

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 378 310**

51 Int. Cl.:
H02K 29/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04020696 .3**

96 Fecha de presentación : **01.09.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1530281**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2005**

54 Título: **Motor eléctrico.**

30 Prioridad: **05.11.2003 DE 203 17 021 U**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.04.2012

73 Titular/es:
Ebm-Papst St. Georgen GmbH & Co. KG.
Hermann-Papst-Strasse 1
78112 St. Georgen, DE

72 Inventor/es: **Iles-Klumpner, Dorin**

74 Agente/Representante:
De Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 378 310 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).

ES 2 378 310 T3

DESCRIPCIÓN

Motor eléctrico.

5 La invención se refiere a un motor eléctrico, que está configurado con preferencia como motor de rotor interior.

10 Tales motores, con preferencia con conmutación electrónica, se utilizan, debido a su momento de inercia axial bajo, para cometidos de accionamiento allí donde un motor eléctrico debe seguir muy rápidamente con su número de revoluciones instrucciones eléctricas, por ejemplo, para la regulación rápida de piezas, o para el apoyo asistido de movimientos. En este caso, se desea que un motor de este tipo ceda un par motor muy uniforme. Esto se consigue habitualmente por medio de una realización trifásica del motor, de manera que a cada una de las fases se imprime una corriente esencialmente de forma sinusoidal, y de manera que el motor está configurado de manera que en las fases (“secciones”) del arrollamiento de estator polifásico se inducen tensiones de forma sinusoidal. Un motor de este tipo se designa también como motor sinusoidal.

15 En tales motores resulta el fenómeno de que los límites entre los polos individuales del rotor, los llamados límites polares, buscan los lugares del intersticio de aire máximo. Por lo tanto, para el observador tiene la apariencia como si los límites polares fuesen atraídos por las ranuras de estator. Este efecto se designa en inglés como “cogging”, en español como “reluctancia”. El par motor que resulta en este caso se designa como par de sujeción o par de retención (cogging torque), porque se pretende retener fijamente o bien enclavar el rotor en determinadas posiciones giratorias.

20 Este efecto se genera a través de un llamado par de reluctancia, es decir, que durante la rotación del motor con relación al estator se almacena energía magnética en el circuito magnético del motor, en determinadas zonas del ángulo de giro, y en otras zonas del ángulo de giro se libera esta energía magnética, de manera similar a si se tensase y destensase un muelle de forma alterna. Para el almacenamiento, debe alimentarse energía al rotor, es decir, que el rotor se frena de esta manera, y a la inversa, allí donde se libera energía almacenada, se acciona el motor.

30 Si se gira el rotor de un motor de este tipo con la mano, entonces se tiene la impresión de que se detecta cada ranura.

35 Este par de reluctancia es perturbador en muchos cometidos de accionamiento, de manera que se ha obligado allí a utilizar arrollamientos de estator sin núcleo, en los que no se produce ningún par de reluctancia, pero la potencia de tales motores con estator sin núcleo no es la mayoría de las veces suficiente porque su intersticio de aire es muy grande. Esto conduce a un peso de potencia alto, es decir, que la relación de la potencia del motor con respecto al volumen del motor o bien de la potencia del motor con respecto al peso del motor, es en ellos desfavorable.

40 Se ha intentado solucionar este problema dando a las zapatas polares una forma determinada, pero esto conduce a un tipo de construcción, en el que el peso de la potencia no es favorable.

45 Se conoce a partir del documento US 2002/0 171 309 A1 una máquina eléctrica excitada con imán permanente, en la que en el paquete de chapas de un rotor interior están incrustados imanes. Estos imanes se insertan en bolsas previstas para ello del paquete de chapas. Estas bolsas se extienden en la dirección circunferencial un poco más que los imanes dispuestos en ellas para impedir que el flujo magnético generado por los imanes permanentes a través del paquete de chapas del rotor sea cortocircuitado directamente. De esta manera, deben corregirse la reluctancia y las pulsaciones del par motor.

Por lo tanto, el cometido de la invención es preparar un motor eléctrico nuevo.

50 De acuerdo con la invención esto se consigue a través del objeto de la reivindicación 1. De esta manera se obtiene un motor eléctrico, en el que en el rotor se pueden utilizar imanes, cuya extensión angular no es mucho menor que una división polar del rotor, y en el que, a pesar de todo, se obtiene una tensión inducida con buena forma sinusoidal y un par de retención todavía aceptable. Esto posibilita mejorar el peso de potencia de tales motores, es decir, que para la misma potencia se necesita un motor más pequeño y, por lo tanto, más ligero que hasta ahora.

55 Otros detalles y desarrollos ventajosos de la invención se deducen a partir de los ejemplos de realización descritos a continuación y representados en el dibujo, que no deben entenderse de ninguna manera como limitación, y a partir de las restantes reivindicaciones dependientes.

60 La figura 1 muestra una sección longitudinal a través de una forma de realización preferida de un motor de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una sección, vista a lo largo de la línea II-II de la figura 1, a una escala ampliada con respecto a la figura 1.

65 La figura 3 muestra una ampliación fragmentaria de la figura 2 a una escala de nuevo ampliada.

ES 2 378 310 T3

La figura 4 muestra una representación similar a la figura 3, en la que se representa el desarrollo de las líneas de flujo magnético para una posición determinada del rotor, para explicar la generación de una tensión inducida de forma sinusoidal.

5 La figura 5 muestra una representación similar a la figura 3, a saber, la representación de un fragmento de una chapa simétrica de rotor, y

La figura 6 muestra una representación similar a las figuras 3 a y 5, a saber, una representación de una chapa de rotor (fragmento), en la que los polos están configurados ligeramente asimétricos.

10 La figura 1 muestra un motor de rotor interior trifásico 20, conmutado electrónicamente, con una carcasa 22, que presenta una parte cilíndrica de la carcasa 24, una placa de cojinete-A 26 y una brida de fijación 29.

15 En la parte cilíndrica de la carcasa 24 está dispuesto un paquete de chapas 27 (figura 2) de un estator exterior 28, cuyas cabezas de arrollamiento están indicadas en 30 y 32. El estator 28 tiene una escotadura interior 34, en la que está dispuesto un rotor interior 36 de ocho polos con un paquete de chapas 37 de Electrochapa (DIN 46400, Hoja 1), con preferencia Chapa V400 y, en total, con ocho imanes permanentes 38A a 38H (figuras 2 y 3) sobre un árbol 40, cuyo extremo de accionamiento se designa con 42 y cuyo extremo interior del árbol se designa con 44. El intersticio de aire 39 separa el estator 28 del rotor 36. Un motor de este tipo 20 se puede designar de diferentes maneras, por ejemplo como máquina de rotor interior síncrono excitado permanentemente o como motor sinusoidal conmutado electrónicamente, o como motor trifásico con corrientes sinusoidales impresas.

20 En la placa de cojinete-A 26 está prevista de manera habitual una junta de obturación 46 para el árbol 40. Además, allí se encuentra una escotadura 48, en la que está fijado un elemento de guía 50 para el anillo exterior 55 de un rodamiento 54. El anillo interior 60 del rodamiento 54 está presado sobre el árbol 40.

30 En el extremo abierto de la parte cilíndrica de la carcasa 24 está fijada una placa de cojinete-B 66. Ésta tiene una escotadura 68 provista con un saliente anular 67 para el anillo exterior 70 de un rodamiento 72, cuyo anillo interior 74 está fijado sobre el extremo de árbol 44. A tal fin, el árbol 44 tiene un collar anular 78, con el que se apoya contra el lado izquierdo del anillo interior 74. Contra su lado derecho se apoya una pieza moldeada 80 de latón, que es presada a través de la cabeza avellanada 81 de un tornillo de cabeza avellanada 82 en dirección al árbol 40 y está configurada aproximadamente en forma de anillo. El tornillo 82 está enroscado en una rosca interior 84 del extremo del árbol 44 y presiona de esta manera la pieza moldeada 80 en dirección al anillo interior 74.

35 Para el empotramiento seguro del anillo exterior 60 sirve una pieza plana 90 en forma de anillo, que está fijada por medio de tres tornillos 92 distribuidos de manera uniforme en su periferia en la placa de cojinete 66 y que se apoya con su parte radialmente interior contra el anillo exterior 70 y lo presiona hacia la izquierda contra el saliente 67. (La escotadura 68 es un poco más corta que el anillo exterior 70).

40 Después de que la pieza moldeada 80 ha sido fijada por medio del tornillo de cabeza hexagonal 82 en el extremo del árbol 44, se fija en una escotadura cilíndrica de la pieza moldeada 80 imán de control 110, por ejemplo a través de encolado. El imán de control 110 está provisto en su lado derecho en la figura 1 con un patrón de magnetización y sirve para el control de resistencia magneto-resistivas (no representadas), que están dispuestas en una tapa de la carcasa 112 sobre el lado-B del motor 20 y sirven para la detección de la posición giratoria del rotor 36, para controlar exactamente la forma y la conmutación de las corrientes en el estator 28.

50 La figura 2 muestra ampliada una sección, vista a lo largo de la línea II-II de la figura 1. Como se reconoce en la figura 2, los imanes 38A a 38H están polarizados radialmente. El imán 38A tiene en el exterior un polo sur S, en el interior un polo norte N. El imán 38B siguiente en el sentido horario tiene en el lado exterior un polo norte N y en el interior un polo sur S, etc., como se deduce a partir del dibujo.

55 El paquete de chapas del estator 27 tiene en el lado exterior un reflujo (inducido) 120, desde el que sobresalen doce dientes 122A a 122L radialmente hacia dentro, que están provistos de la manera representada con cabezas de dentadas 124 distribuidas, entre las cuales se encuentran ranuras 126. La división de las ranuras entre dos ranuras de estator 126 adyacentes se designa con

$$T_s = 360/12 = 30^\circ \text{ mec.} \quad \dots(1)$$

60 Se ha encontrado de manera sorprendente que la forma de los polos del rotor debe estar en una relación determinada con T_s . Esto se explica más adelante en las figuras 3 y 4 y con la ayuda de las ecuaciones (4) y (5).

65 Los dientes 122 están arrollados con espiras concéntricas. Esto se representa a modo de ejemplo para la fase U. Esta fase comienza con una espira concéntrica 128G sobre el diente 122G, se prosigue en una espira concéntrica 128D sobre el diente 122D, luego en una espira 128A sobre el diente 122A, y con una espira 128J sobre el diente 122J. Desde allí la sección U retorna al punto de estrella 0, en el caso de que se utilice un arrollamiento en circuito de estrella. Naturalmente, también es posible un circuito de triángulo.

ES 2 378 310 T3

Las espiras parciales 128G, 128D, 128A y 128J pueden estar conectadas también en paralelo, por ejemplo en el caso de que el motor 20 sea accionado con una fuente de corriente continua con baja tensión, puesto que entonces se obtienen secciones de arrollamiento con inductividad baja y resistencia óhmica baja.

5 Las secciones de arrollamiento V y W están solamente indicadas en la figura 2, puesto que está claro para el técnico que éstos tienen la misma topología, pero están desplazados $22,5^\circ$ mec. (sección V) o bien 45° mec. (sección W) en sentido contrario a las agujas del reloj.

10 En la presente invención se pretende que en las secciones individuales U, V, W sean inducidas tensiones sinusoidales, cuando el rotor 36 gira. Por lo tanto, se habla también de un motor sinusoidal, en el que en las secciones U, V y W se imprimen corrientes sinusoidales.

15 La estructura del rotor 36 se explica con la ayuda de la figura 3, que muestra un fragmento ampliado de la figura 2. El árbol 40 no se representa allí, puesto que está constituido por material ferromagnético y forma una parte del circuito magnético en el rotor 36.

20 El rotor 36 tiene en su centro un reflujo magnético 130, que está constituido de la manera habitual como paquete de chapas de chapas estampadas. Este paquete de chapas se constituye con preferencia de la misma manera que se representa y describe en detalle en las figuras 2 a 8 del documento WO 03/081748 A1. Para mayor brevedad, se hace referencia expresamente al contenido de esta publicación WO.

25 Con el reflujo 130 están conectadas unas piezas polares 136A, 136B, 136C, etc. a través de piezas de retención 132 estampadas, pequeñas, que se extienden radialmente y a través de piezas de retención 134a, 134b conectadas con ellas y que se extienden en dirección circunferencial. El eje de simetría de la pieza polar 136B está designado con 137.

30 Las piezas polares 136 tienen, respectivamente, sobre su lado dirigido hacia el reflujo 130, una superficie límite 138A, 138B, 138C, que se designa a continuación también como límite entre zapata polar e imán y frente a la cual está colocada a una distancia D y paralela una superficie límite 140A, 140B, 140C. En lugar de un único imán 38 se podría dividir éste también en varias partes, como se conoce por el técnico.

Entre estas superficies límites 138, 140 están insertados los imanes permanentes 38A, 38B, 38C ya descritos, que tienen, respectivamente, una sección transversal de forma rectangular y cuya magnetización se deduce de forma especialmente clara a partir de la figura 4.

35 Como se muestra en la figura 3, un imán 38 tiene en su superficie límite entre imán y zapata polar 138 una extensión angular β_M , y esta extensión angular corresponde a la de la zapata polar 136 que se apoya en ella. Si se parte de este límite entre zapata polar e imán 139 en dirección radial hacia fuera, entonces la anchura β de la zapata polar 136 se reduce a lo largo de una zona de transición 139 aproximadamente continua y alcanza en un lugar 142 su anchura mínima β_C , que es menor que β_M , como se deduce a partir de la figura 3.

40 Radialmente fuera del lugar 142, la zapata polar 136 pasa lateralmente a las piezas de retención 134a, 134b que se extienden en la periferia, que están saturadas magnéticamente en el funcionamiento, es decir, que en el marco de la presente invención tienen principalmente una función de soporte mecánico. Como se reconoce especialmente bien a partir de la figura 3, las zapatas polares 136, en conexión con las piezas de retención 134, tienen aproximadamente la forma de un birrete de doctor usual en los Estados Unidos, y esto representa una forma preferida de estas zapatas polares.

45 Como se reconoce, además, en la figura 3, el lado radialmente exterior 144 de una zapata polar 136 está configurado de tal forma que en el intersticio de aire 39 tiene lugar una distribución aproximadamente sinusoidal del flujo, es decir, que el diámetro se reduce, partiendo desde el centro de un polo del rotor, de la manera representada, hacia ambos lados.

50 En ambos lados de un imán permanente 38, con respecto a la dirección circunferencial, se encuentra, por lo tanto, en cada caso una cavidad 146a, 146b, cuya forma de la sección transversal es aproximadamente igual a un triángulo rectángulo, en el que el lado más largo está un poco abollado, porque allí una esquina radialmente externa del imán permanente 38 penetra un poco en esta cavidad 146.

55 En la figura 3 se representa también la división polar τ_p del polo del rotor 136B. Puesto que el rotor 36 tiene ocho polos, una división polar corresponde a

$$60 \quad \tau_p = 360^\circ/8 = 45^\circ \text{ mec.} \quad \dots(2)$$

65 Como se representa igualmente en la figura 3, un imán permanente 38 tiene en su superficie límite interior 140 una anchura magnética interior β_{Mi} de aproximadamente 41° mec., es decir, aproximadamente 91% de una anchura polar τ_p , es decir, que el imán 38 se extiende prácticamente hasta la pieza de retención 132, y el volumen de los imanes 38 es, por consiguiente, grande.

ES 2 378 310 T3

En el caso normal, una topología del rotor de este tipo sería Mit. Desfavorable y conduciría a una distribución más bien rectangular del flujo en el intersticio de aire 39 y a un momento de enclavamiento alto. A través de la constricción 142 de las zapatas polares 136 con el ángulo βC , que es menor que βM , se obtiene, sin embargo, una distribución del flujo, que se aproxima muy bien a la forma sinusoidal.

5 A este respecto se remite a la figura 4, que muestra la distribución de las líneas de flujo. Como se ve, por ejemplo, en el imán 38B, en sus dos lados, con respecto a la dirección circunferencial, una parte del flujo pasa a través de las cavidades 146 (figura 3) en la zona de los estrechamientos 142, de manera que estas cavidades actúan como un intersticio de aire adicional, es decir, como una resistencia magnética adicional, y puesto que una cavidad 146 se ensancha, respectivamente, en dirección fuera del punto de estrechamiento 142 en dirección circunferencial, se incrementa también la resistencia magnética en dirección fuera de este lugar 142 (figura 3) en dirección circunferencial. De esta manera se obtiene la distribución esencialmente sinusoidal del flujo que se deduce a partir de la figura 4, es decir, que los estrechamientos 142 provocan, por una parte, una concentración del flujo magnético sobre el centro polar y, por otra parte, actúan como resistencias magnéticas, que posibilitan también en la zona de los huecos polares de los polos del rotor 136 un flujo magnético pequeño, como es deseable para una distribución sinusoidal del flujo. A través del dimensionado correspondiente de las cavidades 146 se puede "titular" este flujo lateral.

A este respecto se ha revelado como importante para el tamaño del momento de enclavamiento que el ángulo βC (figura 3) tenga como máximo el tamaño del ángulo de una división de la ranura τs , pero con preferencia sea menor que éste. En el ejemplo de realización representado es

$$\tau s = 360/12 = 30^\circ \text{ mec.} \quad \dots(3)$$

25 y el ángulo βC tiene aproximadamente 27° mec., es decir, aproximadamente 90% de τs . Se ha mostrado que para βC , con un arrollamiento concéntrico, debería aplicarse aproximadamente la siguiente ecuación:

$$\beta C = \tau s * m \quad \dots(4)$$

30 en la que

$$m = 0,8 \dots 1,0,$$

35 y todos los ángulos se miden en grados mecánicos.

Si se utiliza un arrollamiento distribuido, entonces la ecuación es

$$40 \quad \beta C = \tau s * m * n \quad \dots(5)$$

en la que

$$45 \quad m = 0,8 \dots 1,0 \text{ y}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

50 Con preferencia, m está entre 0,8 y 0,98.

Se ha mostrado que de esta manera, en particular cuando se utilizan abollamientos concéntricos, se puede generar una forma sinusoidal muy buena de la tensión inducida, en combinación con un momento de enclavamiento aceptable. La anchura $\beta M1$ considerable de los imanes posibilita en este caso una reducción correspondiente del motor 20, comparado con versiones hasta ahora. En un modelo realizado se obtuvo, por ejemplo, una reducción del motor desde hasta ahora 68 hasta ahora 50 mm con la misma potencia (en la práctica, pueden resultar, naturalmente, valores diferentes).

Las figuras 5 y 6 muestran una representación similar a la figura 3. Los dientes del estator 122A a 122D no se representan en las figuras 5 y 6 y coinciden con la figura 3.

60 La figura 5 muestra un sector de una chapa de rotor 236, en la que se indican los imanes 38, 38A y 38B. Esta chapa de rotor 236 tiene polos simétricos 136, 136A, 136B porque los estrechamientos 142 están simétricamente a una línea de simetría 137, como se representa también en las figuras 2 a 4.

65 La figura 6 muestra, a diferencia de ello, un sector de una primera variante de una chapa de rotor 236a, en la que las escotaduras 138A, 138B para los imanes del rotor 38, 38a coinciden con las escotaduras correspondientes de la figura 5, pero los estrechamientos 42L sobre el lado izquierdo de un polo del rotor (por ejemplo 136A) son en la figura 6 más cortos que los estrechamientos 152R en el lado derecho de este polo.

ES 2 378 310 T3

De esta manera, se mantiene inalterado, en efecto, el tamaño del ángulo βC frente a la figura 5, pero el ángulo βCL entre la línea de simetría 137 y el estrechamiento izquierdo 142L es mayor que el ángulo βCR entre la línea de simetría 137 y el estrechamiento derecho 142R, de manera que se aplica:

$$5 \qquad \qquad \qquad \beta CL > \beta CR \qquad \qquad \qquad \dots(6)$$

10 A la inversa, en una segunda versión con chapas 236b (no representadas), de la misma manera, βCT es mayor que βCL , lo que no se representa. Esto se realiza fácilmente a través de la inversión de la chapa 236a representada en la figura 5, de manera que su lado inferior mira hacia arriba.

15 Si se fabrica ahora un paquete de chapas de rotor de tal manera que se utiliza, por ejemplo, en primer lugar una chapa simétrica 236 según la figura 5, a continuación una chapa asimétrica 236a según la figura 6, luego una chapa asimétrica 236b (chapa invertida 236a), luego de nuevo una chapa 236, luego 236a, etc., entonces resulta una forma mejorada de la tensión, que se induce en el arrollamiento del rotor (no representado) y, por consiguiente, a través de esta medida sencilla se obtiene un par motor más uniforme.

20 Hay que observar que los orificios 128A, 138B para los imanes 38 tienen en todas las chapas 236, 236a, 236b la misma posición, de manera que las líneas de simetría 137 coinciden en todas las chapas.

Naturalmente, en el marco de la presente invención son posibles múltiples variaciones y modificaciones, como se definen en las reivindicaciones.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Motor eléctrico, que presenta:

5 un estator (28) con un paquete de chapas de estator provisto con ranuras (126), cuyas ranuras presentan una división de las ranuras τs predeterminada;

un arrollamiento de estator polifásico (U, V, W) dispuesto en estas ranuras (126);

10 un rotor (36) separado del estator (28) por un intersticio de aire (39), que presenta sobre su lado dirigido hacia el intersticio de aire (39) una pluralidad de polos impresos con zapatas polares (136) dirigidas hacia el intersticio de aire (39) y sobre su lado alejado del intersticio de aire presenta un reflujo magnético (130), que está conectado a través de secciones de retención (134a, 134b) mecánicamente con las zapatas polares (136), las cuales sirven para la generación de al menos una tensión inducida sinusoidal en el arrollamiento del estator (U, V, W);

15 una escotadura (138, 140) prevista entre el reflujo magnético (130) y una zapata polar (136), en la que está dispuesto al menos un imán permanente (38) para la generación de un flujo magnético en esta zapata polar (136), de manera que en la transición desde este imán permanente hacia la zapata polar asociada se define un límite entre zapata polar e imán, y en cuya escotadura se conecta sobre cada lado del al menos un imán permanente (38) aproximadamente en dirección circunferencial, una zona (146a, 146b) mala conductora magnética, que está adyacente a una de las secciones de retención (134a, 1345b) sobre su lado dirigido hacia el intersticio de aire (39);

20 en el que la anchura β , medida en dirección circunferencial, de una zapata polar (136) se reduce, al menos por secciones, en dirección fuera del límite entre la zapata polar y el imán (138) hacia el intersticio de aire (39) y tiene en el lugar de la anchura más estrecha (142) una extensión angular βC , **caracterizado** porque esta extensión angular βC está en la siguiente relación con la división de las ranuras τs de las ranuras del estator (126):

$$\beta C = \tau s * m * n,$$

30 en la que

$$m = 0,8 \dots 1,0$$

$$y n = 1 \text{ o } n = 2, 4, \dots$$

y los ángulos βC y τs están indicados en grados mecánicos.

40 2. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, que está configurado como motor de rotor exterior.

3. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la anchura (βM) medida en dirección circunferencial de una zapata polar (136) en el límite entre la zapata polar y el imán (138) es mayor que su anchura (βC) en el lugar (142), en el que esta anchura es mínima.

45 4. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la transición desde el lugar (138) de anchura mayor (βM) de una zapata polar (136) hasta el lugar (142) de anchura menor (βC) está configurada esencialmente como zona de transición continua (139).

50 5. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la zona de transición (139) continua forma, en combinación con la sección de retención (134a, 134b), una cavidad (146a, 146b), que se ensancha en dirección circunferencial fuera del polo del rotor (136) asociado.

55 6. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la cavidad (146a, 146b) que se ensancha en dirección fuera del polo del rotor (136) asociado para el flujo magnético, que pasa desde el imán permanente (38) hacia el intersticio de aire (39), forma una resistencia magnética que se incrementa en dirección fuera del polo del rotor (136).

60 7. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las zapatas polares (136) están configuradas esencialmente simétricas a un eje de simetría (137).

8. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las zapatas polares están configuradas de chapa, y en al menos una parte de estas chapas, el lugar de extensión mínima (βC) está desplazado en dirección circunferencial con respecto a un eje de simetría imaginario (137) de las zapatas polares.

65 9. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un imán del rotor (38), que está dispuesto en la escotadura prevista entre el reflujo magnético (130) y la zapata polar (136), presenta en su lado dirigido hacia el reflujo (130) una extensión angular (βMi), que es aproximadamente el 85% o más de una división de los polos (τp) del rotor (36).

ES 2 378 310 T3

10. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la extensión angular (β_{Mi}) es aproximadamente el 95% de una división de los polos (τ_p) del rotor (36).

5 11. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la división del estator presenta arrollamientos concéntricos (128G, 128D).

12. Motor eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una zapata polar (136) del rotor (36) presenta, vista en la sección transversal perpendicularmente al eje de giro, un perfil similar a un birrete de doctor americano.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

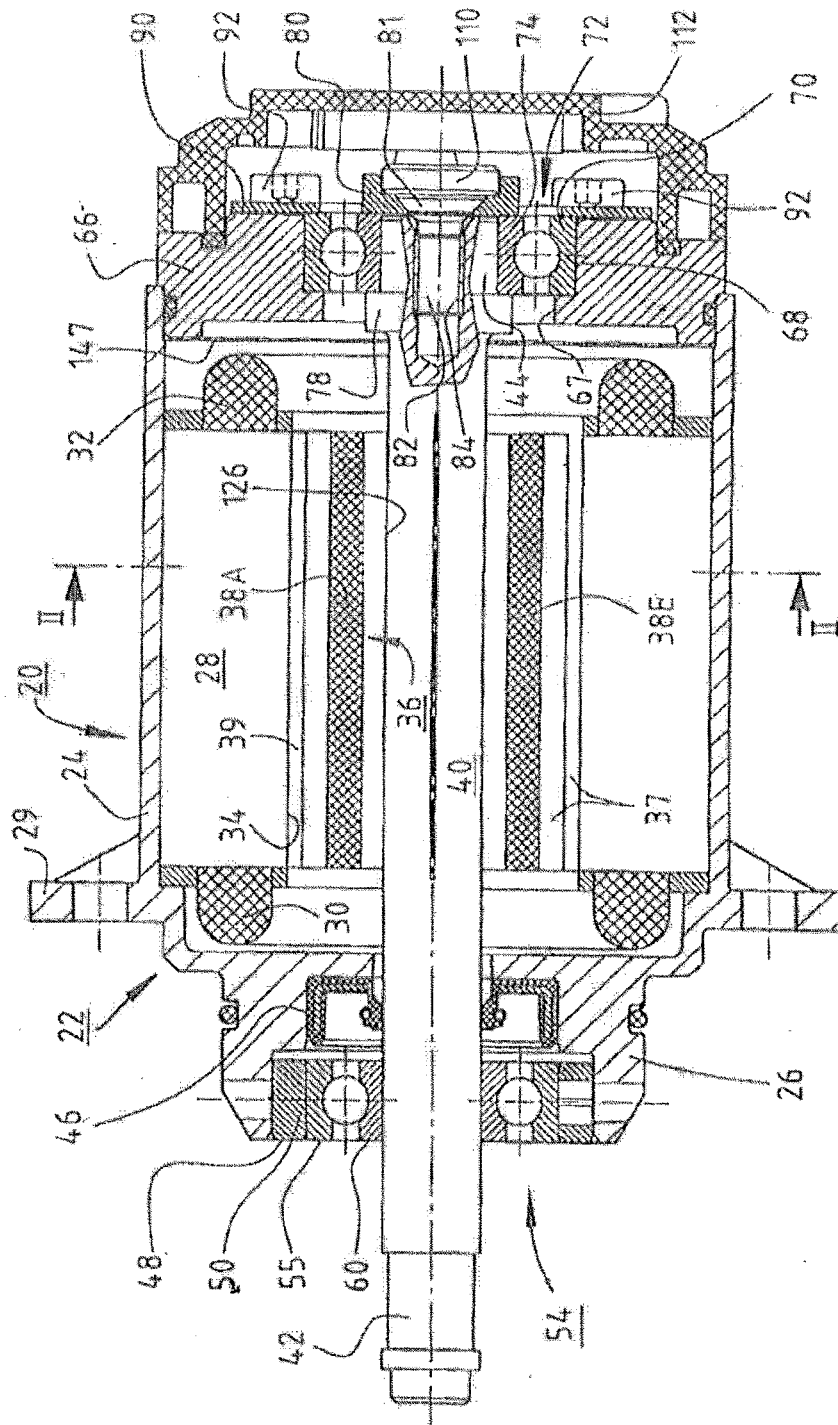


Fig. 1

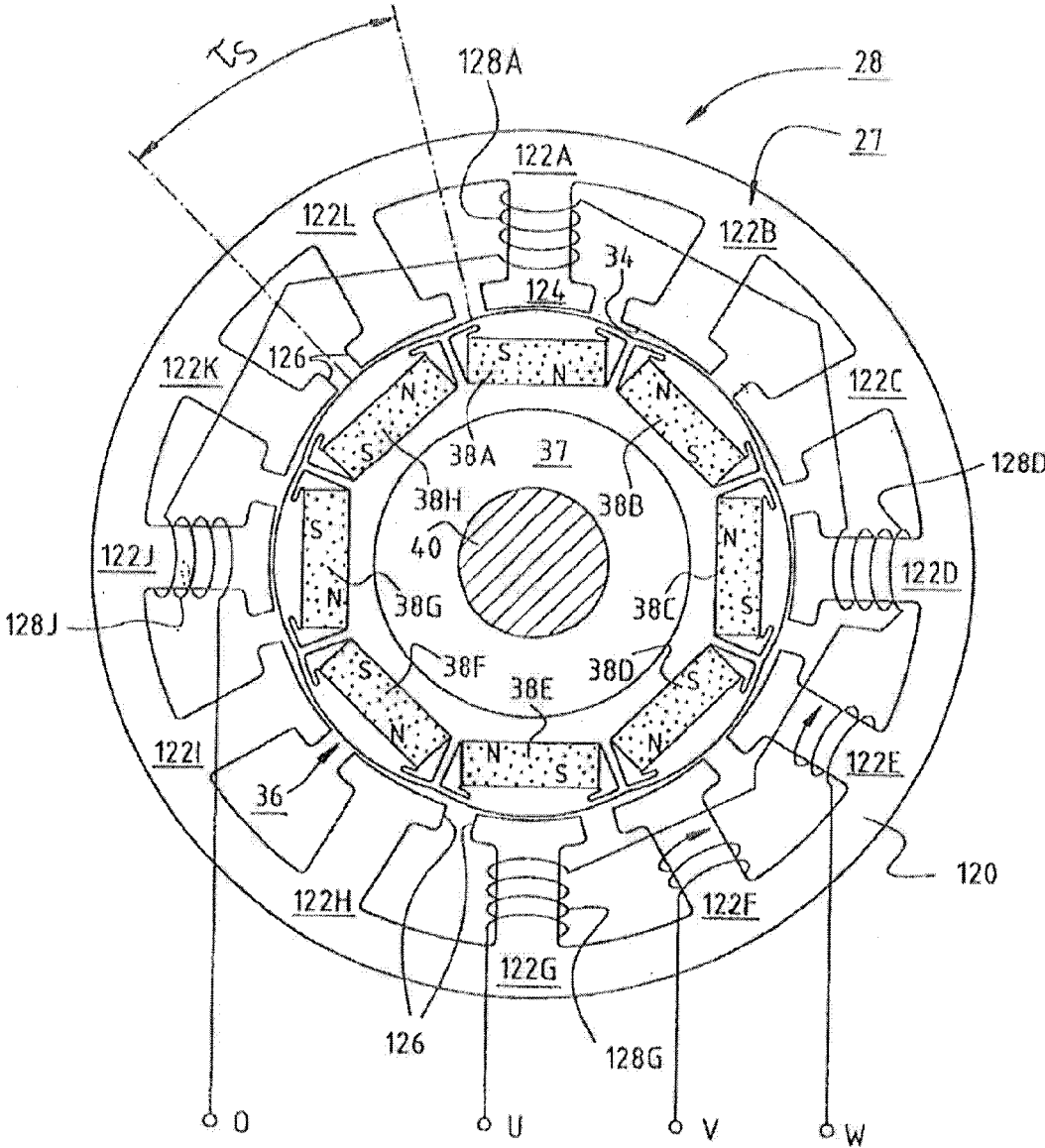


Fig. 2

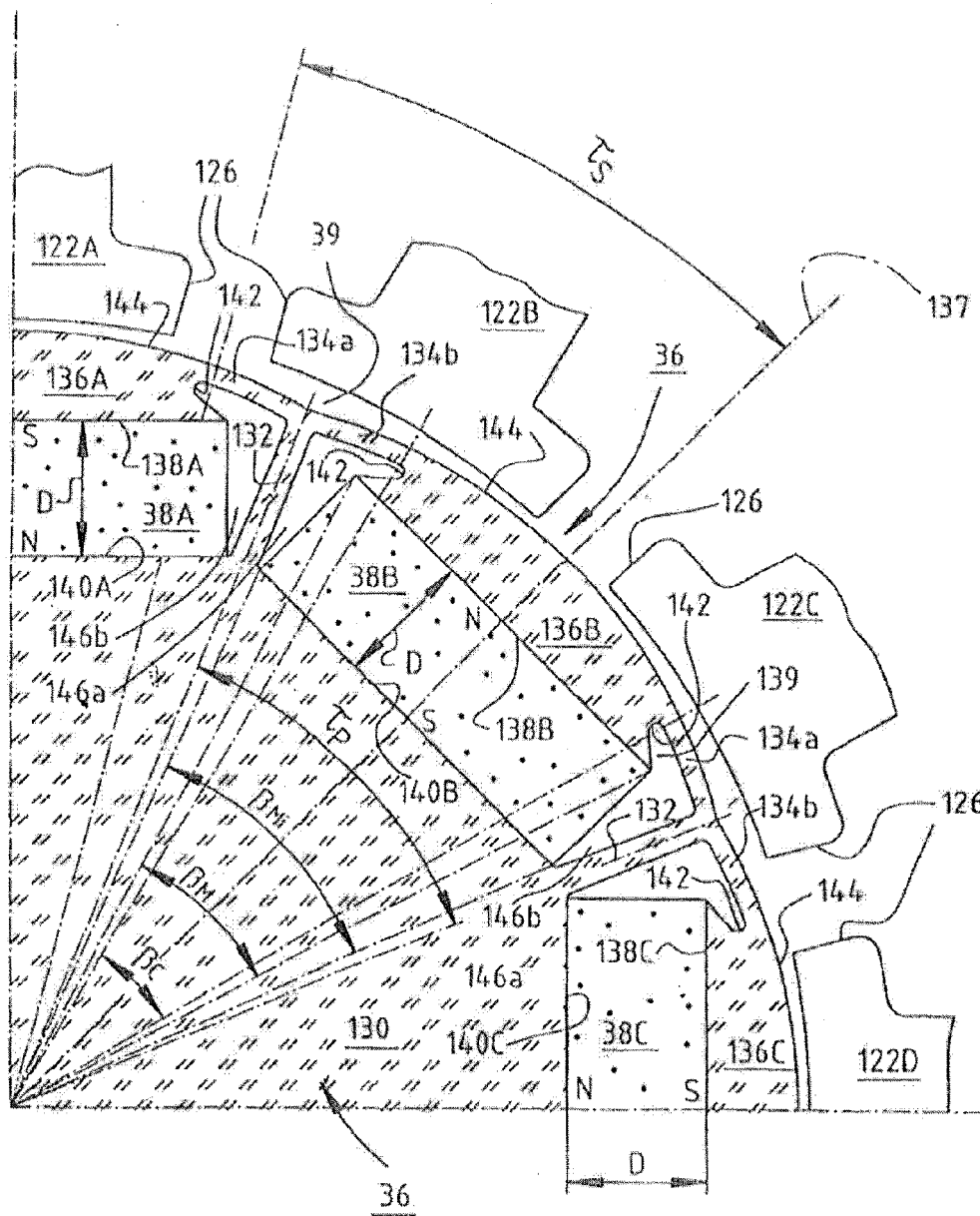


Fig. 3

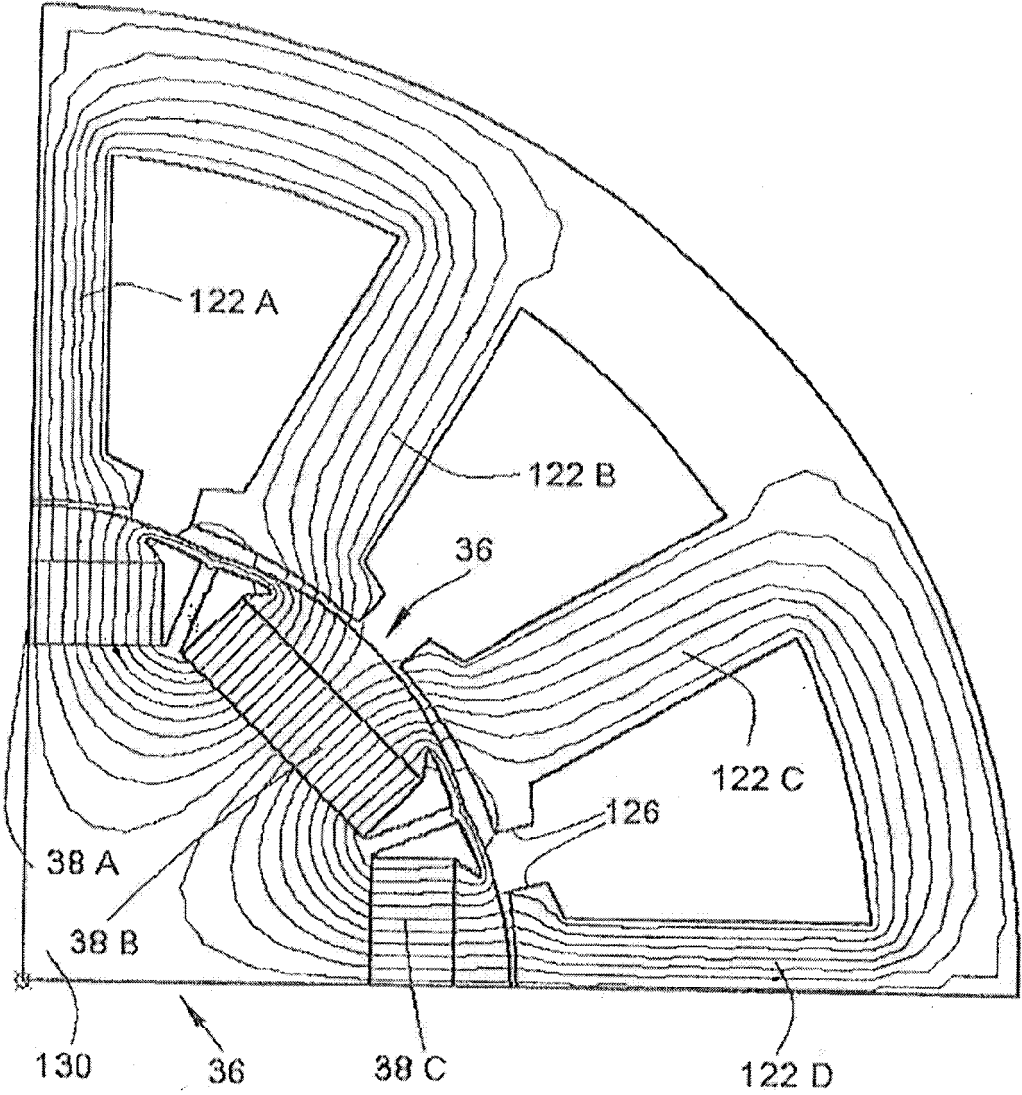


Fig. 4

