectivamente (8, 9).

5. Máquina de reluctancia conmutada según reivindicación 4 caracterizada porque comprende unos medios de guiado configurados para llevar a cabo el desplazamiento de un anillo soporte (8, 9) respecto al otro anillo soporte (9, 8).

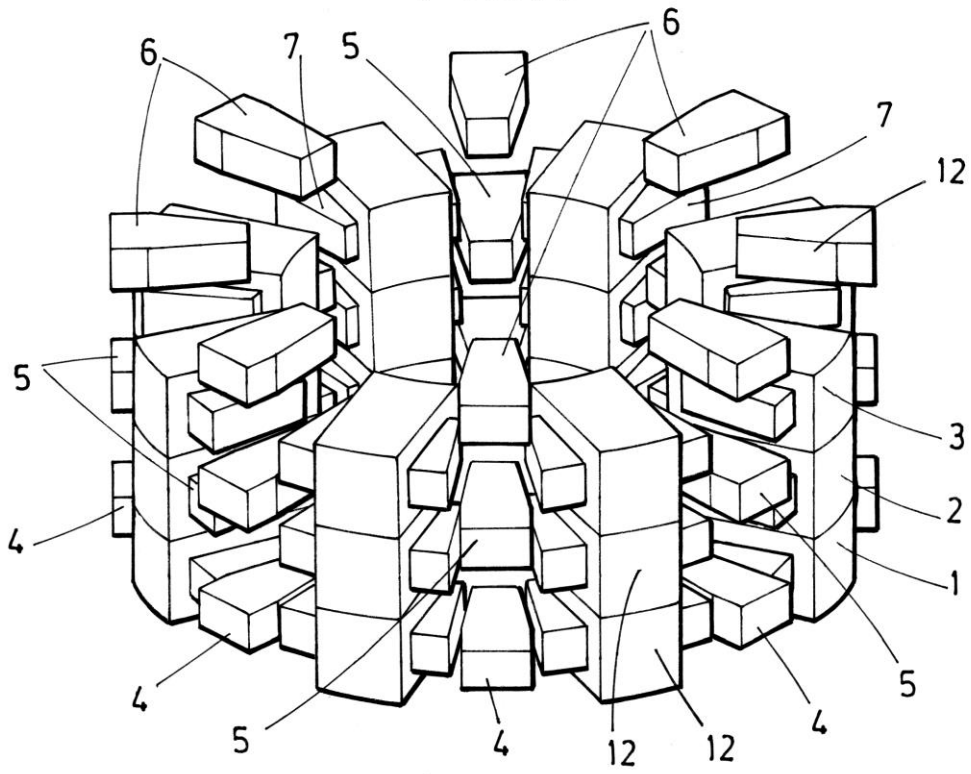
5 6. Máquina de reluctancia conmutada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizada porque comprende 2 fases, donde preferentemente, cada una de las fases comprende 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 bobinas (1, 2, 3), cada una de las cuales irá devanada alrededor de un núcleo de hierro (7), y donde la máquina comprende el mismo número de polos de hierro (4, 5, 6) respecto a las bobinas (1, 2, 3) de una fase, es decir, preferentemente 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 de manera respectiva.

10 7. Máquina de reluctancia conmutada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizada porque comprende 3 fases, donde preferentemente, cada una de las fases comprende 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 bobinas (1, 2, 3), cada una de las cuales irá devanada alrededor de un núcleo de hierro (7), y donde la máquina comprende al menos 2 estructuras de hierro con el mismo número de polos de hierro (4, 5, 6) respecto a las bobinas (1, 2, 3) de una fase, es decir, preferentemente 4, 6, 8, 10, 12 ó 24 de manera respectiva.

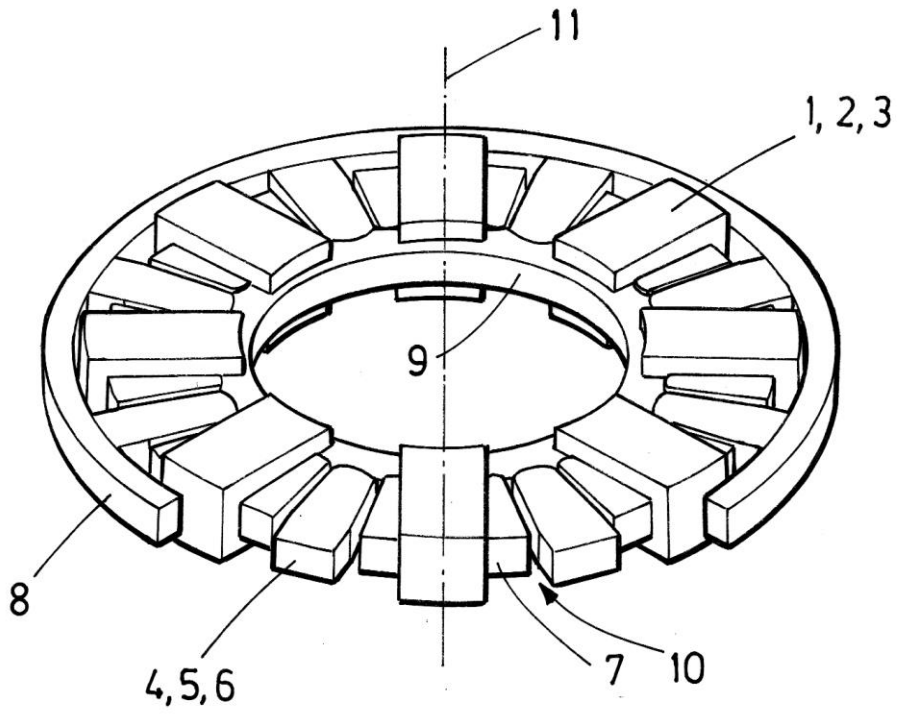
15



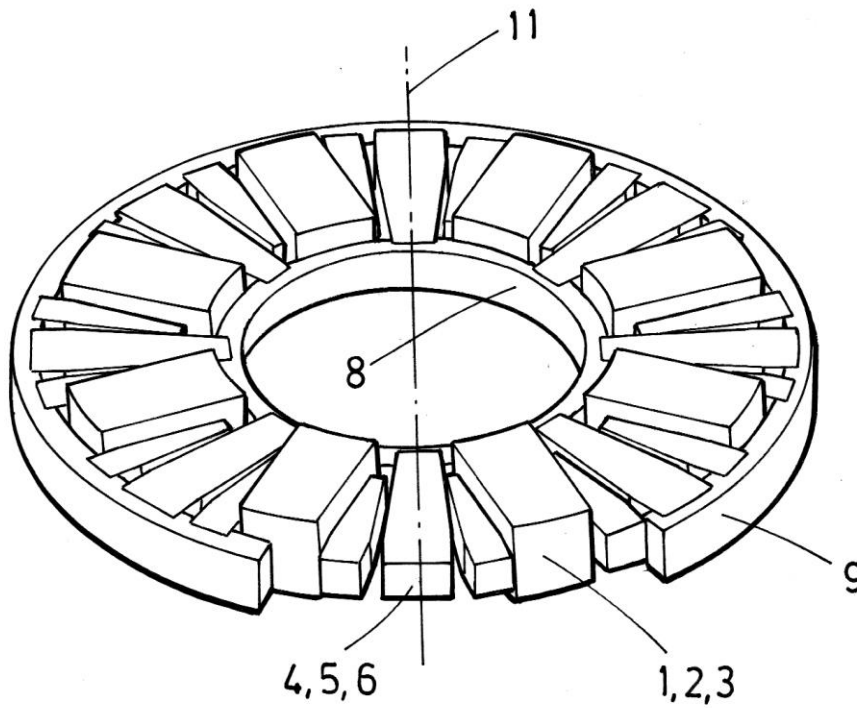
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201930462

②② Fecha de presentación de la solicitud: 27.05.2019

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H02P25/08** (2016.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 7459822 B1 (JOHNSON WESTON C; CURRIE RICHARD M) 02/12/2008, Columna 5, línea 48- columna 6, línea 31; Figuras 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B.	1-7
A	CN 206595784 U (SHANDONG AI CI DRIVE TECH CO LTD) 27/10/2017, Resumen y figuras	1-7
A	CN 206894460 U (SHENZHEN GUOAN PREC MACHINERY CO LTD) 16/01/2018, Resumen y figuras.	1-7

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
10.10.2019

Examinador  
L. J. García Aparicio

Página  
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02P

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC