

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 254**

51 Int. Cl.:

H02K 7/116 (2006.01)

H02K 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2009 PCT/EP2009/059407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2010 WO10010110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2009 E 09780912 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 2313960**

54 Título: **Motor con rotor excéntrico**

30 Prioridad:

22.07.2008 FR 0854985

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

28.06.2019

73 Titular/es:

**CONDUCTIX WAMPFLER FRANCE (100.0%)
Immeuble West Plaza, 9, rue du Débarcadère
92700 Colombes, FR**

72 Inventor/es:

LACOUR, GILLES

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 718 254 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 con rotor excéntrico.

5 La invención se refiere a las máquinas giratorias eléctricas con rotor excéntrico.

En el campo de los motores eléctricos sin escobillas (“brushless” en terminología anglosajona), algunos se han desarrollado con un rotor excéntrico.

10 La energía electromagnética generada a nivel del estator por la alimentación del motor eléctrico se transmite sin contacto al rotor. La velocidad del motor está controlada generalmente por la frecuencia de la alimentación eléctrica del motor.

15 En el caso de un motor con rotor excéntrico, el eje principal del rotor está o bien en libre circulación en el hueco definido por el estator, o bien dispuesto de tal manera que define una trayectoria circular en el interior del hueco definido por el estator (disposición denominada en “porta-satélite”). Generalmente, el rotor comprende unos medios destinados a hacerlo circular en el interior del hueco del estator. Así, una alimentación sucesiva de las bobinas del estator alrededor del hueco provoca una atracción del rotor provisto o bien de polos definidos por una disposición de imanes permanentes, o bien de electroimanes.

20 Unas ventajas de utilizar un roto excéntrico pueden ser las siguientes:

- El motor utiliza de manera general menos bobinas que un motor eléctrico tradicional. Esto implica entonces una reducción de los costes de producción y de mantenimiento del motor.
- El rodamiento del rotor dentro del hueco del estator está provocado por la fuerza de atracción magnética de las bobinas del estator sobre los polos del rotor y esta atracción es más importante cuanto más cercano es el radio del rotor al radio del circuito cerrado del estator. Como la rotación del rotor procede de una fuerza de atracción magnética, esto permite aumentar la potencia transmitida al rotor.
- El rodamiento del rotor dentro del estator provoca una reducción intrínseca de la velocidad de rotación del rotor alrededor de su eje (en valor absoluto) con respecto a la velocidad de rotación de la energía electromagnética alrededor del estator. En efecto, un cálculo que utiliza la fórmula de Willis da una relación r entre la velocidad de rotación del rotor alrededor de su eje principal y la velocidad de rotación de la energía electromagnética del estator (velocidad a la cual la alimentación sucesiva de los polos define una vuelta completa alrededor del hueco del estator), siendo r igual a la relación siguiente:

$$r = \frac{nr - ns}{nr}$$

40 con:

nr = número de polos del rotor; y
 ns = número de polos del estator;

45 En un caso extendido en el que el número de polos del rotor es próximo al número de polos del estator, por ejemplo, $ns = nr + 1$, se encuentra entonces una relación de reducción igual a:

$$\frac{-1}{nr}$$

50 Se puede así, en unas aplicaciones a velocidad de rotación reducida, evitar un reductor (con las pérdidas asociadas).

Además, esta relación se traslada directamente sobre el par. En efecto, al ser la potencia electromagnética transmitida al rotor (menos las pérdidas) igual al par mecánico multiplicado por la velocidad de rotación del rotor, una disminución importante de la velocidad de rotación provoca un aumento importante del par.

De manera general, se eligen así los motores con rotor excéntrico para unas utilizaciones con rotación lenta pero con par importante y regular.

60 El documento EP 0 565 746 describe un motor con rotor excéntrico que comprende en el estator una pluralidad de electroimanes dispuestos en red para formar un espacio cerrado, estando cada electroimán (polo) posicionado en serie con los otros polos con el fin de definir un camino cerrado, estando el rotor constituido por

un imán permanente, un polo del cual está dispuesto de manera que rueda a lo largo del camino cerrado, y unos medios para cargar selectivamente los electroimanes para atraer y/o repulsar el imán permanente del rotor con el fin de hacer que éste ruede.

5 El documento JP 11 178 312 describe un motor con rotor excéntrico que comprende un estator con una pluralidad de electroimanes dispuestos a lo largo de un camino cerrado que define un hueco tal como se ha descrito anteriormente.

10 Se conoce también en este campo el documento SU 1742953 que corresponde a una máquina según el preámbulo de la reivindicación 1. El documento US nº 5.672.923 describe una máquina con rotor excéntrico sin polos alternativamente repartidos circunferencialmente, pero para la cual está previsto posicionar un elemento de equilibrado insertado entre el rotor y el estator. El documento DE 102006017713 describe una máquina que tiene un rotor flexible en el que están montados unos polos magnéticos.

15 El motor comprende asimismo un rotor que comprende una pluralidad de imanes, por ejemplo permanentes, tales que el rotor rueda a lo largo del camino cerrado del estator sobre estos polos de imanes permanentes en función de la alimentación sucesiva de los electroimanes del estator.

20 En un plano mecánico, el rotor y el estator pueden comprender unas pistas de rodamiento, de manera que el contacto de rodamiento entre el rotor y el estator se efectúe a nivel de dichas pistas de rodamiento.

25 El rotor y el estator pueden comprender asimismo unos medios de engranaje con el fin de garantizar un rodamiento sin deslizamiento del rotor, es decir que la velocidad relativa al punto de contacto entre el estator y el rotor es continuamente nula.

30 Con el fin de transmitir la rotación del rotor sobre una salida constituida por un árbol giratorio no excéntrico, se puede prever una transmisión por dedos, siendo los dedos solidarios al árbol de salida y accionados por un elemento montado coaxialmente con el estator y solidario al rotor de manera que estos dedos dispuestos en unas lumbreras correspondientes sean accionados, accionando el árbol de salida en rotación.

Un objetivo de la invención es proponer un motor con rotor excéntrico mejorado con respecto al estado de la técnica.

35 Con este fin, la invención propone una máquina eléctrica giratoria con rotor excéntrico según la reivindicación independiente 1.

Unas formas de realización ventajosas de la invención comprenden por lo menos una de las características siguientes:

- 40 - el estator comprende una pista de rodamiento en cuyo interior es apta para rodar una pista de rodamiento del rotor,
- el estator comprende por lo menos una pista de rodamiento en cuyo interior es apta para rodar una pista de rodamiento del rotor, presentando las pistas de rodamiento un perfil complementario apto para crear una fuerza de contra-reacción axial,
- 45 - los polos del estator comprenden unos bobinados, y además unos medios de pilotaje de la alimentación de los bobinados en función de una información de posición del rotor,
- 50 - dicha información de posición del rotor está proporcionada por un sensor angular,
- la máquina comprende asimismo un dispositivo de engrane entre el rotor y el estator con el fin de garantizar un rodamiento sin deslizamiento del rotor en el estator,
- 55 - el árbol está sujeto al rotor por un sistema de transmisión de dedos de accionamiento que coopera con unas lumbreras de tamaño superior a la sección de los dedos,
- dichas lumbreras comprenden cada una un dispositivo de rodamiento mecánico,
- 60 - cada dedo de accionamiento comprende una superficie de adherencia que comprende una junta, sobre una superficie de apoyo sobre la cual se apoya el rodamiento mecánico correspondiente,
- el árbol está sujeto al rotor por un sistema de transmisión de doble engranaje,
- 65 - el estator posee un número de par de polos y del cual el sentido de los bobinados del estator está invertido entre dos polos sucesivos, y todos unidos en serie,

- el estator posee un polo más que el rotor,
- el rotor está atravesado longitudinalmente por un orificio mecanizado, está atravesado por un árbol hueco cuyo diámetro exterior es inferior al diámetro del orificio mecanizado menos la separación entre los diámetros del estator y del rotor.

Otras características, objetivos y ventajas de la presente invención aparecerán con la lectura de la descripción detallada siguiente, en relación con los dibujos adjuntos, dados a título de ejemplos no limitativos y en los que:

- la figura 1 es una sección longitudinal de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- la figura 2 es una sección transversal del motor de la figura 1,
- la figura 2b representa de manera esquemática un polo del rotor así como un polo del estator,
- la figura 3 es una representación detallada de un contrapeso de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- la figura 4 es una representación en perspectiva caballera del motor de las figuras 1 y 2,
- la figura 5 es una sección transversal de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- la figura 6 es una sección longitudinal de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- la figura 7 es un diagrama esquematizado de los medios de control de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- la figura 8 es una sección detallada de las pistas de rodamiento de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- las figuras 9a y 9b son unas secciones transversales simplificadas de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención,
- las figuras 10a a 10c son unas secciones transversales simplificadas de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención, comprendiendo el estator un número impar de polos,
- las figuras 11a a 11c son unas secciones transversales simplificadas de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención, comprendiendo el estator un número par de polos,
- la figura 12 es una sección transversal simplificada de un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención, comprendiendo el estator un número par de polos.

En referencia a las figuras 1 y 2, un motor con rotor excéntrico según una forma de realización de la invención comprende una base de estator 1 que presenta ventajosamente unas aletas para la ventilación y el enfriamiento del motor; el estator comprende asimismo una carcasa 2, preferentemente de acero dulce; el estator comprende también unos electroimanes 7 compuestos por extensiones radiales 7a de la carcasa 2 y por un bobinado 3 enrollado radialmente alrededor de las extensiones 7a, de tal manera que la alimentación eléctrica del bobinado 3 genere un campo magnético llevado por las extensiones 7a (se prevén de hecho una estructura laminar y un laminado de estas extensiones con el fin de limitar las pérdidas hierro del motor, a saber las pérdidas por histéresis y por corriente de Foucault). Evidentemente, el campo magnético del motor puede ser generado por cualquier otra solución conocida del estado de la técnica, como un bobinado axial. Los polos del estator están situados radialmente alrededor de un hueco o cavidad de sección circular. El estator comprende además unas pistas de rodamiento 4a y 5a a uno y otro lado del eje longitudinal del estator, llevadas por unas bridas 4 y 5 encastradas en la base del estator 1. El motor comprende también un rotor 6 de un diámetro inferior al diámetro de la cavidad del estator, que comprende dos pistas de rodamiento 4b y 5b cuya anchura E es sustancialmente igual a la anchura E' de las pistas de rodamiento del estator 4a y 5a y que están sustancialmente alineadas respectivamente sobre las pistas de rodamiento del estator 4a y 5a. El rotor comprende unos imanes fijos 7b repartidos radialmente alrededor de su periferia. Ventajosamente, estos imanes son unos imanes permanentes; su número es inferior al de los polos del estator; su número es preferentemente par y están repartidos de manera que un polo sur se intercale entre dos polos norte. Preferentemente, el estator comprende un número de polos comprendido entre 3 y 21 y el rotor comprende un número de polos comprendido entre 2 y 20. Se debe observar que el hecho de utilizar 3 polos en el estator (o cualquier múltiplo de 3) permite utilizar directamente una

alimentación trifásica para la alimentación de la máquina con rotor excéntrico, que permite una reducción de los costes de fabricación y de mantenimiento. Además, para efectuar una variación de frecuencia de la alimentación, basta con utilizar un variador de frecuencia trifásico comercialmente disponible a veces a bajo coste, lo cual reduce los costes de fabricación y de mantenimiento.

5 Como se ha descrito anteriormente, la alimentación sucesiva de los electroimanes del rotor atrae, según su polaridad, a los imanes permanentes del rotor, forzando así el rotor a rodar a nivel de las pistas de rodamiento.

10 El control de la alimentación de los bobinados del estator es tal que el par generado por la atracción de los imanes del rotor sea sustancialmente constante. Con este fin, está previsto un dispositivo de pilotaje de la alimentación de los bobinados que puede comprender un sensor de la posición angular del rotor.

15 El motor comprende un árbol de salida 11 ventajosamente hueco con el fin de permitir el eventual paso de un cable, de un tubo o de otro árbol portador de otro movimiento. Este hueco permite también disminuir la inercia del árbol de salida. Este árbol de salida está montado en rotación con respecto al estator gracias a unos rodamientos 12 y 13, montados sobre unos porta-rodamientos 17 y 18, unidos a su vez a las bridas 4 y 5. El árbol de salida se extiende a través de la cavidad del estator en dirección axial y el rotor circula alrededor del árbol de salida. La transformación del rodamiento del rotor en rotación del árbol de salida 11 se efectúa con la ayuda de un sistema de doble engranaje. Este sistema comprende, a nivel del estator, un engranaje 16 que es un engranaje fijo solidario a la brida 5 y cuyo número de dientes está anotado Z_{16} . Este engranaje acciona un engranaje 25 solidario al rotor 6 y que engrana en el engranaje 16. El engranaje 25 comprende Z_{25} dientes. El rotor comprende un segundo engranaje de salida 24 solidario al rotor y que comprende Z_{24} dientes. El engranaje exterior de salida 24 engrana con un engranaje 15 solidario al árbol de salida 11 estando fijado al mismo a través de un soporte 14 solidario al árbol de salida 11. La velocidad de rotación del árbol de salida 11 está relacionada con la velocidad de rotación del rotor 5 por la relación r_2 entre la velocidad de rotación del árbol 11 y la velocidad de rotación del rotor:

$$r_2 = \frac{Z_{25} * Z_{24}}{Z_{16} * Z_{15}}$$

30 Por lo tanto, la relación r_3 entre la velocidad de rotación del árbol de salida y la velocidad angular de la alimentación del estator es de:

$$r_3 = \frac{Z_{25}Z_{24}}{Z_{16}Z_{15}} \times \frac{1}{n_s}$$

35 Está previsto además un engranaje 4c solidario al rotor 6 y un engranaje 4d solidario al árbol de salida 11, permitiendo el engranaje entre los engranajes 4c y 4d garantizar un rodamiento sin deslizamiento del rotor con respecto al estator a nivel de las pistas de rodamiento que permite así garantizar la alineación de los polos.

40 Evidentemente, el desplazamiento excéntrico del rotor provoca un desequilibrio importante que es susceptible por sí mismo de provocar unas vibraciones del motor. Con el fin de compensar este desequilibrio, está prevista, según una forma de realización de la invención, la inserción entre el rotor y el estator de un contrapeso 19. Ventajosamente, el contrapeso 19 posee una forma de luna creciente (o medialuna) que, a nivel de su lado interior, coincide con la periferia del rotor y, a nivel de su lado exterior, coincide con la periferia del estator. El contrapeso comprende un cuerpo 19b y dos partes de extremo 19a, situadas preferentemente a nivel de las pistas de rodamiento 4a y 5a. Ventajosamente, el contrapeso comprende unos vaciados 19c destinados a ajustar su peso, por ejemplo, rellenándolos o no de un material auxiliar. Se debe observar que el contrapeso 19 es expulsado por la rotación del rotor y gira a lo largo del camino cerrado del estator en sentido inverso de la rotación del rotor, y posee para ello dos series de rodillos 20, uno para su rodamiento sobre el estator y el otro para su rodamiento sobre el rotor. Se debe observar también que un contrapeso de este tipo no tiene ninguna unión física fija con el resto de la máquina, lo cual permite que el árbol de salida se extienda de manera pasante de un extremo a otro del estator.

55 En referencia a la figura 3 que muestra más precisamente un extremo 19b del contrapeso 19, este extremo comprende un par de rodillos 20 que ruedan respectivamente sobre el estator y sobre el rotor, a lo largo de las pistas de rodamiento 4a y 5a. Así, el rodamiento del rotor a lo largo del camino cerrado del estator tiene tendencia a empujar el contrapeso actuando sobre el rodillo en contacto con él, siendo éste expulsado al rodar sobre el estator a través del otro rodillo.

60 El conjunto rotor 6/contrapeso 19 presenta unas masas equilibradas, con un centro de gravedad (baricentro) situado sustancialmente sobre el eje principal del estator.

Volviendo a la figura 2, se debe observar que a nivel de la zona de interacción magnética entre los polos del rotor y los polos del estator, el desarrollado de los polos del rotor 7b y el desarrollado de los polos del estator 7a a lo

largo de sus circunferencias respectivas tienen sustancialmente la misma longitud. En referencia a la figura 2b, se observa que el polo del rotor no es curvilíneo. En efecto, el polo del rotor comprende un imán permanente 7b de sección generalmente rectangular fijado al rotor por una placa de sujeción 8 y que sobresale con respecto a la carcasa del rotor. En este caso, se observa que el desarrollo circunferencial 701 del polo 7b del rotor es sustancialmente de igual longitud que el desarrollo circunferencial del polo del estator.

Los polos permanecen frente a frente cuando tiene lugar el movimiento de rotación excéntrico. La alternancia de la corriente en los bobinados provoca la rotación del rotor sobre sí mismo y alrededor del árbol de salida 11.

Esta configuración de los desarrollos de los polos presenta varias ventajas. En particular, el acoplamiento magnético entre rotor y estator está optimizado, y las componentes tangenciales de las fuerzas utilizadas, susceptibles de hacer deslizar el rotor con respecto al estator están minimizadas.

El par es sustancialmente constante sin tener que recurrir a unas formas de polos elaboradas como en los motores de reluctancia variable o a un gran número de polos como en los motores asíncronos de fuerte par.

Además, el hecho de tener unos desarrollos sustancialmente de la misma longitud permite no estar restringido a una sola forma geométrica de los polos. Así, los polos no son obligatoriamente cilíndricos, como en la figura 2b, en la que los polos del rotor son geoméricamente rectangulares.

En referencia a las figuras 4 y 5, la transmisión de la rotación del rotor sobre el árbol de salida 11 se efectúa con la ayuda de una serie (preferentemente seis) de dedos de accionamiento 32. Para ello, el rotor comprende una placa de accionamiento que comprende una serie correspondiente de lumbreras 30, siendo cada lumbrera preferentemente de forma cilíndrica, y comprendiendo un rodamiento de apoyo 33. Este rodamiento permite anular la fricción del dedo sobre el perímetro del orificio mecanizado de la lumbrera, evitando así un desgaste del dedo. Ventajosamente, cada dedo de apoyo 32 comprende externamente a nivel de una superficie de adherencia, una junta (preferentemente tórica insertada en una garganta circunferencial del dedo), de adherencia 33b que permite que el dedo tenga una mejor adhesión a nivel del punto de contacto con el rodamiento de apoyo. La utilización de una junta permite también añadir una función de amortiguación evitando así los choques mecánicos entre el dedo de accionamiento y el rodamiento de apoyo (estos choques mecánicos pueden, en efecto, conducir a un deterioro del dispositivo). Se debe observar que una junta de este tipo permite evitar pequeños deslizamientos entre el dedo y el rodamiento de apoyo; impidiendo así un deterioro por fricción (en términos anglosajones "fretting corrosion").

El árbol de salida 11 es por su parte, solidario a un porta-dedos 34 que comprende los dedos de accionamiento 32. El porta-dedos 34 y la placa de accionamiento 31 están dispuestos de tal manera que cada dedo 32 del porta-dedos 34 esté situado en el interior de una lumbrera correspondiente de la placa de accionamiento 31. Inversamente, el porta-dedos también puede estar dispuesto de manera que sea solidario al rotor y la placa de arrastre solidaria al árbol de salida.

La rotación del rotor acciona en rotación la placa 31 y las lumbreras 30, que accionan a su vez los dedos 32 y el porta-dedos 34, lo cual provoca la rotación del árbol de salida 11. Como el eje del rotor 6 se desplaza cuando tiene lugar su rodamiento, las lumbreras están concebidas de manera que permitan el movimiento correspondiente de los dedos en su interior; más precisamente, se debe observar que no sólo cada dedo es de diámetro inferior al diámetro de la lumbrera correspondiente, sino que además la diferencia entre el diámetro del dedo y el diámetro de la lumbrera corresponde a la diferencia de diámetro entre el rotor y el estator debido a la excentricidad. Se debe observar además, con el fin de evitar la hiperestaticidad debida a la interacción de la serie de dedos con las lumbreras, que la diferencia entre el diámetro del dedo y el diámetro de la lumbrera es ligeramente superior a la diferencia de diámetro entre el rotor y el estator debida a la excentricidad.

El rodamiento de apoyo 33, así como la junta tórica 33b, tienen por función permitir una mejor cogida con cada dedo de accionamiento 32.

En referencia a la figura 6, está previsto para la transmisión de la rotación del rotor 6 en el árbol de salida 11, un sistema de cardán 70. Para ello, está prevista una unión 71 del cardán 70 sobre el rotor. El cardán comprende un árbol 72 y acciona en rotación el árbol 11 por medio de una unión 71.

Ventajosamente, está previsto dotar al motor de porta-rodamientos excéntricos 73 con el fin de garantizar una rotación independiente entre el rotor, en rotación excéntrica con respecto al estator y el árbol de salida 11 con la ayuda de los rodamientos 75 (rodamientos que soportan el árbol de salida 11) y los rodamientos 74 (rodamientos que soportan el rotor). Así, la combinación de los porta-rodamientos excéntricos 73, y de los rodamientos 74, 75 permite que el rotor tenga un movimiento excéntrico alrededor del árbol de salida 11 sin perturbar la rotación del árbol. El árbol está en unión de pivote con respecto al estator 1 gracias a los rodamientos 76.

En referencia a la figura 7, el control de la alimentación eléctrica de los bobinados de estator es efectuado por una unidad de pilotaje 80 compuesta por ejemplo por un procesador, por una memoria de trabajo y por una

pluralidad e entradas/salidas (analógicas y/o digitales). Ventajosamente, esta unidad de control es un microcontrolador o un ordenador que comprende una extensión (tarjeta, periférico, etc.) de entrada/salida apropiada.

5 Las salidas de control de la unidad 80 son transmitidas a una unidad de conmutación 81. Esta unidad de conmutación 81 está unida a los bobinados 84 (en este caso en número de tres) por los conductores de alimentación 85, y unida también a una fuente de alimentación 82. La unidad de conmutación 81 puede estar dispuesta sobre el motor o en el exterior del motor. La alimentación 82 puede ser continua o alterna del tipo monofásico o polifásico (preferentemente trifásico), con una tensión comprendida de manera típicamente preferida entre 50 y 400 voltios.

Ventajosamente, la unidad de conmutación 81 comprende unos medios de enderezamiento si la fuente de alimentación 82 es alterna, unos medios de compensación y de regulación de la tensión y unos interruptores controlados, preferentemente unos transistores y más particularmente aún unos transistores del tipo IGBT.

15 Pueden estar previstas varias estrategias de pilotaje de la alimentación de los bobinados 84.

Una primera estrategia consiste en gestionar la alimentación de los bobinados a partir de uno o varios sensor(es) dispuesto(s) sobre el rotor, con el fin de conocer su posición.

20 Otra estrategia consiste en medir la corriente que circula en unos bobinados y por análisis de la relación corriente/tensión, en determinar qué bobinado corresponde al acercamiento de un imán del rotor a nivel de este bobinado. Así, es posible conocer de manera fiable la posición del rotor dentro del estator. Es posible entonces hacer funcionar el motor en modo control de par.

25 En cuanto a la alimentación de los electroimanes, se pueden considerar diferentes soluciones. Tienen en común alimentar los bobinados de manera diferente a uno y otro lado del punto de contacto (o línea de tangencia) entre el rotor y el estator. Se debe observar que el término "punto de contacto" no designa obligatoriamente un punto de contacto físico entre el rotor y el estator. En particular, en el caso en el que el estator y el rotor están en contacto físico solamente a nivel de las pistas de rodamiento (lo cual garantiza la conservación de los materiales a nivel de los polos), el término "punto de contacto" se refiere al punto a nivel del cual el estator y el rotor están más cerca. Corresponde de hecho de manera axial a los puntos de contacto físico del rotor y del estator a nivel de las pistas de rodamiento. Los polos situados después de este punto de contacto en el sentido del movimiento deben rechazar el rotor mientras que los polos situados en la parte delantera deben atraer los polos del rotor. Si el punto de contacto está entre dos polos del estator, estos polos son de igual polaridad ya que los polos del rotor son alternos y las fuerzas deben ser de direcciones opuestas. Cuando, en el movimiento del rotor, el punto de contacto pasa por el plano de simetría del primer polo encontrado en el movimiento, tiene lugar la conmutación, la corriente cambia de sentido en este polo. Los polos próximos guardan su polaridad alterna. El o los polos diametralmente opuestos según que el número de polos sea par o impar ven su alimentación modificada.

40 Una primera solución consiste en alimentar individualmente cada bobina en el caso de un número de polos pares o impares en el estator.

45 Otra solución en el caso en el que el número de electroimanes en el estator es par consiste en alimentar simultáneamente el conjunto de las bobinas unidas en serie con un punto de alimentación situado entre cada bobina. El sentido de enrollamiento está invertido entre dos bobinados próximos. Los electroimanes pueden entonces ser alimentados de manera que formen a lo largo del camino cerrado del estator una sucesión de polos norte y de polos sur a uno y otro lado del plano que pasa por el eje del estator, desde el punto de contacto con una alimentación continua conectada sobre unos puntos de alimentación diametralmente opuestos. A continuación, con el fin de hacer rodar el rotor, está previsto desplazar de un punto de alimentación el conjunto de los electroimanes, formando así una nueva sucesión de polos norte y de polos sur simétricamente a un plano que ha girado. Esta operación se renueva continuamente con el fin de hacer rodar el rotor dentro del estator. La inversión de polaridad provoca una repulsión del polo del rotor que está cerca de un polo del estator y una atracción del polo siguiente (en el sentido de rodamiento del rotor) del rotor. Se recordará en este caso que la concordancia de los polos de estator y de rotor está garantizada por el sistema de engranajes descrito anteriormente, juntamente con la igualdad de las longitudes desarrolladas de los polos de estator y de rotor tal como se ha descrito anteriormente. Es esta igualdad la que hace el par sustancialmente constante con una alimentación con corriente constante.

60 En referencia a las figuras 10a a 10c, se presenta un ejemplo de alimentación individual de los polos. En este caso, el estator comprende nueve polos A a I y el rotor ocho polos J a Q. Las tres figuras presentan tres posiciones sucesivas del rotor con respecto al estator y la alimentación de las bobinas de los polos del estator correspondiente. Estas tres figuras presentan el "paso" del rotor sobre un polo del estator (el polo A) según un sentido de rotación R, pero se puede extrapolar naturalmente al conjunto de los polos del estator.

65 La figura 10a presenta por lo tanto una disposición del rotor 6 y del estator 1 tal que el punto de contacto 100

entre el rotor y el estator se sitúa aguas arriba del polo A. El conjunto de los polos del estator es alimentado entonces de manera que el polo A sea de polaridad sur y por lo tanto atrayendo al polo J del rotor de polaridad norte (N) y que se sitúa cerca del polo A. Para polarizar el polo A, la bobina 3 ha sido alimentada en un sentido de manera que el polo presente una polaridad sur. El polo B es polarizado de manera inversa de manera que presente una polaridad norte que atrae así al polo K del rotor de polaridad sur. De la misma manera, los polos C y D del estator son alimentados de manera que presenten respectivamente una polaridad sur y norte que permiten atraer respectivamente a los polos L y M del rotor. El polo E del rotor no está alimentado y no presenta por lo tanto ninguna polaridad. Las bobinas siguientes F a I son alimentadas de manera que rechacen respectivamente los polos N a Q. El conjunto de las fuerzas de atracción y de repulsión actúan así de manera que acompañen la rotación del rotor 6 alrededor del punto de contacto 100. La figura 10b presenta una posición siguiente del rotor 6 con respecto al estator 1 tal que el punto de contacto 101 entre los dos se sitúa a nivel del polo A. Las bobinas de los polos B a D son alimentadas de manera que atraigan a los polos K a M del estator. Las bobinas de los polos E y F son alimentadas de manera que presenten respectivamente un polo S y N, de manera que el polo N del rotor sea atraído por el polo E del estator y rechazado por el polo F del estator. Las bobinas de los polos G a I son alimentadas de manera que rechacen los polos O a Q del rotor. El conjunto de las fuerzas de atracción y de repulsión actúan así de manera que acompañen la rotación del rotor 6 alrededor del punto de contacto 101.

La figura 10c presenta una situación siguiente en la cual el punto de contacto 102 entre el rotor 6 y el estator 1 se sitúa entre las bobinas A y B. La alimentación de las bobinas de los polos del estator es por lo tanto la misma que la de la figura 10a pero desplazada de un polo según el sentido inverso al sentido de rotación R del rotor 6.

En referencia a las figuras 11a a 11c, se presenta un ejemplo de alimentación individual de los polos. El estator comprende nueve polos A a I y Z y el rotor ocho polos en el rotor J a Q. Las tres figuras presentan tres posiciones sucesivas del rotor con respecto al estator y la alimentación de las bobinas de los polos del estator correspondiente. Estas tres figuras presentan el "paso" del rotor sobre un polo del estator (el polo A) según el sentido de rotación R, pero puede ser naturalmente extrapolado al conjunto de los polos del estator.

La figura 11a presenta por lo tanto una disposición del rotor 6 y del estator 1 tal que el punto de contacto 110 entre el rotor y el estator se sitúa aguas arriba del polo A. El conjunto de los polos del estator es alimentado de manera que el polo A sea de polaridad norte y por lo tanto atraiga al polo K del rotor de polaridad sur (S) y que se sitúa cerca del polo A. Para polarizar el polo A, la bobina 3 ha sido alimentada en un sentido de manera que el polo presente una polaridad norte. El polo B está polarizado de manera inversa de manera que presente una polaridad sur atrayendo así al polo L del rotor de polaridad norte. De la misma manera, los polos C y D del estator son alimentados de manera que atraigan respectivamente a los polos M y N del rotor. El polo E del rotor es alimentado de manera que presente un polo norte con el fin de rechazar el polo N (de polaridad norte). El polo F del rotor es alimentado de manera que presente un polo norte con el fin de atraer al polo O (de polaridad sur). Las bobinas de los polos G, H, I y Z son alimentadas de manera que rechacen respectivamente los polos O, P, Q y J. El conjunto de las fuerzas de atracción y de repulsión actúan así de manera que acompañen la rotación del rotor 6 alrededor del punto de contacto 110. La figura 11b presenta una posición siguiente del rotor 6 con respecto al estator 1 tal que el punto de contacto 111 entre los dos se sitúa a nivel del polo A. Las bobinas de los polos B a D son alimentadas de manera que atraigan a los polos L a N del estator. Las bobinas de los polos E y G son alimentadas de manera que presenten respectivamente una polaridad norte y sur. Las bobinas de los polos H, I y Z son alimentadas de manera que rechacen los polos P, Q y K del rotor. Como las bobinas A y F están en contacto "directo" con respectivamente los polos K y O del rotor, su alimentación está invertida de sentido con el fin de permitir pasar de una polaridad norte a sur acompañando así el movimiento de rotación del rotor 6.

La figura 11c presenta una situación siguiente en la que el punto de contacto 111 entre el rotor 6 y el estator 1 se sitúa entre las bobinas A y B. La alimentación de las bobinas de los polos del estator es por lo tanto la misma que la de la figura 11a pero desplazada de un polo según el sentido inverso del sentido de rotación R del rotor 6.

La figura 12 representa una forma de realización posible de la invención cuyo estator comprende un número par de polos. El conjunto de los polos unidos en serie con un punto de alimentación situado entre cada bobina. Con respecto a un bobinado tal como se representa en las figuras 11a a 11c, se debe observar que el sentido de enrollamiento está invertido entre dos bobinados sucesivos. Los polos pueden entonces ser alimentados de manera que formen a lo largo del camino cerrado del estator una sucesión de polos norte y de polos sur a uno y otro lado del plano que pasa por el eje del estator de la línea de tangencia con una alimentación continua conectada sobre unos puntos de alimentación 120 y 122 diametralmente opuestos. Se debe observar que los polos diametralmente opuestos sobre los cuales están conectados los puntos de alimentación 120 y 122 están cortocircuitados al mismo potencial, desactivando así cualquier polaridad de dichos polos. A continuación, con el fin de hacer rodar el rotor, está previsto desplazar de un polo la alimentación que forma así una nueva sucesión de polos norte y de polos sur simétricamente a un plano que ha girado. Esta operación se renueva continuamente con el fin de hacer rodar el rotor dentro del estator.

En referencia a la figura 8 y según una forma de realización ventajosa de la invención, las pistas de rodamiento

91 del estator y las pistas de rodamiento correspondientes 92 del rotor presentan a nivel de sus superficies de rodamiento respectivas 912 y 922, unas partes oblicuas homólogas 914 y 924 de manera que las superficies sean sustancialmente complementarias.

5 Estas partes oblicuas pueden estar realizadas en forma de una pendiente biselada o gracias a un perfil de curvatura apropiado (hiperbólico, parabólico, etc.).

Esta parte oblicua permite generar una fuerza de reacción axial que permite evitar que el rotor pueda efectuar un desplazamiento axial cuando tiene lugar su rotación.

10 Un desplazamiento axial del rotor aumenta por la pendiente de las pistas de rodamiento el diámetro de rodamiento de una pista del rotor, su extremo del lado del desplazamiento avanza un poco más rápido que el otro la trayectoria en paso de tornillo sobre las pistas de rodamiento provoca un movimiento del rotor en el sentido opuesto al desplazamiento inicial. Una trayectoria oblicua muy pequeña corrige rápidamente la posición del rotor, el juego de los engranajes basta para dar un ángulo de corrección suficiente.

15 Así, unas partes oblicuas de este tipo aseguran una regulación mecánica de la posición axial del rotor. Esta regulación permite en particular evitar la aplicación de tensiones axiales a nivel de los órganos de soporte del rotor susceptibles de conducir al final a desgastes y/o deterioros.

20 En referencia a las figuras 9a y 9b, se observa que de manera esquematizada el estator comprende un espacio interno de radio r_s en el que se desplaza un rotor hueco de radio inferior r_r (siendo en este caso el grosor del rotor inapreciable). Se comprende entonces que la trayectoria descrita por el rotor cuando tiene lugar su rodamiento es tal que su espacio interior circunscribe un espacio de sección circular 93 de radio r_d . Este espacio es interesante ya que permite hacer pasar, además del árbol de salida, unos elementos internos o externos del motor como cables, etc. sin que estos elementos estén sujetos a los movimientos del rotor, que circula alrededor de este espacio.

25 Para garantizar este espacio 93, la relación de los radios del estator y del rotor debe ser seleccionada por lo tanto bajo las condiciones siguientes:

$$1 < \frac{r_s}{r_r} < 2$$

35 Evidentemente, la relación debe ser superior a 1 para que el rotor pueda ser insertado en el hueco del estator. Además, la relación que lee los tres radios es la siguiente:

$$r_d = 2r_r - r_s$$

40 Sin embargo, esta relación está simplificada ya que en realidad, el rotor posee un cierto grosor y está por lo tanto caracterizada por un radio interno r_{ri} y un radio externo r_{re} , estando entonces el espacio definido por la trayectoria de la superficie interna del rotor. En referencia a la figura 9b, se debe observar que el espacio así definido permite disponer un cilindro como el utilizado para el árbol de salida del motor. Este cilindro puede ser hueco, que permite hacer pasar unos elementos al interior como se ha explicado anteriormente. Las relaciones se vuelven entonces:

$$45 \quad \frac{r_s}{r_{ri} + r_{re}} < 1 \quad \text{y} \quad r_d = r_{ri} + r_{re} - r_s$$

50 Los valores del radio interior r_s del estator y de los radios interior y exterior r_{ri} y r_{re} del rotor son seleccionados en este caso en función del radio r_d buscado para este espacio 93.

La figura 9b ilustra asimismo el caso particular en el que el árbol de salida 94 presenta un radio sustancialmente igual a r_d y en el que este árbol es hueco, permitiendo así hacer pasar unos elementos al interior como se ha explicado anteriormente.

55 Sin embargo, en la hipótesis en la que las longitudes desarrolladas de los polos de rotor y de los polos de estator sean iguales, entonces el número de polos del estator y el número de polos del rotor son sustancialmente proporcionales al radio interno del estator y al radio externo del rotor, y estas fórmulas pueden ser aplicadas a la relación entre el número de polo del estator n_s y el número de polo del rotor n_r :

$$\frac{ns}{nr} < 2$$

5 Evidentemente, la presente invención no está limitada de ninguna manera a la forma de realización descrita anteriormente e ilustrada en los dibujos, y el experto en la materia sabrá aportar numerosas variantes y modificaciones.

10 Se debe observar que se ha descrito generalmente una forma de realización de la invención en forma de un motor eléctrico, sin embargo, el experto en la materia sabrá aplicar las características descritas a cualquier otra máquina giratoria (por ejemplo a un generador).

REIVINDICACIONES

1. Máquina eléctrica giratoria con rotor excéntrico que comprende un estator (1) y un rotor excéntrico (6), en la que:
- 5
- el estator (1) comprende una pluralidad de polos magnéticos (7) repartidos circunferencialmente con el fin de definir un espacio cerrado cilíndrico,
 - el rotor (6) es de forma generalmente cilíndrica con un diámetro inferior al de dicho espacio cerrado y comprende una pluralidad de polos magnéticos (7) repartidos circunferencialmente, siendo el número de polos magnéticos (7) del estator superior al número de polos magnéticos (7b) del rotor,
 - el rotor rueda en el interior del espacio cerrado,
 - a nivel de la zona de interacción electromagnética entre el estator (1) y el rotor (6), el desarrollo de un polo de estator (1) y el desarrollo de un polo de rotor (6) son de longitudes sustancialmente iguales,
- 15
- comprendiendo también la máquina un árbol (11) sujeto a la componente rotacional del rotor (6),
- 20
- caracterizada por que comprende además un contrapeso (19) en forma de luna creciente que forma con el rotor (6) un conjunto cuyo baricentro se encuentra cerca del eje del estator (1).
2. Máquina eléctrica giratoria según la reivindicación 1, en la que el estator (1) comprende por lo menos una pista de rodamiento (4a, 5a) en cuyo interior es apta para rodar una pista de rodamiento (4b, 5b) del rotor (6), presentando las pistas de rodamiento (4a, 5a, 4b, 5b) un perfil complementario apto para crear una fuerza de contra-reacción axial.
- 25
3. Máquina eléctrica giratoria según la reivindicación 1 o 2, en la que los polos (7) del estator (4) comprenden unos bobinados (7a), y comprenden además unos medios de pilotaje (80) de la alimentación de los bobinados en función de una información de posición del rotor.
- 30
4. Máquina eléctrica giratoria según la reivindicación 3, en la que dicha información de posición del rotor es proporcionada por un sensor angular.
- 35
5. Máquina eléctrica giratoria según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende asimismo un dispositivo de engranaje (16, 25) entre el rotor (6) y el estator (1) con el fin de garantizar un rodamiento sin deslizamiento del rotor en el estator.
- 40
6. Máquina eléctrica giratoria según una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el árbol (11) está sujeto al rotor (6) por un sistema de transmisión de dedos (32) de accionamiento que coopera con unas lumbreras (30) de tamaño superior a la sección de los dedos (32).
- 45
7. Máquina eléctrica giratoria según la reivindicación 6, en la que dichas lumbreras (30) comprenden cada una un dispositivo de rodamiento mecánico (32).
- 50
8. Máquina eléctrica giratoria según la reivindicación 7, en la que cada dedo de accionamiento (32) comprende una superficie de adherencia que comprende una junta (33b), sobre una superficie de apoyo sobre la cual se apoya el rodamiento mecánico correspondiente.
- 55
9. Máquina eléctrica giratoria según una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el árbol está sujeto al rotor (6) por un sistema de transmisión de doble engranaje.
- 60
10. Máquina eléctrica giratoria con rotor excéntrico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que el estator (1) posee un número par de polos (7) y del cual el sentido de los bobinados del estator (1) está invertido entre dos polos sucesivos, y todos unidos en serie.
11. Máquina eléctrica giratoria con rotor excéntrico según las reivindicaciones 1 y 2 en combinación, caracterizada por que el contrapeso (19) comprende dos series de rodillos (20), uno para su rodamiento sobre el estator y el otro para su rodamiento sobre el rotor.

FIG. 1

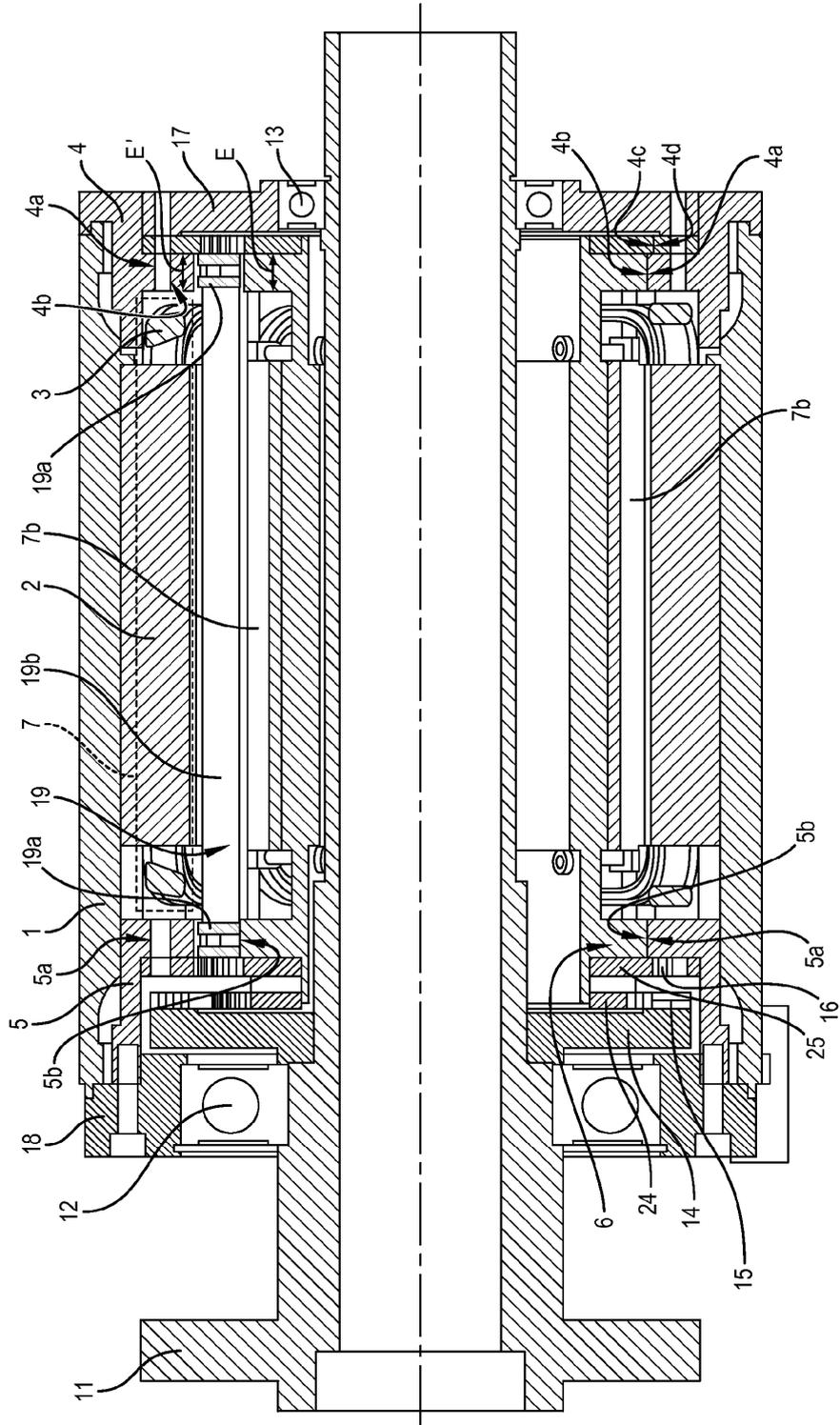


FIG. 2

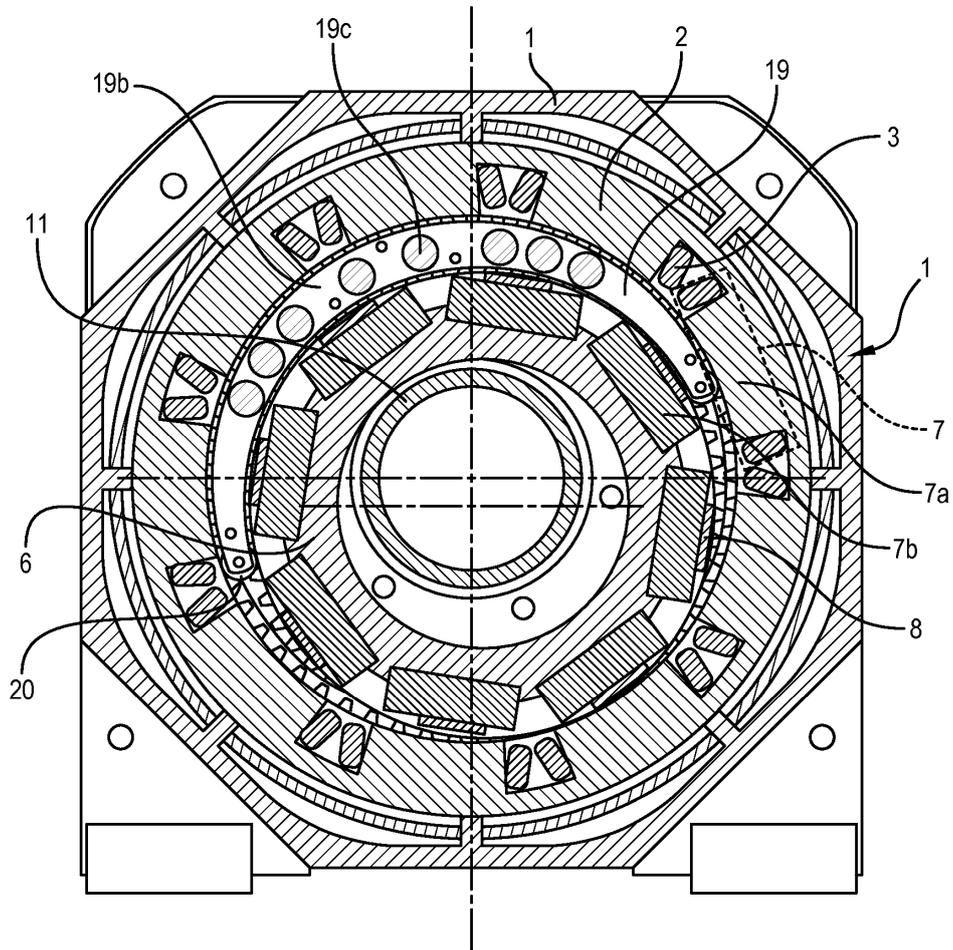


FIG. 2b

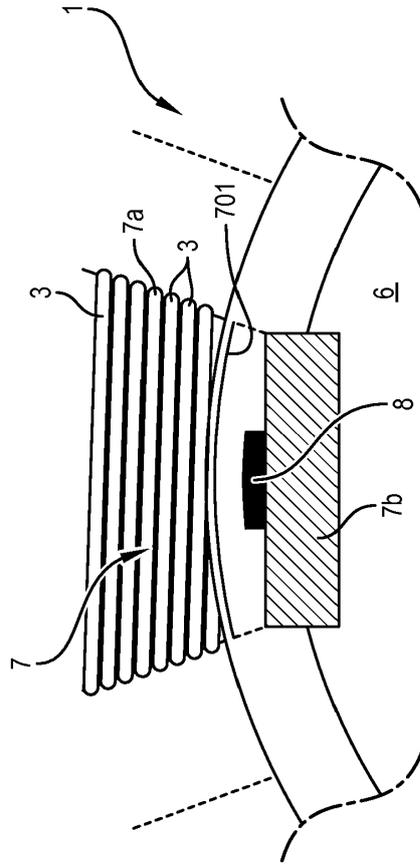


FIG. 3

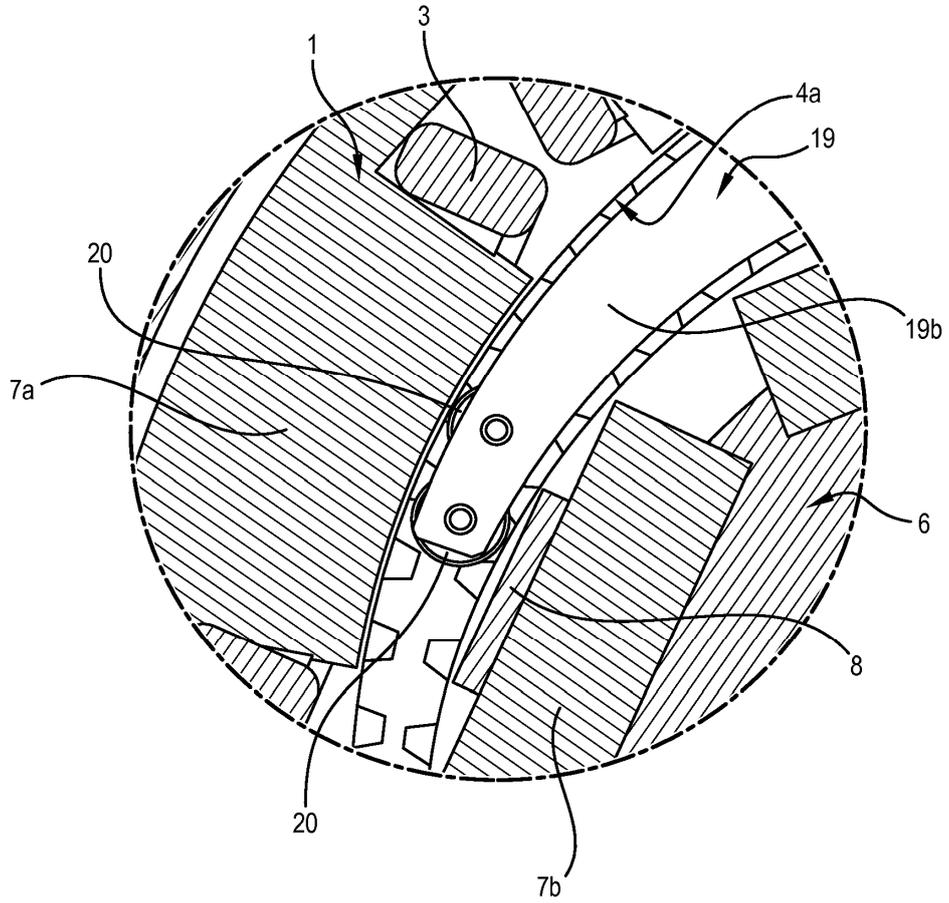


FIG. 4

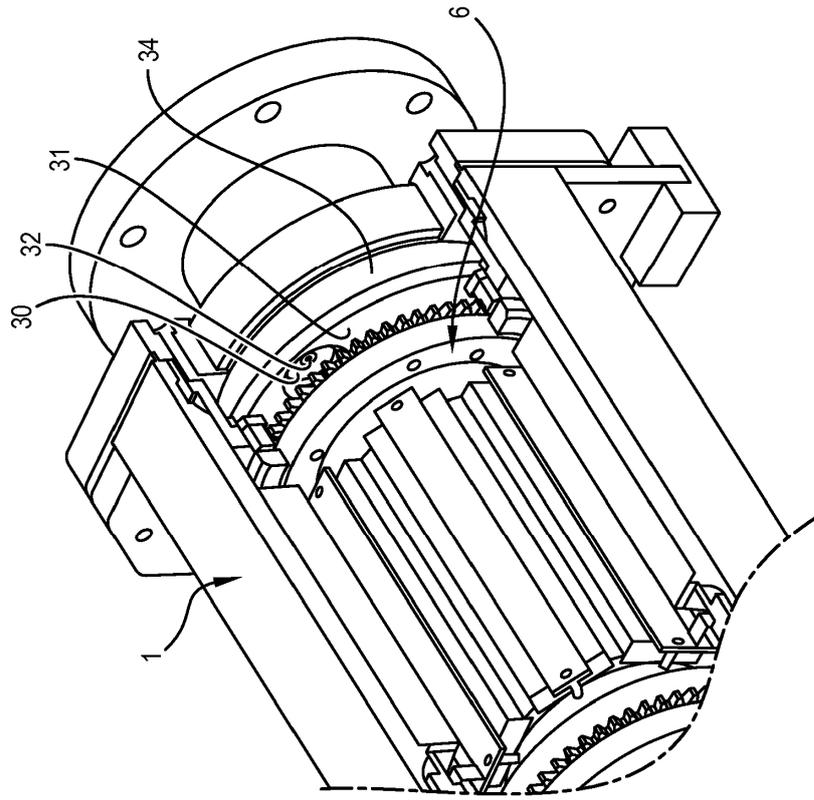


FIG. 5

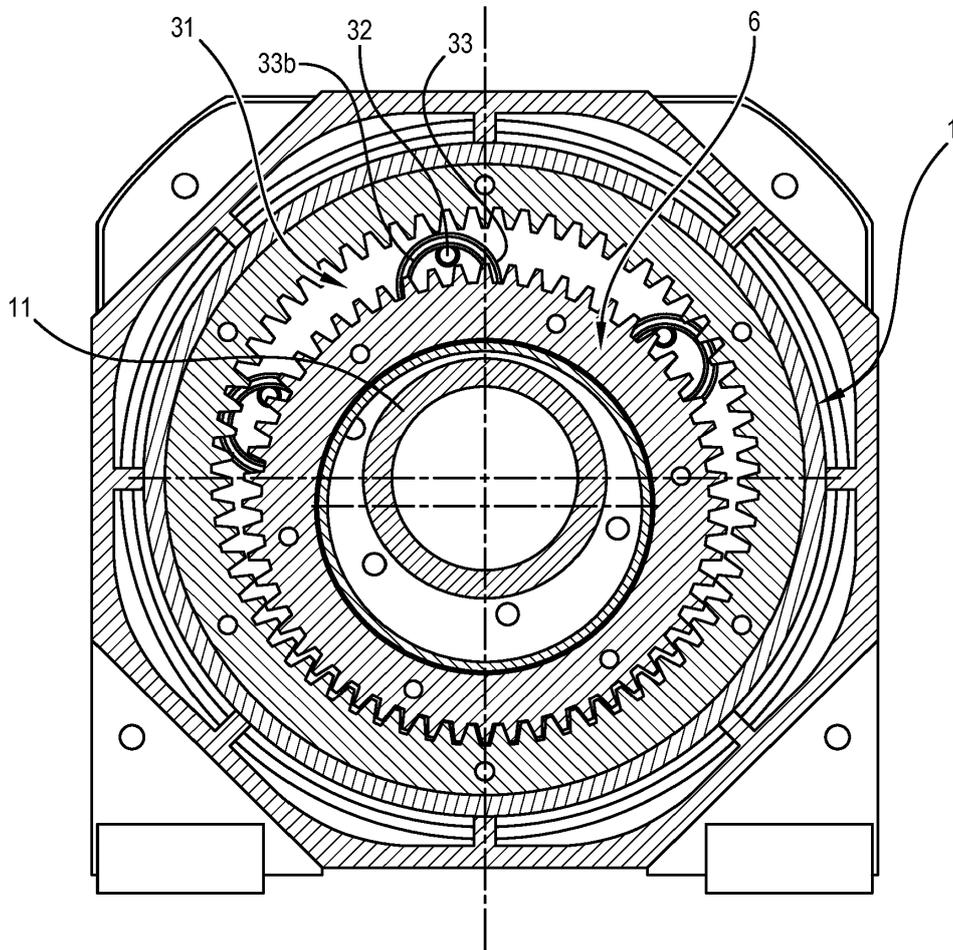


FIG. 6

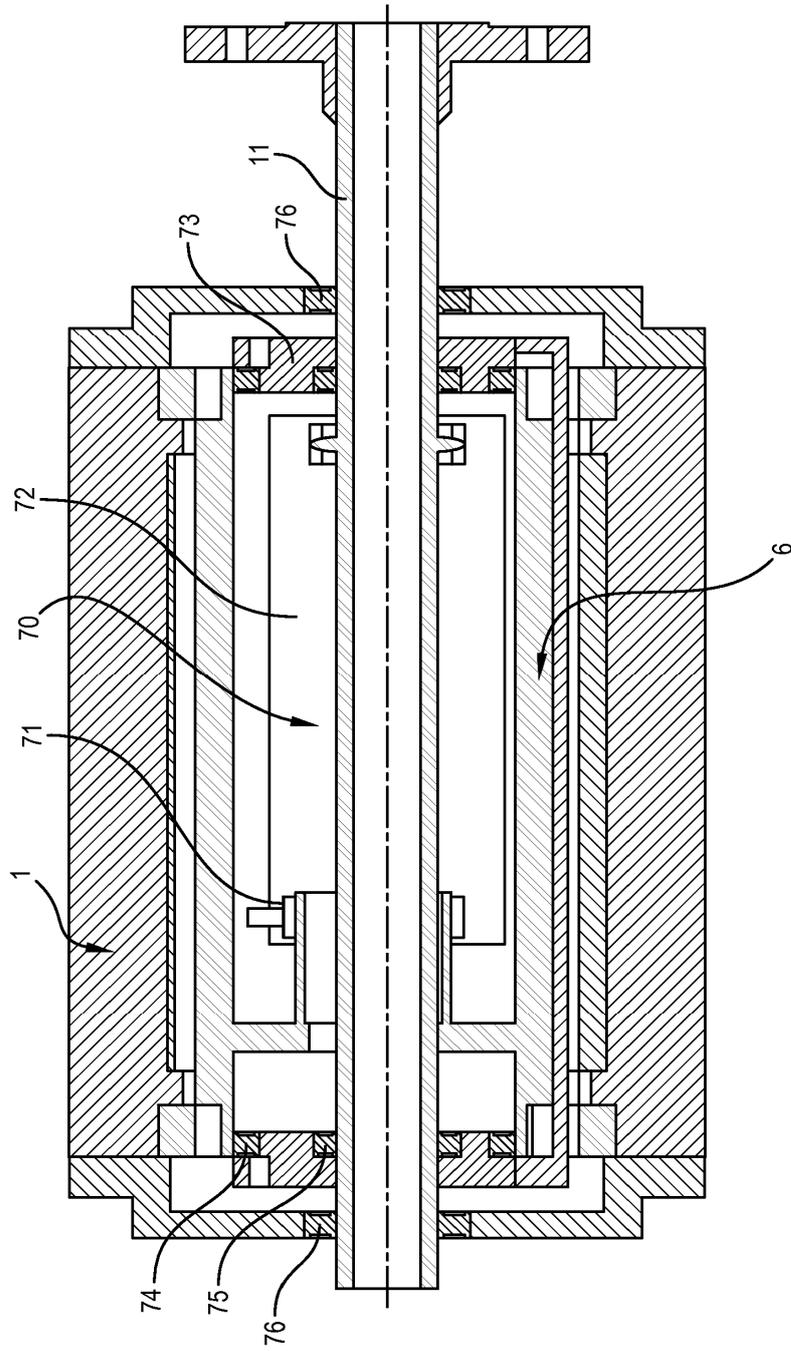


FIG. 7

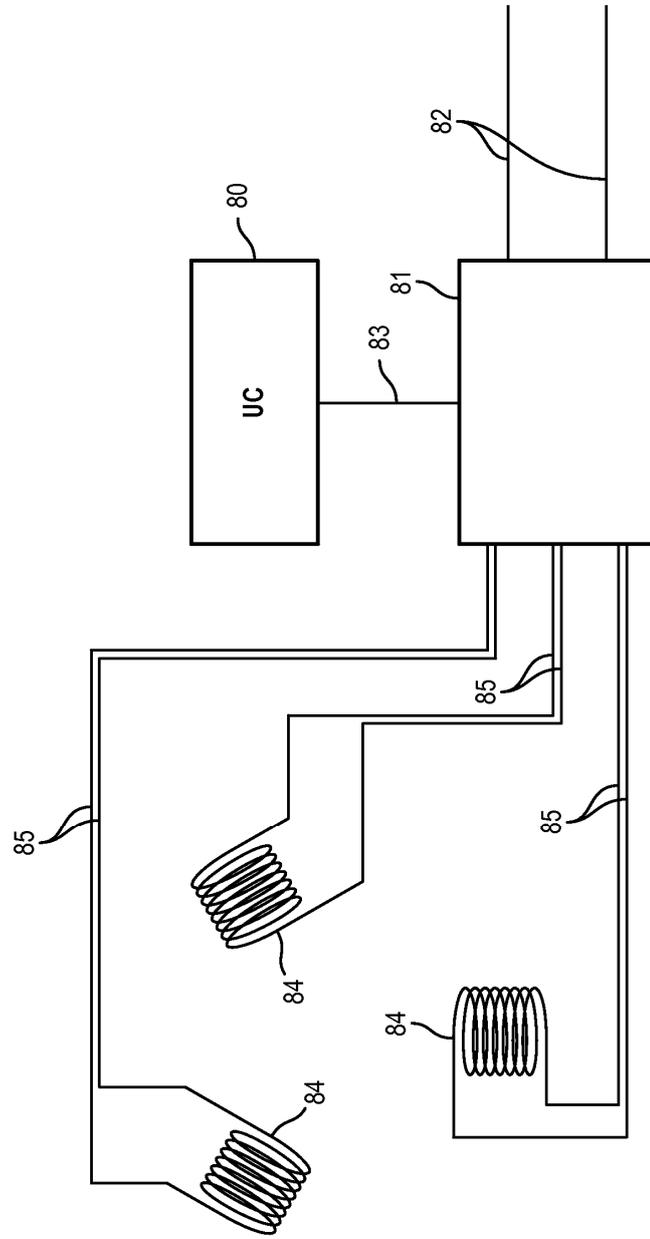


FIG. 8

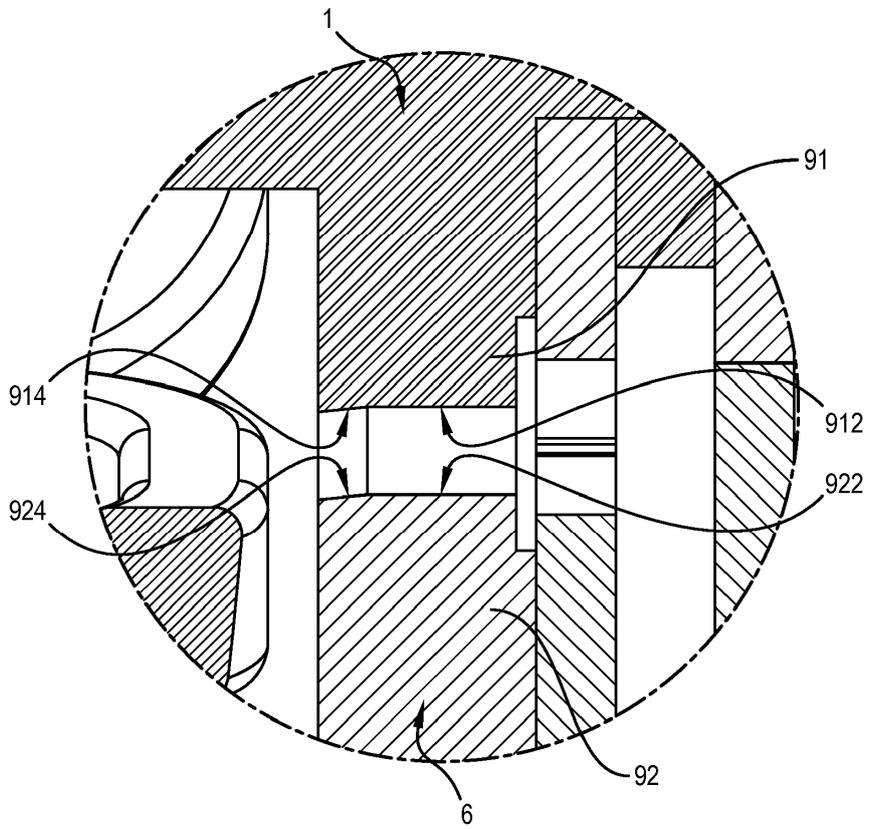


FIG. 9b

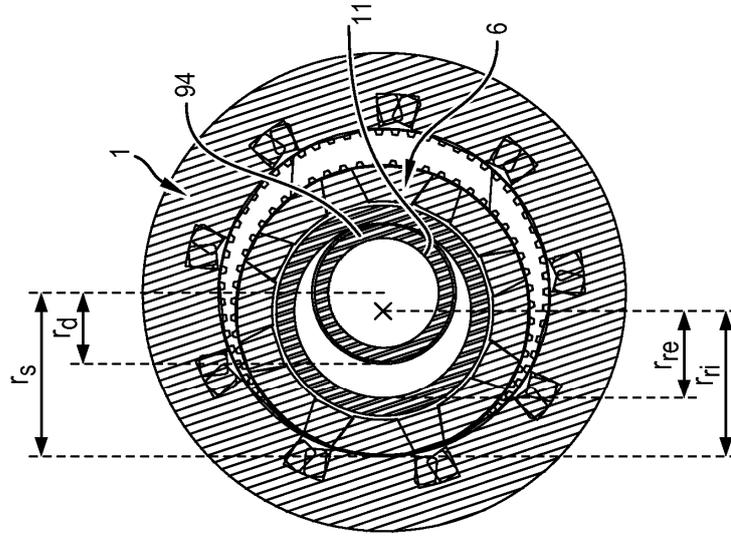
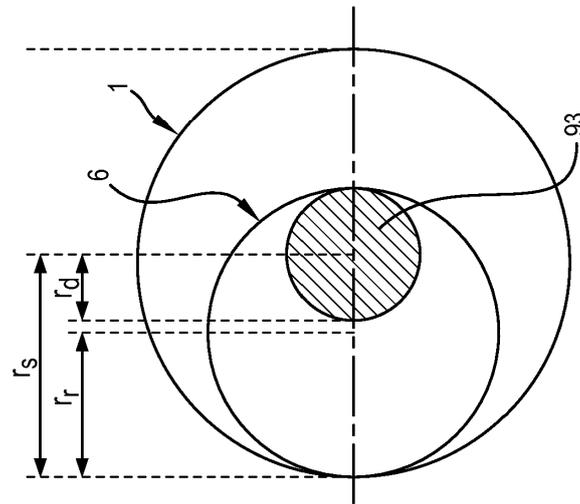


FIG. 9a



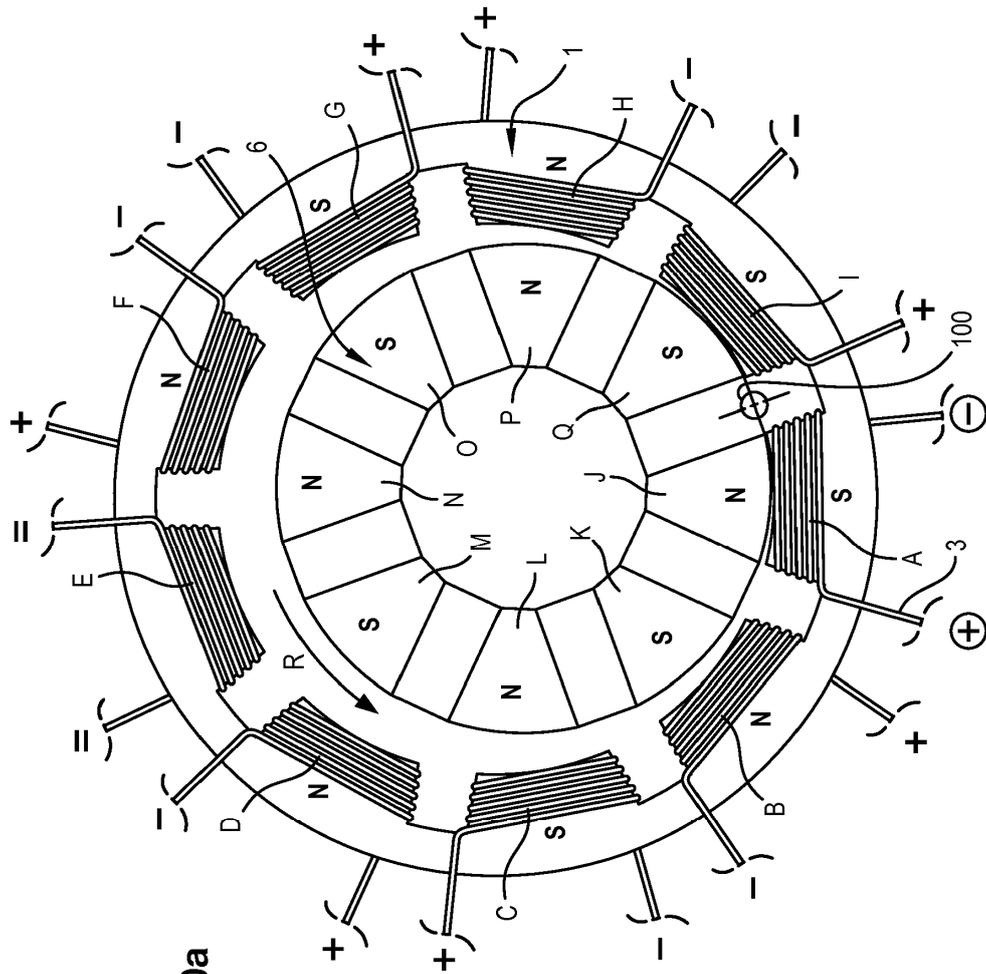


FIG. 10a

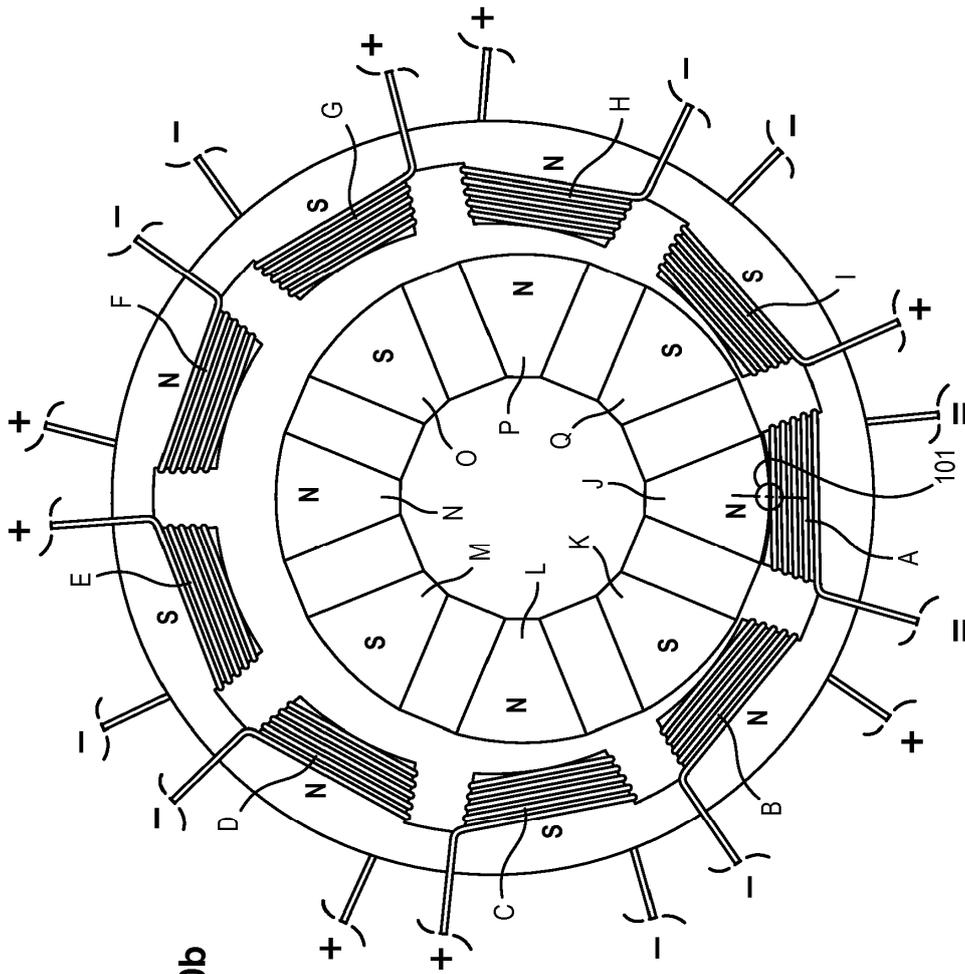


FIG. 10b

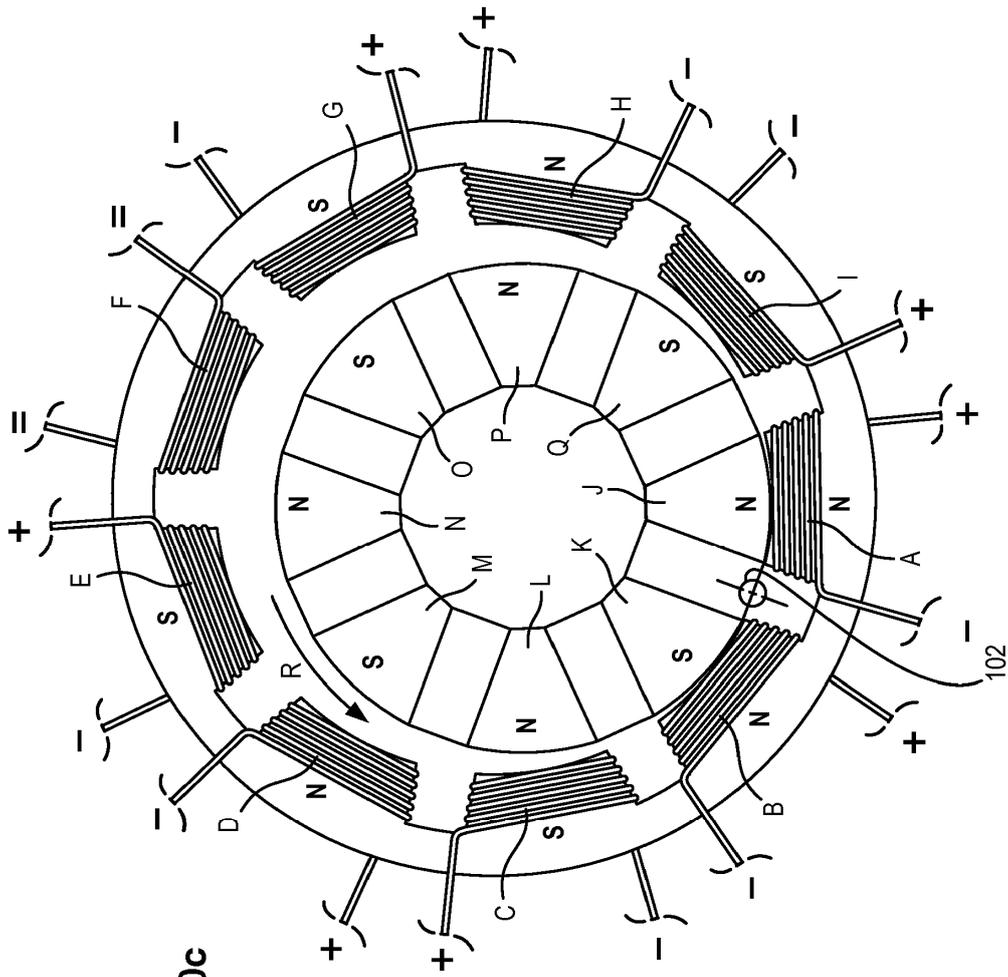


FIG. 10c

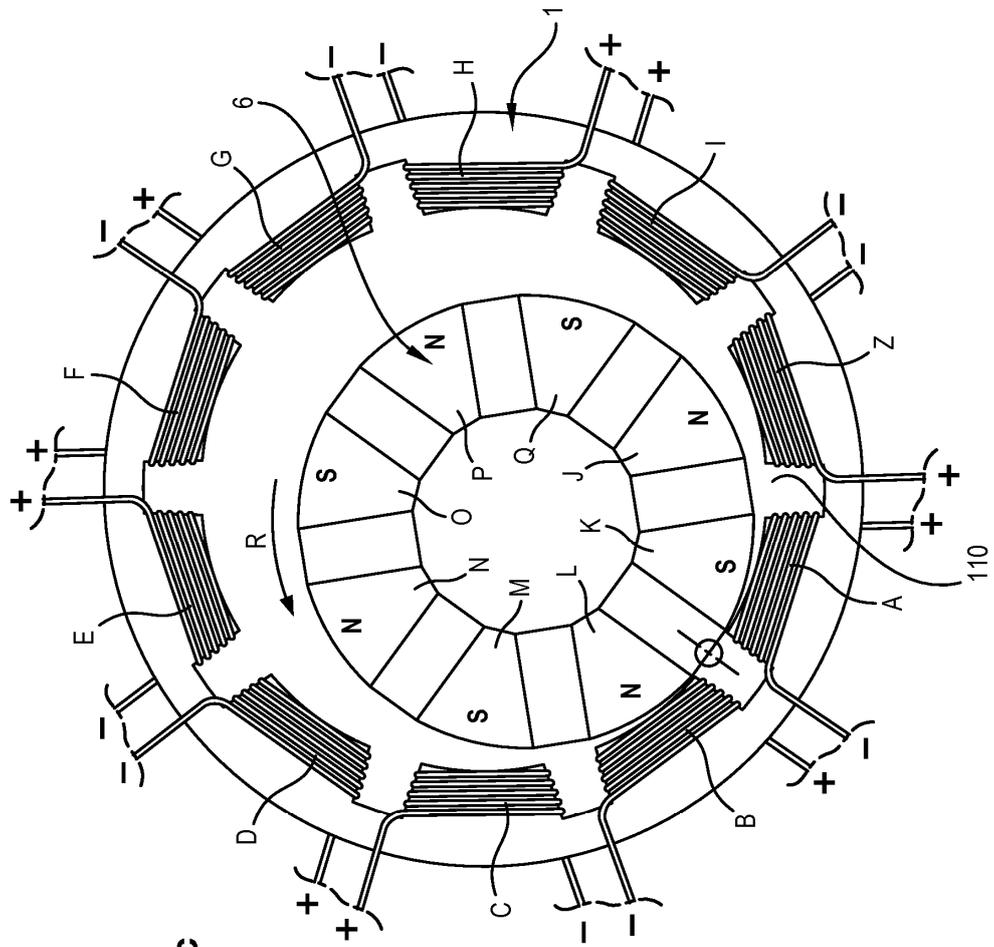


FIG. 11c

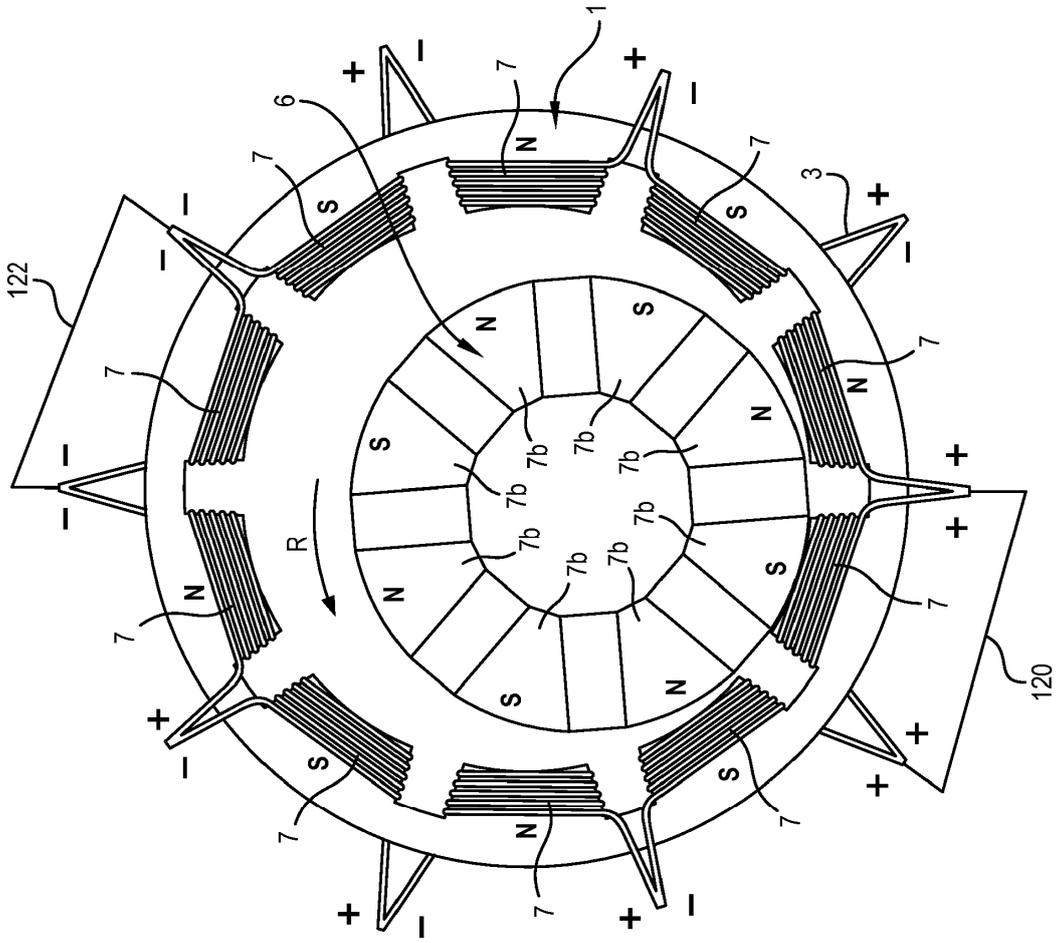


FIG. 12