

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 776**

51 Int. Cl.:
H02K 1/27 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09722513 .0**
96 Fecha de presentación: **18.03.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2266188**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2010**

54 Título: **ROTOR DE IMANES PERMANENTES CON PIEZAS POLARES DE CONCENTRACIÓN DE FLUJO.**

30 Prioridad:
19.03.2008 DK 200800423
28.03.2008 US 64833

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.02.2012

73 Titular/es:
Höganäs Ab (publ)
Bruksgatan 35
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:
PENNANDER, Lars-Olov;
JACK, Alan G. y
ATKINSON, Glynn James

74 Agente: **No consta**

ES 2 373 776 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

Rotor de imanes permanentes con piezas polares de concentración de flujo.

Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de una máquina de imanes permanentes y más específicamente a una máquina de imanes permanentes sin escobillas de CC. En particular se refiere a una máquina de imanes permanentes según el preámbulo de la reivindicación 1, que ya se conoce a partir del documento EP 1003267.

Antecedentes

Las máquinas de imanes permanentes, y en particular las máquinas de imanes permanentes sin escobillas de CC pueden implementarse como una máquina eléctrica de polos modulados. En los últimos años, los diseños de máquinas eléctricas evolucionados desde máquinas de polos modulados, máquinas de polos intercalados, máquinas de Lundell y máquinas de flujo transversal (TFM), se han vuelto cada vez más interesantes. Las máquinas eléctricas que usan los principios de estas máquinas se dieron a conocer ya alrededor de 1910 por Alexandersson y Fessenden. Uno de los motivos más importantes para el creciente interés es que el diseño permite un rendimiento de par motor muy alto en relación con, por ejemplo, las máquinas de inducción, las máquinas de reluctancia conmutada e incluso las máquinas sin escobillas de imanes permanentes. Además, tales máquinas son ventajosas porque la bobina a menudo es fácil de fabricar. Ejemplos de implementaciones de la topología de la máquina de polos modulados incluyen implementaciones tales como, por ejemplo, máquinas de polos intercalados, de tres patas, de Lundell, o de TFM. El rotor de concentración de flujo está constituido en términos generales por varias piezas polares de un material magnético blando y un número igual de imanes permanentes entremedias. Los imanes permanentes están magnetizados en una dirección circunferencial, teniendo un imán sí y uno no una dirección de vector de magnetización inversa.

El diseño de rotor del estado de la técnica usa imanes de NeFeB de alto rendimiento para maximizar la intensidad del campo polar y para minimizar el rendimiento con respecto al peso de la estructura. Una alternativa es usar un imán de menor rendimiento, menos costoso, pero entonces el área transversal del imán debe aumentarse proporcionalmente para lograr una intensidad igual de polo magnético. La forma conocida actualmente de disponer el imán de menor rendimiento es aumentar las dimensiones radiales totales del rotor lo que dará como resultado un aumento en el peso y el momento de inercia del rotor. Las piezas polares magnéticas blandas intermedias también deben extenderse radialmente para poder captar el flujo magnético procedente de los imanes permanentes.

Es deseable mejorar el rendimiento de la máquina eléctrica y/o reducir los costes de producción de una máquina de este tipo sin reducir su rendimiento.

Sumario

En el presente documento se da a conocer una máquina de imanes permanentes que comprende un estator y un rotor. El rotor de la máquina está adaptado para girar con respecto al estator. El rotor comprende una pluralidad de imanes permanentes separados entre sí en la dirección circunferencial por piezas polares que se extienden axialmente para concentrar el flujo procedente de dichos imanes permanentes. El estator tiene una estructura que define límites axiales de un entrehierro entre el estator y el rotor para comunicar el flujo magnético entre el estator y el rotor. Al menos algunos de los imanes permanentes se extienden axialmente fuera de los límites axiales del entrehierro tal como se define por la estructura del estator. Según la invención, al menos una de dichas piezas polares tiene superficies de contacto que hacen tope cada una contra una superficie de contacto correspondiente de un imán permanente vecino respectivo, y una parte central entre las superficies de contacto, en la que la parte central tiene una longitud axial menor que la longitud axial de los imanes permanentes vecinos.

En una realización, la parte central tiene un espesor radial menor que un espesor radial de los imanes permanentes vecinos. En algunas realizaciones, al menos una de las piezas polares está limitada axial y/o radialmente hacia dicha área de entrehierro activo, es decir de manera que la parte central de la pieza polar que proporciona una superficie adyacente al entrehierro activo y que proporciona comunicación de flujo entre el rotor y el estator a través del entrehierro activo tiene una dimensión radial y/o axial menor en comparación con las partes laterales de la pieza polar que proporcionan las superficies de contacto para los imanes permanentes vecinos.

En una realización, al menos uno de los componentes de pieza polar tiene superficies de contacto que cubren la superficie del imán permanente vecino y una parte central con una extensión limitada en una dirección hacia las proximidades del área de entrehierro activo. De ese modo, el flujo procedente de la superficie de la totalidad de los imanes permanentes se conduce y se concentra en un área, mejorando el rendimiento de la máquina de polos.

El estator puede comprender una pluralidad de dientes de estator que sobresalen cada uno en dirección radial hacia el rotor y que tienen una cara de extremo orientada hacia el rotor, definiendo las caras de extremo de los dientes de estator los límites axiales del entrehierro.

En las realizaciones de la máquina de imanes permanentes dada a conocer en el presente documento, las piezas polares están conformadas de manera que el flujo magnético procedente de dichos imanes permanentes se concentra cerca del área de entrehierro activo definida por el estator.

5 El entrehierro entre el estator y el rotor para comunicar el flujo magnético entre el estator y el rotor también se denominará entrehierro activo. Por tanto, la longitud axial de los imanes permanentes es mayor que la dimensión axial global del entrehierro activo tal como se define por los límites axialmente exteriores del entrehierro. Generalmente, el estator puede comprender una estructura magnética blanda, y los límites axiales del entrehierro pueden estar definidos por la parte de la estructura magnética blanda orientada hacia el entrehierro y por tanto hacia el rotor. En particular, los límites axiales del entrehierro pueden estar definidos por los límites axiales de la parte de la estructura magnética blanda del estator que está orientada hacia el entrehierro y por tanto hacia el rotor.

10 Por consiguiente, el flujo procedente de un imán más grande puede concentrarse en el área de entrehierro activo definida por las dimensiones axiales del estator, aumentando de ese modo el rendimiento de la máquina y/o permitiendo el uso de imanes de rendimiento menor sin disminuir el rendimiento de la máquina, reduciendo así los costes de producción de la máquina. Además, el aumento del rendimiento y/o la disminución de los costes puede(n) obtenerse sin aumentar las dimensiones radiales de la máquina. En muchas aplicaciones no es deseable un aumento de la dimensión radial, por ejemplo, debido a restricciones de espacio o debido al deseo de reducir el momento de inercia de las partes giratorias de la máquina.

15 Esto conduce a una estructura de polos de rotor que aumenta la densidad de flujo del entrehierro de la máquina de polos modulados. Además, el momento de inercia disminuye porque pueden usarse imanes permanentes más pequeños para obtener el flujo deseado y esto mejora el rendimiento dinámico de la máquina. Además, la forma de los componentes de pieza polar magnética blanda permite la concentración de flujo, lo que puede mejorar el rendimiento de la máquina eléctrica.

20 En una realización, las piezas polares están limitadas axialmente hacia las proximidades del área de entrehierro activo. Al limitar la pieza polar axialmente es posible realmente concentrar y explotar el flujo procedente de los imanes que son axialmente más anchos que la parte de estator.

25 Además, se permite que los imanes permanentes de bajo rendimiento se extiendan axialmente fuera de los límites axiales de la estructura del estator y que el flujo se concentre axialmente de nuevo hacia el área de entrehierro activo definida por la longitud axial del estator. Las piezas polares magnéticas blandas que se extienden axialmente permitirán que el espesor radial del rotor sea menor en comparación con la solución del estado de la técnica y, de ese modo, se minimiza el momento de inercia.

30 En una realización, las piezas polares están limitadas radialmente hacia las proximidades del área de entrehierro activo. Al limitar la pieza polar radialmente es posible realmente concentrar y explotar el flujo procedente de los imanes que son radialmente más anchos que los usados en rotores de la técnica anterior.

En una realización, la máquina de imanes permanentes es de tipo axial.

35 En una realización, la máquina de imanes permanentes es de tipo radial.

En una realización, al menos una de dichas piezas polares es de polvo magnético blando compactado.

40 El polvo magnético blando puede ser un polvo de hierro atomizado con agua sustancialmente puro o un polvo de hierro esponjoso que tiene partículas con formas irregulares que se han recubierto con un aislamiento eléctrico. En este contexto, la expresión "sustancialmente puro" significa que el polvo debe estar sustancialmente libre de inclusiones y que la cantidad de las impurezas de O, C y N debe mantenerse al mínimo. Los tamaños medios de partícula pueden ser generalmente inferiores a 300 µm y superiores a 10 µm.

Sin embargo, puede usarse cualquier polvo de metal o polvo de aleación de metal magnético blando siempre que las propiedades magnéticas blandas sean suficientes y que el polvo sea adecuado para la compactación en troquel.

45 El aislamiento eléctrico de las partículas de polvo puede realizarse de un material inorgánico. Es especialmente adecuado el tipo de aislamiento dado a conocer en el documento US 6348265, que se incorpora al presente documento como referencia y que se refiere a partículas de un polvo de base que consiste en hierro esencialmente puro que tiene una barrera aislante que contiene oxígeno y fósforo. Polvos con partículas aisladas están disponibles como Somaloy®500, Somaloy®550 o Somaloy®700, disponibles de Höganäs AB, Suecia.

50 De ese modo, las piezas polares integradas se fabrican de manera eficaz en la misma operación mediante el uso de un método de formación de polvo en el que la formación se realiza en una configuración de herramienta de compactación sencilla.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán realizaciones preferidas de la invención con referencia a las figuras, en las que

la figura 1 es una vista esquemática, en despiece ordenado, en perspectiva, de una máquina de imanes permanentes radial del estado de la técnica y un diseño de rotor/estator del estado de la técnica,

la figura 2 es una vista en sección transversal de la máquina de imanes permanentes radial en la figura 1,

5 la figura 3a ilustra un ejemplo de una máquina eléctrica con un estator y un rotor con concentración de flujo extendida axialmente,

la figura 3b ilustra las piezas polares de rotor de un rotor con concentración de flujo extendida axialmente,

la figura 4 ilustra ejemplos de las dimensiones relativas de los imanes permanentes y los dientes de estator,

la figura 5a ilustra un ejemplo de una máquina eléctrica con un estator y un rotor con concentración de flujo extendida axial y radialmente,

10 la figura 5b ilustra las piezas polares de rotor de un rotor con concentración de flujo extendida axial y radialmente.

Descripción de realizaciones

Esta invención se sitúa en el campo de una máquina 100 de imanes permanentes de la que se muestra un ejemplo en la figura 1 en una vista esquemática, en despiece ordenado, en perspectiva. El estator 10 de la máquina de imanes permanentes se caracteriza básicamente por el uso de una bobina magnética, por ejemplo un único devanado 20 central, que alimentará magnéticamente múltiples dientes 102 formados por la estructura de núcleo magnético blando. El núcleo del estator está formado entonces alrededor del devanado 20 mientras que para otras estructuras de máquina eléctrica comunes, el devanado está formado alrededor de la sección de núcleo de diente individual. Ejemplos de la topología de máquina de polos modulados se reconocen a veces como, por ejemplo, máquinas de polos intercalados, de tres patas, de Lundell, o de TFM. Más particularmente, la máquina 100 de imanes permanentes mostrada comprende dos secciones 14, 16 de núcleo de estator que incluyen, cada una, una pluralidad de dientes 102 y que son sustancialmente circulares, una bobina 20 dispuesta entre las secciones de núcleo de estator primera y segunda, y un rotor 30 que incluye una pluralidad de imanes 22 permanentes. Además, las secciones 14, 16 de núcleo de estator, la bobina 20 y el rotor 30 están rodeando un eje 103 geométrico común, y la pluralidad de dientes de las dos secciones 14, 16 de núcleo de estator están dispuestos para sobresalir hacia el rotor 30 para formar una trayectoria de flujo de circuito cerrado tal como se esboza en la figura 3. La máquina en la figura 1 es de tipo radial ya que as los dientes de estator sobresalen en una dirección radial hacia el rotor, en este caso rodeando el estator al rotor. Sin embargo, el estator podría estar colocado igualmente bien interiormente con respecto al rotor, tipo que también se ilustra en algunas de las siguientes figuras. El alcance de la invención tal como se presenta a continuación no está limitado a ningún tipo específico de máquina de imanes permanentes y puede aplicarse igualmente bien a máquinas tanto de tipo axial como radial y para estatores colocados tanto interior como exteriormente con respecto al rotor. De manera similar, la invención no está limitada a máquinas de fase única, sino que puede aplicarse igualmente bien a máquinas de múltiples fases.

La estructura 30 de rotor activo está constituida por un número par de segmentos 22, 24 donde la mitad del número de segmentos, también denominados piezas 24 polares, están fabricados de material magnético blando y la otra mitad del número de segmentos, de material 22 de imanes permanentes. Los imanes permanentes y las piezas polares están dispuestos de forma alternante. El método del estado de la técnica es producir estos segmentos como componentes individuales. A menudo, el número de segmentos puede ser bastante grande, normalmente del orden de 10-50 piezas individuales. Los imanes 22 permanentes están dispuestos de modo que las direcciones de magnetización de los imanes permanentes sea sustancialmente circunferencial, es decir el polo norte y el sur, respectivamente, están orientados en una dirección sustancialmente circunferencial. Además, un imán 22 permanente sí y uno no, contados de manera circular, está dispuesto teniendo su dirección de magnetización en la dirección opuesta en relación con los otros imanes permanentes. La funcionalidad magnética de las piezas 24 polares magnéticas blandas en la estructura de máquina deseada es completamente tridimensional y se requiere que la pieza 24 polar magnética blanda pueda llevar de manera eficiente flujo magnético con alta permeabilidad magnética en las tres direcciones espaciales. Un diseño tradicional que usa chapas de acero laminadas no mostrará la alta permeabilidad requerida en la dirección perpendicular al plano de las chapas de acero y resulta beneficioso en este caso usar una estructura y material magnético blando que muestren una isotropía de flujo magnético superior a una estructura de chapa de acero laminada del estado de la técnica.

La figura 2 muestra la misma máquina de imanes permanentes radial que la de la figura 1 pero en una vista en sección transversal de la máquina ensamblada que muestra más claramente cómo se extienden los dientes 102 de estator hacia el rotor y cómo se desplazan de manera giratoria los dientes de estator de las dos secciones 14, 16 de núcleo de estator unos en relación con los otros.

Las figuras 3a y 3b ilustran un ejemplo de una máquina eléctrica con un estator y un rotor según la presente invención. El estator 301 tiene dientes 303 y está situado dentro del rotor 305. El rotor 305 comprende imanes 307 permanentes y piezas 309 polares de rotor. La figura 3b ilustra las piezas polares de rotor del rotor descrito anteriormente, habiéndose eliminado una pieza polar de rotor y un imán permanente por motivos ilustrativos. Las piezas 309 polares de rotor están conformadas de manera que el flujo magnético procedente de los imanes permanentes se concentra cerca del área de entrehierro activo entre el estator y el rotor. Los imanes 307 permanentes son axialmente más largos que la longitud axial del estator 301 y con el fin de concentrar el flujo cerca del entrehierro activo definido por la longitud w del estator, la

parte central de las piezas 311 de rotor están limitadas axialmente hacia el entrehierro activo definido por la longitud w del estator 303. En este ejemplo, la longitud l de la parte central corresponde a la longitud total w del estator. Con el fin de concentrar el flujo desde la totalidad del imán permanente, las piezas de rotor tienen partes de extremo con superficies 313 de contacto que cubren toda la superficie del imán permanente vecino.

5 La figura 4 ilustra ejemplos de las dimensiones relativas de los imanes permanentes y los dientes de estator.

La figura 4a muestra una vista de una parte del rotor 401, comprendiendo la parte una pieza 409 polar de rotor y sus dos imanes 407 permanentes vecinos. Los imanes 407 permanentes y la pieza 409 polar de rotor son respectivamente alargados en una dirección paralela al eje 417 de rotación del rotor. La longitud axial del imán permanente se indica como L_m . Durante el giro del rotor, la pieza polar de rotor mostrada se mueve en la dirección indicada por la flecha 410. La figura 4a ilustra además las caras 413a, 413b de extremo de los dientes de estator situados opuestos a la pieza 409 polar de rotor y los imanes 407 permanentes, es decir las caras 413a, 413b de extremo están orientadas hacia el rotor y están separadas del rotor por el entrehierro activo. Generalmente, la longitud axial W del entrehierro activo está definida por la dimensión axial global del estator, y en particular por la longitud axial global de la parte de la estructura del estator que es radialmente proximal al rotor. En esta realización, el estator comprende dos conjuntos de dientes de estator que tienen conjuntos respectivos de caras 413a y 413b de extremo, respectivamente, que están desplazadas axialmente de las caras de extremo del otro conjunto correspondiente de dientes de estator. Por tanto, la longitud W del entrehierro activo está definida por la distancia axial entre los límites 423a y 423b axialmente más exteriores de las caras de extremo de los conjuntos respectivos de caras de extremo. Además, en esta realización, la pieza 409 polar de rotor alargada tiene partes 424 lateralmente exteriores que proporcionan superficies 426 de contacto para los imanes permanentes vecinos respectivos, y una parte 425 central. Las partes 424 lateralmente exteriores y la parte 425 central tienen longitudes axiales diferentes. En particular, la longitud axial L de la parte central es menor que la longitud axial de los imanes 407 permanentes y menor que la longitud axial de las partes 424 lateralmente exteriores de la pieza 409 polar de rotor. En este ejemplo, las partes lateralmente exteriores tienen una longitud axial igual a la longitud axial L_m del imán permanente. Por tanto, las superficies 426 de contacto de la pieza polar de rotor cubren toda la longitud axial de los imanes 407 permanentes. En el ejemplo de la figura 5, la parte 425 central tiene una longitud L que es igual a la longitud W del entrehierro activo, dirigiendo y concentrando de ese modo el flujo magnético procedente de toda la longitud del imán permanente hacia el entrehierro activo y minimizando las pérdidas magnéticas. No obstante, se apreciará que la longitud de las partes lateralmente exteriores puede diferir de la longitud de los imanes permanentes y/o la longitud de la parte central puede diferir de la longitud W del entrehierro activo tal como se define por la dimensión axial del estator. Además, tal como se describirá a continuación, el espesor de la pieza 409 polar de rotor en la dirección normal al plano del dibujo también puede variar lateral y/o longitudinalmente a través de la pieza polar de rotor. Por tanto, en uso, el flujo magnético circunferencial generado por los imanes 407 permanentes entra en la pieza 424 polar de rotor a través de superficies 426 de contacto y se guía y se concentra hacia la parte 425 central donde el flujo sale del imán permanente hacia el estator, es decir en esta realización en dirección radial. Por tanto, la pieza 424 polar de rotor recibe flujo desde toda la longitud axial de los imanes permanentes, y en particular desde un área que tiene una longitud axial mayor que el entrehierro activo, y concentra el flujo hacia el entrehierro activo más estrecho, proporcionando así una utilización eficiente del flujo magnético generado por los imanes permanentes que son axialmente mayores que el entrehierro.

La figura 4b muestra otro ejemplo, similar al ejemplo de la figura 4a, pero para un tipo diferente de máquina de imanes permanentes en la que las caras 413 de extremo de los dientes de estator se extienden axialmente a lo largo de toda la longitud L del entrehierro activo.

Las figuras 5a y 5b ilustran una realización de una máquina eléctrica con un estator y un rotor. El estator 501 tiene dientes 503 y está situado radialmente dentro del rotor 505, es decir en una configuración de rotor denominada exterior. El rotor 505 comprende imanes 507 permanentes y piezas 509 polares de rotor tal como se describió anteriormente. La figura 5b ilustra las piezas polares de rotor del rotor descrito anteriormente habiéndose eliminado una pieza polar de rotor y un imán permanente por motivos ilustrativos. Las piezas 509 polares de rotor están conformadas de manera que el flujo magnético procedente de los imanes permanentes se concentra cerca del área de entrehierro activo entre el estator y el rotor. En esta realización, los imanes 507 permanentes son más anchos tanto axial como radialmente que la parte 511 central de las piezas 509 polares de rotor con el fin de concentrar el flujo cerca del entrehierro activo, es decir la parte 511 central de las piezas 509 de rotor están limitadas axial y radialmente hacia el entrehierro activo. En este ejemplo, la longitud axial l de la parte central corresponde a la longitud axial total w del estator y además la profundidad/espesor radial d de la parte 511 central está limitado hacia el entrehierro cerca del estator. Con el fin de concentrar el flujo procedente de la totalidad del imán permanente, las piezas de rotor tienen partes de extremo con superficies 513 de contacto que cubren toda la superficie del imán permanente vecino.

Aunque se han descrito y mostrado en detalle algunas realizaciones, la invención no se limita a ellas, sino que también puede realizarse de otras formas dentro del alcance del contenido definido en las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, la invención se ha descrito principalmente en relación con una estructura de rotor simétrica en la que los imanes permanentes están dispuestos con sus superficies laterales alineadas en la dirección radial. Se apreciará, sin embargo, que en algunas realizaciones, pueden usarse otras disposiciones de rotor tal como una estructura de rotor de imán oculto, una estructura con polos conformados en V, un rotor con diseño en cola de milano, etc., o combinaciones de las mismas. La estructura de rotor descrita en esta solicitud también puede usarse en una máquina de imanes permanentes síncrona de CA.

REIVINDICACIONES

1. Máquina (100) de imanes permanentes que comprende un estator (301, 501) y un rotor (305, 401, 505), estando adaptado el rotor (305, 401, 505) para girar con respecto al estator (301, 501), comprendiendo el rotor (305, 401, 505) una pluralidad de imanes (307, 407, 507) permanentes separados entre sí en la dirección circunferencial por piezas (309, 409, 509) polares de rotor que se extienden axialmente para concentrar el flujo magnético procedente de dichos imanes (307, 407, 507) permanentes, teniendo el estator (301, 501) una estructura que define límites axiales de un entrehierro entre el estator (301, 501) y el rotor (305, 401, 505) para comunicar el flujo magnético entre el estator (301, 501) y el rotor (305, 401, 505), **caracterizada porque** al menos algunos de los imanes (307, 407, 507) permanentes se extienden axialmente fuera de los límites axiales del entrehierro tal como se define por la estructura del estator y en la que al menos una de dichas piezas (309, 409, 509) polares tiene superficies (313, 426, 513) de contacto que hacen tope cada una contra una superficie de contacto correspondiente de un imán (307, 407, 507) permanente vecino respectivo y una parte central entre las superficies de contacto, en la que la parte (311, 425, 511) central tiene una longitud axial (l, L) menor que una longitud axial (Lm) de los imanes (307, 407, 507) permanentes vecinos.
2. Máquina de imanes permanentes según la reivindicación 1, en la que al menos una de dichas piezas (509) polares tiene superficies (513) de contacto que hacen tope cada una contra una superficie de contacto correspondiente de un imán (507) permanente vecino respectivo y una parte (511) central entre la superficie (513) de contacto, en la que la parte (511) central tiene un espesor radial (d) menor que un espesor radial de los imanes (507) permanentes vecinos correspondientes.
3. Máquina de imanes permanentes según la reivindicación 2, en la que al menos una de dichas piezas (509) polares tiene una superficie (513) de contacto que cubre la superficie de contacto respectiva del imán (507) permanente vecino respectivo.
4. Máquina de imanes permanentes según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el estator (301, 501) comprende una pluralidad de dientes (303, 503) de estator que sobresalen cada uno en dirección radial hacia el rotor (305, 401, 505) y que tienen una cara de extremo orientada hacia el rotor, definiendo las caras de extremo de los dientes (303, 503) de estator los límites axiales (w) del entrehierro.
5. Máquina de imanes permanentes según la reivindicación 4, que comprende al menos dos conjuntos de dientes de estator que tienen conjuntos respectivos de caras de extremo que están desplazadas axialmente de las caras de extremo del otro conjunto correspondiente de dientes de estator, teniendo cada cara de extremo un límite proximal a las caras de extremo del otro conjunto respectivo, y un límite distal a las caras de extremo del otro conjunto respectivo, y en la que los límites axiales del entrehierro están definidos por los límites distales de las caras de extremo de los diferentes conjuntos de dientes de estator.
6. Máquina de imanes permanentes según la reivindicación 4 ó 5, en la que el estator comprende medios (20) de generación de flujo magnético dispuestos para generar flujo magnético guiado hacia los dientes de estator para generar flujo magnético en el entrehierro entre el estator y el rotor para hacer que el rotor gire con respecto al estator.
7. Máquina de imanes permanentes según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las piezas (309, 409, 509) polares están conformadas de manera que el flujo magnético procedente de dichos imanes (303, 407, 507) permanentes se concentra cerca del entrehierro entre el estator (301, 501) y el rotor (305, 401, 505).
8. Máquina de imanes permanentes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la máquina de imanes permanentes es de tipo axial.
9. Máquina de imanes permanentes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la máquina de imanes permanentes es de tipo radial.
10. Máquina de imanes permanentes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos una de dichas piezas (309, 409, 509) polares es de polvo magnético blando compactado.
11. Máquina de imanes permanentes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos una parte del estator (301, 501) está hecha de polvo magnético blando compactado.

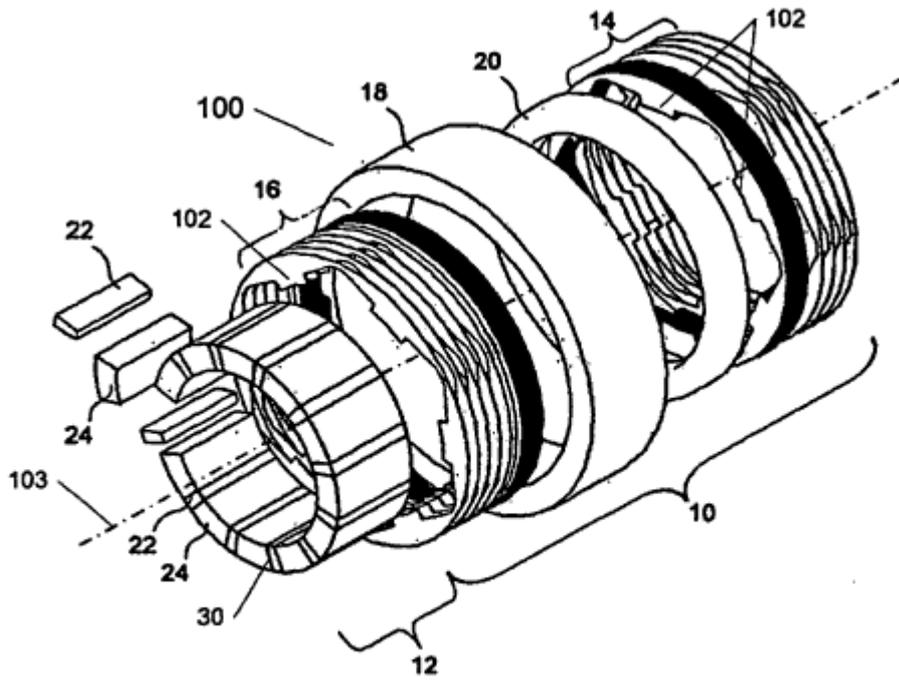


Fig. 1 (técnica anterior)

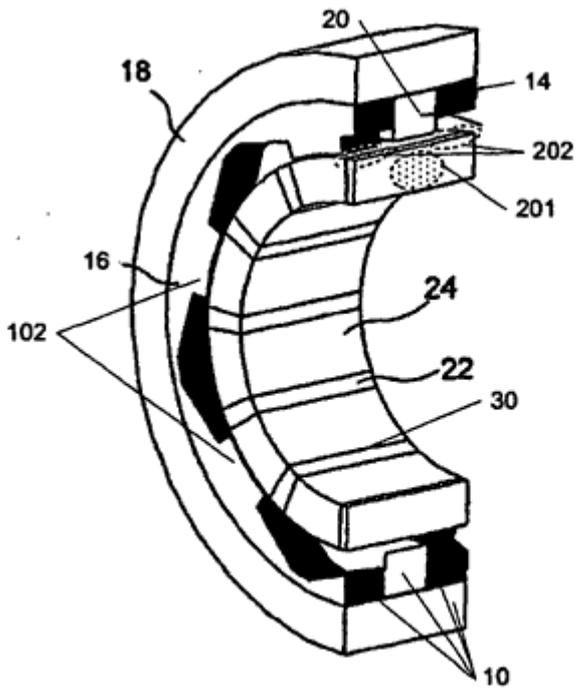


Fig. 2 (técnica anterior)

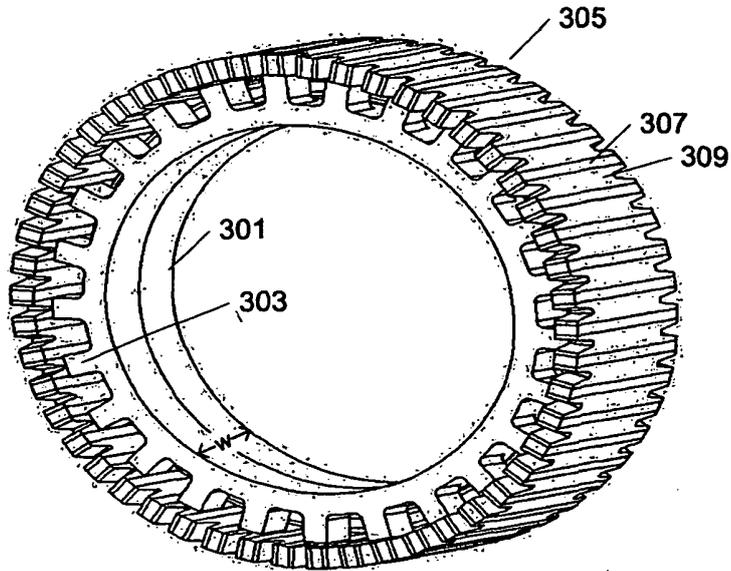


Fig. 3a

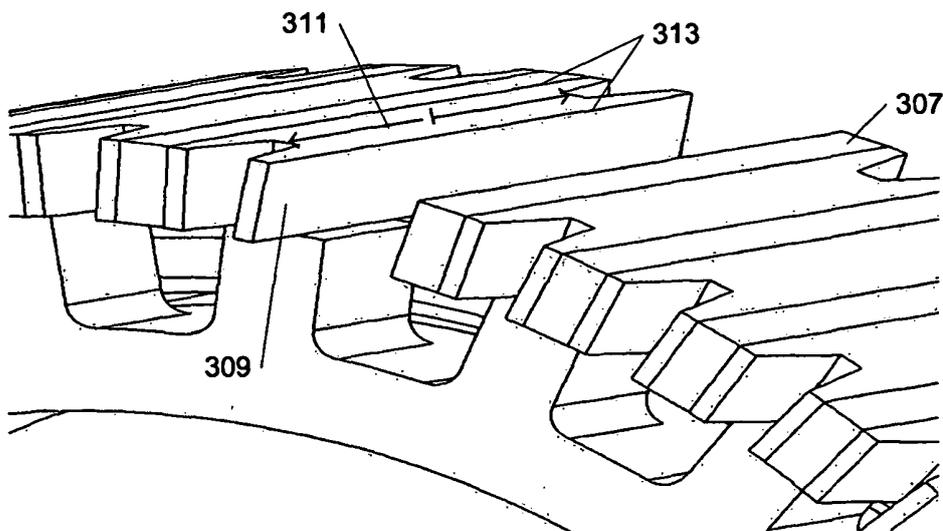
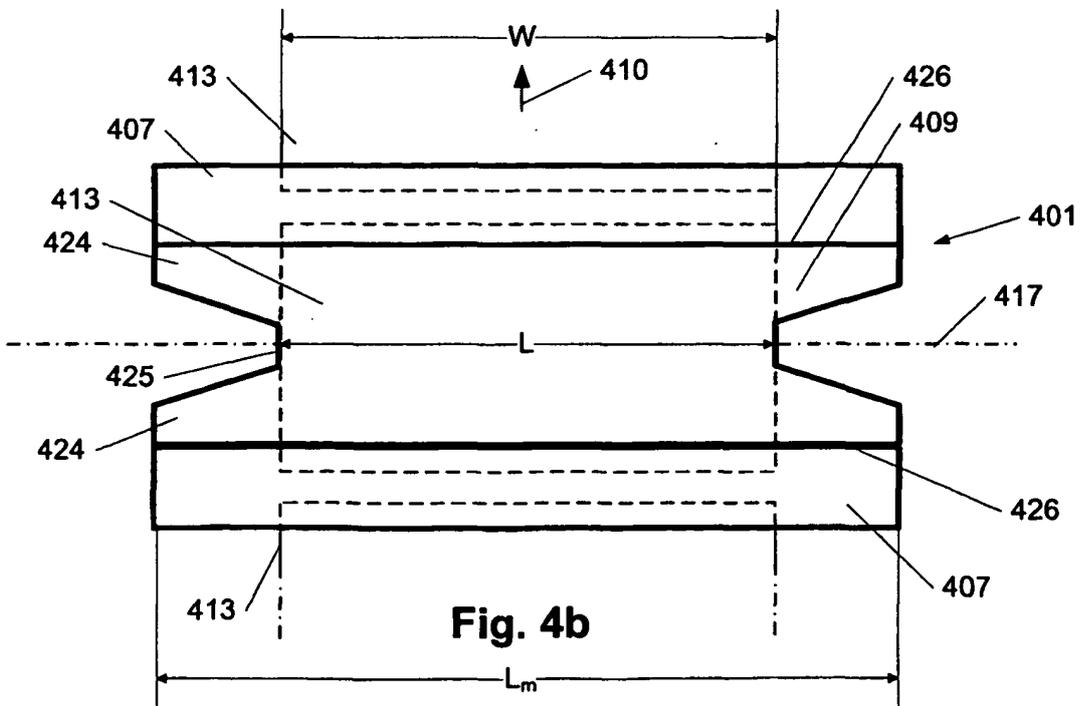
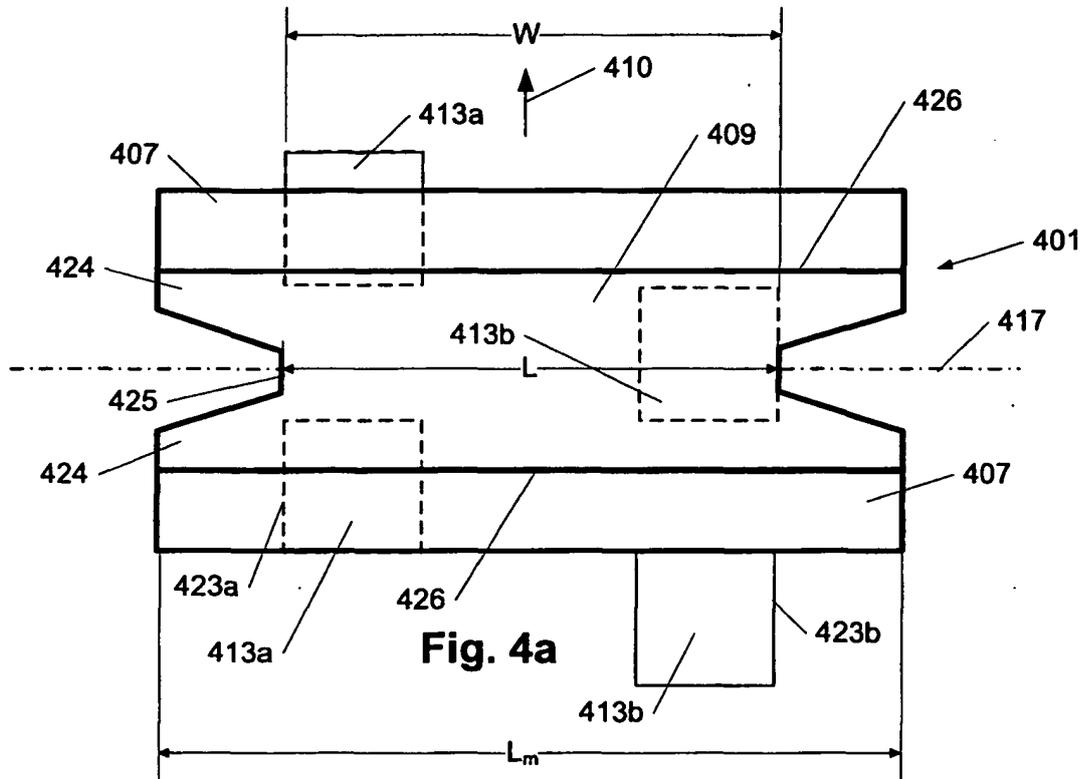


Fig. 3b



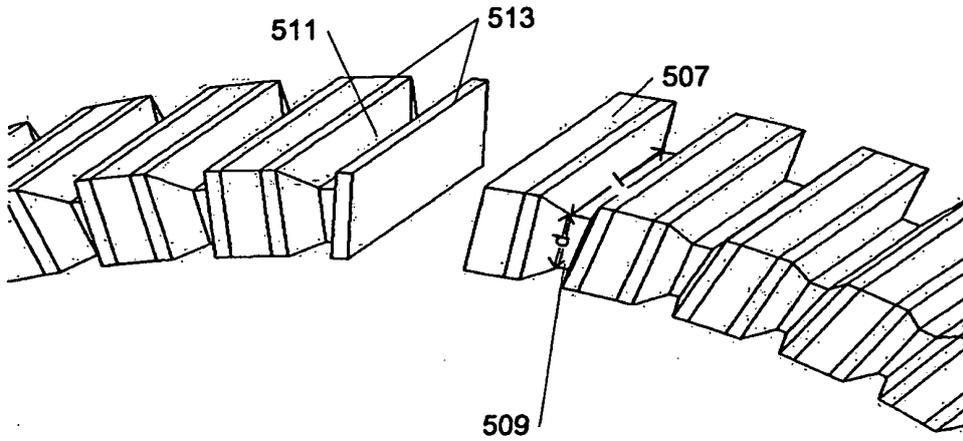


Fig. 5a

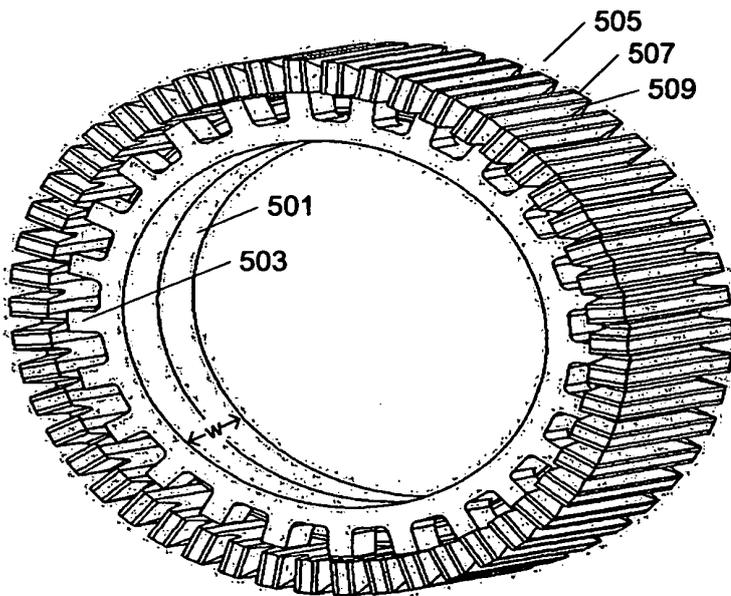


Fig. 5b