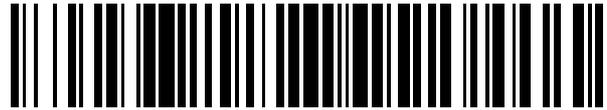


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 770**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/14** (2006.01)

**H02K 29/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2010 E 10159797 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2378627**

54 Título: **Motor eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2014**

73 Titular/es:

**EBM-PAPST MULFINGEN GMBH & CO. KG  
(100.0%)  
Bachmühle 2  
74673 Mulfingen, DE**

72 Inventor/es:

**KROTSCH, JENS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 444 770 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 eléctrico

5 El presente invento trata de un motor eléctrico con un estator y un rotor excitado por imanes permanentes, radialmente simétrico y previsto para la rotación con respecto al estator coaxial alrededor de un eje de motor común

10 Por el documento EP 1 246 349 A2 se conoce un motor eléctrico con un estator y un rotor excitado por imanes permanentes, radialmente simétrico y previsto para la rotación con respecto al estator coaxial alrededor de un eje de motor común, presentando el estator un núcleo de hierro simétrico radialmente con un determinado número de dientes de estator adyacentes en dirección perimetral sobre ranuras de estator y aberturas de ranura respectivamente. En este caso, el rotor presenta un determinado número de imanes polares distribuidos sobre el perímetro y adyacentes a través de transiciones polares, estando conformado radialmente un entrehierro acorde al perímetro entre los imanes polares de rotor y los dientes de estator, presentando cada diente de estator en su superficie orientada hacia el entrehierro en dirección perimetral a partir de sus zonas laterales adyacentes a las aberturas de ranura colindantes por ambos lados, un área topográfica en relieve acrecentando parcialmente de forma radial el entrehierro respectivamente, con un rebaje cóncavo, cuyos bordes están redondeados esquemáticamente.

20 Por del documento US 2005/0023919 A1 se conoce un motor eléctrico con un estator y un rotor excitado por imanes permanentes, radialmente simétrico y previsto para la rotación con respecto al estator coaxial alrededor de un eje de motor común, presentando cada diente de estator en su superficie orientada hacia el entrehierro, ranuras auxiliares con un contorno rectangular con limitaciones en forma de cuentas.

25 Los motores de imanes permanentes conocidos se caracterizan por su alta eficiencia y son aptos, particularmente en una ejecución como un motor de rotor exterior, especialmente en las unidades de accionamiento para ventiladores y sopladores. Debido a las fluctuaciones de conductancia magnética a lo largo del entrehierro, producido a través de las ranuras del núcleo de hierro del estator, generalmente del paquete de chapa del estator, se producen en estos motores durante el funcionamiento, fluctuaciones de par de giro, los así llamados pares de reluctancia, que desfavorablemente pueden llevar a la excitación de vibraciones y ruidos. Especialmente en ventiladores que se utilizan en la tecnología de refrigeración y climatización, se requiere un funcionamiento silencioso con una alta eficiencia.

En el estado anterior de la técnica, los rebajes se utilizan para reducir los pares de reluctancia.

35 El documento DE 101 47 310 B4 describe segmentos de imán tipo concha con lados que se extienden oblicuamente en dirección axial. Debido a las también transiciones polares oblicuas se reducen en este caso los pares de reluctancia. Al mismo tiempo, sin embargo, disminuye de este modo el enlace de flujo magnético permanente y por lo tanto la densidad de par de giro y el grado de eficiencia en comparación con un diseño de transiciones rectilíneas. Por otra parte, la fabricación de esos segmentos de imán está ligada a costes adicionales.

40 Los segmentos de imán con lados que se extienden oblicuamente en dirección axial están descritos también en otros documentos pertinentes DE 199 01 310 A1 , DE 295 10 938 U1, JP 561 53 961 A, así como también en los documentos EP 0 375 228 B2 o bien US 4 933 584.

45 Los documentos EP 0 375 228 B2 y US 4 933 584 describen rebajes cóncavos que se extienden de forma rectangular o semicircular en los dientes de estator. Los rebajes se superponen en dirección perimetral discontinuamente con saltos y bordes. Además, tanto los rebajes como las ranuras se extienden oblicuamente en dirección axial. Además, la magnetización de los imanes permanentes en dirección axial está diseñada para funcionar de forma oblicua. Esto reduce de una manera conocida, no sólo el par de reluctancia, sino también la densidad de par de giro y el grado de eficiencia del motor. En particular, una ranura que se extiende oblicuamente está ligada también a mayores costes para la colocación del devanado. Además, en este caso la inclinación conduce a una reducción del enlace de flujo del imán permanente y por lo tanto del par de giro.

50 El documento JP 56 153 961 A describe rebajes en los dientes con el objetivo de reducir el par de reluctancia, pero con división de ranura desigual (ancho de los dientes). De este modo se producen los dientes principales y auxiliares. Los rebajes tienen la forma de semicírculos cóncavos y se superponen discontinuamente en dirección perimetral con saltos y bordes. En cuanto a los ejes centrales de ranura los rebajes en los dientes son asimétricos. Además, la magnetización de los imanes permanentes se extiende oblicuamente y/o con desplazamiento en dirección axial. Tal inclinación reduce de manera conocida el enlace de flujo del imán permanente y por lo tanto la densidad de par de giro y el grado de eficiencia del motor.

En otros documentos DE 28 50 478 C3, EP 0 081 524 B1, EP 0 473 534 B1 y EP 0 545 060 B1 se describen respectivamente imanes permanentes con lados rectilíneos, pero con transiciones polares oblicuas en base a la magnetización correspondiente.

5 Esta configuración tiene también un impacto negativo sobre la densidad de par de giro y el grado de eficiencia. Además, una transición polar oblicua tiene otra desventaja adicional. El ángulo de inclinación adecuado en realidad para la reducción de los pares de reluctancia depende en cada caso, de la longitud axial del estator o del núcleo de hierro de estator (paquete de chapa de estator), de modo que para diferentes longitudes se deben mantener en reserva dispositivos de magnetización separados respectivamente.

10 El documento DE 37 10 658 A1 trata de un motor de corriente continua con un rotor que presenta imanes permanentes de múltiples piezas individuales en dirección perimetral, estando las piezas individuales dispuestas desplazadas contrapuestas entre sí en dirección perimetral. Esta disposición conduce básicamente a una reducción del par de reluctancia, pero desfavorablemente a expensas de la densidad de par de giro y del grado de eficiencia, y asociada a un aumento de los gastos de producción para la fijación de los sub-imanes y su magnetización.

15 En el documento DE 37 23 099 C2 se describe una versión con un entrehierro que varía periódicamente en dirección perimetral a través de elevaciones conductoras magnéticamente que se extienden axialmente en forma de levas en los dientes de estator. En este caso, las levas se proyectan en el entrehierro. En consideración de las inexactitudes de fabricación, el entrehierro debe estar diseñado en general más grande, con el fin de garantizar un espacio suficiente en el área de la leva. Sin embargo, esto reduce la densidad de par de giro y el grado de eficiencia, y/o se requiere un mayor coste de fabricación para lograr una mayor exactitud.

20 En el documento DE 103 03 848 A1 se describe una disposición asimétrica de los imanes en el perímetro del rotor para reducir el par de reluctancia. Esta solución está ligada a un gasto de fabricación adicional para el posicionamiento exacto de los imanes. Además, la asimetría producida de este modo tendrá una influencia negativa en el par electromagnético producido en forma de pares de alternancia adicionales frente a una disposición simétrica.

25 El presente invento se basa en el objeto de proporcionar un motor eléctrico descrito inicialmente del tipo genérico que presenta tanto un bajo par de reluctancia, así como al mismo tiempo una alta eficiencia y un elevado aprovechamiento de material (densidad de par de giro). En otras palabras, se debe reducir el par de reluctancia sin afectar negativamente a la eficiencia y a la densidad de par de giro. Además, se debe poder producir el motor eléctrico con un bajo esfuerzo técnico de fabricación.

30 Según el invento, esto se consigue mediante las características de la reivindicación 1. Las características favorables del invento se exponen en las reivindicaciones dependientes y en la descripción posterior.

35 Por consiguiente, cada diente de estator presenta según el invento en su superficie curvada en forma de arco orientada hacia el entrehierro, en realidad correspondientemente al entrehierro en dirección perimetral, a partir de sus zonas laterales adyacentes a las aberturas de ranura colindantes por ambos lados, un área topográfica en relieve, acrecentando parcialmente de forma radial el entrehierro respectivamente, con múltiples rebajes cóncavos y con una trayectoria continua en dirección perimetral libre de saltos y bordes y por consiguiente en forma ondulada. Por el término "trayectoria continua" ha de entenderse que el radio del diente de estator cambia continuamente en dirección perimetral sin saltos. Con ello, el contorno en forma de onda se extiende a lo largo de una curva continua, mediante el cual todas las áreas tangencialmente se conectan entre sí y sin pandeo. En este caso, los dientes de estator en las áreas topográficas en forma de onda, así como en las áreas de las aberturas de ranura están conformados favorablemente vistos en dirección axial, de forma rectilínea, extendiéndose paralelamente al eje del motor, por lo que todas las desventajas de las ejecuciones que se extienden oblicuamente como se describe anteriormente, se evitan favorablemente. Por consiguiente, especialmente el motor según el invento es fácil y económico de fabricar, y en particular en conexión con un revestimiento de dientes del núcleo de hierro del estator, bobinando los devanados a través de las ranuras del estator alrededor de los dientes del estator.

40 A través de las áreas topográficas en forma de ondas según el invento, que están conformadas simétricamente preferentemente en dirección perimetral con respecto a ejes centrales de ranura radiales y también con respecto a ejes centrales de dientes radiales, se puede reducir favorablemente el par de reluctancia casi sin ninguna influencia negativa en el rendimiento del motor y la densidad de par de giro. El principio de eficiencia se puede ilustrar de la siguiente manera. El momento de retención se produce por una interacción de las transiciones polares magnéticas del rotor con las aberturas de ranura de estator. También los rebajes de las áreas topográficas onduladas previstos según el invento producen básicamente una fluctuación de par de giro, que sin embargo, debido a un desplazamiento en dirección perimetral respecto a las aberturas de ranura, está en este caso en contra fase con el par de reluctancia de similar amplitud. Esta fluctuación de par de giro causada por los rebajes de material según el

invento y el propio par de reluctancia se sobreponen y se eliminan en su efecto resultante completamente o al menos parcialmente.

Otras características de diseño específicas se explicarán más detalladamente a continuación.

5 Para este propósito se explica a continuación detalladamente el invento en base a los dibujos. Se muestran en la (s):

figuras 1 a 3, una semisección transversal simplificada esquemática de diferentes variantes de un motor eléctrico en un modelo de fabricación preferente como un motor de rotor externo,

10 figura 4, una representación como en la figura 2 con ángulos dibujados adicionalmente,

figura 5, el área V de la figura 1 en una vista ampliada,

15 figura 6, con figuras parciales 6a hasta 6d, diversas variantes de fabricación según el invento en vistas de detalle similar a la figura 5,

figura 7, una ilustración adicional del invento similar a la figura 5 para explicar el principio de funcionamiento del invento y

20 figura 8, un diagrama para ilustrar el par de reluctancia de acuerdo con el presente invento en comparación con la técnica anterior.

25 En las diversas figuras de los dibujos, las mismas piezas siempre están indicadas con los mismos números de referencia.

Como primeramente se puede ver en las figuras 1 a 4, sólo existe un esquema de un motor eléctrico 1 que comprende un estator 2 y un rotor 4. El estator 2 y el rotor 4 con respecto a un eje de motor común X están dispuestos coaxialmente uno con el otro, siendo el rotor 4 respecto al estator 2 giratorio en torno al eje del motor X. En los ejemplos de fabricación ilustrados, el motor eléctrico 1 está diseñado como un motor de rotor externo envolviendo coaxialmente el rotor 4 al estator 2. En principio, sin embargo, el presente invento también es adecuado para motores de rotor interno, en los que como se conoce, el rotor gira dentro del estator.

35 El estator 2 presenta un núcleo de hierro 6 radialmente simétrico, que normalmente está diseñado como un paquete de chapas de estator en base a hojas de chapa laminadas. En este caso, el núcleo de hierro 6 presenta un número determinado N de dientes de estator 10 en dirección perimetral adyacentes respectivamente mediante ranuras de estator 8 y aberturas de ranura 8a. Los dientes de estator 10 respecto al eje de motor x están alineados radialmente y cada uno presenta en total una configuración en forma de T visto en sección transversal radialmente con zapatas polares 10a alargadas simétricamente por ambos lados en los extremos en dirección perimetral. Cada diente de estator 10 lleva uno de varios devanados de estator 12 que se enrollan en forma de un así llamado bobinado de diente, atravesando las ranuras de estator 8 en torno a los dientes del estator 10.

45 El rotor 4 radialmente simétrico presenta un número P determinado de imanes polares 14 dispuestos a distancia perimetralmente, que son adyacentes a través de transiciones polares 14a respectivamente. Estas transiciones polares 14a pueden estar definidas, ya sea como se muestra, mediante espacios entre elementos magnéticos individuales o, utilizando un imán de anillo de una sola pieza o una banda magnética dispuesta en forma anular, a través de pasos por cero de la magnetización del rotor en áreas de transición desde una polaridad del imán de rotor hacia la siguiente polaridad opuesta. Todos los imanes polares 14 están conectados por un elemento de inferencia 16 magnético blando común. En el ejemplo de fabricación ilustrado como un motor de rotor externo, los imanes polares 14 están dispuestos en el perímetro interior del elemento de inferencia 16 cilíndrico.

55 Radialmente entre los imanes polares de estator 14 y los dientes de estator 10 está conformado según el perímetro, básicamente un entrehierro 18 cilíndrico. Este entrehierro 18 permite la rotación del rotor 4, produciéndose esta rotación por una interacción del campo magnético del estator generado por una excitación de los devanados del estator 12, atravesando el entrehierro 18 con los campos magnéticos de los imanes polares 14. Normalmente en este caso, al menos para motores eléctricos conocidos, se producen fluctuaciones de par, los así llamados pares de reluctancia, en base a las fluctuaciones de conductancia magnética a lo largo del entrehierro 18, causadas por la interacción entre el estator 8 o bien las aberturas de ranura 8a y transiciones polares 14a entre los imanes polares 14 (ver en el diagrama de la figura 8, la curva de par A).

60 Para superar estos pares de reluctancia o al menos reducirlos significativamente, se prevé que cada diente de estator 10 presente en su superficie 20 orientada hacia el entrehierro 18 en dirección perimetral, a partir de sus zonas laterales adyacentes a las aberturas de ranura 8a colindantes por ambos lados, un área topográfica 22 en relieve,

acrecentando parcialmente de forma radial el entrehierro 18 respectivamente, con al menos un rebaje cóncavo 24 ( véase también, en particular, las vistas ampliadas de las figuras 5 a 7) y con una trayectoria continua en dirección perimetral en forma ondulada, libre de saltos y bordes. En este caso, de cualquier modo los dientes de estator 10 en las áreas topográficas 22 onduladas, así como en el área de las ranuras de estator 8 y en las áreas de ranura del estator 8a visto en dirección axial se extienden de forma rectilínea o bien paralelamente respecto al eje de motor X. Favorablemente, esto también se aplica al rotor 4, es decir, los imanes polares 14 presentan lados rectilíneos, y las transiciones polares 14a son axialmente rectilíneas. De este modo, de acuerdo con el objeto anterior, se posibilita una fabricación sencilla y económica del motor eléctrico 1. Sin embargo, se logra una reducción significativa del par de reluctancia (ver en la figura 8 la curva de par B con trazo discontinuo).

En una configuración favorable, las áreas topográficas onduladas 22 en dirección perimetral con respecto a los ejes centrales radiales de ranura 26 y respecto a los ejes centrales radiales de dientes 28 están conformadas simétricamente en las superficies 20 de los dientes de estator 10. En este caso se hace referencia en particular a la representación en la figura 4, según la cual cada área topográfica ondulada 22, respecto al eje central de la ranura 26 de la ranura de estator adyacente 8, se extiende sobre un ángulo perimetral  $\varphi$  hacia el eje central radial del diente 28, siendo el ángulo perimetral  $\varphi$  como máximo igual al cociente de todo el perímetro de estator de  $360^\circ$  dividido entre el doble del número 2N de las ranuras del estator 8 o bien de los dientes de estator 10. En consecuencia se aplica la relación.

Como se puede ver en particular, en las ilustraciones de las figuras 6 y 7 según el invento, para la adaptación a diferentes versiones del motor eléctrico 1, cada área topográfica ondulada 22 está compuesta por varios, especialmente por dos o tres rebajes cóncavos 24 interconectados en dirección perimetral fusionados entre sí permanentemente de forma tangencial. En este caso está conformada respectivamente una transición convexa entre dos rebajes 24 adyacentes. El rebaje 24 más próximo a la respectiva abertura de ranura 8a presenta la mayor profundidad radial, reduciéndose las profundidades de los otros rebajes 24 con el aumento de la distancia angular  $\varphi$  del eje central de la ranura 26. Esto da lugar a un contorno similar a una oscilación (sinusoidal) en extinción.

Como se puede ver en la figura 5, todos los rebajes 24 de las áreas topográficas onduladas 22 con respecto a su profundidad radial máxima están diseñados, de tal forma que están dentro de un área de profundidad radial  $\Delta R$ , que es hasta 3 % del radio total  $R_G$  del estator 2 o bien del núcleo de hierro 6 situado en el área de las superficies del diente de estator 20, fuera de las áreas topográficas onduladas 22. En la figura 5, está dibujada a tal efecto una profundidad radial máxima de los rebajes 24 con un radio de rebaje  $R_A$ . En este caso,  $R_A$  es al menos  $0,97 \cdot R_G$  ( $R_A \geq 0,97 R_G$ ).

Según la ilustración en la figura 4, en cada área topográfica ondulada 22, a partir del eje central de la ranura 26, está dispuesto un primer rebaje cóncavo 24 en un primer rango de ángulos  $\varphi_1$ , por ejemplo,  $4^\circ$  a  $6^\circ$ . Al primer rebaje 24 se puede conectar continuamente un segundo rebaje cóncavo 24, que presenta preferentemente una profundidad radial más reducida, y que se extiende en conexión con el primer rango de ángulos  $\varphi_1$  lo largo de un segundo rango angular  $\varphi_2$ , por ejemplo, de  $4^\circ$  a  $8^\circ$ . Finalmente, al segundo rebaje 24 se puede conectar opcionalmente de forma permanente un tercer rebaje cóncavo 24 con una profundidad radial preferentemente reducida de nuevo, que en conexión con el segundo rango de ángulos  $\varphi_2$  se extiende a través de un tercer rango de ángulos  $\varphi_3$ , por ejemplo, de hasta  $5^\circ$ .

En este caso, el número, la profundidad y la extensión perimetral de los respectivos rebajes 24 y los rangos de ángulo respectivos dependen sustancialmente del número de polos del motor. En una configuración particularmente preferente, el estator 2 presenta doce ranuras de estator 8 y, en consecuencia doce dientes de estator 10. De este modo es preferente,  $N = 12$ . El número P de imanes polares 14 es en este caso preferentemente  $P = N \pm 2$  ó  $P = N \pm 4$  Esto se traduce en un número de polos P de diez o catorce o bien de ocho o dieciséis. En esta ocasión se debe aplicar en cualquier caso:  $P \neq N$ , de modo que el motor sea capaz de generar suficiente par de giro en tres fases de devanado.

Para los números de polos P preferentes, los rangos de ángulo  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  y  $\varphi_3$  pueden estar definidos según la siguiente tabla:

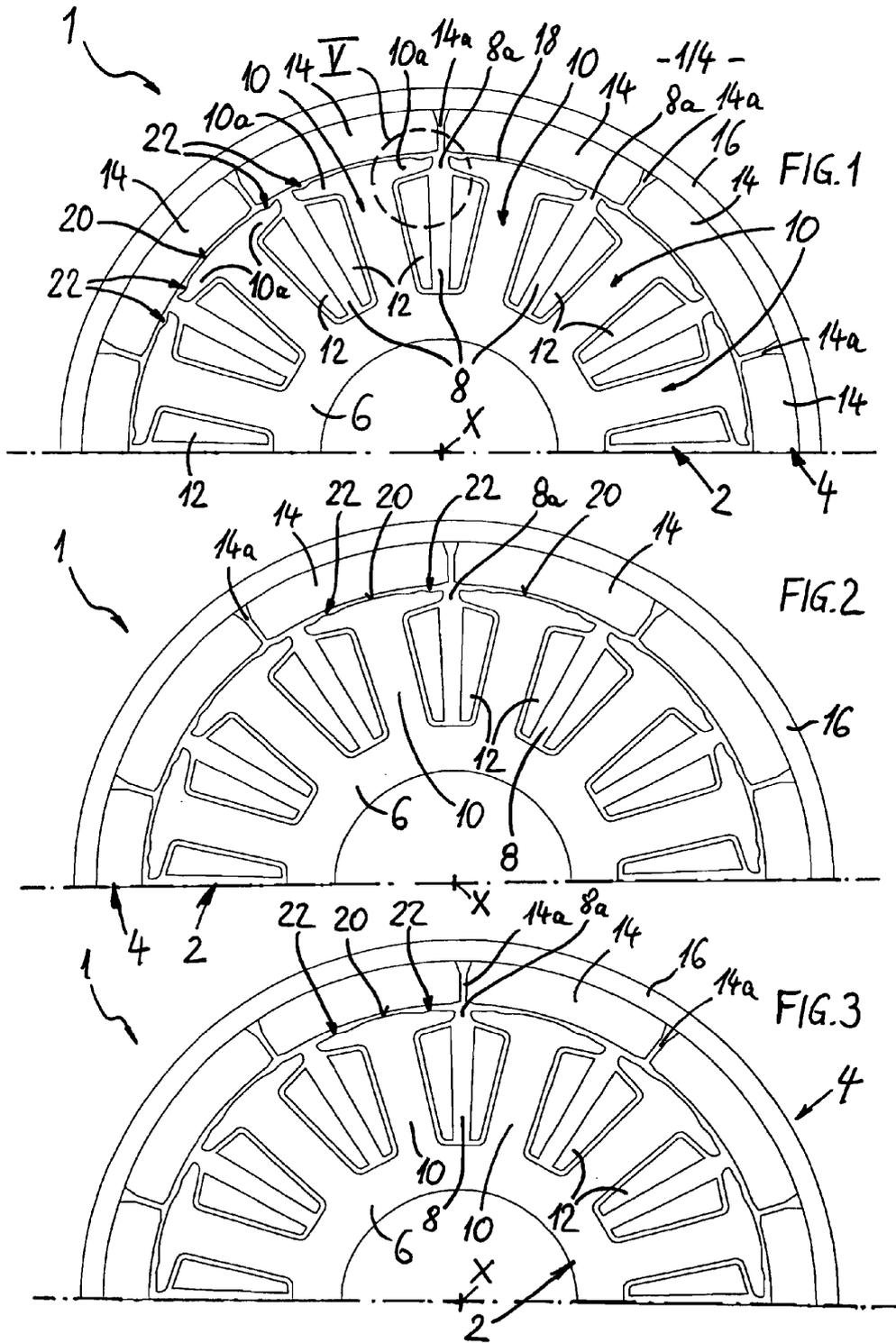
Número de polos P	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
10	$6^\circ$	$7,5^\circ$	-
14	$4^\circ$	$5^\circ$	-
8	$6^\circ$	$4^\circ$	$5^\circ$
16	$6^\circ$	$7^\circ$	-

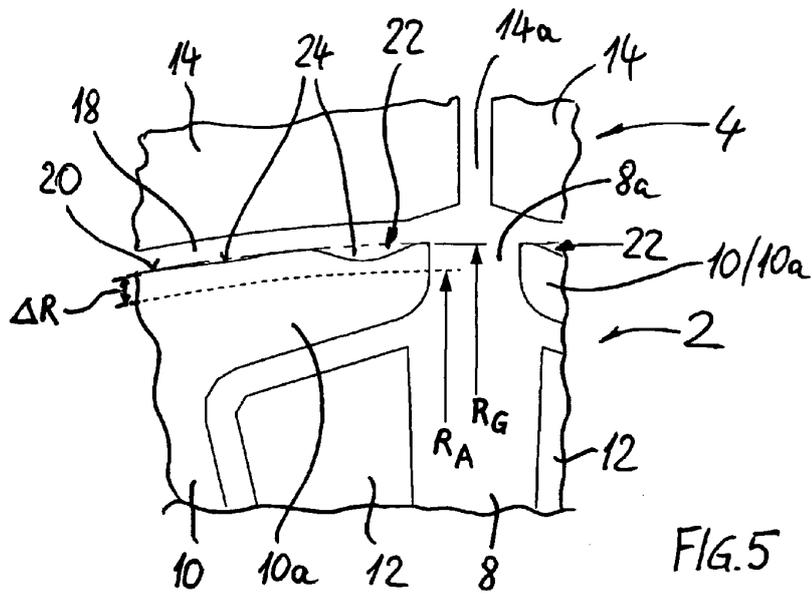
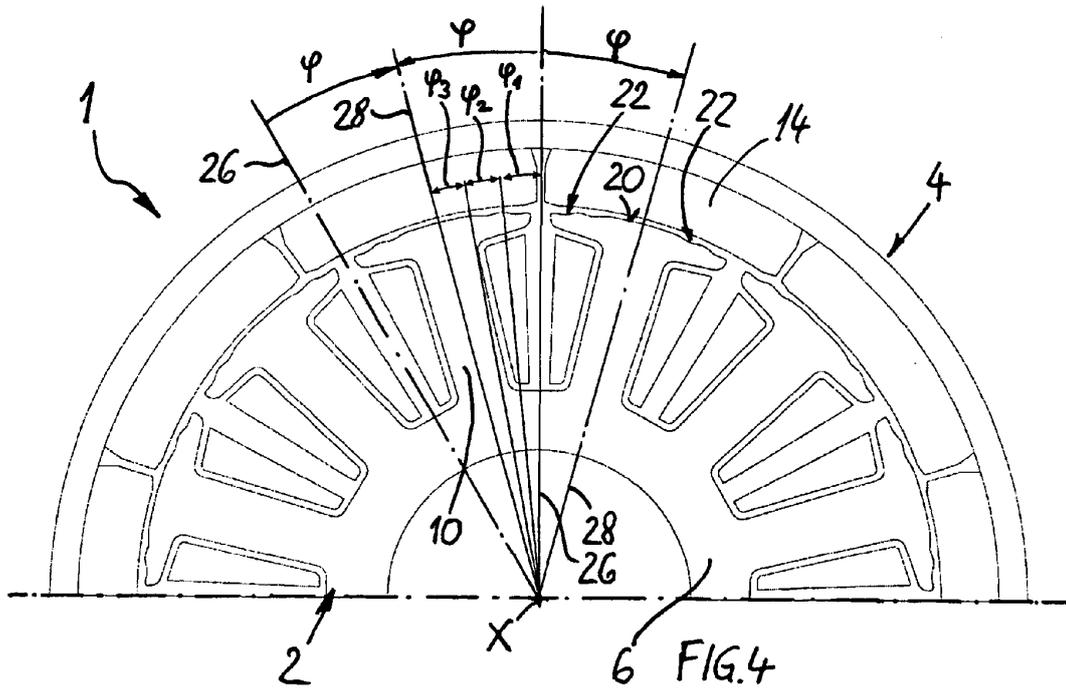
La ejecución para  $P = 10$  se ilustra en la figura 6a, la ejecución para  $P = 14$  en la figura 6b, la ejecución para  $P = 8$  en la figura 6c, y finalmente para  $P = 16$  en la figura 6d. En estas ilustraciones se puede ver que el borde de recorrido exacto de las áreas topográficas onduladas 22 puede variar dentro de los límites descritos.

- Por último, se hace referencia a las figuras 7 y 8 respecto al principio de efecto del invento. Por lo general, se produce un par de reluctancia por una interacción de la transición polar 8a con la abertura de la ranura 14a. Sin embargo, los rebajes de material 24 de las áreas topográficas onduladas 22 previstos según el invento generan también una fluctuación de par de giro. Sin embargo, ésta debido a un desplazamiento en dirección perimetral respecto a las aberturas de ranura 8a está en contra fase con el propio par de reluctancia y de similar amplitud. Esta fluctuación de par de giro causada por los rebajes 24 y el par de reluctancia se sobrepone y se elimina en su efecto resultante completamente o al menos parcialmente. Esto se ilustra en el diagrama de la figura 8. El par de reluctancia normal está dibujado por una curva A completamente dibujada con gran amplitud. La curva de par resultante de la aplicación del presente invento está dibujada en la figura 8 como línea de puntos B, que varía muy poco en torno a cero. Por lo tanto, la variación básica del enlace de flujo del imán permanente se reduce en este caso sólo en torno a aproximadamente un 1 %. Por lo tanto, la alta densidad de par del motor se mantiene favorablemente.
- 5
- 10
- 15 El invento no se limita a los ejemplos de fabricación ilustrados y descritos, sino que también comprende todos los modelos de fabricación que tienen el mismo efecto según el invento.

## REIVINDICACIONES

1. Motor eléctrico (1) con un estator (2) y un rotor (4) excitado por imanes permanentes, radialmente simétrico y previsto para la rotación con respecto al estator coaxial (2) alrededor de un eje de motor común (X), presentando el estator (2) un núcleo de hierro (6) simétrico radialmente con un determinado número (N) de dientes de estator (10) adyacentes en dirección perimetral sobre ranuras de estator (8) y aberturas de ranura (8a) respectivamente, y presentando el rotor (4) un determinado número (P) de imanes polares (14) distribuidos sobre el perímetro y adyacentes a través de transiciones polares (14a) y estando conformado radialmente un entrehierro (18) acorde al perímetro entre los imanes polares de rotor (14) y los dientes de estator (10), presentando cada diente de estator (10) en su superficie (20) orientada hacia el entrehierro (18) a partir de sus zonas laterales en dirección perimetral adyacentes a las aberturas de ranura (8a) colindantes por ambos lados, un área topográfica (22) en relieve, acrecentando parcialmente de forma radial el entrehierro (18) respectivamente con al menos un rebaje cóncavo (24) y que tiene una trayectoria continua ondulada en dirección perimetral, libre de saltos y bordes, presentando cada área topografía ondulada (22) varios, sobre todo dos o tres rebajes (24) cóncavos que se fusionan continuamente unos en otros, uniéndose en dirección perimetral entre sí y decreciendo sus profundidades medidas radialmente al aumentar la distancia angular ( $\varphi$ ) del eje central de la ranura (26).
2. Motor eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque los dientes de estator (10) en las áreas topográficas onduladas (22) y en la zona de las aberturas de ranura (8a), visto en dirección axial se extienden de forma rectilínea o bien paralelamente respecto al eje de motor (X).
3. Motor eléctrico según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque las áreas topográficas onduladas (22) están conformadas simétricamente en dirección perimetral con respecto a ejes centrales de ranura radiales (26).
4. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque cada área topográfica ondulada (22) con respecto al eje central de la ranura (26) de la ranura de estator adyacente (8) se extiende sobre un ángulo perimetral ( $\varphi$ ) en dirección de un eje central de diente (28) radial, siendo el ángulo perimetral ( $\varphi$ ) como máximo igual al cociente de todo el perímetro de estator de  $360^\circ$  dividido entre el doble del número (2N) de los dientes de estator (10).
5. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque las áreas topográficas onduladas (22) con sus rebajes cóncavos (24) definen un rango de profundidad radial ( $\Delta R$ ) que abarca hasta 3 % del radio total ( $R_G$ ) del estator (2).
6. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque en cada una de las áreas topográficas onduladas (22) a partir del eje central de la ranura (26) está dispuesto un primer rebaje cóncavo (24) en un primer área angular ( $\varphi_1$ ) de , por ejemplo  $4^\circ$  a  $6^\circ$ .
7. Motor eléctrico según la reivindicación 6, caracterizado porque en el primer rebaje (24) se anexa continuamente un segundo rebaje cóncavo (24) con una profundidad radial preferentemente menor, que después del primer área angular ( $\varphi_1$ ) se extiende sobre un segundo área angular ( $\varphi_2$ ) de, por ejemplo,  $4^\circ$  a  $8^\circ$ .
8. Motor eléctrico según la reivindicación 7, caracterizado porque en el segundo rebaje (24) se anexa de forma continua un tercer rebaje cóncavo (24) con una profundidad radial preferentemente reducida nuevamente, que se extiende preferentemente en conexión con el segundo área angular ( $\varphi_2$ ) a través de un tercer área angular ( $\varphi_3$ ), de por ejemplo, hasta  $5^\circ$ .
9. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque las transiciones polares (14a) del rotor (4) están conformadas por medio de separaciones entre los elementos magnéticos o, mediante el uso de un imán de anillo o una banda magnética dispuesta en forma anular, a través de pasos por cero de la magnetización del rotor en áreas de transición entre polaridades magnéticas opuestas.
10. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque los imanes polares de rotor (14) están conformados de forma rectilínea axialmente o bien axialmente paralelos con las transiciones polares (14a).
11. Motor eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por un modelo de fabricación como un motor de rotor externo, envolviendo coaxialmente el rotor (4) al estator (2).





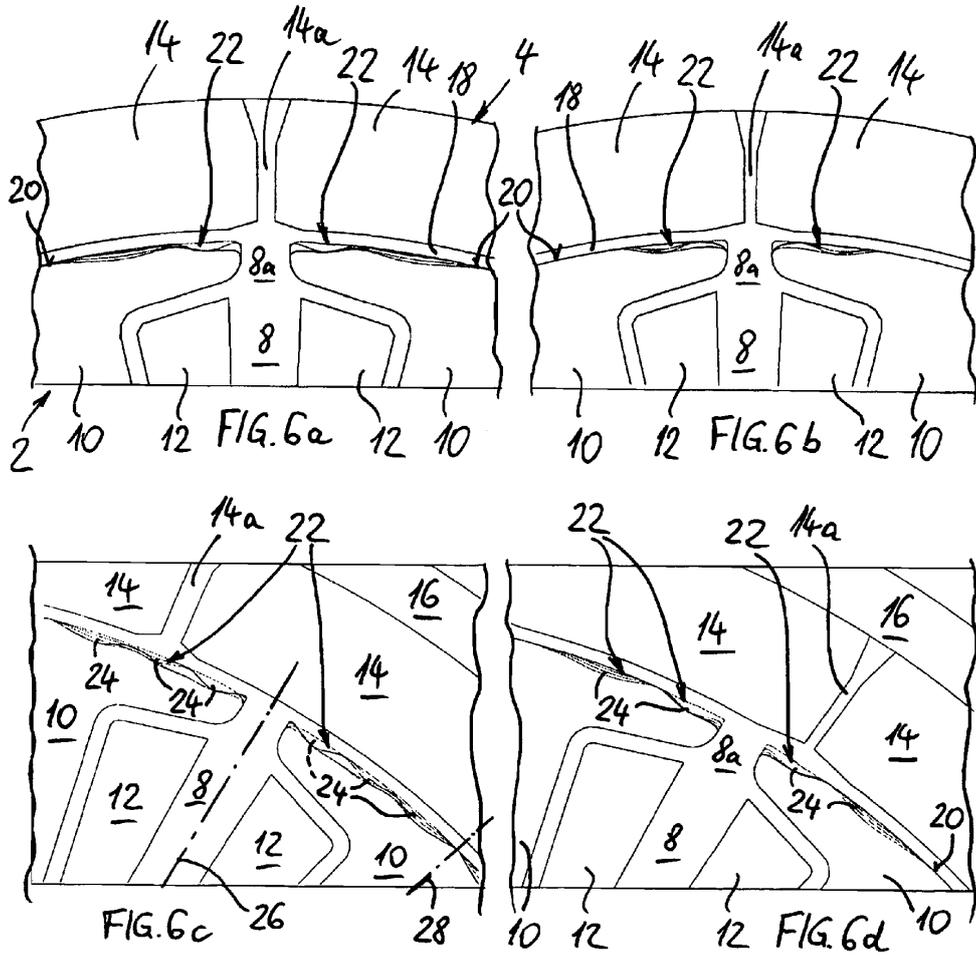


FIG. 6

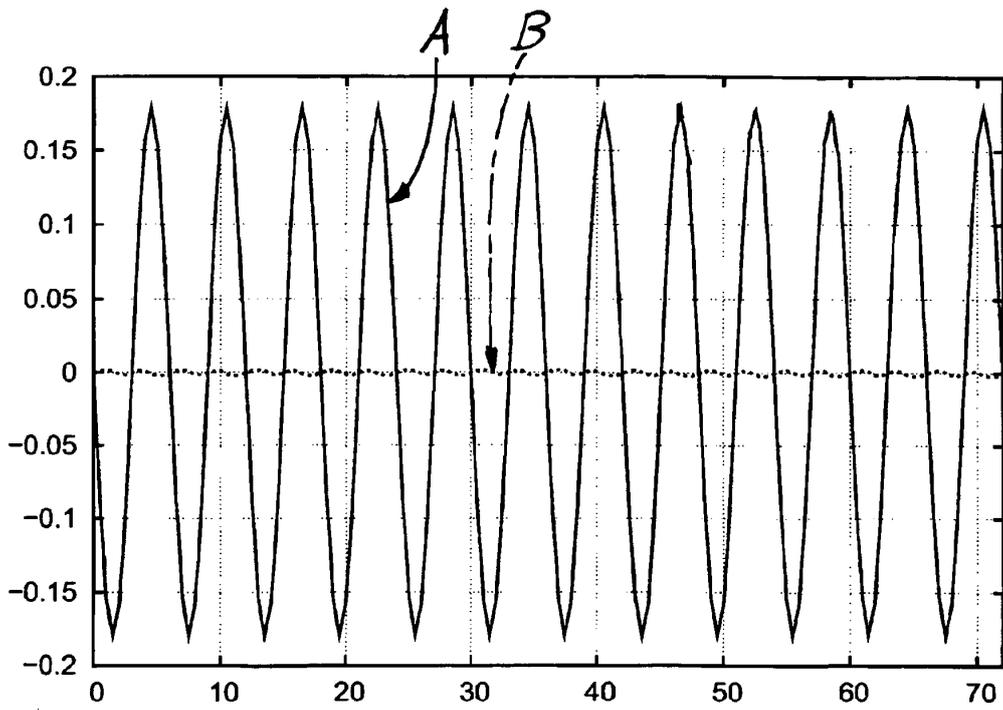
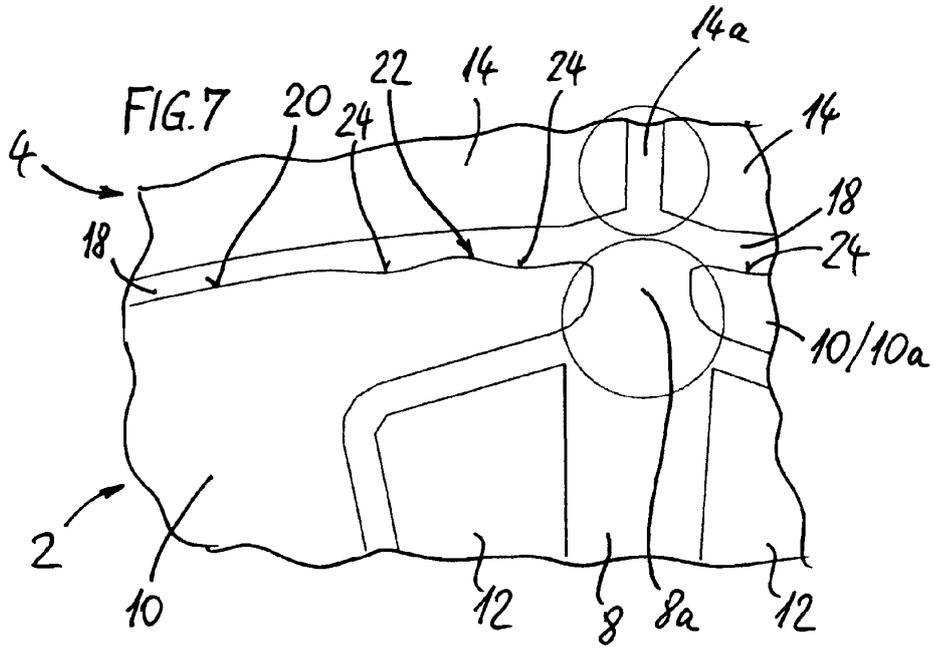


FIG. 8