

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 254**

51 Int. Cl.:

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 21/12 (2006.01)

H02K 29/03 (2006.01)

H02K 15/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2012 E 12179620 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2615723**

54 Título: **Un rotor de imanes permanentes para una máquina eléctrica giratoria**

30 Prioridad:

30.09.2011 IT MO20110252

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

16.05.2017

73 Titular/es:

**MONTANARI GIULIO&C. S.R.L. (100.0%)
Via Bulgaria 39
41122 Modena, IT**

72 Inventor/es:

MANTOVANI, ALBERTO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 612 254 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

Un rotor de imanes permanentes para una máquina eléctrica giratoria

5 La presente invención se refiere a un rotor de imanes permanentes para una máquina eléctrica giratoria. En particular, el rotor tiene una alta densidad de flujo y unos imanes permanentes, dispuestos radialmente. La presente invención tiene aplicación, en particular, en la construcción de máquinas eléctricas síncronas.

10 En las máquinas síncronas, el rotor presenta una pluralidad de imanes permanentes, cuyo campo magnético interactúa con los devanados del circuito de energía de estator. La interacción magnética entre el estator y el rotor produce la energía mecánica.

El número de imanes permanentes montados en el rotor determina el número de polos magnéticos del propio rotor.

15 Se conocen diversas realizaciones de rotores para motores síncronos. Entre ellas, se consideran dos tipos particulares de rotores para motores síncronos. El primer tipo se denomina "de imanes de superficie", mientras que el segundo se denomina "de imanes radiales".

20 La principal diferencia entre los dos tipos consiste en la disposición de los imanes en el interior del rotor.

Teniendo en cuenta que un rotor tiene una forma sustancialmente cilíndrica, en los rotores "de imanes de superficie" los imanes están dispuestos a lo largo de la superficie cilíndrica del propio rotor. De ello se desprende que las expansiones polares de dicho tipo están dispuestas, precisamente, a lo largo de la superficie lateral del rotor.

25 Por el contrario, los rotores del tipo "de imanes radiales" tienen los imanes dispuestos a lo largo de direcciones radiales. En otras palabras, la dirección predominante de la extensión de los imanes individuales se dirige radialmente desde el eje de rotación del rotor.

30 La primera solución constructiva ("de imanes de superficie") normalmente se realiza utilizando imanes permanentes, fabricados con aleaciones que comprenden elementos de tierras raras (por ejemplo, NdFeB), que exhiben una alta inducción magnética (por ejemplo, 1,2 T).

35 De hecho, aunque obtiene altas densidades de par, el tipo "de imanes de superficie" permite obtener una mayor compacidad del motor siempre que se usen imanes de alto rendimiento, tales como, precisamente, aquellos con elementos de tierras raras. El tipo preferido de rotor para obtener un motor con una alta densidad de par, y que presente una elevada compacidad dimensional, es un rotor fabricado con imanes de tierras raras dispuestos sobre la superficie.

40 Sin embargo, el coste de los elementos de tierras raras ha aumentado considerablemente recientemente. Esto significa un aumento sustancial en el coste de producción (de hasta ¼) para poder realizar un motor síncrono igual.

45 Por lo tanto, con miras a realizar un motor síncrono compacto, de alto rendimiento (es decir, con una alta densidad de par) y que fuera al mismo tiempo económica y productivamente sostenible, se consideró realizar un motor síncrono con un rotor "de imanes radiales", con imanes fabricados con materiales cuyo rendimiento fuera menor que el de los elementos de tierras raras (por ejemplo, imanes de ferrita). En los documentos US2008/0246362 y US2006/0238064 se dan a conocer ejemplos de rotores que tienen imanes radiales.

50 Si se comparan los dos tipos de imanes, se pone de relieve el hecho de que, como se ha mencionado, los imanes de tierras raras muestran una inducción magnética de aproximadamente 1,2 T, mientras que los imanes de ferrita presentan una inducción magnética de aproximadamente 0,4 T.

55 El reto superado por la presente invención consiste en realizar un motor síncrono de "imanes radiales de ferrita", que sea compacto y tenga un alto rendimiento al igual que el motor de "imanes de superficie" equivalente, pero económicamente ventajoso de producir.

60 Como se observa, entre los valores de inducción magnética de los imanes de tierras raras y los de ferrita hay un factor de "tres". Si uno desea mantener unas dimensiones compactas del motor, el otro parámetro sobre el que puede actuarse para aumentar el rendimiento del rotor es la superficie utilizable para el desarrollo de líneas de flujo. Por lo tanto, la superficie utilizable de un rotor "de imanes radiales" (S_{mr}) debe ser al menos tres veces la superficie utilizable de un rotor "de imanes de superficie" (S_{ms}): $S_{mr} = 3 \cdot S_{ms}$

La superficie utilizable de un rotor "de imanes de superficie" es: $S_{ms} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L$, en donde R es el radio del rotor y L la longitud de la superficie cilíndrica del rotor.

65 En su lugar, la superficie utilizable de un rotor "de imanes radiales" sigue la fórmula: $S_{mr} = N_p \cdot (R - R_a) \cdot L$, en donde N_p representa el número de expansiones polares (polos), R el radio del rotor (por lo tanto, el radio externo de los

imanes) y R_a el radio interno de los imanes.

Esta diferencia en las fórmulas se basa en el hecho de que, en los rotores “de imanes de superficie”, las superficies utilizables para suministrar el flujo magnético utilizable están dispuestas a lo largo de dos circunferencias concéntricas.

En los rotores “de imanes radiales”, las superficies utilizables para suministrar el flujo magnético utilizable son las superficies laterales, es decir, las dispuestas en una dirección sustancialmente radial. De ello se desprende que estas superficies laterales (es decir, el término $(R-R_a)$), y el número de las mismas (es decir, el número de polos, N_p), están incluidas en el cálculo de la superficie máxima utilizable para la configuración de “imanes radiales”.

Por detrás de la restricción de compacidad, la longitud del rotor L es un parámetro a mantener fijo para ambos tipos de construcción. Por lo tanto, con el fin de compensar el factor “tres” de inducción magnética, uno puede actuar sólo sobre el número de polos (N_p de la fórmula) realizable en el rotor “de imanes radiales”.

Si se combinan las fórmulas mencionadas, asumiendo la situación extrema de un radio interno (R_a) igual a cero, el número mínimo de polos (N_p) para obtener la misma densidad de par en ambos tipos es igual a 20. Al ser imposible realizar un rotor con un R_a igual a cero, esto significa que N_p deberá ser ciertamente mayor que 20.

En este punto entran en juego los límites tecnológicos de realización de un rotor que sea a la vez compacto y tenga un alto número de polos. De hecho, en esta configuración no es fácil reconciliar el alto número de polos, la resistencia mecánica estructural del rotor, una alta permeabilidad magnética al flujo concatenado con el estator, y una baja permeabilidad magnética al flujo no utilizable, es decir el que retorna al propio rotor.

En este contexto, la tarea técnica básica de la presente invención es proponer una solución para los inconvenientes anteriormente mencionados de la técnica anterior.

Un objeto de la presente invención es proponer un rotor de imanes permanentes, del tipo “de imanes radiales”, con una baja inducción residual, que muestre el mismo rendimiento que un rotor de imanes permanentes del tipo “de imanes de superficie” con una alta inducción residual, siendo iguales las dimensiones totales.

Un objeto adicional de la presente invención es proponer un rotor de imanes permanentes, del tipo “de imanes radiales”, con un alto número de polos y, al mismo tiempo, una alta resistencia mecánica estructural.

Un objeto adicional de la presente invención es proponer un rotor de imanes permanentes, del tipo “de imanes radiales”, que muestre un alto rendimiento, y que sirva, en particular, para maximizar la permeabilidad magnética al flujo concatenado con el estator, y que minimice la permeancia magnética al flujo no utilizable, es decir aquel que retorna al propio rotor.

La tarea técnica señalada y los objetivos especificados se logran substancialmente mediante un rotor de imanes permanentes, y mediante un método que comprende las características técnicas de las reivindicaciones 1 y 9.

Algunas características y ventajas adicionales de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción aproximada, y por lo tanto no limitativa, de una realización preferida pero no exclusiva de un rotor de imanes permanentes, como se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa una vista en perspectiva de una máquina eléctrica giratoria, que comprende un rotor de imanes permanentes de acuerdo con la presente invención;
- la figura 2 representa una vista en perspectiva del rotor de imanes permanentes de acuerdo con la presente invención;
- la figura 3 representa un primer detalle ampliado del rotor de imanes permanentes de la figura 2;
- la figura 4 representa un segundo detalle ampliado del rotor de imanes permanentes de la figura 2;
- la figura 5 representa un segundo detalle ampliado del rotor de imanes permanentes, en una segunda realización;
- la figura 6 representa una realización alternativa de los imanes permanentes presentes en el rotor de acuerdo con la presente invención.

Con referencia a las figuras adjuntas, 1 indica en general una máquina eléctrica giratoria, que comprende un rotor 3 de imanes permanentes de acuerdo con la presente invención y un estator 2.

El motor 1 comprende adicionalmente un bloque de terminales 50 para la conexión a la red eléctrica, en particular para alimentar los circuitos del estator. El rotor 3 comprende un árbol motriz 25, asociable con el estator por medio de al menos dos cojinetes de tipo conocido.

El rotor 3 comprende un cuerpo 10 de rotor y una pluralidad de imanes permanentes 4.

El cuerpo 10 de rotor tiene un eje de rotación "A", que coincide sustancialmente con el eje longitudinal del árbol motriz 25. Dicho cuerpo 10 de rotor, ilustrado en la figura 2, tiene un espesor reducido intencionalmente (a lo largo del eje "A") por razones ilustrativas. Este espesor puede también ser, en realidad, mucho mayor. El cuerpo 10 de rotor está definido por una pluralidad de placas pequeñas 20 agrupadas entre sí a lo largo del eje de rotación "A".

5 Cada una de estas placas pequeñas 20 tiene un espesor comprendido entre 0,3 mm y 5 mm, porque de esta manera son mucho más fáciles de mecanizar en máquinas herramientas, en comparación con un bloque fundido. Las placas pequeñas 20 están fabricadas con un material ferromagnético.

10 El cuerpo 10 de rotor presenta una pluralidad de expansiones radiales 11 y una pluralidad de asientos de alojamiento 12, intercalados con las expansiones radiales 11, con el fin de alojar los imanes 4. Las expansiones radiales 11 y, por consiguiente, los asientos de alojamiento 12 están espaciados angularmente por igual alrededor del eje de rotación "A".

15 Dichas expansiones radiales 11 están moldeadas sobre las anteriormente mencionadas placas pequeñas 20.

El cuerpo 10 de rotor comprende adicionalmente un anillo de soporte 18 que, a nivel interno, puede conectarse de manera estable al árbol motriz 25, por ejemplo por medio de una llave 26, mientras que en la superficie exterior del mismo soporta mecánicamente las expansiones radiales 11, impartiendo así solidez mecánica al cuerpo 10 de rotor.

20 Cada par de expansiones radiales 11 contiguas presenta unas respectivas porciones periféricas 14, separadas entre sí a fin de definir unas respectivas aberturas de separación 13, adecuadas para impedir el paso directo del flujo magnético entre dichas porciones periféricas 14. Preferentemente, la abertura de separación 13 se extiende a todo lo largo (en la dirección axial) del cuerpo 10 de rotor.

25 Dicha abertura de separación 13 tiene el efecto particular de crear una "barrera" para el flujo magnético generado por los imanes 4, que, sin la abertura de separación 13, formaría un bucle entre dos expansiones radiales sucesivas 11 y no se vería concatenado con el flujo magnético generado por el estator 2. De hecho, la abertura de separación 13, al ser un espacio de aire virtual, bloquea las líneas de flujo magnético que de otra manera se desplazaría desde una expansión radial 11 hasta la expansión contigua, es decir, sin verse concatenado con el flujo magnético del estator 2, limitando por consiguiente el par máximo generado por la máquina 1.

30 Como puede observarse en la figura 3, las porciones periféricas 14 de cada expansión radial 11 presentan adicionalmente unas porciones de enganche laterales 15 orientadas hacia las expansiones radiales 11 contiguas (por lo tanto, en una configuración en "T"), a fin de retener los imanes 4 adyacentes internamente de los respectivos asientos de alojamiento 12.

35 Como puede observarse en la figura 3, las porciones de enganche laterales 15 se extienden a lo largo de una dirección que es sustancialmente tangencial a la superficie externa 30 del cuerpo 10 de rotor, y enganchan con los respectivos imanes 4 adyacentes. En particular, son las porciones de enganche laterales 15 de las expansiones radiales 11 las que delimitan y definen las dimensiones de las aberturas de separación 13. Dichas porciones de enganche laterales 15 tienen la función adicional de limitar el "par de detención". El "par de detención" es un par que se genera por la interacción de los imanes permanentes y los dientes del estator, altamente indeseable debido a que impide la rotación regular del rotor, lo que resulta en la generación de vibraciones y ruidos en el motor. Las porciones de enganche laterales 15 permiten reducir la variación en la resistencia a la rotación, limitando así el "par de detención".

40 Observando el detalle de la figura 4, puede observarse que cada expansión radial 11 del cuerpo 10 de rotor presenta, en la base, una porción de saturación 16. Cada porción de saturación 16 está estructuralmente interpuesta entre el anillo de soporte 18 y la porción periférica 14 de cada expansión radial 11.

50 El término "saturación" significa que el alcance del flujo magnético máximo dentro de la sección útil de cada porción de saturación 16 está, por lo tanto, en una condición en la que no puede aceptar flujo magnético adicional alguno.

55 En particular, se hará referencia a un "flujo magnético utilizable" y a un "flujo magnético parásito".

El "flujo magnético utilizable" define el flujo magnético generado por los imanes permanentes del rotor que pasa a través del espacio de aire entre el rotor y el estator, y se concatena con el flujo magnético generado por el estator. Cuanto mayor es el "flujo magnético utilizable", mayor será el par que puede desarrollar la máquina eléctrica.

60 El "flujo magnético parásito" define el flujo magnético generado por los imanes permanentes del rotor que forma un bucle de retorno en el propio rotor, y no se concatena con el flujo magnético del estator. Dado que el "flujo magnético parásito" no interactúa con el flujo del estator, no genera potencia motriz; por ello se denomina "parásito".

65 En particular, las líneas "de flujo parásito" atraviesan (y saturan) sustancialmente las porciones de saturación 16, dada la posición interna de las mismas en el rotor 3, formando las líneas un bucle de retorno sobre el anillo de soporte 18 y, por lo tanto, no se concatenan con el estator 2. Las dimensiones y la geometría de las porciones de

saturación 16 influyen en el comportamiento de dichas líneas de “flujo parásito”.

Cada imán 4 está establecido en una orientación sustancialmente radial dentro del respectivo asiento de alojamiento 12. Cada imán 4 presenta, en una sección a lo largo de un plano que es sustancialmente perpendicular al eje de rotación “A”, una porción de cabeza 5 situada en la proximidad de una superficie externa 30 del cuerpo 10 de rotor, y una porción de base 6 orientada hacia el eje de rotación “A”. Las porciones periféricas 14 de las expansiones radiales 11 y las porciones de cabeza 5 de los imanes 4 definen conjuntamente el perfil de la superficie externa 30 del cuerpo 10 de rotor. De manera ventajosa, la porción de base 6 de cada imán 4 tiene una anchura menor que la anchura de la porción de cabeza 5, teniendo en cuenta que las anchuras mencionadas se miran a lo largo de una dirección que es casi tangencial a la extensión radial del propio imán 4.

Esta característica permite reducir la distancia entre imanes 4 contiguos, ya que permite un elevado acercamiento recíproco entre los imanes 4, sin que las porciones de base 6 interfieran entre sí y reduzcan en exceso la sección utilizable de las porciones de saturación 16 de las expansiones radiales 11 del cuerpo 10 de rotor. Por lo tanto, esto permite insertar un mayor número de imanes 4 en el rotor 3 sin sacrificar excesivamente la resistencia mecánica necesaria del cuerpo 10 de rotor.

Por lo tanto, la relación dimensional entre las anchuras de la porción de cabeza 5 y la porción de base 6 permite maximizar la extensión radial de los propios imanes 4, siendo verdaderamente ventajoso para la superficie utilizable de generación de flujo magnético.

En particular, con la configuración específica de los imanes 4 descrita anteriormente, es posible llegar a un número de imanes 4 igual o superior a veinte. En otras palabras, el número igual o superior a veinte anteriormente mencionado debe comprenderse en relación con la distribución angular de los imanes 4 alrededor del eje de rotación “A”. Por lo tanto, tal número igual o superior a veinte implica que dos imanes 4 contiguos estarán separados por un ángulo que sea igual o inferior a $360^\circ/20$, es decir un ángulo de 18° . Con tal densidad de imanes 4, el rotor 3 de acuerdo con la presente invención logra desarrollar una alta densidad de par al tiempo que limita las dimensiones globales.

En las realizaciones de las figuras 2-5, la porción de base 6 de cada imán 4 tiene una conformación que se estrecha hacia el eje de rotación “A”, como se puede observar fácilmente en los detalles de las figuras 4 y 5.

La forma ahusada de cada porción de base 6 permite acercar radialmente los imanes 4 individuales, y sirve para definir una geometría precisa de la porción de saturación 16 de cada expansión radial 11.

En particular, en la realización de las figuras 4-5, cada porción de saturación 16 presenta una extensión, en la dirección radial, que tiene una sección constante.

En otras palabras, si se observa el rotor 3 en una vista frontal como la de la figura 4, cada porción de saturación 16 tiene una anchura prácticamente constante (tangencial a la extensión radial de la misma). Esto hace que sea posible optimizar el estado de la tensión mecánica que actúa sobre la propia porción de saturación 16 y, por lo tanto, minimiza el riesgo de rotura repentina de una expansión radial 11 cuando se pone en funcionamiento el rotor 3.

Sorprendentemente, se ha observado que, precisamente, el “flujo magnético parásito” satura las porciones de saturación 16 realizadas de esta manera. Esta saturación por flujo magnético crea una “barrera magnética” que impide que otras líneas de flujo, generadas por cada imán 4, formen un bucle de retorno hacia el rotor, y más bien favorece el flujo de salida de dichas líneas de flujo en la dirección de flujo del estator, transformando de este modo dichas líneas de flujo en “flujo magnético utilizable”.

De acuerdo con una realización alternativa (que, no obstante, se beneficia de los efectos de saturación anteriormente mencionados) que no se ilustra en las figuras adjuntas, cada porción de saturación 16 tiene una sección transversal que no es constante, sino que presenta una parte con una sección reducida en la que el espesor es lo suficientemente bajo para lograr la saturación del flujo magnético. Preferentemente, esta parte con una sección reducida tiene un espesor mínimo que es inferior a $\frac{R-R_a}{15}$, donde R es el radio externo de los imanes y R_a es el radio interno de los imanes, con referencia al eje de rotación. Preferentemente, dicho espesor mínimo está comprendido entre $\frac{R-R_a}{50}$ y $\frac{R-R_a}{25}$.

En una segunda realización, que puede observarse en la figura 5, entre la porción de base 6 de cada imán 4 y el anillo de soporte 18 está presente un espacio de aire básico 21. En otras palabras, cada imán 4 ocupa parcialmente el respectivo asiento de alojamiento 12, que, entre la porción de base 6 y el anillo de soporte 18, presenta un vacío en el material, es decir un espacio de aire básico 21.

Esta realización que presenta el espacio de aire básico 21 facilita el montaje de los imanes 4 en el interior del cuerpo 10 de rotor, dado que en el área de este espacio de aire básico 21 no existe fricción durante la inserción del imán 4

y, adicionalmente, permite simplificar la realización del propio imán 4, ya que no requiere ninguna precisión dimensional particular en la superficie del mismo orientada hacia el espacio de aire básico 21.

5 Preferentemente, el espacio de aire básico 21 puede llenarse con un material de relleno no magnético para impartir una solidez estructural adicional al rotor 3 y minimizar los movimientos relativos entre las expansiones radiales 11 del cuerpo 10 de rotor y los imanes 4.

10 En una realización alternativa, ilustrada en la figura 6, cada imán 4 consiste en una pluralidad de sub-ímanes 40 que están superpuestos unos sobre otros en una dirección radial y que tienen, en sucesión, una sección transversal que disminuye hacia el eje "A" de modo que, en la porción de base 6 del mismo, el imán 4 presente al menos una reducción escalonada de la anchura. En otras palabras, en esta configuración el imán 4 es un imán montado. En particular, la sección transversal se refiere a la anchura de cada sub-imán 40 a lo largo de una dirección perpendicular a la dirección de extensión radial en la que yace la serie de sub-ímanes 40.

15 También en esta realización puede encontrarse el sorprendente efecto de saturación magnética de las porciones de saturación 16 de las expansiones radiales 11. De hecho, también en este caso el "flujo parásito" generado por los imanes 4 se ve canalizado hacia la porción de saturación 16, "llenándolo" magnéticamente. En esta realización, resulta evidente cómo cada porción de saturación 16 presenta, a lo largo de la misma en la dirección radial, una sección decreciente a medida que se acerca al árbol motriz 25. Es precisamente el hecho de que la sección de cada porción de saturación 16 disminuya hasta alcanzar una anchura mínima predeterminada lo permite la "saturación magnética" de cada porción de saturación 16 y, por lo tanto, la creación de la "barrera magnética" que impide que las líneas de flujo adicionales generadas por cada imán 4 formen un bucle de retorno hacia el rotor.

20 La reducción escalonada de la anchura de la figura 6 también podría lograrse por medio de un único imán 4 en bloque, que presente al menos una reducción escalonada de la anchura. Esta realización alternativa también resulta constructivamente ventajosa, en virtud del hecho de que la geometría de los imanes 4 y el cuerpo 10 de rotor asociado son fáciles de diseñar y realizar tecnológicamente.

25 El cuerpo 10 de rotor y la pluralidad de imanes 4 se mantienen en su posición axial a través de medios de agrupación (no ilustrados), que los bloquean en su sitio.

30 Entre las diversas soluciones constructivas para realizar dichos medios de agrupación, una realización preferida presenta al menos dos elementos de retención (por ejemplo, bridas) posicionados en lados opuestos, a lo largo de la dirección axial, del cuerpo 10 de estator y operativamente conectados por unos elementos de unión que agarren todo el cuerpo 10 de rotor. En particular, al menos una expansión radial 11 (preferentemente, al menos dos o cuatro) cuenta con al menos un orificio pasante 19 formado en la respectiva porción periférica 14, para permitir el posicionamiento de un elemento de unión que conecte los elementos de retención (por ejemplo, bridas).

35 Un aspecto no secundario de la presente invención también consiste en el diseño y la producción del rotor 3.

40 Como se mencionó anteriormente, una seria limitación de los rotores "de imanes radiales" reside en la dificultad de introducir un gran número de polos magnéticos en el rotor. Por lo tanto, se ha definido un método de producción que permite realizar el rotor 3 de imanes permanentes de acuerdo con la presente invención.

45 El método comprende etapas de preparación de una pluralidad de placas pequeñas 20, perfiladas de tal manera que cada una de las mismas presente la pluralidad de expansiones radiales 11 y asientos de alojamiento 12, intercalando los asientos de alojamiento 12 con las expansiones radiales 11; agrupar las placas pequeñas 20 entre sí a lo largo del eje de rotación "A" del rotor 3, a fin de obtener el cuerpo 10 de rotor; e insertar un imán permanente 4 en cada asiento de alojamiento 12.

50 Las placas pequeñas 20 se perfilan previamente de acuerdo con la geometría que se desee dar a las expansiones radiales 11 y, en consecuencia, a los asientos de alojamiento 12 para los imanes 4. La etapa de perfilamiento puede llevarse a cabo utilizando, por ejemplo, corte en frío (por ejemplo, con prensa), corte en caliente (por ejemplo, con láser) o técnicas de estampación.

55 En particular, la etapa de preparación de la pluralidad de placas pequeñas 20 comprende una sucesión de etapas de estampación de placas pequeñas de rotor.

60 En una realización del método, sólo se realizan las placas pequeñas de rotor a través de las etapas de estampado y, en este caso, pueden tener un espesor nominal comprendido entre 1 mm y 5 mm.

En otras palabras, es posible utilizar placas pequeñas con un espesor grande (entre 1 mm y 5 mm, para ser exactos) para obtener una placa de rotor que sea intrínsecamente robusta, y adecuada para las posteriores etapas de agrupación.

65

De hecho, cuanto mayor sea el espesor nominal de la placa pequeña, mayor será la robustez de la placa y mayor será la velocidad de montaje en las etapas subsiguientes.

5 En una realización particular del método, las placas pequeñas de rotor y estator se realizan en una sola etapa de corte. De esta manera se reducen al mínimo los desechos del mecanizado.

10 Una vez que se han perfilado las placas pequeñas 20, la etapa de agrupación de las placas pequeñas 20 puede llevarse a cabo apilando previamente las placas pequeñas individuales en grupos y, posteriormente, agrupando entre sí dos o más de dichos grupos para obtener el cuerpo 10 de rotor.

10 Una vez que se ha formado el cuerpo 10 de rotor mediante la agrupación de las placas pequeñas 20, es posible insertar los imanes 4 en los asientos de alojamiento 12.

15 Para garantizar una compacidad estructural adicional del cuerpo 10 de rotor, se inyecta el material de relleno no magnético anteriormente mencionado entre los imanes 4 y las expansiones radiales 11.

En particular, durante la etapa de agrupación de las placas pequeñas 20, se posicionan unos elementos de retención (bridas) sobre lados opuestos del cuerpo de estator 10, a lo largo de la dirección axial.

20 Para bloquear los elementos de retención en su sitio, pueden utilizarse elementos de bloqueo (no ilustrados), tales como anillos Seeger, por ejemplo.

25 Alternativamente a los elementos de bloqueo, o en cooperación con los mismos, se utilizan elementos de unión; éstos se conectan operativamente a los elementos de retención, para agarrar todo el cuerpo 10 de rotor y bloquear los elementos de retención en su sitio.

30 La invención consigue los objetivos propuestos. El rotor tiene un cuerpo de rotor adecuado para alojar una pluralidad de imanes que presentan una respectiva porción de base, que tiene una anchura menor que la anchura de una porción de cabeza de los mismos, lo que permite obtener un alto número de polos magnéticos en el rotor y garantizar la resistencia mecánica necesaria del propio cuerpo de rotor. La forma y disposición particulares de los imanes en el rotor permite minimizar el “flujo parásito” y, sorprendentemente, maximizar el “flujo utilizable”, obteniendo así altas densidades de par motor incluso en rotores de tamaño relativamente pequeño. Del mismo modo, las aberturas de separación situadas próximas a la superficie externa del cuerpo de rotor permiten transportar y dirigir las líneas de flujo de los imanes de una manera más determinista hacia el flujo del estator, maximizando
35 adicionalmente el “flujo utilizable” y, por lo tanto, la energía que puede liberar la máquina eléctrica.

REIVINDICACIONES

1. Un rotor (3) de imanes permanentes para una máquina eléctrica giratoria (1), que comprende:

5 un cuerpo (10) de rotor que tiene un eje de rotación (A);
una pluralidad de imanes (4), cada uno dispuesto a lo largo de una dirección sustancialmente radial de dicho
cuerpo (10) de rotor, presentando dichos imanes (4), en sección a lo largo de un plano que es sustancialmente
perpendicular a dicho eje de rotación (A), una porción de cabeza (5) situada en la proximidad de una superficie
10 externa (30) de dicho cuerpo (10) de rotor, y una porción de base (6) orientada hacia el eje de rotación (A), en el
que la porción de base (6) de cada imán (4) tiene una anchura menor que una anchura de la porción de cabeza
(5), y en el que el número de dichos imanes (4) es igual o superior a veinte;
presentando dicho cuerpo (10) de rotor una pluralidad de expansiones radiales (11) y una pluralidad de asientos
de alojamiento (12), intercalados con dichas expansiones radiales (11), para alojar dichos imanes (4), en el que
15 las expansiones radiales (11) contiguas presentan respectivas porciones periféricas (14) separadas entre sí, a fin
de definir respectivas aberturas de separación (13) adecuadas para evitar el paso directo del flujo magnético
entre dichas porciones periféricas (14), extendiéndose dichas aberturas de separación (13) preferentemente a lo
largo de una longitud axial total de dicho cuerpo (10) de rotor; caracterizado por que
cada expansión radial (11) presenta, en la base, una porción de saturación (16) que presenta una extensión, en
20 la dirección radial, que tiene una sección constante.

2. El rotor (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la porción de base (6) de cada imán (4) tiene una
conformación ahusada en una dirección que se acerca a dicho eje de rotación (A).

3. El rotor (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada imán (4) presenta una pluralidad de sub-imites (40)
que están superpuestos unos sobre otros en una dirección radial y tienen, en sucesión, una sección transversal que
25 disminuye en una dirección que se acerca a dicho eje de rotación (A) de tal manera que, en la porción de base (6)
del mismo, el imán 4 exhibe al menos una reducción escalonada de la anchura.

4. El rotor (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las porciones periféricas (14) de cada expansión radial
(11) presentan porciones de enganche laterales (15) orientadas hacia las expansiones radiales (11) contiguas, a fin
30 de retener los imanes (4) adyacentes internamente de los respectivos asientos de alojamiento (12).

5. El rotor (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada expansión radial (11) presenta una porción de
saturación (16) interpuesta entre las porciones de base (6) de dos imanes (4) adyacentes, tal como para realizar una
35 saturación del campo magnético presente en el interior de dicha expansión radial (11), presentando dicha porción de
saturación (16) preferentemente un tramo que tiene una sección pequeña, con un espesor de menos de $\frac{R - Ra}{15}$
y, preferentemente, comprendida entre $\frac{R - Ra}{50}$ y $\frac{R - Ra}{25}$, donde R es el radio externo de los imanes y Ra es el radio
interno de los imanes.

6. El rotor (3) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo (10) de rotor está
definido por una pluralidad de placas pequeñas (20) agrupadas unas sobre otras a lo largo del eje de rotación (A).

7. El rotor (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos una expansión radial (11) presenta un orificio
(19), preferentemente en dicha porción periférica (14), para alojar una barra de acoplamiento para apilar dichas
45 placas (20).

8. Un motor síncrono (1), que comprende:

un estator (2);
50 un rotor (3) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores.

9. Un método para realizar un rotor (3) que tiene imanes permanentes, que comprende las etapas de:

55 predisponer una pluralidad de placas pequeñas (20) perfiladas de tal manera que cada una presente una
pluralidad de expansiones radiales (11) y una pluralidad de asientos de alojamiento (12), intercalados con dichas
expansiones radiales (11), con el fin de alojar dichos imanes (4), en el que las expansiones radiales (11)
contiguas presentan respectivas porciones periféricas (14) separadas entre sí a fin de definir respectivas
aberturas de separación (13), adecuadas para impedir el paso directo del flujo magnético entre dichas porciones
periféricas (14), extendiéndose dichas aberturas de separación (13) preferentemente a lo largo de una longitud
60 axial total de dicho cuerpo (10) de rotor;
presentando cada expansión radial (11), en la base, una porción de saturación (16) que presenta una extensión,
en la dirección radial, que tiene una sección constante;
agrupar las placas pequeñas (20) entre sí a lo largo de un eje de rotación (A) del rotor (3), para obtener un
cuerpo (10) de rotor;

insertar un imán permanente (4), que tiene una porción de base (6) cuya anchura es menor que una porción de cabeza (5), en cada uno de dichos asientos de alojamiento (12), disponer dicho imán (4) en una orientación radial de tal manera que dicho imán (4) presente una porción de base (6) posicionada en la proximidad de dicho eje de rotación (A), y una porción de cabeza (5) situada en la proximidad de una superficie externa (30) de dicho cuerpo (10) de rotor.

10. El método de la reivindicación 9, en el que dicha etapa de apilamiento de las placas pequeñas (20) se realiza apilando previamente las placas pequeñas individuales en grupos y, a continuación, agrupando recíprocamente dos o más de dichos grupos con el fin de obtener dicho cuerpo (10) de rotor.

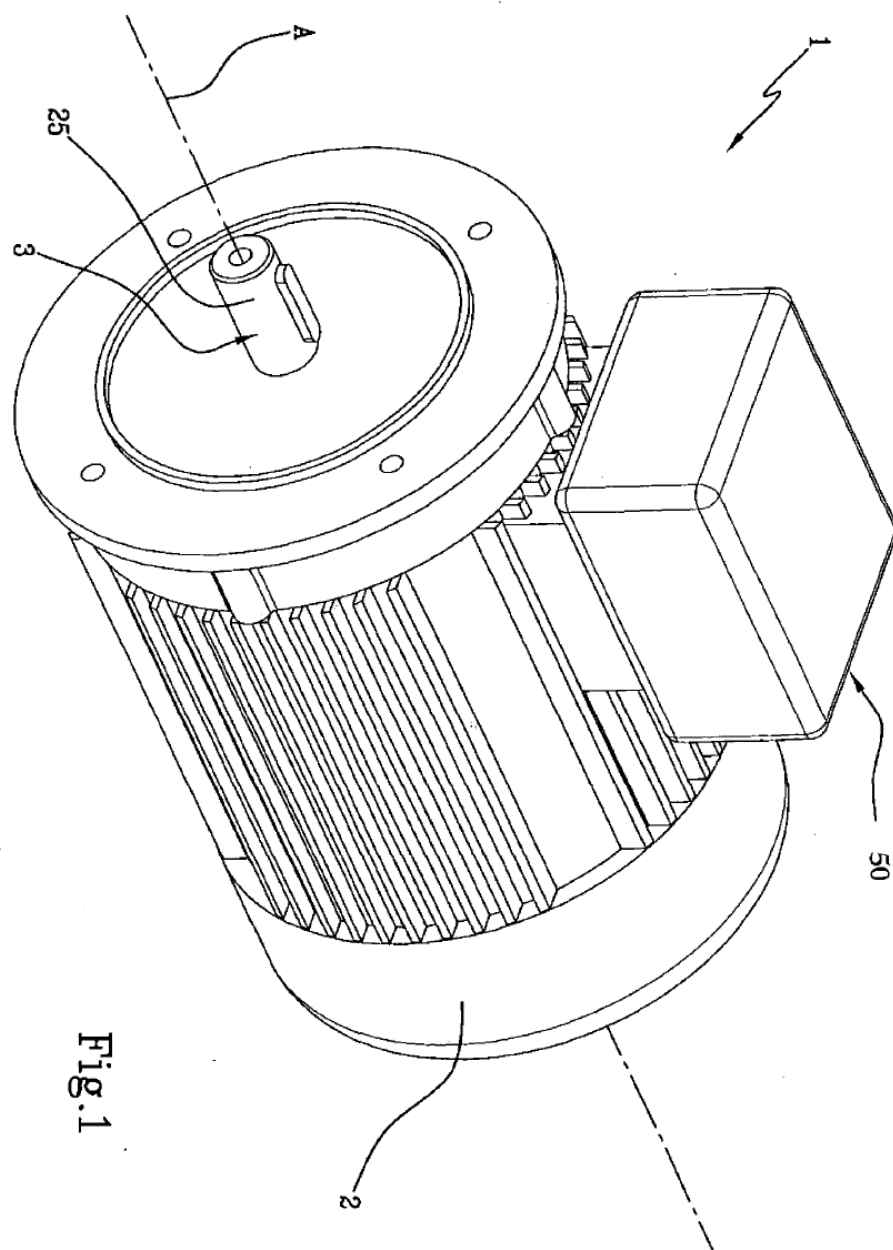


Fig.2

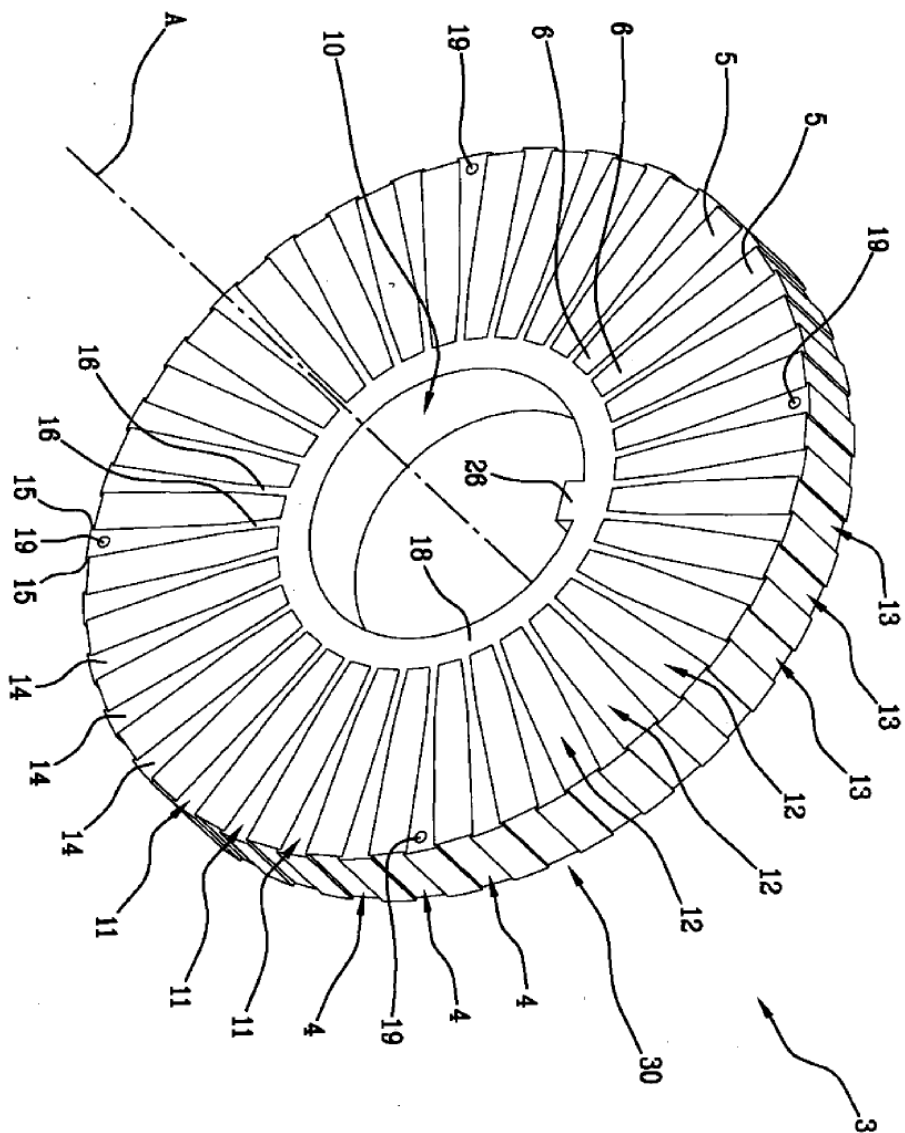
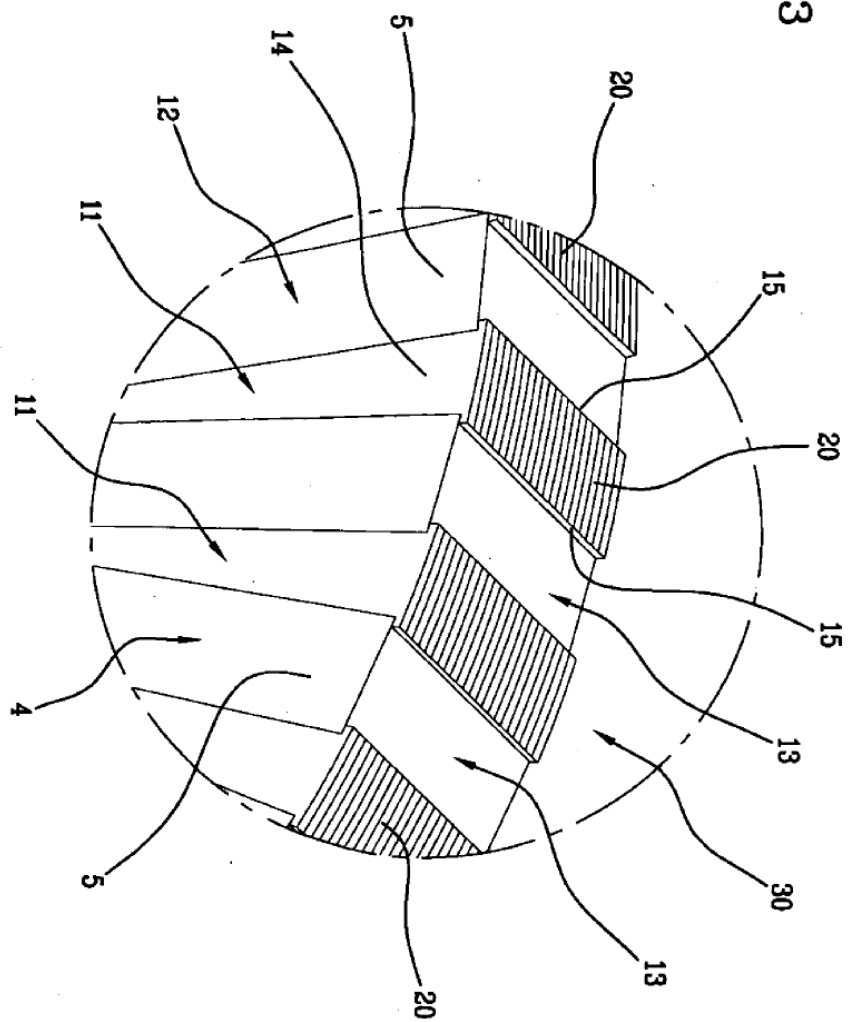


Fig.3



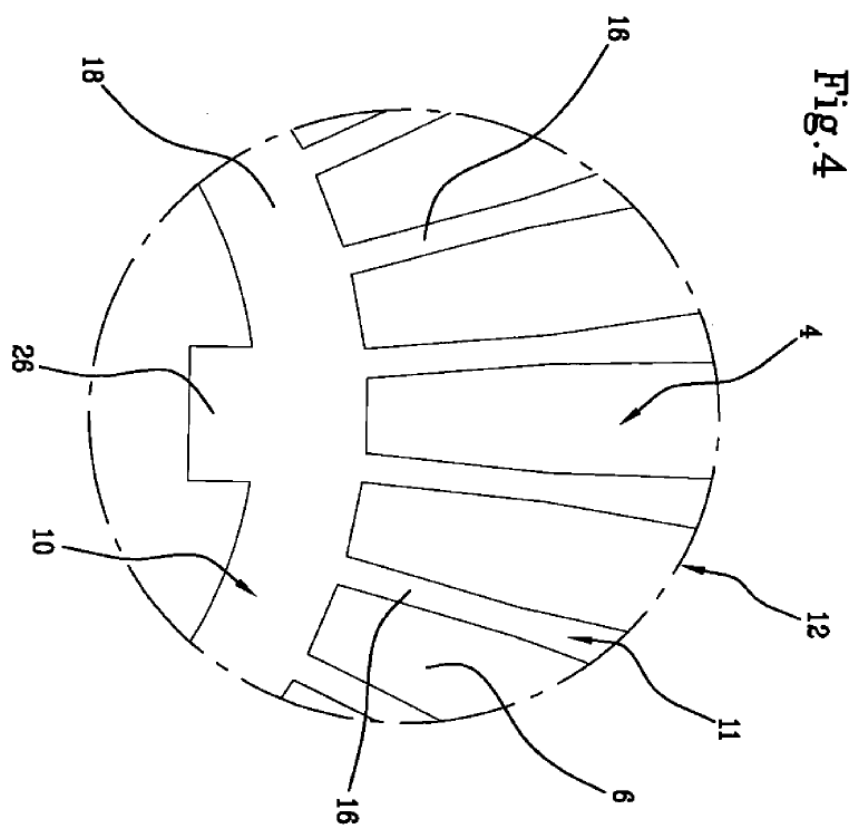


Fig.5

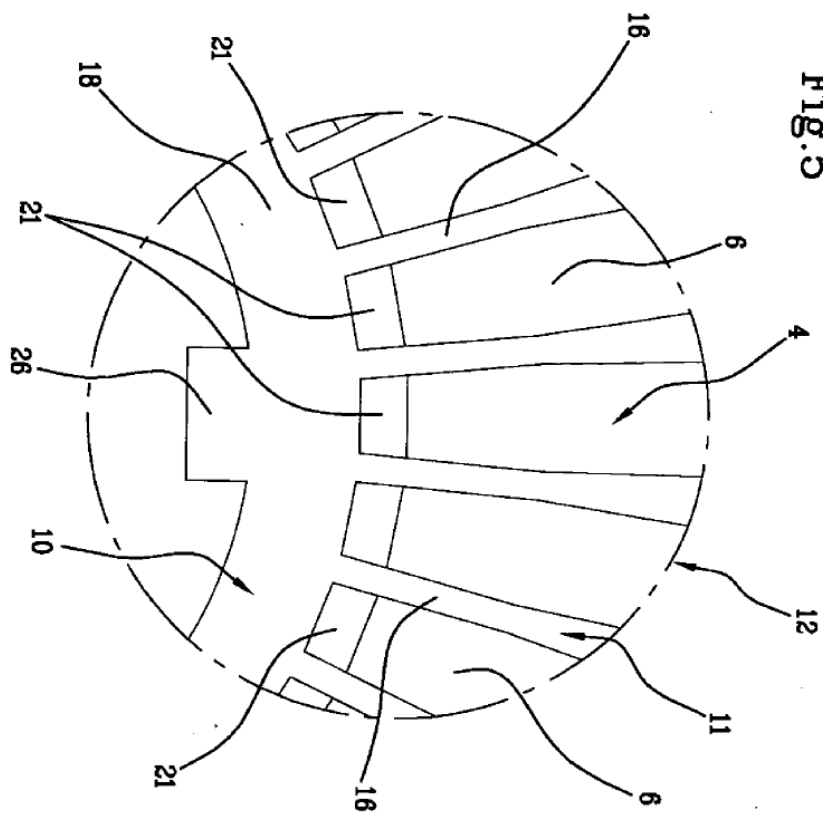


Fig.6

