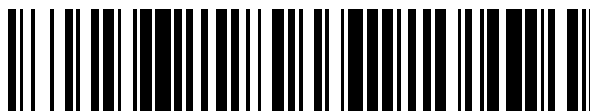


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 378**

51 Int. Cl.:

H02K 1/27

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2015 PCT/FR2015/051450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015 WO15185847**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2015 E 15729551 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 3152816**

54 Título: **Rotor con imanes permanentes con concentración de flujo para máquina eléctrica rotativa**

30 Prioridad:

05.06.2014 FR 1455111

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

10.03.2020

73 Titular/es:

**VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR
(100.0%)**

**2, rue André Boulle
94046 Créteil Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**BOUARROUDJ, LILYA;
LEROY, VIRGINIE y
KIM, NAM-GOOK**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 747 378 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 con imanes permanentes con concentración de flujo para máquina eléctrica rotativa

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un rotor con imanes permanentes para una máquina eléctrica rotativa.

- 5 Se refiere igualmente a una máquina eléctrica rotativa que comprende un rotor de este tipo.

Encuentra una aplicación particular, pero no limitativa, en el campo de los motores eléctricos de tracción o de los motores de accesorios en vehículos automóviles eléctricos e híbridos.

Antecedentes tecnológicos de la invención

- 10 Por sus prestaciones acrecentadas en términos de rendimiento y de potencia másica y volumétrica, las máquinas asíncronas con imanes permanentes tienen una amplia aplicación hoy en día en el campo de los vehículos automóviles.

Estas máquinas eléctricas pueden realizarse en una amplia gama de potencias y velocidades, y tienen aplicaciones tanto en vehículos del tipo « totalmente eléctrico » como en los vehículos con baja emisión de CO₂ de los tipos conocidos como « mild hybrid (híbrido ligero) » y « full-hybrid (híbrido total) » (en terminología inglesa).

- 15 Las aplicaciones de « mild hybrid (híbrido ligero) » generalmente se refieren a máquinas eléctricas de aproximadamente 8 a 20 kW, por ejemplo, un motor eléctrico montado en la cara delantera de un motor térmico, y acoplado a éste por una correa de transmisión. Es posible con un motor eléctrico de este tipo, reducir la cilindrada del motor térmico (« engine downsizing » (reducción de tamaño del motor) en terminología inglesa) previendo una asistencia eléctrica de par que suministra un aporte de potencia, en particular durante la reprise. Además una tracción a baja velocidad, por ejemplo en un entorno urbano puede ser garantizada igualmente por este mismo motor eléctrico.

- 20 Las aplicaciones del tipo « full-hybrid (híbrido total) » generalmente se refieren a motores de 30 a 50 kW para arquitecturas de tipo serie y/o paralelo, con un nivel de integración que es más completo que el del motor o de los motores eléctricos en la cadena de tracción del vehículo.

- 25 Máquinas con imanes permanentes de tierras raras, como los imanes de Neodimio-hierro-boro (NeFeB), Samario-Hierro (SmFe) o Samario-Cobalto (SmCo) tienen prestaciones notables en términos de flujo magnético, ya que los imanes de tierras raras pueden tener remanencias que sobrepasan el tesla.

Sin embargo, máquinas con imanes permanentes que comprenden un rotor con una estructura denominada "con concentración de flujo" han permitido obtener flujos magnéticos importantes con imanes de menor remanencia, por ejemplo imanes obtenidos de ferritas sinterizadas o unidas.

- 30 Al no ser económicamente rentable el empleo de imanes de tierras raras en un rotor de máquina eléctrica destinada a las aplicaciones de automóviles, la otra alternativa está constituida por los imanes basados en ferritas.

Pero al ser la remanencia o la inducción de una ferrita menor que en el caso de un imán de tierras raras, era necesario aumentar el volumen del imán de ferrita para obtener un flujo magnético equivalente. Así se ha propuesto en la solicitud de patente FR2982093, un rotor con imanes permanentes con concentración de flujo que tiene en parte una forma trapezoidal que permite aumentar el volumen de los imanes en el rotor.

- 35 Los documentos FR2982093 y US 2013/009505 se refieren a un rotor de imanes permanentes y señalan un grosor mínimo (de la lengüeta central), pero no dan ningún valor del mismo ni ninguna relación numérica con la altura de los imanes.

- 40 Los documentos US2013/278108 y FR2953658 se refieren también a un rotor de imanes permanentes, donde la geometría trapezoidal de los imanes es optimizada a fin de minimizar su desmagnetización, pero no divulgan relación entre la altura de los imanes y el grosor de la lengüeta central.

Sin embargo, siempre es necesario optimizar las características dimensionales y magnéticas de este tipo de rotor, de manera que se mejore el flujo magnético, al tiempo que se cumplen las restricciones dimensionales y mecánicas especificadas.

Descripción general de la invención

- 45 Para este propósito, la invención propone un rotor para máquina eléctrica rotativa que comprende una pluralidad de polos Norte y Sur alternos y formados por una pluralidad de imanes permanentes dispuestos en primeros vaciados que se extienden axialmente y distribuidos regularmente entre una parte circunferencial y una central parte de la masa magnética de dicho rotor, de manera que definan una pluralidad de secciones polares circunferenciales, estando dichos primeros vaciados separados por lengüetas centrales de grosor E, presentando dichos imanes permanentes una sección

radial poligonal que incluye una parte sustancialmente rectangular parte cercana a dicha parte circunferencial adyacente a una parte sustancialmente trapezoidal cercana a dicha parte central. Una relación R0 de una primera altura h de dicha parte trapezoidal con respecto al grosor E de una lengüeta central es predeterminada de modo que se maximice el rendimiento de dicha máquina eléctrica, estando la relación R0 comprendida entre 1,9 y 7.

- 5 La optimización de la relación R0 permite mejorar el rendimiento de la máquina eléctrica y cumplir con las restricciones mecánicas especificadas, en particular cuando la máquina eléctrica gira a velocidades elevadas.

Según modos de realización no limitativos, el rotor puede incluir además una o una pluralidad de características suplementarias de entre las siguientes:

Según un modo de realización no limitativo, la relación R0 puede estar comprendida entre 2 y 6.

- 10 Una relación de este tipo permite minimizar las fugas de flujo por la parte central del rotor, al tiempo que permite resistir las tensiones mecánicas, en particular cuando la máquina eléctrica gira a velocidades elevadas.

Según un modo de realización no limitativo, la relación R0 está comprendida entre 3 y 5.

Según una primera variante de realización no limitativa, la relación R0 es sustancialmente igual a 3,14.

Según una segunda variante de realización no limitativa, la relación R0 es sustancialmente igual a 4,44.

- 15 Según otra variante de realización no limitativa, la relación R0 puede ser sustancialmente igual a 5,36.

Tal relación R0 está particularmente adaptada a las máquinas que pueden alcanzar velocidades de rotación del orden de 22.000 revoluciones por minuto.

Una relación R0 de este tipo también está aún adaptada a las máquinas de alta potencia, por ejemplo, máquinas cuya potencia puede estar comprendida entre 10 kW y 60 kW.

- 20 Una relación R0 de este tipo también está diseñada para máquinas cuyo diámetro exterior del rotor es superior o igual a 115 mm.

Estas máquinas diferentes son, por ejemplo, máquinas reversibles.

- 25 Una relación de este tipo permite, para estas diferentes máquinas eléctricas, minimizar las fugas de flujo por la parte central del rotor, al tiempo que permite resistir las tensiones mecánicas, en particular cuando la máquina eléctrica gira a sus velocidades máximas.

Según un modo de realización no limitativo, un primer vaciado desemboca sobre la parte circunferencial por medio de una abertura que separa una sección polar circunferencial de una sección polar circunferencial contigua, formando las dos secciones polares circunferenciales primeros y segundos pies opuestos entre sí y adaptados para mantener un imán permanente en dicho primer vaciado, incluyendo dichos pies una cara inferior, incluyendo dichas secciones polares dos caras longitudinales, y presentando un vaciado circular al nivel de la unión entre cada cara longitudinal y la cara inferior de un pie.

- 30

Según un modo de realización no limitativo, un vaciado circular comienza en la unión de dicha cara longitudinal y de dicha cara inferior, y se extiende a lo largo de la cara longitudinal de una sección polar.

- 35 Según un modo de realización no limitativo, un vaciado circular comienza en la unión de dicha cara longitudinal y de dicha cara inferior, y se extiende a lo largo de la cara inferior de un pie.

Según un modo de realización no limitativo, se define un vaciado circular de tal manera que su centro esté situado al nivel de la unión de dicha cara longitudinal de una sección polar y de dicha cara inferior de un pie.

Según un modo de realización no limitativo, una relación R1 del diámetro del vaciado circular a la altura de un pie está comprendida entre 0,4 y 1.

- 40 Según un modo de realización no limitativo, una relación R2 de la altura de un pie al ancho de un pie está comprendida entre 0,4 y 2.

Según una primera variante de realización no limitativa, la relación R1 es sustancialmente igual a 0,7, y la relación R2 es sustancialmente igual a 0,5.

- 45 Según una segunda variante de realización no limitativa, la relación R1 es sustancialmente igual a 0,5, y la relación R2 es sustancialmente igual a 1,6.

El rotor puede incluir diez imanes permanentes, en particular doce imanes permanentes.

También se propone una máquina eléctrica rotativa que incluye un rotor según una cualquiera de las características anteriores.

La máquina eléctrica puede ser refrigerada por aceite.

Según un primer modo de realización no limitativo, dicha máquina eléctrica rotativa es una máquina reversible.

- 5 Según un segundo modo de realización no limitativo, dicha máquina eléctrica rotativa es un motor eléctrico de compresor de climatización.

La máquina eléctrica puede ser del tipo que tiene una potencia comprendida entre 4 kW y 60 kW, en particular comprendida entre 10 kW y 60 kW.

- 10 La invención también se refiere a un rotor para máquina eléctrica rotativa que comprende una pluralidad de polos Norte y Sur alternos y formados a partir de una pluralidad de imanes permanentes dispuestos en primeros vaciados que se extienden axialmente y distribuidos regularmente entre una parte circunferencial y una parte central de la masa magnética de dicho rotor, de manera que definan una pluralidad de secciones polares circunferenciales, estando dichos primeros vaciados separados por lengüetas centrales con un grosor E, presentando dichos imanes permanentes una sección radial poligonal que incluye una parte sustancialmente rectangular cercana a dicha parte circunferencial
- 15 adyacente a una parte sustancialmente trapezoidal cercana a dicha parte central. Una relación R0 de una primera altura h de dicha parte trapezoidal con respecto al grosor E de una lengüeta central es predeterminada de manera tal que se minimicen las fugas de flujo por la parte central, al tiempo que permite resistir las tensiones mecánicas, en particular cuando la máquina eléctrica gira a velocidades elevadas.

Las características anteriores son aplicables solas o en combinación a esta invención.

- 20 La invención tiene aún por objeto un sistema para vehículo automóvil, en particular un vehículo híbrido, que incluye:

- la máquina eléctrica tal como se describió previamente;

- una bomba dispuesta para transportar fluido en la máquina, en particular fluido portador de calor, por ejemplo, un aceite, a presión.

- 25 El sistema puede incluir un bucle de refrigeración que permite enfriar el fluido antes de su entrada a la máquina por la bomba.

El sistema puede incluir una caja de cambios, estando dispuesta la bomba para transportar además el fluido en la caja de cambios.

El sistema se puede configurar de modo que la máquina eléctrica accione un árbol de la caja de cambios.

- 30 Como variante, el sistema puede incluir un diferencial, estando dispuesta la bomba para transportar además el fluido en el diferencial.

El sistema se puede configurar de modo que la máquina eléctrica acciones un árbol del diferencial.

Breve descripción de las figuras

La invención y sus diferentes aplicaciones se entenderán mejor leyendo la siguiente descripción y examinando las figuras que la acompañan;

- 35 La fig. 1 representa una vista simplificada en corte radial de un rotor con imanes permanentes según un modo de realización no limitativa de la invención;

La fig. 2 representa según un primer modo de realización no limitativo la estructura de parte de una sección polar del rotor de la fig. 1 que coopera con un imán permanente;

- 40 La fig. 3 representa según un segundo modo de realización no limitativo la estructura de parte de una sección polar del rotor de la fig. 1 que coopera con un imán permanente;

La fig. 4 representa según un tercer modo de realización no limitativo la estructura de parte de una sección polar del rotor de la fig. 1 que coopera con un imán permanente;

La fig. 5 representa dos secciones polares del rotor en la fig. 3 que cooperan con un imán permanente.

Descripción de modos de realización de la invención

- 45 Los elementos idénticos, por estructura o por función, que aparecen en diferentes figuras mantienen las mismas referencias, a menos que se especifique lo contrario.

El corte radial simplificado de un rotor 1 con imanes permanentes según un modo de realización no limitativo representado en la fig. 1, muestra claramente la disposición en la masa magnética 2 de los imanes permanentes 3 en unos primeros vaciados 4 distribuidos regularmente entre una parte circunferencial 5 y una parte central 6, de manera que formen una pluralidad de polos alternos Norte N y Sur S. Los imanes permanentes son de ferrita.

5 Una primera realización concreta de una máquina que comprende un rotor de este tipo es en un ejemplo no limitativo un motor eléctrico de compresor de climatización, sirviendo dicho compresor para asegurar la circulación del fluido frigorífico en el circuito de refrigeración, y participando en el funcionamiento de la climatización al comprimir el fluido cuando está en la fase gaseosa.

10 Una segunda realización concreta de una máquina que comprende un rotor de este tipo es en un ejemplo no limitativo un motor/generador de 8 a 20 kW para aplicaciones en vehículos automóviles del tipo denominado « mild hybrid » (híbrido ligero). La máquina se conoce como máquina reversible. Cuando funciona como motor, esta máquina puede estar diseñada para el arranque del motor térmico, la asistencia de par del motor térmico así como para la tracción eléctrica del vehículo a baja velocidad.

15 En una forma de realización particular no limitativa de la máquina ilustrada en la fig. 1, un rotor 1 que incluye diez imanes permanentes 3 gira en el interior de un estator (no representado) con una pluralidad de muescas. Los imanes 3 están dispuestos radialmente para obtener una estructura de rotor del tipo de concentración de flujo. El estator y el rotor 1 se producen convencionalmente con paquetes de chapas metálicas que forman masas magnéticas 2. En un ejemplo no limitativo, se usa la chapa de Hierro al Silicio.

20 Como se ilustra en la fig. 1, una parte del imán 3 cercana a la parte central 6 del rotor 1 comprende una forma de cuña. De esa manera, una sección radial de un imán 3 en el rotor 1 tiene una parte sustancialmente trapezoidal 7 cercana a la parte central del rotor 1, y una parte sustancialmente rectangular 8 cercana a la parte circunferencial 5.

25 Un primer vaciado 4 desemboca sobre la parte circunferencial 5 por medio de una abertura 12 que separa una sección polar circunferencial 10 de una sección polar circunferencial contigua 10, formando las dos secciones polares circunferenciales 10 primeros y segundos pies 13, 14 que están opuestos entre sí y adaptados para mantener un imán permanente 3 en dicho primer vaciado 4.

Las secciones polares 10 comprenden dos caras longitudinales 100, que se extienden a ambos lados de los imanes 3, y en particular de su parte sustancialmente rectangular 8, y los pies asociados 13, 14 comprenden una cara inferior 130, 140. Una cara longitudinal 100 de una sección polar 10 es perpendicular a la cara inferior de un pie 13, 14.

30 Los primeros vaciados 4 que contienen los imanes 3 están separados por lengüetas centrales 9 que forman tabiques con un grosor E que se selecciona con un valor bajo para minimizar las fugas de flujo por la parte central 6 del rotor. En esta forma de realización particular, el grosor E es constante, pero se observará que podrá ser variable en ciertas formas de realización. Estas lengüetas 9 retienen radialmente las secciones polares circunferenciales 10 definidas en la masa magnética 2 por los primeros vaciados 4. Al mantener las propias secciones polares 10 los imanes 3 radialmente, las lengüetas 9 deben tener una resistencia mecánica mínima para resistir las fuerzas centrípetas resultantes del efecto de la rotación del rotor 1 sobre los imanes 3 y las secciones polares 10. El grosor E de las lengüetas debe ser suficiente por tanto para permitirles resistir las tensiones mecánicas σ , y en particular cuando la máquina eléctrica gira a velocidades elevadas.

40 El rotor 1 comprende adicionalmente una pluralidad de segundos vaciados 11 dispuestos en las secciones polares 10, como se muestra claramente en la fig. 1. Además de su función de contribuir al control del campo magnético en el rotor 1, estos segundos vaciados 11 reducen la masa de las secciones polares 10 y, en consecuencia, reducen los esfuerzos mecánicos σ soportados por las lenguas 9 debido a estas secciones polares 10, lo que simultáneamente permite aumentar la masa de los imanes 3.

45 Las pruebas realizadas con máquinas eléctricas que comprenden un rotor 1 con imanes 3 en forma de cuña, y simulaciones por ordenador, han llevado a la entidad inventiva a considerar que una relación R0 de una primera altura h de dicha parte trapezoidal 7 al grosor E de una lengüeta central 9 es un parámetro que permite optimizar el rendimiento de la máquina y dimensionar imanes permanentes del rotor 1 adaptados a las máquinas eléctricas que giran a velocidades elevadas.

50 Las pruebas realizadas han demostrado que una relación R0 comprendida de entre 3 y 5 permitía obtener resultados satisfactorios para los imanes 3 y las lenguas centrales 9 en términos de resistencia a las fuerzas centrífugas ejercidas en la gama de velocidad de 0 a 22.000 rpm (revoluciones por minuto).

Se observará que el grosor E de una lengüeta 9 es impuesto por los esfuerzos mecánicos σ según la siguiente fórmula:

$$\sigma = F / V = (m \times Ra \times w2 / pp) / (E \times L)$$

es decir:

$E = (m \times Ra \times w^2 / pp) / (\sigma \times l)$ [1], donde F es la fuerza centrífuga ($F = m \times Ra \times w^2$), m es la masa del imán más hierro, Ra es el radio con relación al centro de gravedad del rotor, w es la velocidad angular (rd/s), pp es el número de pares de polos, V es el volumen de la lengüeta, σ son las tensiones mecánicas y L es la longitud del rotor.

- 5 Por otra parte, se observará que la relación $R0$ se define a nivel electrotécnico por $h/E = (Bs + Bp) / (B_{aim} \times 2)$ [2], donde Bs es la inducción magnética con saturación en la lengüeta, Bp es la inducción magnética con saturación en la sección polar, y B_{aim} es la inducción remanente del imán. Se observará que B_{aim} depende de la temperatura del imán de ferrita.

Comenzando con la fórmula [2], se determina la relación $R0 = h/E$, luego con la fórmula [1] se determina el grosor E . Se deduce así la altura h .

Por lo tanto, tomemos como ejemplo no limitativo un imán de ferrita donde $Bs = 2,2T$ y $Bp = 1,8T$.

- 10 En el caso de un rotor 1 para un motor eléctrico de compresor (velocidad de aproximadamente 10.000 rpm), se obtiene la relación $R0 = h/E = 4,44$, donde $B_{aim} = 0,45T$ para una temperatura del imán de ferrita de 25 °C. En este caso, la máquina está bien enfriada por el refrigerante del compresor.

- 15 En el caso de un rotor 1 para una máquina reversible (velocidad de aproximadamente 16.000 rpm), se obtiene la relación $R0 = h/E = 3,14$, donde $B_{aim} = 0,35T$ para una temperatura del imán de ferrita de 120 °C. En este caso, la máquina es enfriada por el aceite de la caja de cambios del vehículo automóvil.

En el caso de un rotor 1 de máquina eléctrica reversible (velocidad de rotación que puede alcanzar sustancialmente 18.000 rpm a 22.000 rpm), se obtiene la relación $R0 = h/E = 5,36$, con B_{aim} comprendida entre 0,4T y 0,5T para una ferrita temperatura del imán de 90 °C. Una máquina eléctrica de este tipo puede ser enfriada por aceite, por ejemplo, proveniente de una caja de cambios o de un diferencial del vehículo automóvil.

- 20 Las pruebas con máquinas eléctricas que comprenden un rotor 1 con imanes 3 en forma de cuña, y simulaciones por ordenador, han llevado a la entidad inventiva a darse cuenta de que las tensiones mecánicas sustanciales σ_1 causadas por la fuerza centrífuga que se ejerce sobre los imanes se concentraban en la esquina de los imanes 32, en el enganche de los pies 13, 14.

- 25 Para evitar un deterioro del rotor 1 causado por estas fuerzas mecánicas sustanciales, en un modo de realización no limitativo, las secciones polares 10 tienen un vaciado circular 18 al nivel de la unión entre cada cara longitudinal 100 y la cara inferior 130, 140 de un pie 13, 14. Por lo tanto, una sección polar 10 comprende dos vaciados 18. Se observará que se forma una unión al nivel de una esquina 32 de un imán permanente 3.

- 30 Gracias a estos vaciados circulares 18, se obtiene una disminución de las tensiones mecánicas. Ello permite así reducir el ancho $L1$ de los pies 13, 14, que mantienen un imán 3 en un vaciado 4. Por otra parte, la reducción del ancho $L1$ de los pies 13, 14 tiene el efecto de aumentar el ancho de las aberturas 12. Este aumento tiene el efecto de reducir el flujo de fugas al nivel de las aberturas 12 y, en consecuencia, aumentar el flujo magnético generado.

- 35 Las diferentes variantes de realización de este vaciado circular 18 se ilustran en las figs. 2 a 4 en corte radial, y se describen a continuación. En estas figuras se ha representado una parte de una sección polar 10 con uno de sus pies 13, y una parte del imán permanente 3. Bien entendido, lo que se describe a continuación también se aplica al segundo pie 14.

En una primera variante de realización no limitativa ilustrada en la fig. 2, dicho vaciado circular 18 comienza en la unión 15 de la cara longitudinal 100 y de la cara inferior 130, y se extiende a lo largo de la cara longitudinal 100 de la sección polar 100.

- 40 Como se puede ver en la figura, el vaciado circular 18 comprende un extremo 16 que está conectado a la cara longitudinal 100 de la sección polar 10 sin borde afilado. Esto hace posible evitar tener un punto de fragilidad al nivel mecánico.

- 45 Como también se puede ver, el vaciado circular 18 es tangente a una superficie de contacto con el pie 13. En el ejemplo no limitativo ilustrado, la superficie de contacto es la cara superior de una laminilla 17 dispuesta entre la cara superior 30 del imán permanente 3 y la cara inferior 130 del pie 13. La laminilla 17 tiene la función de distribuir las fuerzas mecánicas que se ejercen sobre la parte superior del imán 3 y el pie 13, y absorber por deformación un eventual desplazamiento del imán 3. En el caso en que la máquina es sometida a una velocidad de rotación muy elevada, de hecho, el imán 3 tiende a alejarse del eje de rotación del rotor, bajo el efecto de la fuerza centrífuga. En otro ejemplo, en el caso de que no haya laminilla 17, la superficie de contacto es la cara superior 30 del imán 3.

- 50 Se observará que es posible desplazar el vaciado circular 18 de acuerdo con el ancho del imán 3, lo que hace posible no reducir la superficie de apoyo del pie 13 en el imán 3 y el grosor $E1$ por encima del imán 3 ($E1$ que corresponde a la altura del pie 13).

En una segunda variante de realización no limitativa ilustrada en la fig. 3, dicho vaciado circular 18 comienza en la unión de dicha cara longitudinal 100 y de dicha cara inferior 130, y se extiende a lo largo de la cara inferior 130, 140 del pie 13.

Como se puede ver en la figura, el vaciado circular 18 comprende un extremo 16 que está conectado a la cara inferior 130 del pie 13 sin un borde afilado. Esto permite no tener un punto de fragilidad al nivel mecánico.

5 Como también se puede ver, el vaciado circular es tangente a una superficie perpendicular al pie 13. En el ejemplo no limitativo ilustrado, la superficie perpendicular es la cara lateral de la laminilla 17 que está dispuesta entre la cara lateral 31 del imán permanente 3 y la cara longitudinal 100 de la sección polar 10. E otro ejemplo, en el caso de que no haya laminilla 17, la superficie perpendicular es la cara lateral 31 del imán 3.

Se observará que es posible desplazar el vaciado circular 18 de acuerdo con la altura del imán 3, pero esto reduce la superficie de apoyo del pie 13 sobre el imán 3 y la altura E1 del pie 13.

10 En una tercera variante de realización no limitativa ilustrada en la fig. 4, dicho vaciado circular 18 está definido de tal manera que su centro C está situado al nivel de la unión de dicha cara longitudinal 100 y de dicha cara inferior 130, 140. Como se puede ver, el centro C está enfrente de la esquina 32 del imán 3.

Como se puede ver en la figura, el vaciado circular 18 comprende un primer extremo 16 que está conectado a la cara inferior 130 sin un borde afilado, y un segundo extremo 16' que está conectado a la cara longitudinal 100 sin un borde afilado.

15 Las pruebas realizadas con máquinas eléctricas que comprenden un rotor 1 con imanes 3 en forma de cuña, y simulaciones por ordenador, han llevado a la entidad inventiva a considerar que una relación R1 del diámetro D1 del vaciado circular a la altura E1 de un pie 13, 14 (estando D1 y E1 ilustrados en la fig. 5) es un parámetro que permite optimizar el rendimiento de la máquina (maximización del flujo magnético) mientras se minimizan las tensiones mecánicas σ_1 . Lo mismo sucede con una relación R2 de la altura E1 de un pie 13, 14 al ancho L1 de un pie 13, 14 (estando L1 ilustrado en la fig. 5).

20 Las pruebas realizadas han demostrado que una relación R1 ($D1/E1$) de entre 0,4 y 1 y una relación R2 ($E1/L1$) de entre 0,4 y 2 permitan obtener un buen compromiso entre un vaciado circular que es óptimo desde un punto de vista magnético y desde un punto de vista mecánico.

25 En el caso de un rotor 1 para un motor de compresor (que comprende una velocidad de rotación de 10.000 rpm en un ejemplo no limitativo), en un ejemplo no limitativo, se obtiene $R1 = 0,7$ y $R2 = 0,5$.

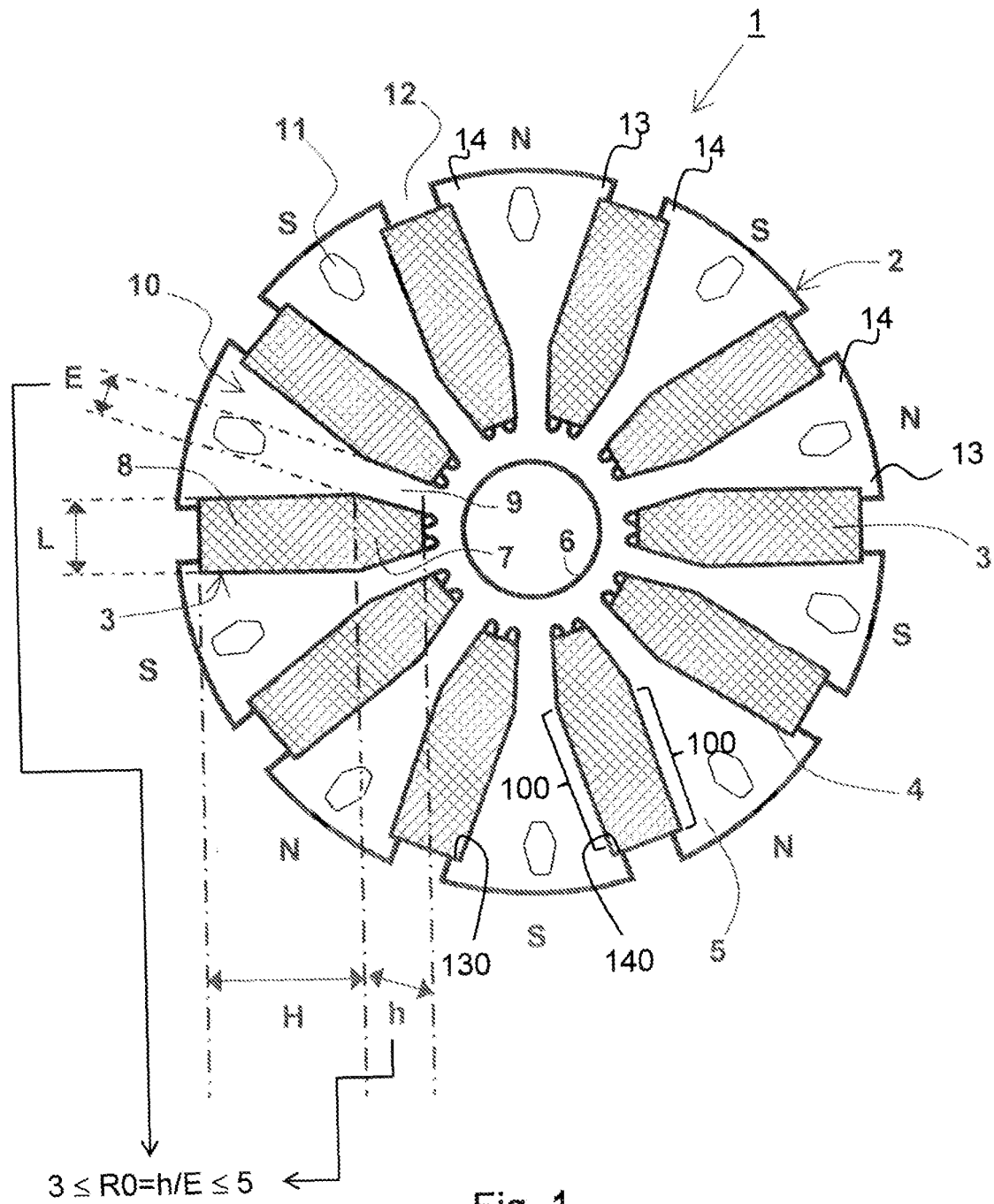
En el caso de un rotor 1 para un alternador de arranque (que comprende una velocidad de rotación de 18.000 rpm en un ejemplo no limitativo), en un ejemplo no limitativo, se obtiene $R1 = 0,5$ y $R2 = 1,6$.

Bien entendido la descripción de la invención no se limita a la aplicación, a los modos de realización y a los ejemplos descritos anteriormente.

30 Otros modos de realización basados en valores numéricos diferentes de los especificados anteriormente, y correspondientes a otras pruebas o simulaciones de máquinas eléctricas rotativas que incluyen un rotor del tipo descrito, no se apartarían del marco de la presente invención, en la medida en que se deriven de lo siguiente reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Rotor (1) para una máquina eléctrica rotativa que comprende una pluralidad de polos alternos Norte (N) y Sur (S) formados por una pluralidad de imanes permanentes (3) dispuestos en primeros vaciados (4) que se extienden axialmente y distribuidos regularmente entre una parte circunferencial (5) y una parte central (6) de la masa magnética (2) de dicho rotor (1), de manera que definan una pluralidad de secciones polares circunferenciales (10), estando separados dichos primeros vaciados (4) por lengüetas centrales (9) de grosor E, presentando dichos imanes permanentes (3) una sección radial poligonal que incluye una parte sustancialmente rectangular (8) cercana a dicha parte circunferencial (5) adyacente a una parte sustancialmente trapezoidal (7) cercana a dicha parte central (6), de manera que una parte del imán permanente (3) cercana a la parte central (6) del rotor incluye una forma de cuña, formando dichas lengüetas centrales (9) tabiques y siendo constante el grosor E comprendiendo las secciones polares (10) dos caras longitudinales (100) que se extienden a ambos lados de la parte sensiblemente rectangular (8) de los imanes (3),
caracterizado por que una relación $R0=h/E$ de una primera altura h de dicha parte trapezoidal (7) al grosor E de una lengüeta central (9) está predeterminada de manera tal que se minimicen las fugas de flujo por la parte central, al tiempo que permite resistir las tensiones mecánicas, en particular cuando la máquina eléctrica gira a velocidades elevadas, estando comprendida la relación R0 entre 1,9 y 7, en particular entre 2 y 6, por ejemplo entre 3 y 5.
2. Rotor según la reivindicación 1, caracterizado por que la relación R0 es sustancialmente igual a 3,14.
3. Rotor según la reivindicación 1, caracterizado por que la relación R0 es sustancialmente igual a 5,36.
4. Rotor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que un primer vaciado (4) desemboca sobre la parte circunferencial (5) por medio de una abertura (12) que separa una sección polar circunferencial (10) de una sección polar circunferencial adyacente (10), formando las dos secciones polares circunferenciales (10) primeros y segundos pies (13, 14) que están opuestos entre sí, y adaptados para mantener un imán permanente (3) en dicho primer vaciado (4), incluyendo dichos pies (13, 14) un cara inferior (130, 140), incluyendo dichas secciones polares (10) dos caras longitudinales (100), y presentando un vaciado circular (18) al nivel de la unión (15) entre cada cara longitudinal (100) y la cara inferior (130, 140) de un pie (13, 14).
5. Rotor según la reivindicación 4, caracterizado por que un vaciado circular (18) comienza en la unión (15) de dicha cara longitudinal (100) y de dicha cara inferior (130, 140), y se extiende a lo largo de la cara longitudinal (100) de la sección polar (100).
6. Rotor según la reivindicación 4, caracterizado por que un vaciado circular (18) comienza en la unión (15) de dicha cara longitudinal (100) y dicha cara inferior (130, 140), y se extiende a lo largo de la cara inferior (130, 140) de un pie (13, 14).
7. Rotor según la reivindicación 4, caracterizado por que se define un vaciado circular (18) de modo que su centro (C) esté situado al nivel de la unión (15) de dicha cara longitudinal (100) de una sección polar (10) y de dicha cara inferior (130, 140) de un pie (13, 14).
8. Rotor según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que una relación R1 del diámetro (D1) del vaciado circular (18) a la altura (E1) de un pie (13, 14) está comprendida entre 0,4 y 1.
9. Rotor según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, caracterizado por que una relación R2 de la altura (E1) de un pie (13, 14) al ancho (L1) de un pie (13, 14) está comprendida entre 0,4 y 2.
10. Rotor según la reivindicación 8 y la reivindicación 9, caracterizado por que la relación R1 es sustancialmente igual a 0,7, y la relación R2 es sustancialmente igual a 0,5.
11. Rotor según la reivindicación 8 y la reivindicación 9, caracterizado por que la relación R1 es sustancialmente igual a 0,5, y la relación R2 es sustancialmente igual a 1,6.
12. Máquina eléctrica rotativa, caracterizada por que incluye un rotor (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
13. Máquina eléctrica rotativa según la reivindicación 12, caracterizada por que dicha máquina eléctrica rotativa es una máquina reversible.
14. Máquina eléctrica rotativa según la reivindicación 12, caracterizada por que dicha máquina eléctrica rotativa es un motor de compresor eléctrico de climatización.



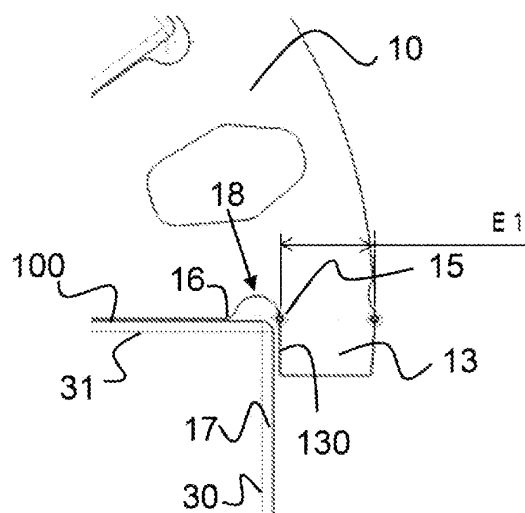


Fig. 2

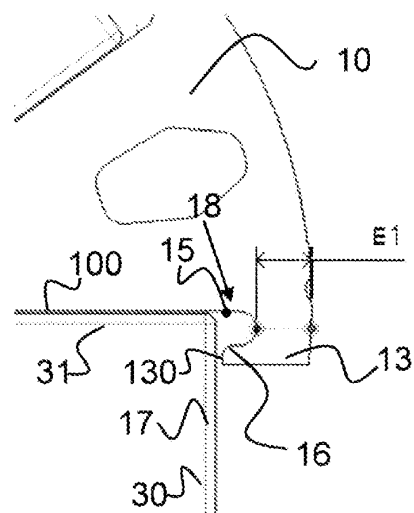


Fig. 3

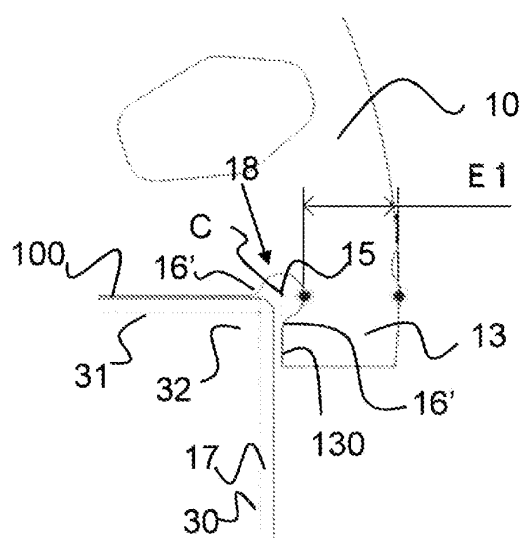


Fig. 4

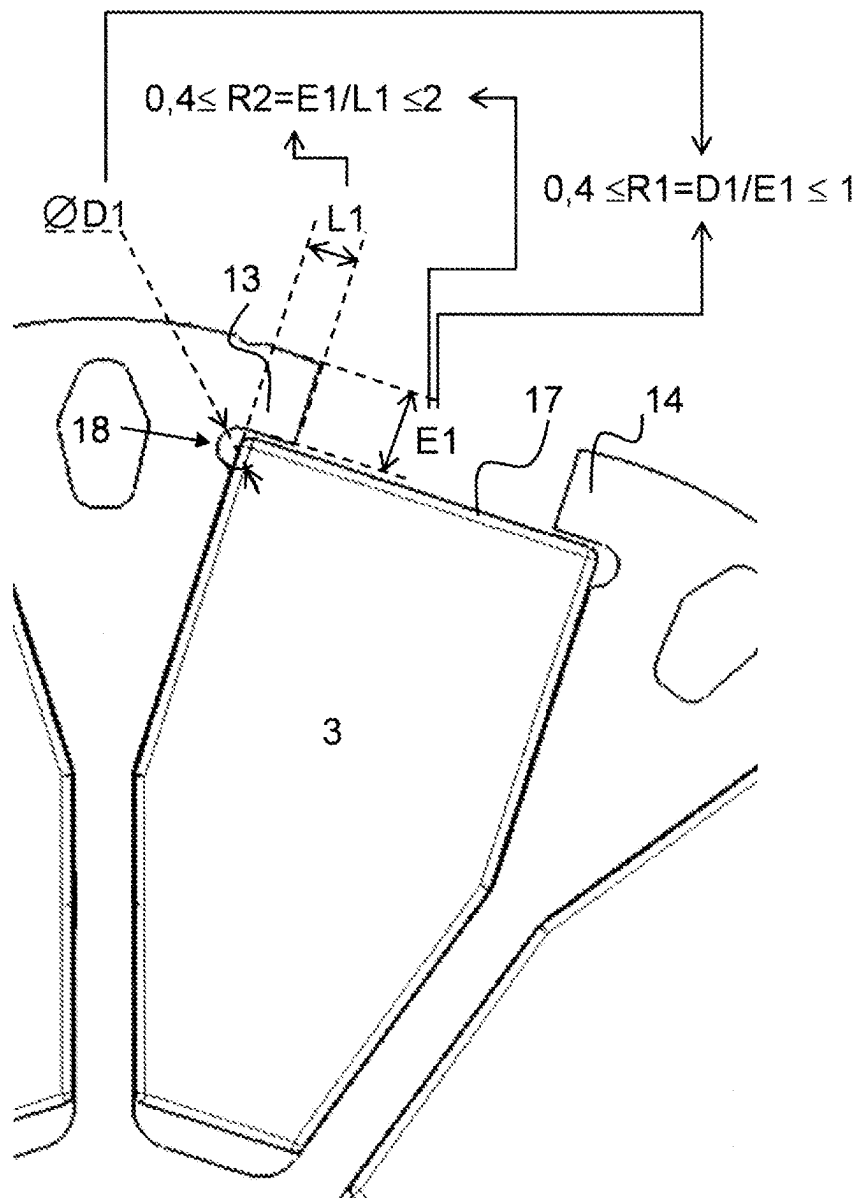


Fig. 5