

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 330**

51 Int. Cl.:

H02K 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2011** E 11186851 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019** EP 2451059

54 Título: **Motor electromagnético sin escobillas**

30 Prioridad:

04.11.2010 FR 1059098

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

19.07.2019

73 Titular/es:

**XAP (100.0%)
Le Mercure - Bât. A 1740, Avenue du Maréchal Juin
30900 Nimes, FR**

72 Inventor/es:

HARDY, FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 720 330 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

Motor electromagnético sin escobillas

5 Campo técnico de la invención.

El objeto de la invención es un motor electromagnético sin escobillas (más conocido como *brushless*).

La invención también tiene por objeto todo vehículo terrestre, marino o aéreo, equipado con tal motor electromagnético.

10 Técnica empleada.

Los motores electromagnéticos sin escobillas son muy conocidos por los expertos en la materia. Este tipo de motor generalmente consta de un estátor (parte fija) y un rotor (parte móvil). El estátor puede ser interno (motor *brushless out-runner*) o externo (motor *brushless in-runner*) con bobinas conectadas en triángulo o en estrella en cada fase. El rotor, generalmente consta de varios polos, lleva el eje de salida al que transmite la potencia mecánica. El rotor normalmente lleva imanes permanentes en la periferia en motores *brushless in-runner* o dentro de una campana en motores *brushless out-runner*.

20 El número de fase de un estátor generalmente es igual a 3, pero puede ser mayor. La figura 1 muestra un motor trifásico convencional, compuesto por 3 fases (U, V, W), cada una de las cuales consta de 6 bobinas (B) montadas en estrella. El control electrónico EC es común a cada fase (U, V y W) y una fuente de alimentación (DE) (batería, pila de combustible, etc.) suministra energía a cada una de las bobinas (B). El control de una fase suele requerir al menos 2 transistores montados en «H». El control de un motor trifásico requiere al menos 6 transistores de potencia (14 transistores para un motor de 7 fases).

30 Con referencia a la figura 3, cuando circula una corriente eléctrica a través de una bobina (B), se crea un campo magnético (cuyas líneas de campo están representadas por las líneas de puntos). La bobina (B) así excitada tiene una polaridad invertida en cada extremo (Bn, Bs). Por eso, estos se denominan «magnéticos». En el ejemplo de la figura 3, el extremo superior (Bs) a través del que se alimenta la bobina (B) tiene una polaridad sur, y el extremo inferior opuesto (Bn) tiene una polaridad norte. Un experto en la materia sabe perfectamente cómo controlar las polaridades de una bobina, dependiendo del sentido de bobinado y de la corriente que la atraviesa.

35 El funcionamiento de un motor electromagnético sin escobillas es relativamente sencillo. Las bobinas del estátor se excitan secuencialmente para crear un campo magnético que gire a la misma frecuencia que las tensiones de alimentación y que haga girar al rotor. Los polos magnéticos del rotor siempre intentan orientarse en la dirección del campo generado por las bobinas excitadas del estátor: una fuerza electromagnética «de atracción» tiende a hacer girar el rotor: los polos norte (o sur) de las bobinas excitadas del estátor atraen los polos sur (o norte) del rotor.

40 Esta funcionamiento básico puede complicarse si se quiere aumentar el par motor. De hecho, dependiendo de la disposición de las bobinas del estátor, de sus direcciones de bobinado y de las características de la corriente de alimentación que fluye a través de ellas, es posible crear una fuerza electromagnética de «repulsión» que se combina con la fuerza electromagnética de «atracción» para aumentar el par del motor. Por ejemplo, algunas bobinas del estátor pueden estar excitadas para tener un polo norte que atraiga a los polos sur del rotor, y otras bobinas del estátor pueden estar excitadas al mismo tiempo, para tener un polo sur que repela a otros polos del rotor con la misma polaridad.

50 Aunque el diseño de los motores electromagnéticos sin escobillas sea simple, no siempre resultan eficaces. De hecho, en algunas aplicaciones, y concretamente para la propulsión de un vehículo terrestre, marítimo o aéreo, dado que el vehículo no es un juguete ni un modelo a escala, el par motor obtenido no es suficiente.

55 El documento FR 2.852.162 (LEROY SOMER MOTEURS) describe un motor electromagnético de doble flujo en el que el estátor tiene dientes con bobinas individuales asociadas. El dispositivo de gestión de la alimentación eléctrica de cada bobina está alejado de la salida del motor. En caso de fallo de este dispositivo de gestión, el motor ya no puede funcionar.

60 El documento JP2009201343 describe un motor electromagnético sin escobillas que consta de un estátor y un rotor móvil que gira con respecto a dicho estátor, y en el que el rotor está formado por polos magnéticos distribuidos radialmente sobre el eje de rotación de dicho rotor, y en el que el estátor consta de bobinas con dos extremos, dichos extremos presentan polaridad invertida cuando las bobinas son excitadas, dichas bobinas se distribuyen alrededor de los polos del rotor, dichas bobinas son excitadas secuencialmente para crear un campo magnético giratorio que hace girar a dicho rotor.

65 El documento GB 2462940 (PRO- TEAN HOLDING CORP) se refiere a un motor electromagnético de conformidad con el preámbulo de la reivindicación principal y en el que el estátor consta de varios dispositivos de control, cada uno de los cuales controla una bobina. Los dispositivos de control están unidos a circuitos impresos montados junto a las

5 bobinas del estátor. Estas últimas no están directamente unidas a los circuitos impresos, sino a la periferia exterior del estátor. Esta configuración requiere un gran número de cables entre las bobinas y las unidades de gestión electrónica. Y en caso de fallo de la bobina, es necesario desconectar todo el estátor de las unidades de gestión. Es una operación compleja y, por lo tanto, costosa. Además, las bobinas axiales no se pueden enfriar de forma óptima porque las láminas magnéticas que forman el estátor tienen poca superficie para la disipación de calor por convección o conducción.

Ante esta situación, la invención tiene como objetivo minimizar el coste de cableado en un motor electromagnético sin escobillas, así como facilitar el enfriamiento de las bobinas.

10 Otro objetivo de la invención es aumentar la fiabilidad del motor electromagnético sin escobillas.

Otro objetivo más de la invención es reducir los costes de fabricación de un motor electromagnético sin escobillas.

15 Otro objetivo más de la invención es aligerar la estructura de motor, con objeto de obtener una mayor relación potencia a peso.

La invención también tiene como objetivo aumentar el par motor disponible en un motor electromagnético sin escobillas.

20 La invención también tiene como objetivo aumentar la fiabilidad del sistema de suministro eléctrico para las unidades de gestión.

Divulgación de la invención

25 La solución propuesta por la invención es un motor electromagnético sin escobillas que consta de un estátor y un rotor que gira con respecto a dicho estátor, y en el que:

- el rotor está formado por polos magnéticos distribuidos radialmente en torno al eje de rotación de dicho rotor,

30 - el estátor consta de bobinas con dos extremos, dichos extremos, dichos extremos presentan polaridad invertida cuando dichas bobinas son excitadas, dichas bobinas se distribuyen alrededor del eje de rotación, frente a los polos del rotor, dichas bobinas son excitadas secuencialmente para crear un campo magnético giratorio que hace girar a dicho rotor,

35 - el estátor está compuesto por varios módulos del estátor, cada uno de los cuales está asociado a al menos a una bobina capaz de crear un campo magnético cuando una corriente circula a través de ella,

40 - cada módulo del estátor integra su propia unidad de gestión electrónica, que gestiona únicamente la alimentación de dicha bobina a la que está asociada dicho módulo,

- cada módulo del estátor incluye una placa de circuito impreso unida directamente a la unidad de gestión electrónica.

45 Lo novedoso de este motor es que al menos una bobina está también unida directamente a la placa de dicho circuito impreso.

La unión directa de las bobinas a los circuitos impresos permite minimizar los costes de cableado, facilita su refrigeración y su posible sustitución en caso de avería y simplifica el control de su funcionamiento, ya que los sensores previstos para este fin pueden integrarse fácilmente en dichos circuitos impresos.

50 Mediante la segmentación del estátor, cada módulo del estátor es completamente independiente. De hecho, si uno de los módulos del estátor fallara, el estátor podría seguir funcionando con el resto de módulos.

Además, cada módulo del estátor solo debe gestionar la alimentación de su propia bobina, y no la alimentación de todas las bobinas del estátor. Por lo tanto, los componentes utilizados pueden ser de calibre pequeño.

55 Aquí debajo se recogen otras características excepcionales de la invención, pudiendo considerarse por separado o en combinación con las características excepcionales anteriormente definidas:

60 - las bobinas sobresalen, extendiéndose más allá del plano de los circuitos impresos a los que están unidas,

- cada módulo del estátor integra varias bobinas, cada dicho módulo se compone de:

+ una única unidad de gestión electrónica capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas de dicho módulo,

65 + o varias subunidades de gestión electrónica, cada una de las cuales está asociada una bobina,

ES 2 720 330 T3

- las unidades de gestión electrónica de los módulos del estátor están conectadas a su propia fuente de alimentación,
- cada fuente de alimentación está unida directamente a la placa de circuito impreso que contiene la unidad de gestión electrónica a la que está asociada dicha fuente,
- 5 - cada módulo del estátor contiene una única fuente de alimentación capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas de dicho módulo,
- cada módulo del estátor contiene varias fuentes de alimentación, cada una de las cuales está asociada a una de las bobinas de dicho módulo,
- 10 - las unidades de gestión electrónicas de los módulos del estátor están conectadas a una fuente de alimentación común,
- 15 - un sensor de flujo y/o temperatura está conectado a la placa de circuito impreso de cada módulo del estátor para poder comprobar el funcionamiento de cada bobina del estátor,
- cada unidad de gestión electrónica está conectada a un controlador o supervisor común cuya función es generar instrucciones para cada una de dichas unidades, integrando dicho controlador o supervisor común una aplicación informática que contiene instrucciones para controlar cada una de dichas unidades en tres modos de funcionamiento:
- 20 + un modo motor en el que las bobinas son excitadas por al menos una fuente de alimentación, para generar un par motor en el rotor.
- + un modo generador en el que las bobinas no son excitadas, el paso de los polos magnéticos por delante de dichas bobinas genera una corriente en ellas, siendo dicha corriente utilizada para recargar una o más baterías,
- 25 + un modo inactivo donde las bobinas no están excitadas y están aislados de cualquier fuente de alimentación.
- los polos del rotor incorporan cada uno un par de imanes configurados para ser colocados a ambos lados de los extremos de las bobinas del estátor, la excitación de dichas bobinas genera un campo magnético en cada uno de dichos extremos, dicho campo ejerce una fuerza tangencial de atracción capaz de atraer dichos pares de imanes a dichos extremos, y/o una fuerza tangencial de repulsión capaz de repeler dichos pares de imanes de dichos extremos. Los dos extremos de las bobinas pueden utilizarse para crear una fuerza tangencial que atraiga o repela a cada par de imanes de los polos del rotor. Por lo tanto, que cada bobina excitada es capaz de generar dos fuerzas tangenciales, lo que duplica significativamente el par motor. Obteniendo así, una estructura de doble flujo para cada módulo independiente del estátor.
- 30 - El par de imanes de cada polo del rotor está dispuesto sobre las ramas de una estructura en forma de U, siendo estas ramas capaces de ser posicionadas a ambos lados de las bobinas del estátor cuando el rotor gira.
- 40 - Los imanes están fijados simétricamente en las ramas, dentro de la estructura en forma de U, que a su vez está unida a la estructura del rotor.
- Las bobinas del estátor no son idénticas, dichas bobinas tienen alambres de diferentes diámetros y/o un número de vueltas distinto.
- 45 Otro aspecto de la invención concierne a todo vehículo terrestre, marítimo o aéreo, que incorpore un motor de acuerdo con alguna característica anterior.
- 50 A continuación se hace referencia a un método para poner en funcionamiento un motor electromagnético sin escobillas que consta de un rotor montado que gira con respecto a un estátor, y en el que dicho rotor está formado por polos magnéticos distribuidos radialmente sobre el eje de rotación de dicho rotor, dicho estátor consta de bobinas con dos extremos, dichas bobinas se distribuyen alrededor de los polos de dicho rotor. Las bobinas del estátor se excitan secuencialmente para crear un campo magnético giratorio que impulsa la rotación del rotor. Este proceso es relevante dado que:
- 55 - el estátor está segmentado en varios módulos del estátor, cada uno de los cuales incorpora al menos una bobina radial capaz de crear un campo magnético,
- cada polo del rotor está equipado con un par de imanes configurados para colocarse a ambos lados de los extremos de la bobina del estátor,
- la alimentación de la bobina de cada módulo se controla independientemente de las bobinas de los otros módulos,
- 60 - las bobinas del estátor se excitan de tal manera que en el campo magnético generado en cada uno de sus extremos se ejerce:
- 65

+ una fuerza tangencial de atracción capaz de atraer a los pares de imanes desde los polos del rotor hacia dichos extremos,

5 + y/o una fuerza tangencial de repulsión capaz de repeler a los pares de imanes de los polos del rotor, de dichos extremos.

Descripción de las figuras.

10 El resto de ventajas y características de la invención se comprenderán mejor al leer la descripción de la forma de realización preferida que se explica a continuación y que hace referencia a los dibujos adjuntos, redactados como ejemplos indicativos pero no limitativos y en los cuales:

15 - la figura 1 muestra el diseño clásico de un motor electromagnético trifásico,

- la figura 2 muestra el diseño de un motor electromagnético trifásico de acuerdo con la invención,

20 - la figura 3 muestra las líneas del campo magnético generado en una bobina a través de la cual circula una corriente eléctrica,

- la figura 4 es una vista frontal esquemática de un estátor de acuerdo con la invención,

- la figura 5 es una vista frontal esquemática de un rotor de acuerdo con la invención,

25 - la figura 6 es una vista esquemática frontal que muestra un motor de acuerdo con la invención formado por la disposición del estátor de la figura 4 y el rotor de la figura 5,

- la figura 7 es una vista en corte del eje A-A de la figura 6, que muestra el motor según la invención en una primera variante de diseño,

30 - la figura 8 es una vista en corte del eje A-A en la figura 6, que muestra el motor según la invención en una segunda variante de diseño,

35 - la figura 9a es una vista esquemática en perspectiva que muestra las líneas de campo generadas en un polo del rotor equipado con ramas magnéticas que forman una U, cuando una bobina del estátor está dispuesta en el centro de dichas ramas,

40 - la figura 9b es una vista esquemática en perspectiva que muestra las líneas de campo generadas en dos polos del rotor con ramas magnéticas formando una U, cuando las bobinas del estátor están dispuestas en el centro de dichas ramas,

- la figura 10 muestra las fuerzas magnéticas presentes entre una bobina excitada del estátor y un imán del rotor en el motor electromagnético según la técnica anterior,

45 - la figura 11 muestra las fuerzas magnéticas presentes entre una bobina de estátor excitada y un par de imanes de rotor en un motor electromagnético según la invención.

Forma de realización de la invención.

50 La invención se refiere a un motor electromagnético sin escobillas que consta de un estátor y un rotor móvil que gira con respecto a dicho estátor. Este motor puede integrarse en un vehículo terrestre (coche, etc.), marino (barco, submarino, torpedo, etc.) o aéreo (avión, avión teledirigido, helicóptero, ULM, etc.), o en cualquier otro dispositivo, como por ejemplo electrodomésticos, ventiladores, discos duros, reproductores de CD-ROM, juguetes radiocontrolados, etc.

55 A continuación se describe con más detalle la forma de realización preferida del estátor y del rotor.

1) Descripción de la forma de realización preferida del estátor.

60 El estátor puede ser interno (motor *brushless out-runner*) o externo (motor *brushless inrunner*). De manera tradicional, el estátor está formado por bobinas distribuidas regularmente alrededor del eje de rotación (A) del rotor (R), frente a los polos del rotor. Las bobinas del estátor (B) tienen cada una dos extremos (Bn, Bs) como se muestra en la figura 3. Estas bobinas (B) pueden ser excitadas secuencialmente para crear un campo magnético giratorio que impulse el giro del rotor.

65

De acuerdo con forma de realización preferida representada en las figuras 4 y 6, el estátor (S) está segmentado en varios módulos del estátor (MS). Este tipo de diseño modular se describe en los siguientes documentos de patente: US 2009/0256430 (FARINA), US 2005/0194845 (ENGQUIST), US 2002/0125782 (PEACHEE) o GB 2462940 (PROTEAN HOLDING CORP). Esta modularidad del estátor facilita el diseño y el montaje. En la figura 4, el estátor (S) está compuesto por doce módulos (MS), pero puede llevar una mayor o menor cantidad de módulos. Sin embargo, se puede prever el uso de un estátor convencional no modular (S) donde las bobinas (B) están integradas en la misma estructura magnética, sin comprometer la redundancia de las etapas de control y de las entradas de alimentación descritas a continuación.

En la práctica, el estátor (S) puede estar formado por una estructura rígida en forma de disco o de corona fija, formado por una o varias partes. Los módulos del estátor (MS) son sectores anulares idénticos, aislados entre sí, y unidos temporal o permanentemente a la estructura rígida del estátor (S).

Cada módulo del estátor (MS) lleva al menos una bobina (B), preferiblemente radial, que puede crear un campo magnético cuando una corriente circula a través de ella. Para los fines de esta invención, se entiende por bobina «radial» una bobina cuyo eje es paralelo a los radios del estátor (S). En las figuras 4, 6, 7 y 8, las bobinas (B) están dispuestas en las caras laterales del estátor (S), en la periferia de este. Sin embargo, las bobinas (B) pueden estar dispuestas en el borde interior (para un motor *in-runner*) o exterior (para un motor *out-runner*) del estátor (S). En las figuras 4 y 6, cada módulo (MS) contiene 6 bobinas (B), por lo que el estátor (S) consta de 72 (6x12) bobinas. Sin embargo, puede llevar un número mayor o menor de bobinas (B). Las bobinas (B) del mismo módulo (MS) están conectadas en estrella o triángulo en caso de alimentación trifásica. En caso de alimentación polifásica se puede utilizar una configuración en estrella con más de tres ramales o cualquier otra configuración adecuada según el experto en la materia. Las bobinas (B) del estátor (S) serán preferiblemente idénticas (excepto por su dirección de bobinado, que puede ser diferente), y pueden producirse fácilmente en serie, lo que reduce su coste unitario. En una variante de diseño, las bobinas (B) pueden ser diferentes, es decir, pueden tener alambres de diferentes diámetros y/o un número de vueltas diferente.

Con referencia a la figura 7, el estátor (S) puede tener dos partes anulares coaxiales (S1, S2), entre las cuales se sitúa el rotor (R). Las partes anulares (S1, S2) forman parte de la estructura rígida del estátor a la que se fijan los módulos del estátor (MS). Las partes anulares (S1, S2) podrán unirse entre sí mediante una brida o cualquier otro método de unión equivalente. El rotor (R) tiene los polos del rotor (P) situados en cada una de sus caras laterales. Los módulos del estátor (MS) están dispuestos en la cara interna de las partes anulares (S1, S2) de forma que las bobinas (B) estén frente a los polos del rotor (P). En esta configuración, el motor contiene dos filas de pares de «bobinas del estátor - polos del rotor», que pueden estar paralelas o desplazadas angularmente, con el fin de reducir las ondulaciones del par mediante el entrelazamiento de las fases activas de cada uno de los módulos del estátor (MS). Por lo tanto, se puede considerar un motor multietapa, compuesto por un estátor y un rotor formado por varias partes anulares y que consta de más de dos filas de bobinas (B) y polos del rotor (P).

En una variante de diseño mostrada en la figura 8, el estátor (S) consta de una sola parte anular que forma parte de la estructura rígida del estátor al que se fijan los módulos del estátor (MS). El rotor (R) tiene los polos del rotor (P) dispuestos en una sola de sus caras laterales. Los módulos del estátor (MS) están dispuestos en la cara interna de la parte anular del estátor (S) de forma que las bobinas (B) queden frente a los polos del rotor (P). En esta configuración, el motor contiene solo una fila de parejas de «bobinas del estátor - polos del rotor».

La determinación del número de módulos del estátor (MS) y/o el número de filas y/o el número de bobinas del estátor (B) y/o el número de polos del rotor (P), depende de la potencia nominal a convertir y del tamaño de los componentes electrónicos utilizados. Dependiendo de la división de potencia inducida por la invención, un conjunto de 3 a 100 módulos del estátor (MS) puede ser suficiente para equipar un motor de 10 a 100 KW. La sincronización de la excitación de las diferentes bobinas (B) genera un campo magnético giratorio como se explica con más detalle a continuación.

Un dispositivo de gestión electrónica controla la alimentación de las bobinas del estátor (B). En la práctica, las corrientes de alimentación de las bobinas del estátor (B) se ajustan de tal manera que forman vectores de campo magnético que se mueven en la dirección de giro deseada del rotor (R).

En la figura 4 se muestra una ventaja de la invención, ya que cada módulo del estátor (MS) integra su propia unidad de gestión electrónica (3), de modo que la fuente de alimentación de cada bobina (B), o de cada grupo de bobinas de un módulo, se controla independientemente de las bobinas de los otros módulos. Por lo tanto, cada unidad de gestión (3) solo gestiona la alimentación de la bobina (B) asociada a su módulo (MS). De hecho, es posible que cada módulo del estátor (MS) contenga una sola unidad de gestión electrónica (3) capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas (B) de dicho módulo. También es posible que cada módulo del estátor (MS) contenga varias subunidades de gestión electrónica (3), estando cada subunidad asociada a una bobina (B) de dicho módulo. Para los fines de esta invención, por «integrar» se entiende que las unidades de gestión electrónica (3) están directamente fijadas en los módulos del estátor (MS) y no se desplazan dentro o fuera de otra estructura del estátor (S), como puede ser el caso en algunos motores de la técnica anterior.

De este modo, si una o más de las unidades de gestión electrónica (3) están defectuosas, el resto de unidades podrán compensar parcial o totalmente la disminución del par inducida por la unidad o unidades defectuosas. Además, las corrientes controladas por unidades de gestión electrónica independientes en cada fase, son así mucho más bajas que en el diseño estándar. Esto permite utilizar menos transistores de potencia, un coste menor y reducir las pérdidas de calor proporcionales a I^2 . Además, la integración de las unidades de gestión electrónica (3) directamente en el estátor (S) permite utilizar el mismo sistema de refrigeración (aire, agua) para las bobinas (B) y los transistores de potencia, lo que simplifica la integración del motor en el vehículo (menor tamaño, conducto de agua único, etc.). El principio de esta gestión redundante de las bobinas (B) se describe, por ejemplo, en los siguientes documentos de patente: FR 2.493.059 (KOLLMOR- GEN TECHNOLOGIES CORPORATION), GB 2462940 (PROTEAN HOLDING CORP.), US 2004/0021437 (MASLOV) o también WO 94/14226 (HONEYWELL).

Con referencia a las figuras 7 y 8, las unidades de gestión electrónica (3) están unidas a circuitos impresos (Cp). Estos últimos se fijan en una de las caras laterales de la estructura modular del estátor (MS). Los circuitos impresos (Cp) también pueden formar directamente la estructura de los módulos del estátor (MS), en cuyo caso se fijan directamente a la estructura rígida que forma el estátor (S). Los circuitos impresos (Cp) se fijan a una u otra de estas estructuras mediante atornillado o pegado. En la práctica, los circuitos impresos (Cp) tienen la forma de sectores anulares correspondientes a la de los módulos del estátor (MS). Sin embargo, dependiendo de la disposición deseada de las bobinas (B), estos circuitos impresos (Cp) pueden fijarse en el borde interior o exterior de la estructura modular del estátor (MS) o en la estructura rígida que forma el estátor (S). Las bobinas (B) se sueldan directamente sobre estos circuitos impresos (Cp) para minimizar los costes de cableado, así como para facilitar su enfriamiento sobre la parte ventilada del estátor (S). Además, facilita el mantenimiento del motor, el hecho de que se disponga de módulos de estátor independientes (MS), cada uno de los cuales incorpora una unidad de gestión (3), y al menos una bobina (B). De hecho, en caso de fallo de uno de estos componentes, es posible sustituir rápidamente el módulo del estátor defectuoso por otro módulo en buen estado. No es necesario tocar el resto de módulos del estátor (MS) ni realizar ningún cableado entre la bobina nueva y la nueva unidad de gestión. En las figuras 7 y 8, las bobinas (B) sobresalen, sobrepasan el plano del circuito impreso (Cp) al que están fijadas.

Varios componentes electrónicos, incluidos los transistores montados en el puente «H» MOSFET o IGBT, utilizados como interruptores electrónicos, microcontroladores, reguladores, resistencias y condensadores, etc., también están soldados en estos circuitos impresos (Cp) para que las unidades de gestión electrónica (3) puedan realizar todas las funciones deseadas. Se pueden proporcionar uno o más procesadores o microprocesadores que integren programas capaces de generar instrucciones de control en función de las diferentes señales recibidas. Dado que cada unidad de control electrónica (3) gestiona una sola bobina (B), o un solo grupo de bobinas, las potencias procesadas por los componentes electrónicos, y en particular por los transistores, son relativamente bajas (normalmente del orden de 1000 vatios), lo que permite utilizar componentes de bajo coste, por ejemplo del tipo utilizado en los electrodomésticos, sin que ello afecte a la fiabilidad del motor eléctrico. Los diferentes componentes de las unidades de gestión electrónica (3) se refrigeran por convección con el estátor (S), preferiblemente por medio de una turbina de ventilador o por circulación de agua (en función de la potencia).

Cada unidad de gestión electrónica (3) puede conectarse a un controlador o supervisor común cuya función es generar instrucciones para cada una de dichas unidades, con el fin de modular la potencia de la corriente eléctrica que alimenta cada bobina (B) y sincronizar la alimentación de cada una de dichas bobinas en función de la posición del rotor (R). En la práctica, este controlador incluye uno o varios procesadores o microprocesadores que integran programas capaces de generar instrucciones de control para las unidades de gestión electrónica (3) en función de las diferentes señales transmitidas por dichas unidades o transmitidas por otro elemento de control y/o sensor de posición del rotor (R). Por ejemplo, el controlador puede enviar instrucciones para que la excitación de las bobinas (B) haga que el rotor (R) gire más o menos rápidamente, en una dirección u otra, etc. El controlador está configurado preferiblemente para generar instrucciones basadas en el estado de funcionamiento de cada módulo del estátor (MS). Por ejemplo, si el controlador detecta el fallo de uno de los módulos del estátor (MS), puede transmitir instrucciones a las unidades de gestión electrónica (3) de los otros módulos del estátor para que la potencia de la corriente eléctrica que alimenta las bobinas (B), aún en funcionamiento, permita mantener la misma velocidad de rotación y/o el mismo par motor.

Se utiliza una fuente de corriente para excitar las bobinas (B) para crear un campo magnético y alimentar a los distintos componentes de las unidades de gestión electrónica (3). Estas últimas se conectan preferiblemente a su propia fuente de alimentación (30) para ser autónomas. Como se muestra en las figuras de 4 a 9, cada fuente de alimentación (30) se une de manera ventajosa directamente a la placa de circuito impreso (Cp) que lleva la unidad de gestión electrónica (3) a la que está asociada. Estas fuentes de alimentación (30) pueden consistir en una o más baterías o pilas de combustible. Algunas unidades de gestión (3) pueden ir conectadas a baterías, mientras que otras pueden ir conectadas a pilas de combustible. Es posible que cada módulo del estátor (MS) contenga una única fuente de alimentación (30) capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas (B) de dicho módulo. Cada módulo del estátor (MS) puede contener también varias fuentes de alimentación, cada una de las cuales está asociada a una de las bobinas (B) de dicho módulo. En una variante de diseño, todas las unidades de gestión electrónica (3) pueden conectarse a una única fuente de alimentación común a todos los módulos del estátor (MS). Esta fuente de alimentación común puede ir unida a la estructura del estátor (S) o fuera de la estructura del estátor (S).

Por lo tanto, se puede utilizar la redundancia de la alimentación de las bobinas (B) pero no es indispensable, se usará en función del nivel de seguridad deseado. Este diseño de alimentación redundante también simplifica el sistema de gestión de baterías (BMS del inglés *Battery Management System*) para paquetes de baterías compuestos de varias celdas. De hecho, es posible gestionar el consumo de energía de cada celda, simplificando así los BMS. El equilibrio de cada paquete de baterías puede lograrse controlando la corriente consumida por cada unidad base, que es más eficiente y sencilla que las técnicas de medición actuales. Además, es posible recargar un solo paquete de baterías haciendo funcionar a las unidades de gestión electrónica (3) en modo generador, lo que simplifica aún más la electrónica de medición. Este modo generador se produce cuando una bobina (B) no está excitada pero el rotor (R) gira gracias a otras bobinas excitadas: al pasar por delante de dicha bobina, los polos magnéticos del rotor (P) generan una corriente en esta última que puede ser utilizada para recargar una o más baterías. Se considera el tercer modo inactivo cuando las bobinas (B) no están excitadas y están aisladas de cualquier fuente de alimentación. En la práctica, el controlador o supervisor común integra una aplicación informática con un procesador que ejecuta instrucciones para controlar el modo de funcionamiento de cada unidad de gestión electrónica (3). Esto permite configurar el modo de funcionamiento de cada unidad de gestión electrónica (3) para que algunas unidades funcionen en modo motor mientras que otras funcionen simultáneamente en modo generador o en modo inactivo. En la práctica, cuando el motor funciona a la máxima potencia, todas las unidades de gestión (3) funcionan en modo motor. Cuando el motor se utiliza en menor medida, algunas unidades de gestión (3) funcionan en modo motor al ser alimentadas por una primera fuente de energía (por ejemplo, una pila de combustible), mientras que otras funcionan simultáneamente en modo generador para recargar otra fuente de energía (por ejemplo, una o más baterías).

Además, la diferenciación de las bobinas (B) de determinadas unidades de gestión (3) (por ejemplo, modificando el diámetro de los hilos, el número de vueltas, etc.), permite generar diferentes tensiones. De hecho, se generan tensiones más altas con bobinas que tienen alambres de diámetro pequeño y un gran número de vueltas, que con bobinas que tienen alambres de diámetro grande y un menor número de vueltas. Por lo tanto se puede utilizar un modo de funcionamiento mixto (modo motor y modo generador) para permitir la transferencia de carga entre fuentes de alimentación con tensiones muy diferentes, sin utilizar un convertidor DC/DC.

Controlando la dirección de la corriente en las bobinas (B) de cada fase, se puede generar un campo magnético giratorio. Este campo debe estar sincronizado con la posición del rotor (R) para permitir su rotación y obtener el par máximo en el eje de salida (A). Los sensores de efecto Hall (no mostrados) se utilizan, por ejemplo, para conocer la posición del rotor (R) en cualquier momento y para adaptar la alimentación de las bobinas (B) y el campo magnético en consecuencia. Los sensores detectarán el paso de un polo del rotor (P) y, basándose en esta información, las unidades de gestión electrónica (3) conmutarán las bobinas (B). Las bobinas que no estén alimentadas en este momento también pueden utilizarse para medir la fuerza contraelectromotriz y reducir el tiempo para activar la conmutación.

Para regular la velocidad del motor, se varía la tensión de alimentación de cada bobina (B), manteniendo al mismo tiempo una frecuencia de conmutación adaptada a la frecuencia de rotación medida del rotor (R). En la práctica, las unidades de gestión electrónica (3) integran dos funciones: conmutación de las bobinas (B) según los datos de los sensores de posición del rotor (R), y regulación de la velocidad mediante la modulación por ancho de pulso (o PWM Del inglés *Pulse Width Modulation*) en la fuente de alimentación de cada una de dichas bobinas.

En resumen, el diseño modular del estátor permite considerar el motor objeto de la invención como un número X (X=3 en el ejemplo de la figura 2) de la disposición bobina/imán. Esta disposición es independiente del resto en cuanto al orden y probablemente también en cuanto al suministro de energía. De modo que, al comparar los diagramas de las figuras 1 y 2, un motor compuesto por tres disposiciones de bobinas/imanes, un control electrónico común (EC) con salida trifásica (U, V, W) y una sola fuente de alimentación (DE), se convertirá en un motor que sigue estando compuesto por tres disposiciones de bobinas/imanes, pero accionado por tres controles electrónicos separados (EC1, EC2, EC3) con salida trifásica (U, V, W) y una o tres fuentes de alimentación (DE1, DE2, DE3). Estas tres disposiciones trifásicas comparten el mismo rotor, pero no tienen partes eléctricas comunes, lo que permite la redundancia total del motor. El estátor (S) está formado por un conjunto de módulos del estátor (MS), cada uno de los cuales forma un elemento unitario e independiente, con su propia unidad de gestión (3), su propia bobina (o bobinas) (B) y, en su caso, su propia fuente de alimentación (o fuentes) (30). En caso de fallo de uno de estos elementos, basta con sustituirlo por otro idéntico en perfecto estado. Este cambio se realiza de forma rápida e individual.

2) Descripción de la forma de realización preferida del rotor.

En el ejemplo del diseño mostrado en las figuras 5 y 6, el rotor (R) contiene polos magnéticos (P) distribuidos radialmente alrededor del eje de rotación

(A) de dicho rotor. Los polos del rotor (P) contienen imanes, preferiblemente imanes permanentes.

El rotor (R) tiene un número par o impar de polos (P), preferiblemente mayor que el número de bobinas del estátor (B), de modo que tiene un paso diferente al del estátor (S). En el ejemplo de las figuras de 4 a 6, el estátor tiene 72 bobinas (B) y el rotor tiene 84 polos magnéticos (P).

De acuerdo con la invención, cada polo del rotor (P) lleva un par de imanes (An, As) configurados para ser posicionados a ambos lados de los extremos magnéticos (Bn, Bs) de las bobinas del estátor (B). Cabe señalar que este diseño del rotor (R) es técnicamente disociable del diseño modular del estátor descrito anteriormente, ya que ambos diseños pueden ser considerados de forma aislada por los expertos en la materia. Sin embargo, el diseño modular del estátor, combinado con el diseño especial del rotor, proporciona un efecto sinérgico, especialmente en términos de fiabilidad del motor.

Los imanes (An, As) de cada polo del rotor (P) tienen su polaridad invertida con respecto a la de los extremos de las bobinas excitadas (B) que tienen enfrente. En la práctica, las bobinas del estátor

(B) son excitadas para que el campo magnético generado en cada uno de sus extremos (Bn, Bs) ejerza una fuerza tangencial de atracción capaz de atraer a los imanes (An, As) hacia dichos extremos. Esta situación se comprenderá mejor si nos remitimos al ejemplo de la figura 11. En el diagrama de la izquierda, un polo del rotor (P) está en desplazado con una bobina del estátor (B). Esta última está excitada para que su extremo superior (Bs) tenga por ejemplo una polaridad sur y su extremo inferior (Bn) una polaridad norte. El polo del rotor (P) tiene un par de imanes (An, As). El imán superior (An), que está enfrente del extremo superior (Bs) de la bobina del estátor (B), tiene una polaridad norte. El imán inferior (As) tiene una polaridad sur. En esta configuración, cuando la bobina del estátor (B) está excitada, el campo magnético generado ejerce, en cada uno de los extremos (Bs, Bn), una fuerza de atracción (F) que actúa sobre cada uno de los imanes (An, As) del polo del rotor (P). Por lo tanto, este último está sometido a 2 fuerzas de atracción (F). Dado que el polo del rotor (P) está desplazado de la bobina del estátor (B), cada una de estas fuerzas (F) tiene una componente radial (Fr) y una componente tangencial (Ft), siendo esta última capaz de atraer a los imanes (An) y (As), respectivamente, hacia los extremos (Bs) y (Bn). Cada una de las fuerzas tangenciales (Ft) ejerce así sobre el eje de rotación (A) del rotor: un primer par motor (C_{An-Bs}) para el conjunto del imán superior (An)/extremo superior (Bs) y un segundo par motor (C_{As-Bn}) para el conjunto del imán inferior (As)/extremo inferior (Bn). Puede observarse que el brazo de palanca es más alto para el conjunto imán superior (An)/extremo superior (Bs) que para el imán inferior (As)/extremo inferior (Bn), por lo que el par motor (C_{An-Bs}) es mayor que el par motor (C_{As-Bn}).

En el diagrama de la derecha, el rotor ha girado de modo que el polo del rotor (P) está alineado con la bobina del estátor (B). Las fuerzas (F) solo tienen una componente radial. No se ejerce ningún par motor sobre eje de rotación (A) del rotor. Cuando se logra esta alineación, se corta la corriente en la bobina del estátor (B) y se excita otra bobina. Esto crea un campo magnético giratorio que puede hacer girar al rotor.

Obviamente, se obtiene un resultado similar cuando las bobinas del estátor (B) se excitan de tal manera que el campo magnético generado en cada uno de sus extremos (Bs, Bn) ejerce una fuerza tangencial de repulsión capaz de repeler a los imanes (An, As) de dichos extremos. Y el par motor global obtenido en el eje de rotación (A) puede ser óptimo si, al mismo tiempo, algunas bobinas del estátor (B) son excitadas para ejercer fuerzas tangenciales de repulsión que puedan repeler a los imanes de determinados polos del rotor, mientras que otras bobinas del estátor son excitadas para ejercer fuerzas tangenciales de atracción que puedan atraer a los imanes de otros polos del rotor.

Por otro lado, la figura 10 muestra las fuerzas ejercidas en un motor de la técnica anterior. En el diagrama de la izquierda, un polo del rotor (P) está en desplazado con una bobina del estátor (B). Esta última está excitada para que su extremo superior (Bs) tenga una polaridad sur y su extremo inferior (Bn) una polaridad norte. El polo del rotor (P) tiene un único imán (An). Este último, que está frente al extremo superior (Bs) de la bobina del estátor (B), tiene una polaridad norte. En esta configuración, cuando la bobina del estátor (B) está excitada, el campo magnético generado ejerce una fuerza de atracción (F) solo en su extremo superior (Bs). Dado que el polo del rotor (P) está desplazado de la bobina del estátor (B), esta fuerza (F) contiene una componente radial (Fr) y una componente tangencial (Ft), pudiendo esta última atraer al imán (An) hacia el extremo (Bs). La fuerza tangencial (Ft) ejerce un único par motor (C_{An-Bs}) sobre el eje de rotación (A) del rotor. En el diagrama de la derecha, el rotor está girado de modo que el polo del rotor (P) está alineado con la bobina del estátor (B). La fuerza (F) solo tiene una componente radial. No se ejerce ningún par sobre el eje de rotación (A) del rotor.

Con un motor de última generación, tanto en posición desplazada como alineada, el componente radial (Fr) genera una tensión mecánica en el rotor. Por lo tanto, es necesario reforzar la estructura de este último para que pueda soportar esta limitación, ya que este refuerzo aumenta, de hecho, el peso de dicho rotor. Por otro lado, en el objeto de motor de la invención, las componentes radiales (Fr) se anulan entre sí, minimizando las tensiones en el rotor. Por lo tanto, no es necesario reforzar la estructura del rotor, lo que permite reducir el peso del mismo. En definitiva, el motor, objeto de la invención, no solo permite aumentar el par motor, sino también aligerar la estructura del rotor y de dicho motor. De modo que la potencia de masa del motor (W/kg) aumenta.

Comparando las figuras 10 y 11, se puede observar que el par motor global (C_{An-Bs}) ejercido sobre el eje de rotación (A) del rotor de un motor de la técnica anterior (figura 10) será siempre inferior al par motor global ($C_{An-Bs} + C_{As-Bn}$) ejercido sobre el eje de rotación del rotor del motor objeto de la invención (figura 11). De hecho, en un motor de la técnica anterior, solo está activo un extremo de las bobinas (generando solo un par motor) mientras que en el objeto motor de la invención, ambos extremos están activos (generando dos pares motores).

5 En la práctica, y con referencia a las figuras de 7 a 9, el par de imanes (An, As) de cada polo del rotor (P) está dispuesto en las ramas (40) de una estructura en forma de U (4). Esta última puede ser de material compuesto magnético blando en polvo (SMC) o de material sinterizado en polvo (SPM), o de acero eléctrico laminado, o de cualquier otro material magnético equivalente que el experto en la materia considere adecuado. Los imanes (An, As) se fijan simétricamente a la parte inferior de las ramas (40) de la estructura (4) con cola, tornillos u otros medios. La estructura puede ir pegada, atornillada, soldada o fijada por otros medios a la estructura del rotor (R) o puede formar parte integrante de la misma.

10 Las ramas (40) están dispuestas de tal manera que pueden colocarse a ambos lados de las bobinas del estátor (B) cuando gira el rotor (R). Normalmente, las ramas (40) están espaciadas de manera que una vez equipadas con imanes (An, As), el espacio restante disponible es ligeramente superior a la altura de las bobinas del estátor (B). La anchura de las ramas (40) y de los imanes (An, As) se corresponde aproximadamente con la de las bobinas del estátor (B).

15 Con referencia a la figura 9a, las bobinas del estátor (B) se excitan de forma que los campos magnéticos generados (representados por las líneas de puntos) se unen a las estructuras en forma de U (4) de los polos del rotor (P) y ejercen una fuerza tangencial sobre dichos polos para atraerlos a una posición alineada en la que las bobinas (B) están situadas en el centro de las ramas (40) de dichas estructuras. Con referencia a la figura 9b, los campos magnéticos generados (representados por las líneas de puntos) también se enlazan con las estructuras adyacentes en forma de U (4), porque las bobinas del estátor (B) están dispuestas de manera que los polos (Bs) y (Bn) de dos bobinas adyacentes están invertidos. Por lo tanto, hay una circulación de flujo magnético en las estructuras en forma de U (4) y entre dos estructuras adyacentes, lo que tiende a aumentar aún más el par motor inducido.

Documentos conocidos de la técnica anterior.

- 25 WO 94/14226 (HONEYWELL)
- US 2009/0256430 (FARINA)
- US 2005/0194845 (ENGQUIST)
- 30 US 2002/0125782 (PEACHEE)
- US 2004/0021437 (MASLOV)
- 35 FR 2.493.059 (KOLLMORGEN TECHNOLOGIES CORPORATION)
- FR 2.852.162 (LEROY SOMER MOTEURS)
- GB 2462940 (PROTEAN HOLDING CORP)

REIVINDICACIONES

1. Motor electromagnético sin escobillas compuesto por un estátor (S) y un rotor móvil (R) que gira con respecto a dicho estátor, y en el que:
- 5
- el rotor (R) está formado por polos magnéticos (P) distribuidos radialmente en torno al eje de rotación (A) de dicho rotor,
 - el estátor (S) está formado por bobinas (B) que tienen dos extremos (Bn, Bs), dichos extremos tienen polaridades invertidas cuando dichas bobinas están excitadas, dichas bobinas están distribuidas alrededor del eje de rotación (A), frente a los polos (P) del rotor (R), dichas bobinas se excitan secuencialmente para crear un campo magnético giratorio que impulsa el giro de dicho rotor.
 - el estátor (S) está compuesto por varios módulos del estátor (MS), cada uno de los cuales está asociado con al menos una bobina (B) capaz de crear un campo magnético cuando una corriente circula a través de ella,
 - cada módulo del estátor (MS) integra su propia unidad de gestión electrónica (3), que gestiona únicamente la alimentación de dicha bobina (B) a la que está asociada dicho módulo,
 - cada módulo del estátor (MS) está formado por una placa de circuito impreso (Cp) sobre la que está unida directamente la unidad de gestión electrónica (3), que **se caracteriza por el** hecho de que al menos una bobina (B) también está unida directamente a dicha placa de circuito impreso.
- 10
2. Motor, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que sobresalen las bobinas (B) que sobrepasan el plano de los circuitos impresos (Cp) sobre el que están fijadas.
- 15
3. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que cada módulo del estátor (MS) integra varias bobinas (B), cada uno de los módulos está compuesto por:
- 20
- una única unidad de gestión electrónica (3) capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas (B) de dicho módulo,
 - o varias de subunidades de gestión electrónica, cada una de las cuales está asociada a dicha bobina.
- 25
4. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las unidades de gestión electrónica (3) de los módulos del estátor (MS) están conectadas a su propia fuente de alimentación (30).
- 30
5. Motor, de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cada fuente de alimentación (30) se conecta directamente a la placa de circuito impreso (Cp) que lleva la unidad de gestión electrónica (3) a la que está asociada dicha fuente.
- 35
6. Motor, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que cada módulo del estátor (MS) contiene una única fuente de alimentación eléctrica (30) capaz de suministrar electricidad a todas las bobinas (B) de dicho módulo.
- 40
7. Motor, de acuerdo con la reivindicación 5, en el que cada módulo del estátor (MS) contiene varias fuentes de alimentación (30), cada una de las cuales está asociada a una de las bobinas (B) de dicho módulo.
- 45
8. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones de 1 a 3, en el que las unidades de gestión electrónica (3) de los módulos del estátor (MS) están conectadas a una fuente de alimentación común.
- 50
9. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que un sensor de flujo y/o temperatura se conecta a la placa del circuito impreso de cada módulo del estátor (MS) para poder controlar el funcionamiento de cada bobina del estátor (B).
- 55
10. Motor, de acuerdo con una de las anteriores reivindicaciones, en el que cada unidad de gestión electrónica (3) está conectada a un controlador o supervisor común cuya función es generar instrucciones para cada una de dichas unidades, dicho controlador o supervisor común integrando una aplicación informática que contiene instrucciones para controlar cada una de dichas unidades en tres modos de funcionamiento:
- un modo motor en el que las bobinas (B) son excitadas por al menos una fuente de alimentación, para generar un par motor en el rotor (R),
 - un modo generador donde las bobinas (B) no están excitadas, el paso de los polos magnéticos (P) por delante de dichas bobinas genera una corriente en ellas, siendo dicha corriente utilizada para recargar una o más baterías,
 - un modo inactivo en el que las bobinas (B) no están excitadas y están aisladas de cualquier fuente de alimentación.
- 60
- 65

- 5 11. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los polos del rotor (P) incorporan cada uno un par de imanes (An, As) configurados para posicionarse a ambos lados de los extremos (Bn, Bs) de las bobinas del estátor (B), la excitación de dichas bobinas genera un campo magnético en cada uno de sus extremos, dicho campo ejerce una fuerza tangencial de atracción capaz de atraer dichos pares de imanes a dichos extremos, y/o una fuerza tangencial de repulsión capaz de repeler dichos pares de imanes, de dichos extremos.
- 10 12. Motor, de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el par de imanes (An, As) de cada polo del rotor (P) está dispuesto sobre las ramas (40) de una estructura en forma de U (4), siendo dichas ramas capaces de posicionarse a ambos lados de las bobinas (B) del estátor (S) cuando gira el rotor (R).
- 15 13. Motor, de acuerdo con la reivindicación 12, en el que los imanes (An, As) están fijados simétricamente en el interior de las ramas (40) de la estructura en forma de U (4), que a su vez está unida a la estructura del rotor (R).
14. Motor, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde las bobinas del estátor (B) no son idénticas, dichas bobinas tienen alambres de diferentes diámetros y/o un número de vueltas diferentes.
- 15 15. Vehículo terrestre, marítimo o aéreo, **que se caracteriza por el hecho de** incorporar el motor conforme a una de las reivindicaciones de 1 a 14.

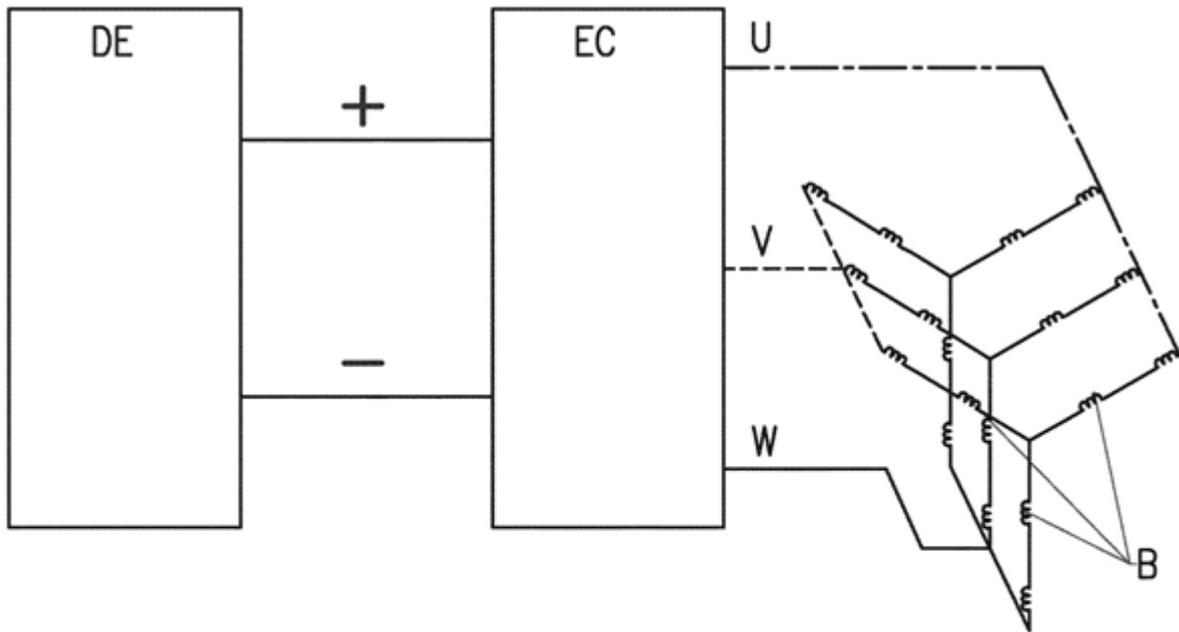


Fig. 1 (técnica anterior)

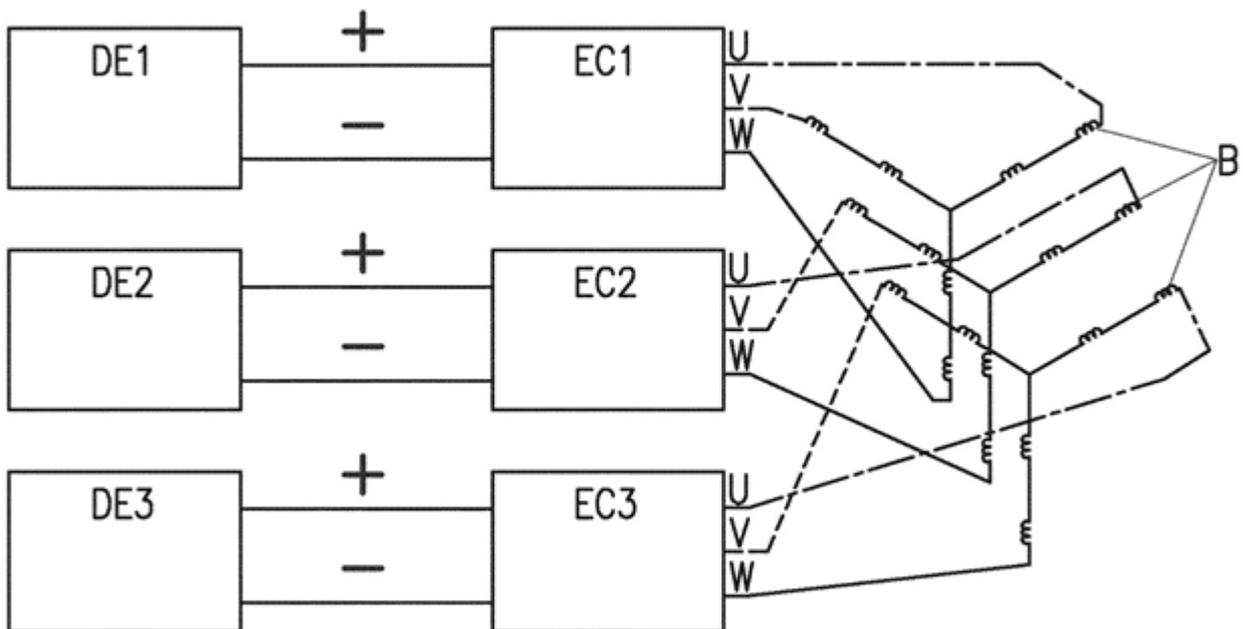


Fig. 2

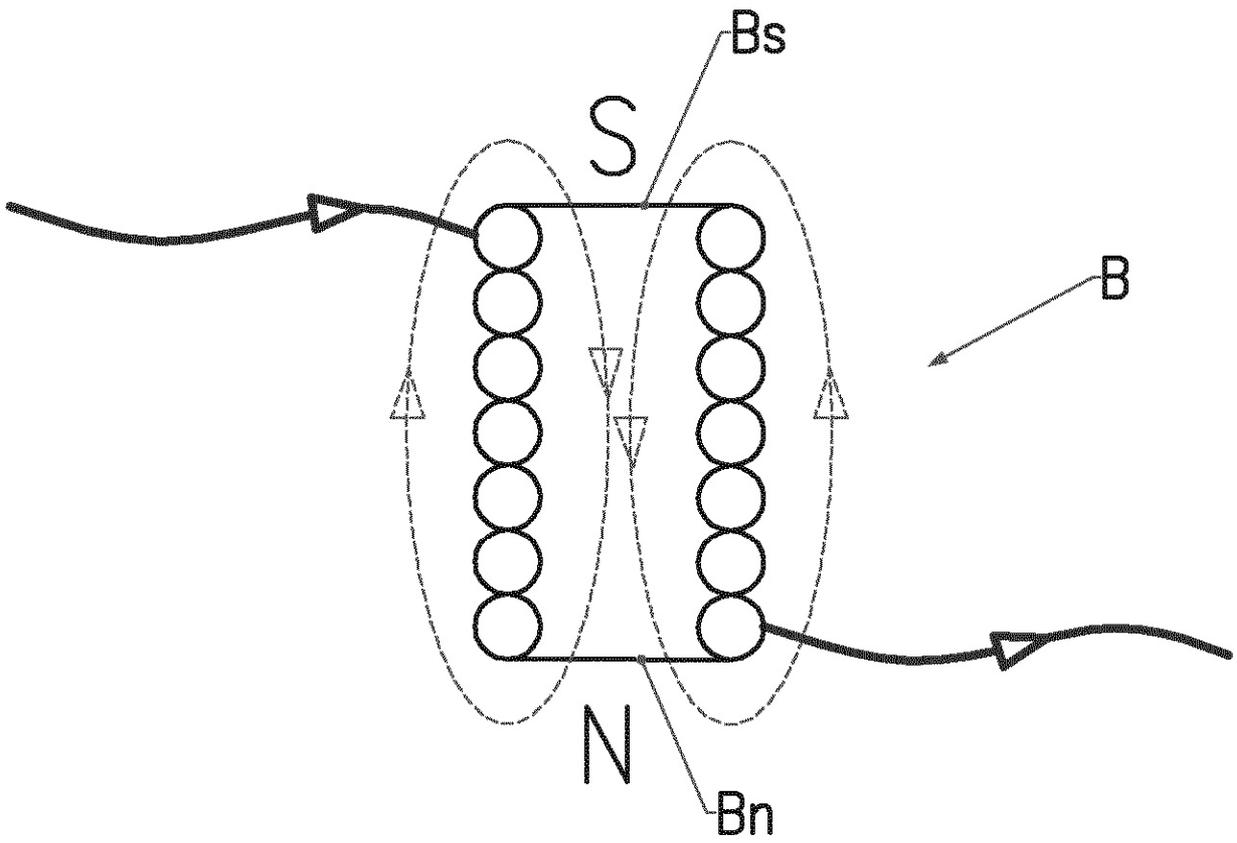


Fig. 3

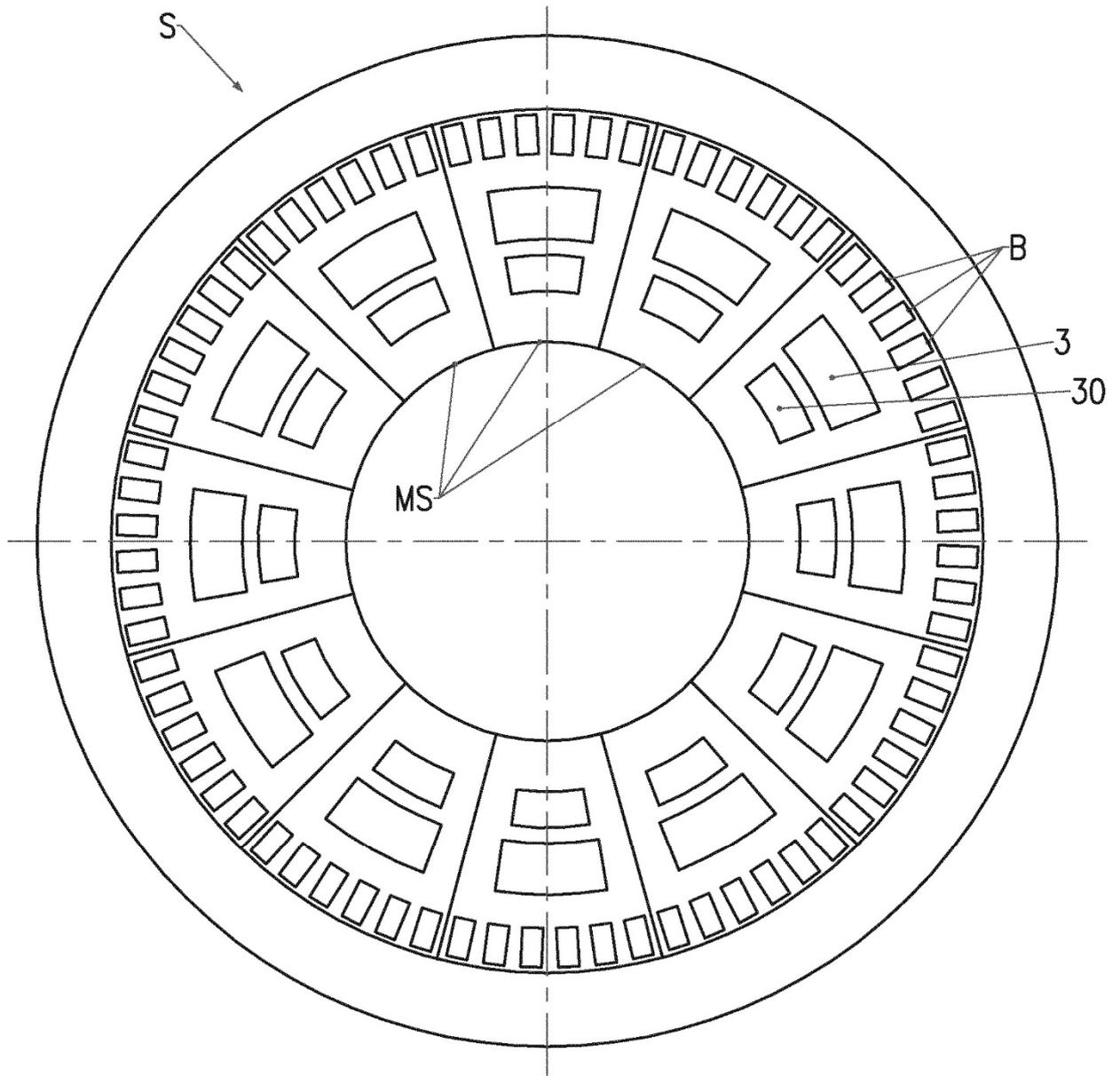


Fig. 4

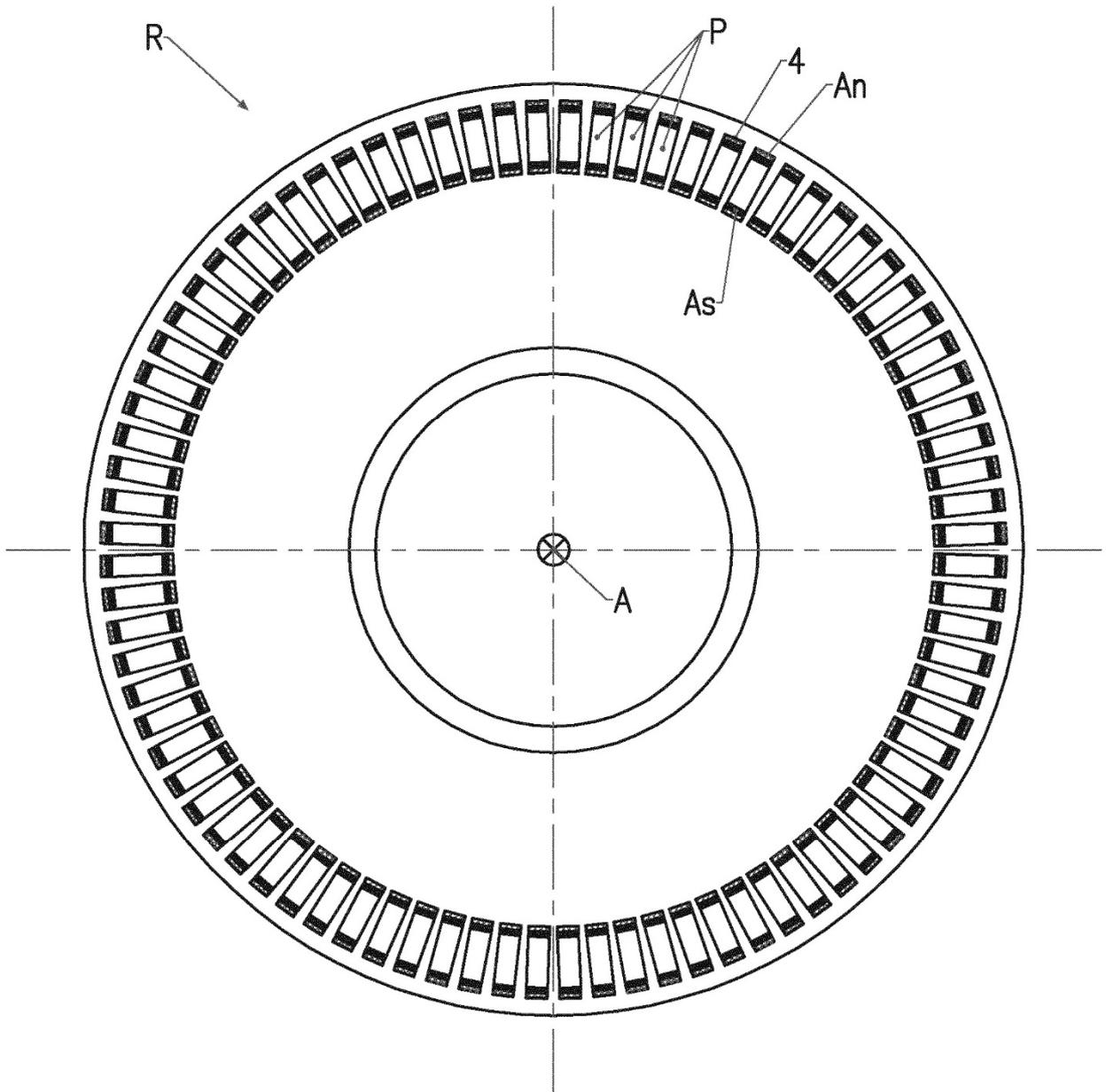


Fig. 5

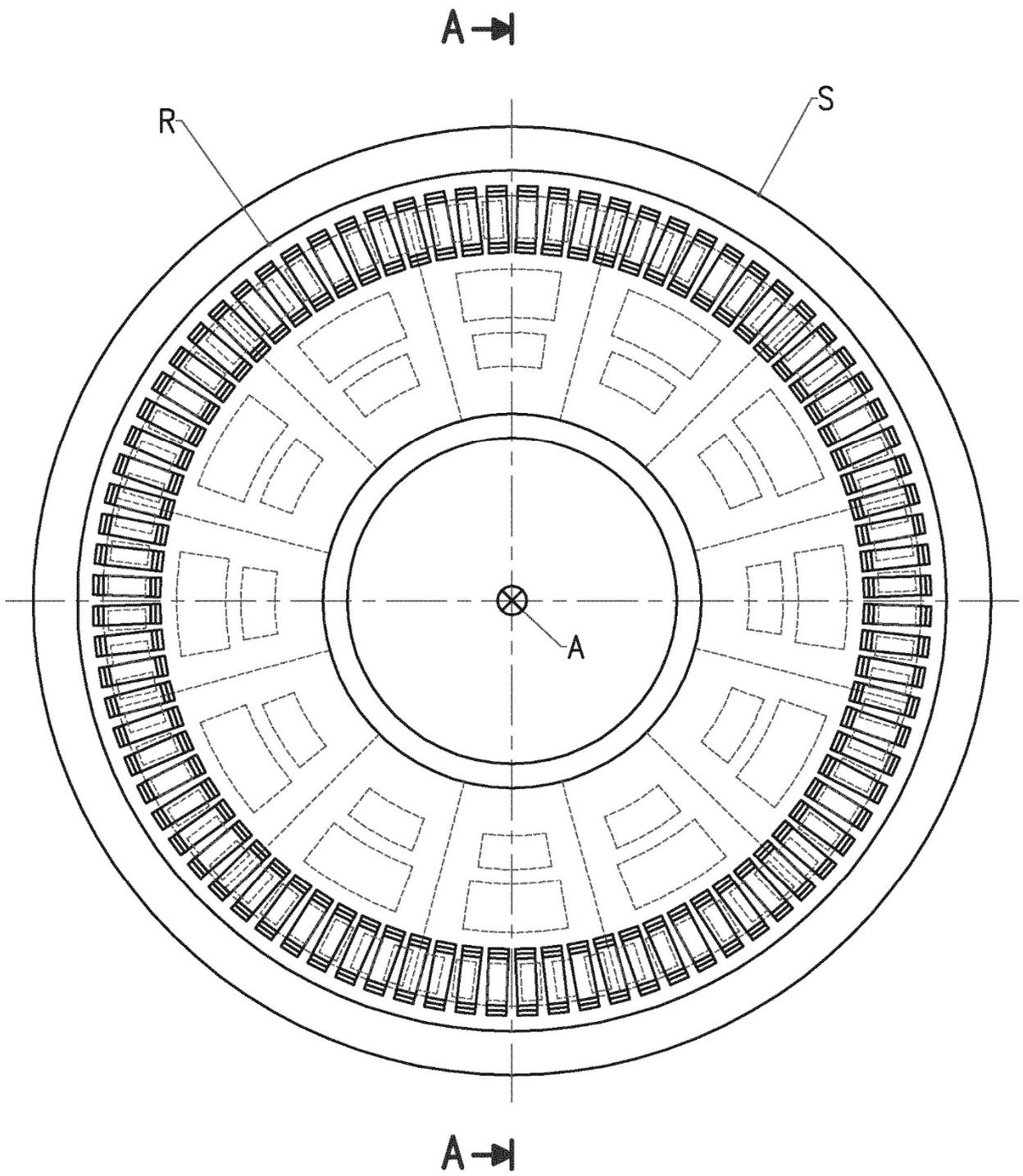


Fig. 6

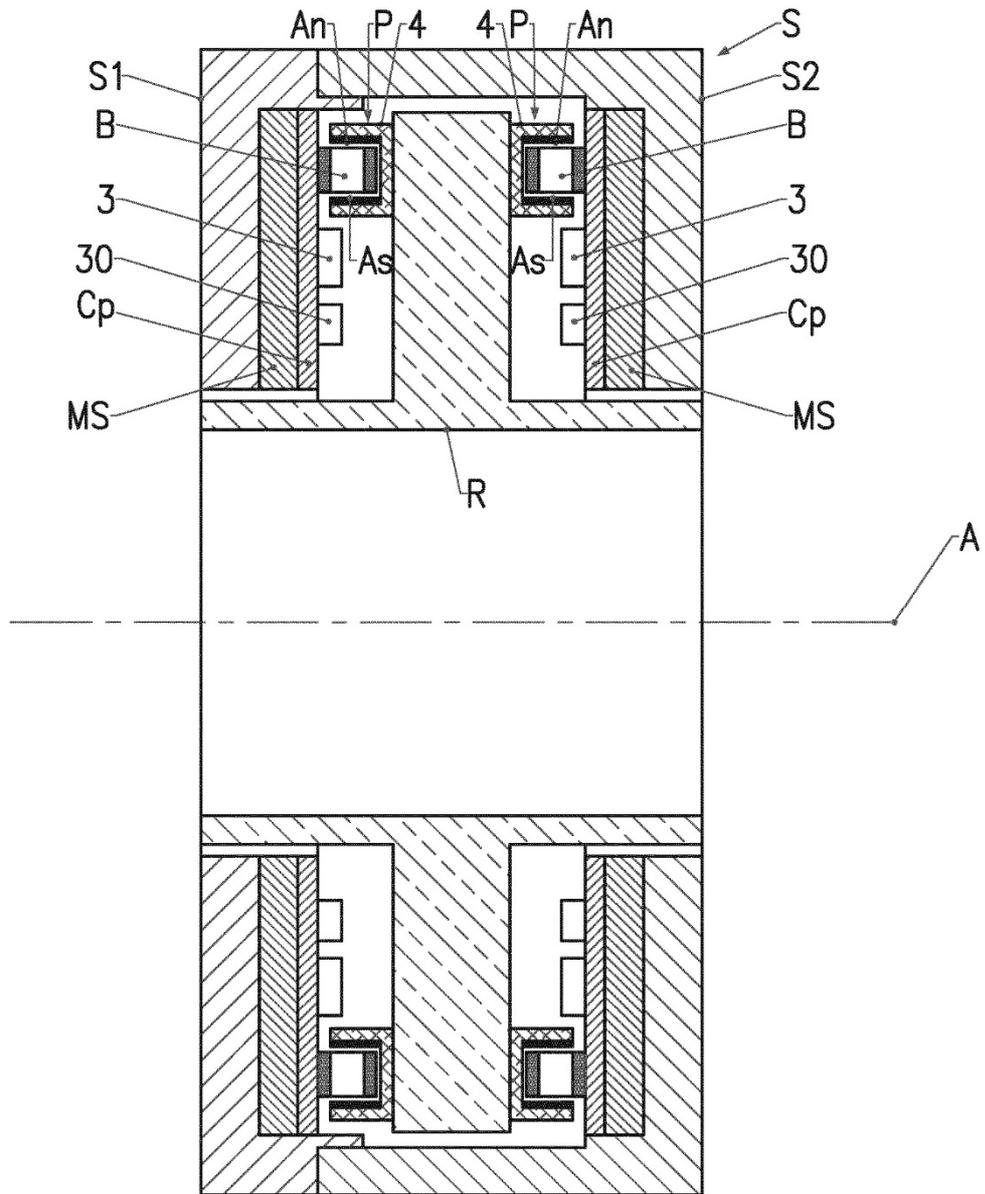


Fig. 7 (A-A)

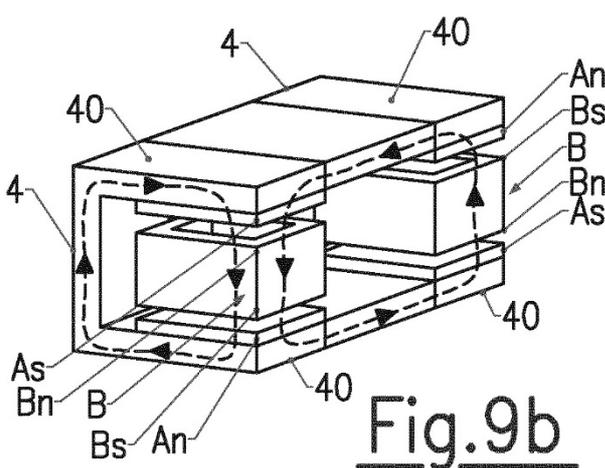


Fig. 9b

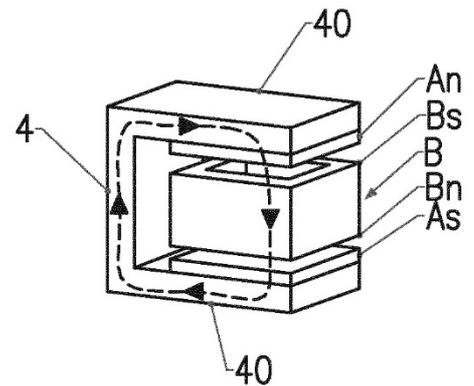


Fig. 9a

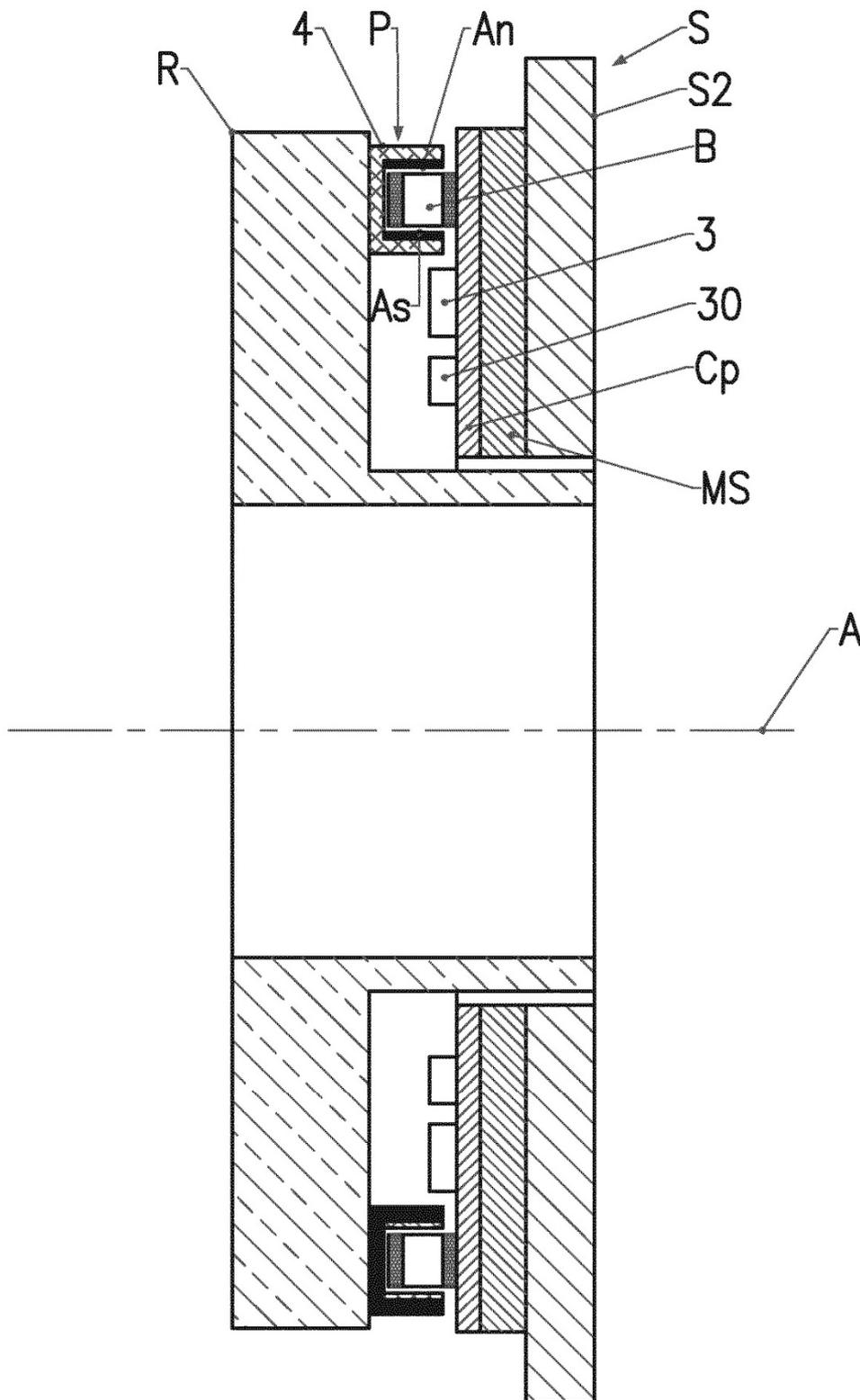


Fig. 8 (A-A)

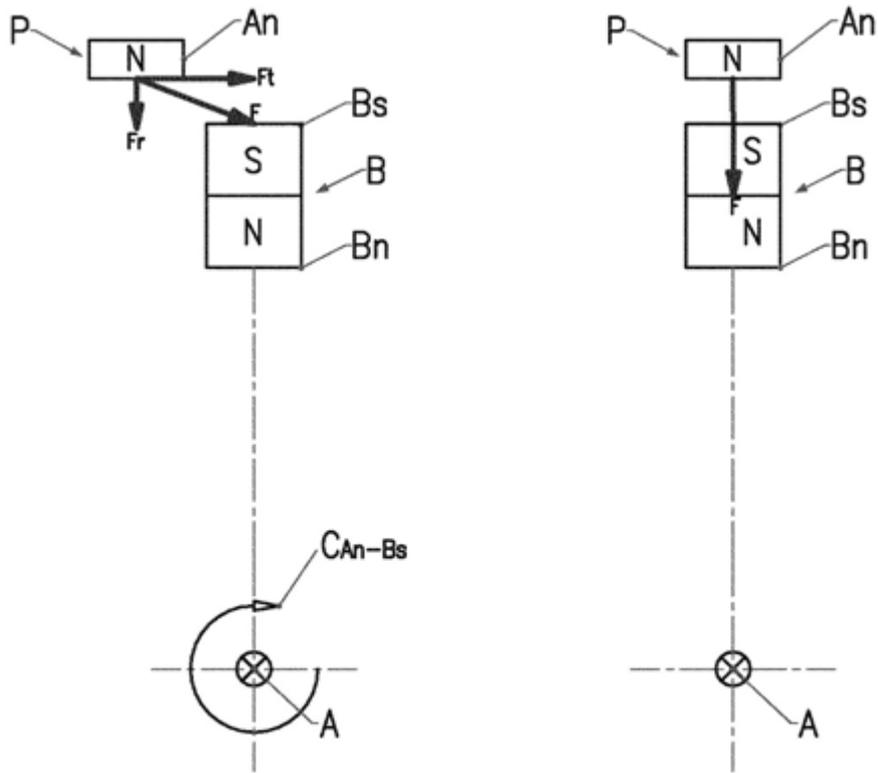


Fig.10 (técnica anterior)

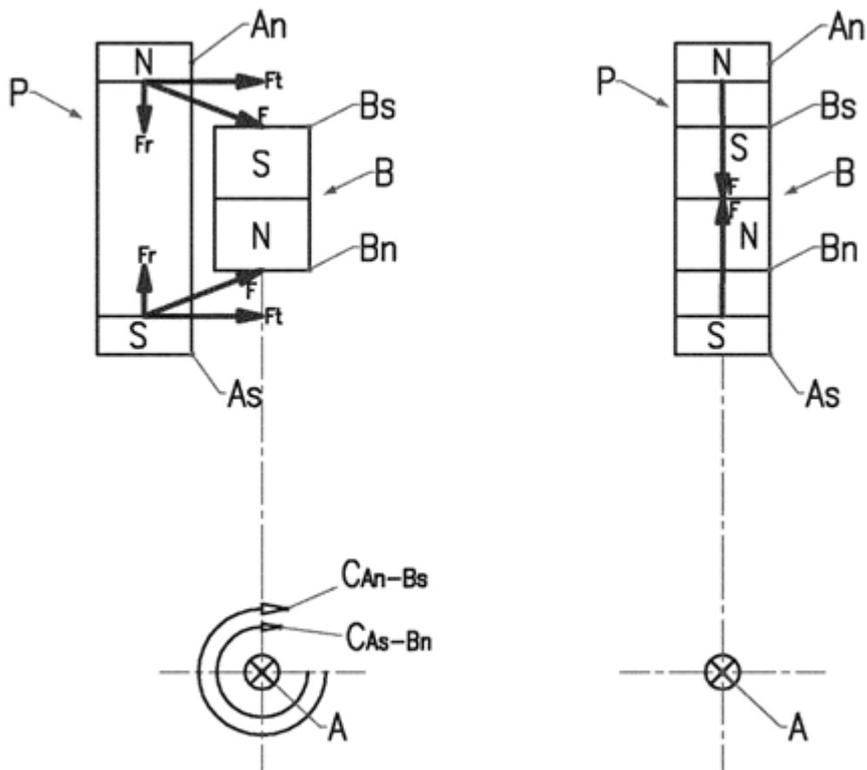


Fig.11