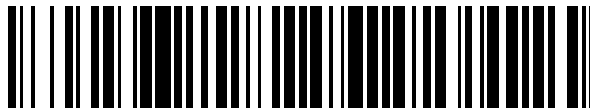


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 215**

51 Int. Cl.:

H02K 21/16 (2006.01)

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 1/20 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2015 PCT/EP2015/079026**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016 WO16091906**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2015 E 15805517 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3231070**

54 Título: **Máquina eléctrica de excitación permanente**

30 Prioridad:

10.12.2014 DE 102014018309

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

24.02.2020

73 Titular/es:

EMOSYS GMBH (100.0%)

Gautinger Straße 6

82319 Starnberg , DE

72 Inventor/es:

**GRUENDL, ANDREAS y
HOFFMANN, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 215 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

Máquina eléctrica de excitación permanente

Antecedentes

5 Se presenta una máquina eléctrica de excitación permanente que puede ser diseñada incluso para números de revoluciones altos entre 10.000 y 100.000 revoluciones por minuto o más y que es muy adecuada para la fabricación en serie. En particular, se trata de una máquina eléctrica de excitación permanente con un estator y un rotor, uno de los cuales, por ejemplo el estator, tiene una disposición de bobina para la generación del campo magnético y el otro, por ejemplo el rotor, tiene elementos de imán permanente para la interacción con el campo magnético generado por la disposición de bobina.

10 Las máquinas de campo giratorio con rotor de excitación permanente han ganado importancia en los últimos años, ya que ofrecen algunas ventajas esenciales. El rotor sin devanado de estas máquinas se puede realizar bien para números de revoluciones elevados. Los materiales magnéticos disponibles permiten un aprovechamiento muy alto de la máquina. Dado que la formación del momento de giro se realiza sin corrientes de rotor, casi no se producen pérdidas en el rotor con la excepción de pérdidas parásitas adicionales. Además, estas máquinas tienen un grado de eficiencia muy bueno.

Definiciones de términos

20 Por el término "máquina eléctrica" se entienden aquí máquinas accionadas tanto por motor como por generador, así como máquinas que funcionan alternativamente entre estos dos modos de operación. Asimismo es irrelevante para la disposición presentada aquí, si tal máquina está diseñada como máquina de rotor interno o como máquina de rotor externo.

Estado de la técnica

25 En la fijación de imanes permanentes en el rotor de una máquina eléctrica existe el peligro de que se rompa el material sinterizado quebradizo de los imanes. Esto puede verse favorecido en particular por las tensiones térmicas debidas a los diferentes coeficientes de dilatación térmica del material del imán y del rotor. Si los imanes son fijados al rotor solo mediante una unión adhesiva, en caso de rotura el material del imán caerá en el entrehierro de la máquina y la máquina fallará.

30 El documento EP 0 627 805 A2 se refiere a una máquina eléctrica de excitación permanente, con un estator y un rotor, en la que el estator presenta una disposición de bobina y el rotor está provisto de elementos de imán permanente. El estator está dispuesto distanciado del rotor formando un entrehierro. Tiene varios segmentos orientados hacia el entrehierro con polos centrales adyacentes entre sí con un devanado de la disposición de bobina y dos polos laterales hacia el entrehierro. Cada elemento de imán permanente está orientado magnéticamente de forma esencialmente tangencial. Dos elementos de imán permanente adyacentes entre sí están orientados magnéticamente de forma opuesta.

35 El documento EP 0 013 157 A1 se refiere a un rotor con un dorso de rotor no magnético y varios polos de flujo magnético magnéticamente conductores adyacentes entre sí con una configuración prismática hueca en la dirección axial con canales de enfriamiento. El rotor tiene una configuración en sección transversal con forma aproximadamente de segmento de anillo circular o forma trapezoidal, cuyo lado concéntrico o paralelo más largo apunta hacia el entrehierro. Entre dos polos de flujo magnético adyacentes entre sí está alojado, respectivamente, un elemento de imán permanente. En cada caso, un elemento de imán permanente tiene una configuración en sección transversal con forma aproximada de segmento de anillo circular o forma trapezoidal, cuyo lado concéntrico o paralelo más corto apunta hacia el entrehierro y cuyos dos lados oblicuos están orientados hacia los lados oblicuos opuestos respectivos de los polos de flujo magnético.

El documento US 4 445 062 A se refiere a un rotor con imanes permanentes que se estrechan radialmente hacia fuera, que están alojados entre anclajes que están anclados a flancos ondulados en el cuerpo de rotor.

45 El documento FR 2 982 093 A1 (Valeo) da a conocer un rotor de una máquina eléctrica con excitación magnética permanente. El rotor, formado por una pieza central, así como pestañas que se extienden radialmente hacia fuera de ella y que sostienen las piezas de polo, es de una sola pieza. Las pestañas y las piezas de polo deben ser magnéticamente efectivas para el funcionamiento de la máquina eléctrica. Pero eso es así porque la pieza central de una sola pieza con las pestañas y las piezas de polo es también del mismo material magnéticamente efectivo. Entre las piezas de polo se encuentran elementos de imán permanente con escotaduras que se extienden en la dirección longitudinal para ahorrar peso.

55 Los elementos de imán permanente tienen superficies laterales configuradas de manera que en primer lugar se ensanchan hacia el entrehierro y luego tienen flancos paralelos. Los elementos de imán permanente se sujetan en las piezas de polo mediante salientes orientados tangencialmente. El lado de cada elemento de imán permanente orientado hacia el dorso de rotor tiene aproximadamente del 30 % al 50 % de la longitud circunferencial hacia el

entrehierro.

El documento US 2012/0086294 A1 (Maximov et al.) da a conocer una máquina eléctrica con excitación magnética permanente. Esta máquina eléctrica tiene polos del estator con polos centrales orientados hacia el entrehierro, que están rodeados por un devanado de estator respectivo y están encerrados por dos polos laterales. Los imanes permanentes están dispuestos en la superficie interior de un conductor magnético con forma anular. El conductor magnético con forma anular está hecho de material ferromagnético.

El documento WO 2007/119952 A1 describe elementos de alojamiento para recibir imanes permanentes configurados preferiblemente en forma trapezoidal, que pueden ser insertados con unión positiva de forma en ranuras de cola de milano correspondientes de un elemento de rotor. Sin embargo, esto tiene como resultado el problema de que la acción de fuerza de los imanes que se produce por el giro del rotor sobre los elementos de alojamiento o los cantos laterales de las ranuras de cola de milano solo puede ser compensada de forma insuficiente, lo que puede provocar la rotura de los imanes permanentes después de un cierto tiempo de movimiento del rotor.

La solicitud de patente alemana DE 10 2008 023 999 A1 da a conocer a este respecto un dispositivo para el soporte de imanes, en particular de imanes en un componente móvil, en particular en un rotor de una máquina eléctrica, en particular en un paquete de chapas de un motor eléctrico, con una bolsa de retención en la que está insertado un imán que está fijado por medio de un adhesivo, el cual durante el endurecimiento se expande en una medida predeterminada y que contiene un agente propulsor para espumar el adhesivo. Aquí es desfavorable que los imanes permanentes están encerrados en las bolsas de retención fabricadas por técnica de estampación integradas fijamente en el paquete de rotor. Esto tiene como resultado por un lado una baja flexibilidad en el montaje de un rotor o generador correspondiente. Por otro lado, las tensiones que se producen por las fuerzas centrífugas y diferentes coeficientes de dilatación térmica de los imanes y el núcleo del rotor pueden solo pueden ser compensados por el adhesivo de forma limitada.

Problema subyacente

Partiendo de esto se presenta el objeto de proponer una fijación para imanes permanentes en un componente, en particular un rotor de una máquina eléctrica, que retenga los imanes permanentes de forma segura incluso en caso de números de revoluciones altos y minimice el peligro de rotura de los imanes. Además, los imanes permanentes en la máquina eléctrica deben poder ser montados en la máquina eléctrica de la forma más simple y flexible posible.

Solución

Para lograr este objetivo se propone aquí una máquina eléctrica de excitación permanente con las características de la reivindicación 1. Esta máquina eléctrica de excitación permanente tiene un estator y un rotor. O bien el estator tiene una disposición de bobina y el rotor está provisto de elementos de imán permanente, o bien el rotor tiene una disposición de bobina y el estator está provisto de elementos de imán permanente. El estator está dispuesto distanciado del rotor formando un entrehierro. El estator tiene varios segmentos con polos adyacentes entre sí orientados hacia el entrehierro, cada uno de los cuales lleva un devanado concentrado de la disposición de bobina, o solo uno de cada dos lleva un devanado concentrado respectivo de la disposición de bobina y en este último caso tiene dos polos laterales hacia el entrehierro. Un dorso de rotor de una o varias piezas, al menos aproximadamente no magnético, lleva de forma cautiva en la dirección radial en un lado varios polos de flujo magnético magnéticamente conductores adyacentes entre sí. Cada polo de flujo magnético tiene una forma prismática hueca en la dirección axial con al menos un canal de enfriamiento, de modo que cada canal de enfriamiento tiene primeros o segundos orificios de paso en sus extremos del lado frontal y está diseñado para el flujo de un fluido refrigerante. Cada polo de flujo magnético tiene una configuración en sección transversal con forma aproximada de segmento de anillo circular o forma trapezoidal, de modo que su lado concéntrico o paralelo más largo está orientado hacia el entrehierro. Entre dos polos de flujo magnético adyacentes entre sí está alojado, respectivamente, un elemento de imán permanente. En cada caso, un elemento de imán permanente tiene una configuración en sección transversal aproximadamente en forma de segmento de anillo circular o en forma trapezoidal, y su lado concéntrico o paralelo más corto apunta al entrehierro. Los dos lados oblicuos del elemento de imán permanente están orientados hacia los respectivos lados oblicuos opuestos de los polos de flujo magnético. Cada elemento de imán permanente está orientado magnéticamente de forma esencialmente tangencial, y dos elementos de imán permanente adyacentes entre sí están orientados magnéticamente de forma opuesta.

Cada polo central y su devanado concentrado respectivo están acoplados térmicamente a un dispositivo de enfriamiento.

En algunas posiciones del rotor con respecto al estator, al menos algunos de los polos de flujo magnético pueden estar al menos parcialmente alineados con los elementos de imán permanente.

En este caso, los segmentos adyacentes entre sí pueden tener un polo en el medio (polo central) y dos mitades de polo (polos laterales) a ambos lados, de modo que tengan una configuración en sección transversal en forma de M o E en la vista en planta desde arriba. Cada segmento lleva, respectivamente, un devanado concentrado alrededor de su polo central. En el polo central de cada segmento del estator se produce en su superficie de polo que da al rotor un polo norte o sur, dependiendo de la dirección de flujo. Los dos brazos libres (polos laterales) de un segmento tienen,

respectivamente, mas o menos la mitad de la superficie del polo central y, junto con los respectivos polos laterales adyacentes, forman el polo opuesto (polo sur o norte) dependiendo de la dirección de corriente. Esta disposición ofrece la posibilidad de poder utilizar una bobina preformada prefabricada que tenga un factor de llenado de ranura mejor que una bobina de hilos introducidos por la ranura (aproximadamente el 50 % en lugar de solo aproximadamente el 35 %) y, por tanto, menos resistencia óhmica. Además en esta configuración el estator puede ser entallado, con lo que casi se duplica la superficie de enfriamiento.

Ventajas, realizaciones y perfeccionamientos

Esta disposición tiene la ventaja con respecto a las máquinas eléctricas de excitación permanente conocidas de que es muy compacta, mecánicamente muy estable y altamente eficiente. Esta realización es adecuada en particular para máquinas de rotor interno relativamente largas, ya que se puede realizar bien un soporte estable en ambos lados frontales del rotor. Por tanto, incluso con un número alto de revoluciones es posible un funcionamiento seguro y de baja vibración con alta densidad de potencia. La configuración en sección transversal en forma de segmento de anillo circular o forma trapezoidal de los elementos de imán permanente y los polos de flujo magnético configurados con forma de segmento de anillo circular o forma trapezoidal opuestos producen una disposición de rotor extremadamente estable, incluso con números de revoluciones muy altos y las fuerzas centrífugas resultantes. Por tanto, a pesar de la distancia relativamente escasa entre los polos (muchos elementos de imán norte-sur por unidad de segmento de circunferencia), son posibles polos marcados con flujos de dispersión bajos. Esto permite en relación con la propiedad de acumulador de la disposición factores de sobrecarga muy altos (por ejemplo multiplicados por 5).

En una variante de la máquina eléctrica de excitación permanente, dos polos de flujo magnético adyacentes entre sí sobresalen por el elemento de imán permanente alojado entre ellos en la dirección radial hacia el entrehierro.

En una variante de la máquina eléctrica de excitación permanente el dorso de rotor está formado por material de chapa en laminas aisladas una de otra con espesores de chapa entre 0,5 y 5 mm. Cada polo de flujo magnético puede estar formado igualmente por material de chapa en laminas aisladas una de otra con espesores de chapa entre 0,025 y 0,5 mm. Igualmente se dan a conocer todos los valores numéricos intermedios.

Los elementos de imán permanente pueden estar formados como piezas prensadas, moldeadas o cortadas de una aleación de AlNi o AlNiCo, de ferrita de bario o estroncio, de una aleación de SmCo o de NdFeB. Por tanto, se pueden alcanzar productos de energía $(BH)_{max}$ de imanes permanentes en el rango de aproximadamente 30 a aproximadamente 300 kilojulios/metro cúbico, incluso en el rango de temperatura elevada de aproximadamente 150 a aproximadamente 180 grados Celsius.

Los elementos de imán permanente también pueden estar formados como componentes de partículas de polvo magnéticas, también como material sinterizado o incrustados en un aglutinante plástico resistente a la temperatura que contiene por ejemplo poliamida, polisulfuro de fenileno, duroplasto, resina epoxi o similares. En cuanto al aglutinante plástico también puede tratarse de adhesivo de metacrilato, adhesivo de resina epoxi, adhesivo de poliuretano, adhesivo de resina fenólica, resina epoxi reforzada con fibra o resina epoxi de colada hidrofobizada.

El dorso de rotor, los polos de flujo magnético y/o los elementos de imán permanente pueden unirse en al menos uno de sus lados frontales a un primer y/o segundo disco de cubierta, que pueden estar provistos de chapas de conducción de fluido. Estas chapas de conducción de fluido pueden estar diseñadas y determinadas para dirigir el fluido refrigerante hacia/desde los primeros o segundos orificios de paso en los extremos de los polos de flujo magnético del lado frontal.

Las chapas de conducción de fluido en el primer disco de cubierta pueden estar diseñadas y dimensionadas para actuar como boquilla de compresión, y las chapas de conducción de fluido en el segundo disco de cubierta pueden estar configuradas y dimensionadas para actuar como boquilla de compresión. Esto último hace posible que las chapas de conducción de fluido en el segundo disco de cubierta desarrollen el efecto de una turbina de expansión, en la cual se puede recuperar el exceso de energía de la introducción del fluido refrigerante en los canales de enfriamiento.

Puede estar previsto un dispositivo intercambiador de calor que puede estar diseñado y dimensionado para enfriar el fluido refrigerante conducido desde los segundos orificios de paso de los polos de flujo magnético con liberación de energía térmica y para dirigir el fluido refrigerante enfriado hacia los primeros orificios de paso de los polos de flujo magnético. Este dispositivo intercambiador de calor puede tener una interfaz de enfriamiento hacia una pared de carcasa de la máquina eléctrica y/o hacia una interfaz de enfriamiento en un dorso de estator de la máquina eléctrica.

En los polos de estator (polos central y laterales) pueden estar dispuestas puntas de dientes, que pueden ser una parte del diente o pueden estar integradas con dientes sin cabeza para mejorar el factor de llenado de ranura en los respectivos cierres de ranura de cada devanado de la disposición de bobina, de modo que los cierres de ranura cierran el estator o el rotor con respecto al entrehierro, al menos aproximadamente al ras y de forma lisa. Estas medidas pueden contribuir a que aumente el grado de eficiencia de la máquina debido a la reducción de la resistencia al flujo en el entrehierro; las pérdidas del rotor pueden reducirse hasta en tres cuartos sin disminuir el factor de llenado de ranura de las bobinas del estator y permitiendo así que aumenten las pérdidas óhmicas.

Cada polo central y sus dos polos laterales pueden estar separados al menos parcialmente en su lado exterior alejado del entrehierro de sus polos centrales adyacentes y sus yugos magnéticos. De ello resulta para la superficie exterior del estator una superficie considerablemente aumentada con respecto a una cubierta de anillo circular continua. Esto mejora la disipación de calor del estator y permite un enfriamiento esencialmente mejor.

- 5 El entrehierro entre los polos de flujo magnético, por un lado, y los polos centrales y sus yugos magnéticos, por otro lado, puede tener entre aproximadamente 0,1 milímetros y aproximadamente 1,5 milímetros o más, siendo válidos también todos los valores situados entremedias que se dan a conocer aquí. Asimismo, para conseguir un entrehierro esencialmente constante en cuanto a medida de resquicio, el contorno de los polos centrales y sus yugos magnéticos hacia el entrehierro puede estar configurado opuesto al de los polos de flujo magnético.
- 10 Los polos de flujo magnético configurados como se describió anteriormente con su forma en sección transversal ensanchada hacia el entrehierro reducen o minimizan los flujos de dispersión magnética.

Para la formación de la disposición de bobina se puede usar hilo de cobre barnizado, bandas planas de cobre o hilos de litz de cobre constituidos por conductores individuales aislados con barniz, que están retorcidos o entrelazados entre sí. Con hilos de litz de este tipo, el aumento de la resistencia del conductor puede contrarrestarse en caso de altas frecuencias.

15

Breve descripción de las figuras.

Otras características, propiedades, ventajas y posibles modificaciones serán evidentes para un experto a partir de la siguiente descripción, en la que también se hace referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es una representación esquemática en sección transversal de una máquina eléctrica de excitación permanente.

20

La figura 2a es una representación esquemática en sección transversal a escala ampliada de un polo de flujo magnético de la máquina eléctrica de excitación permanente de la figura 1.

La figura 2b es una representación esquemática en sección transversal a escala ampliada de un elemento de imán permanente de la máquina eléctrica de excitación permanente de la figura 1.

25 La figura 2c es una representación esquemática en sección transversal a escala ampliada de dos polos centrales y sus yugos magnéticos de la máquina eléctrica de excitación permanente de la figura 1.

La figura 3 es una representación esquemática en sección longitudinal de la máquina eléctrica de excitación permanente de la figura 1.

Descripción detallada de los ejemplos de realización

30 La figura 1 muestra una sección transversal a través de una máquina eléctrica de excitación permanente, que está diseñada en forma de una máquina de rotor interno. La máquina eléctrica 10 tiene un estator 12 y un rotor 14. En la variante ilustrada aquí, el estator 12 tiene una disposición de bobina 18, y el rotor 10 está provisto de elementos de imán permanente (→). El estator 12 rodea concéntricamente al rotor 14 en la variante de la figura 1 formando un entrehierro 16. El estator 12 tiene aquí varios segmentos con polos centrales 12a adyacentes entre sí, orientados hacia el entrehierro 16, cada uno de los cuales lleva un devanado concentrado 18a respectivo de la disposición de bobina 18 y dos polos laterales 12b hacia el entrehierro 16. Los polos centrales 12a y sus dos polos laterales 12b en los segmentos del estator están formados por apilado de chapas ferromagnéticas en forma de E, cuyos tres extremos libres apuntan hacia el entrehierro 16. El extremo libre central forma el polo central 12a que lleva el devanado concentrado 18a. El dorso de rotor 20 está formado por material de chapa en láminas aisladas una de otra con un espesor de chapa de aproximadamente 0,5 mm.

35

40

Un dorso de rotor 20 prácticamente no magnético de una pieza en la variante ilustrada, hecho de aluminio, acero fino o titanio, lleva de forma cautiva en la dirección radial en su lado 20a, aquí el lado exterior situado radialmente por fuera, varios polos de flujo magnético 22 magnéticamente conductores adyacentes entre sí. Para ello, en las ranuras correspondientes del dorso de rotor 20 sobresalen prolongaciones 22d de los polos de flujo magnético 22. Tanto las ranuras como las prolongaciones tienen en ambos lados escotaduras semicirculares que son complementarias de los agujeros redondos 24d, en las que varillas redondas de cerámica evitan un deslizamiento de los polos de flujo magnético 22 fuera de las ranuras del dorso de rotor 20 en la dirección radial. Cada polo de flujo magnético 22 en la presente variante tiene una configuración prismática hueca en la dirección axial con varios canales de enfriamiento 22a (véase la figura 2a). Los polos de flujo magnético 22 están formados de material de chapa en láminas aisladas una de otra con un espesor de chapa de aproximadamente 0,025 mm.

45

50

Cada canal de enfriamiento 22a tiene en sus dos extremos frontales primeros y segundos orificios de paso 22a', 22a" (véase la Fig. 3) y está diseñado para el flujo de un fluido refrigerante, aquí preferiblemente aire. En la variante ilustrada en la Fig. 1 y la Fig. 2a, el polo de flujo magnético 22 tiene una configuración en sección transversal con forma aproximada de segmento de anillo circular o forma trapezoidal. El lado concéntrico más largo 22b (en la Fig. 2a arriba)

apunta hacia el entrehierro 16. Entre dos polos de flujo magnético 22 adyacentes entre sí está alojado, respectivamente, un elemento de imán permanente N → S. En cada caso, un elemento de imán permanente → tiene una configuración en sección transversal aproximadamente con forma de segmento de anillo circular o forma trapezoidal correspondiente opuesta a los lados de los polos de flujo magnético 22 que forman un ángulo entre sí. El lado concéntrico o paralelo más corto 24a del elemento de imán permanente está orientado así hacia el entrehierro 16 y los dos lados 24c que forman un ángulo entre sí están orientados hacia los respectivos lados 22c de los polos de flujo magnético 22 que forman un ángulo entre sí opuestos.

En la presente variante, los elementos de imán permanente están formados de una aleación de NeFeB incrustada en aglutinante plástico. Por supuesto son posibles otras aleaciones. Los elementos de imán permanente → están orientados magnéticamente en esencia de forma tangencial, y dos elementos de imán permanente → adyacentes entre sí están orientados magnéticamente de forma opuesta. Dos polos de flujo magnético 22 adyacentes entre sí sobresalen por el elemento de imán permanente → alojado entre ellos en la dirección radial hacia el entrehierro 16. Esto reduce los flujos magnéticos que perturban el funcionamiento de la máquina.

Cada polo central 12a y su respectivo devanado concentrado 14a están acoplados térmicamente a un dispositivo de enfriamiento 40 en forma de un intercambiador de calor que emite calor a la carcasa de la máquina y al entorno. Para este propósito, el enfriamiento del rotor descrito en detalle a continuación puede ser combinado con el dispositivo de enfriamiento del estator.

Como también está ilustrado en la Fig. 2c, cada polo central 12a y sus dos polos laterales 12b están separados al menos parcialmente en su lado exterior más alejado del entrehierro 16 de sus polos centrales adyacentes 12a y sus dos polos laterales 12b. Esto da como resultado una "muesca" del estator a lo largo de su contorno con incisiones entre los polos centrales adyacentes 12a y sus dos polos laterales 12b, lo que conduce a un aumento de la superficie exterior del estator. Esta superficie exterior aumentada con respecto a un estator cilíndrico circular facilita la disipación de las pérdidas de calor.

Como está ilustrado en la figura 3, el dorso de rotor 20, los polos de flujo magnético 22 y los elementos de imán permanente están encerrados en sus dos lados frontales entre un primer y un segundo disco de cubierta 32a, 32b. Estos discos de cubierta 32a, 32b están provistos de chapas de conducción de fluido 36, que están diseñadas y destinadas a conducir fluido refrigerante, aquí aire, hacia o desde los primeros o segundos orificios de paso en los extremos del lado frontal de los polos de flujo magnético 22. El aire conducido hacia dentro o hacia afuera puede ser recogido directamente del entorno o ser liberado al entorno o, como en la variante mostrada en la figura 3, circular a través del intercambiador de calor del dispositivo de enfriamiento 40. El dispositivo de enfriamiento 40 enfría el fluido refrigerante conducido desde los segundos orificios de paso de los polos de flujo magnético 22 a una carcasa de la máquina (no ilustrada en detalle) con liberación de energía térmica, y dirige fluido refrigerante enfriado hacia los primeros orificios de paso de los polos de flujo magnético 22. Para ello, el intercambiador de calor tiene una interfaz de enfriamiento hacia una pared de carcasa de la máquina eléctrica y hacia una interfaz de enfriamiento en un dorso de estator de la máquina eléctrica.

En los polos centrales 12a del estator, las puntas de dientes 12' que contienen hierro están dispuestas para reducir las pérdidas. Estas puntas de diente 12' están integradas en los respectivos cierres de ranura 34 de cada devanado 14a de la disposición de bobina 14. Los cierres de ranura 34 cierran el estator 12 hacia el espacio de aire al ras y de forma lisa.

Para formar la disposición de bobina pueden ser empleados hilos de litz formados por conductores individuales aislados con barniz, retorcidos o entrelazados entre sí. Esto contrarresta el aumento de la resistencia del conductor a frecuencias altas. En un conductor eléctrico se producen corrientes parásitas por campos magnéticos de la corriente alterna, que se oponen al flujo de corriente. Estas corrientes parásitas aumentan a frecuencias más altas. En consecuencia, a la resistencia de corriente continua se suma una resistencia de corriente alterna que depende de la frecuencia. Las pérdidas por corrientes parásitas son más pequeñas en la base de la ranura formada por los yugos de flujo magnético y aumentan hacia fuera hacia el entrehierro. Para mantener las pérdidas antes mencionadas lo más bajas posible se reduce la sección transversal del conductor, lo que causa menos pérdidas por corriente parásita y conducen así a varios conductores en paralelo. Para compensar la asimetría de corriente de los conductores individuales, los conductores son retorcidos o trenzados entre sí. Un acoplamiento diferente de los campos de dispersión con los conductores individuales conectados en paralelo conduciría a corrientes de compensación y pérdidas adicionales. El retorcido se elige de modo que, vista a través de la longitud del hilo de Litz, la posición de un hilo alterna uniformemente entre la base de la ranura y la abertura de la ranura.

La sección transversal de un conductor individual debería disminuir al aumentar la frecuencia; en el rango en torno a 1 kHz, la sección transversal de un conductor individual debería ser de aproximadamente 0,4 mm. Para mejorar el factor de llenado (volumen del espacio de devanado relativo al volumen del conductor eléctrico) se utilizan preferiblemente hilos de litz con un perfil rectangular o hilos redondos de grosor desigual. El aumento del factor de llenado resulta de la compactación del hilo de litz, del mejor llenado del espacio de devanado por la geometría rectangular. El conductor individual está preferiblemente barnizado o puede tener una o más envolturas/trenzados con diferentes hilos, por ejemplo poliamida, algodón, vidrio, poliéster, aramida, etc. También se pueden usar uno o varios vendajes con películas de poliéster, películas de poliimida, papel de aramida, bandas de vidrio, etc. Los aislamientos

hechos de películas recubiertas con adhesivo, como poliéster y poliimida son tratados térmicamente para lograr un aislamiento bien pegado. También se pueden utilizar combinaciones de las medidas antes mencionadas. En lugar de los hilos de litz también puede formar el devanado con un cable de cobre macizo de una banda de cobre. También el cable puede ser retorcido. La banda de cobre debería ser delgada en la dirección de la ranura.

- 5 Los detalles explicados anteriormente están representados en el contexto; sin embargo, también se pueden combinar de forma independiente entre sí y también libremente entre sí en correspondencia con las reivindicaciones.

Las relaciones de las partes individuales y secciones de las mismas entre sí mostradas en las figuras y sus dimensiones y proporciones no deben entenderse como limitativas. Por el contrario, las dimensiones y proporciones individuales pueden también diferir de las dimensiones y proporciones mostradas en correspondencia con las reivindicaciones.

10

REIVINDICACIONES

1. Máquina eléctrica de excitación permanente (10), con un estator (12) y un rotor (14), en la que o bien el estator (12) presenta una disposición de bobina (18) y el rotor (10) está provisto de elementos de imán permanente, o bien el rotor presenta una disposición de bobina y el estator está provisto de elementos de imán permanente,
- 5 – el estator (12)
- está dispuesto distanciado del rotor (14) formando un entrehierro (16),
 - presenta varios segmentos orientados hacia el entrehierro (16) con polos centrales (12a) adyacentes entre sí con un devanado (18a) de la disposición de bobina (18) y dos polos laterales (12b) hacia el entrehierro (16);
- 10 – un dorso de rotor (20) no magnético de una o varias piezas lleva en un lado (20a) de forma cautiva en la dirección radial varios polos de flujo magnético (22) magnéticamente conductores adyacentes entre sí, de modo que
- 15 – cada polo de flujo magnético (22)
- tiene una configuración prismática hueca en la dirección axial con al menos un canal de enfriamiento (22a), teniendo cada canal de enfriamiento (22a) en ambos extremos del lado frontal primeros y segundo orificios de paso (22a', 22a'') y estando diseñado para el flujo de un fluido refrigerante, y
 - tiene una configuración en sección transversal aproximadamente con forma de segmento de anillo circular o forma trapezoidal, apuntando su lado concéntrico o paralelo más largo (22b) hacia el entrehierro, y
- 20 – entre dos polos de flujo magnético (22) adyacentes entre sí está alojado, respectivamente, un elemento de imán permanente, de modo que cada elemento de imán permanente:
- tiene una configuración en sección transversal con forma aproximadamente de segmento de anillo circular o forma trapezoidal, y
 - su lado concéntrico o paralelo más corto (24a) apunta al entrehierro, y sus dos lados oblicuos (24c) están orientados hacia los respectivos lados oblicuos (22c) opuestos de los polos de flujo magnético (22), y en el que
- 25 – cada uno de los elementos de imán permanente está orientado magnéticamente de forma sustancialmente tangencial, y dos elementos de imán permanente adyacentes entre sí están orientados magnéticamente de manera opuesta y en el que cada polo central (12a) y su devanado concentrado (14a) respectivo están acoplados térmicamente a un dispositivo de enfriamiento.
- 30
- 35
2. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según la reivindicación 1, en la que dos polos de flujo magnético (22) adyacentes entre sí sobresalen por el elemento de imán permanente alojado entre ellos en la dirección radial hacia el entrehierro (16).
- 40
3. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que el dorso de rotor (20) está formado por material de chapa en laminas aisladas una de otra con espesores de chapa entre 0,5 y 5 mm, y/o cada polo de flujo magnético (22) está formado por material de chapa en laminas aisladas una de otra con espesores de chapa entre 0,025 y 0,5 mm.
- 45
4. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que los elementos de imán permanente están hechos de una aleación de AlNi o AlNiCo, de ferrita de bario o estroncio, de una aleación de SmCo o NdFeB, también como material sinterizado o incrustado en un aglutinante plástico que contiene poliamida, polisulfuro de fenileno, duroplasto, resina epoxi.
- 50
5. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el dorso de rotor (20), los polos de flujo magnético (22), y/o los elementos de imán permanente se unen en al menos uno de sus lados frontales a un primer y/o segundo disco de cubierta (32a, 32b), que pueden estar provistos de chapas de conducción de fluido (36) que están diseñadas y determinadas para conducir el fluido refrigerante hacia/desde los primeros o segundos orificios de paso en los extremos del lado frontal de los polos de flujo magnético (22).
- 55
6. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según la reivindicación 5, en la que las chapas de conducción de fluido (36) en el primer disco de cubierta (32a) están diseñadas y dimensionadas para actuar como boquillas de compresión y las chapas de conducción de fluido (36) en el segundo disco de cubierta (32b) están diseñadas y dimensionadas para actuar como boquillas de expansión.
7. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 5 a 6, en la que puede estar

- 5 previsto un dispositivo intercambiador de calor, que puede estar diseñado y dimensionado para enfriar el fluido refrigerante conducido desde los segundos orificios de paso de los polos de flujo magnético (22) con liberación de energía térmica y conducir el fluido refrigerante enfriado hacia los primeros orificios de paso de los polos de flujo magnético (22), pudiendo tener el dispositivo intercambiador de calor una interfaz de enfriamiento hacia una pared de carcasa de la máquina eléctrica y/o hacia una interfaz de enfriamiento en un dorso de estator de la máquina eléctrica.
8. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en la que en los polos (12a) están dispuestas puntas de dientes (12') que pueden estar integradas en los respectivos cierres de ranura (34) de cada devanado (14a) de la disposición de bobina (14), de modo que los cierres de ranura (34) cierran el estator (12) o el rotor hacia el entrehierro al menos aproximadamente al ras y de forma lisa.
- 10 9. Máquina eléctrica de excitación permanente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en la que cada polo central (12a) y sus dos polos laterales (12b) están separados al menos parcialmente por su lado exterior alejado del entrehierro (16) de sus polos centrales (12a) adyacentes y sus yugos magnéticos (12b).

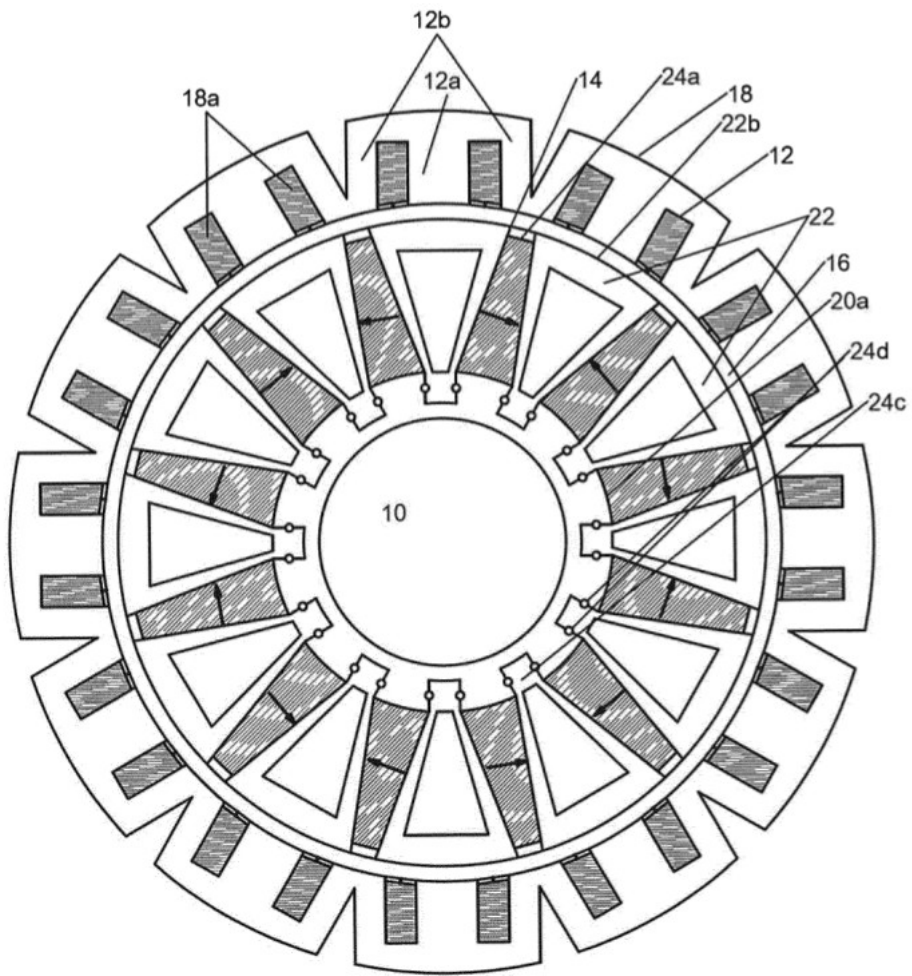


Fig.1

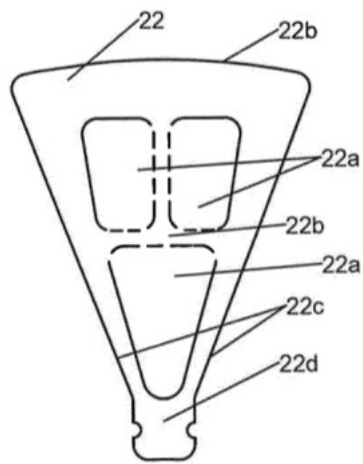


Fig. 2a

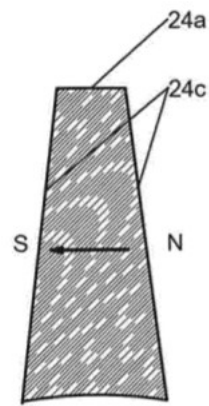


Fig. 2b

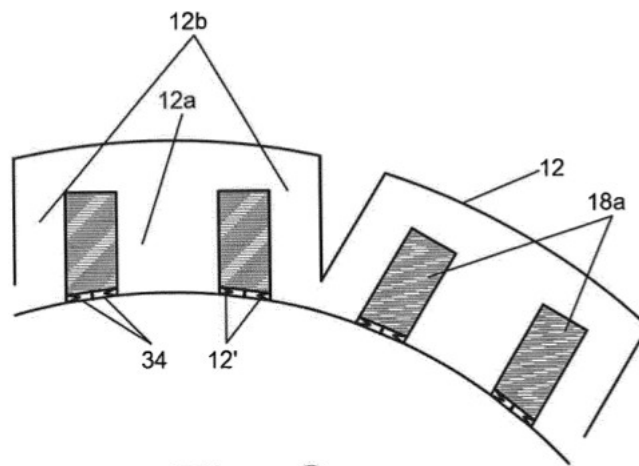


Fig. 2c

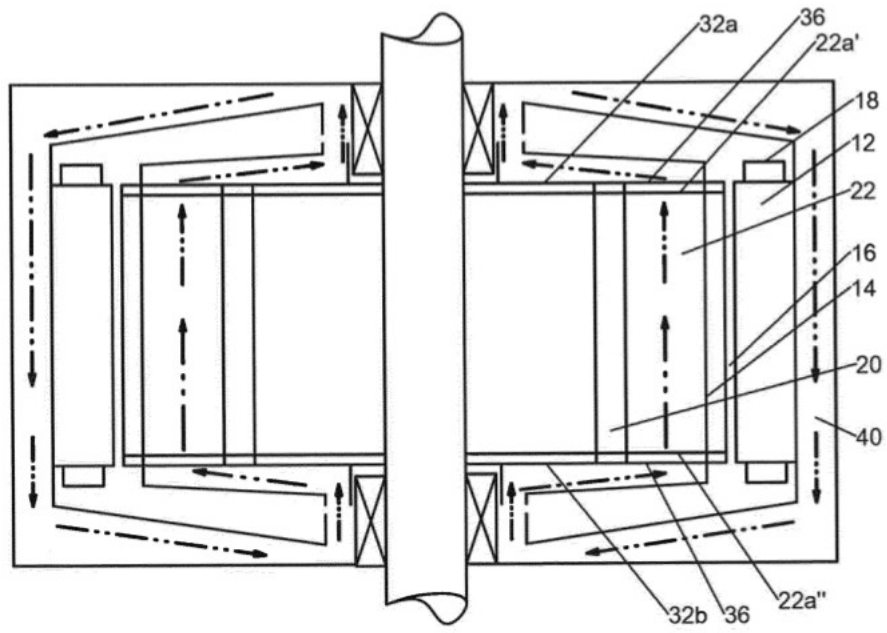


Fig.3