

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 573**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/27** (2006.01)

**H02K 21/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.08.2007 PCT/BR2007/000206**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2008 WO08019459**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2007 E 07784935 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2059989**

54 Título: **Maquina síncrona y proceso para fabricar una maquina síncrona**

30 Prioridad:

**16.08.2006 BR PI0603363**

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

**13.04.2018**

73 Titular/es:

**WHIRLPOOL S.A. (100.0%)  
Av. das Nações Unidas, 12.995, 32° andar  
Brooklin Novo  
04578-000 São Paulo SP, BR**

72 Inventor/es:

**KALLUF, FLAVIO J. H. y  
BRUNING, MILTON**

74 Agente/Representante:

**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

ES 2 663 573 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**

Maquina síncrona y proceso para fabricar una maquina síncrona.

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente brasileña nº PI0603363-6. La presente invención se refiere a una máquina síncrona y a un proceso para fabricar una máquina síncrona y, más concretamente, a una máquina síncrona con imanes permanentes en el rotor y jaula para arranque directo.

Descripción de la técnica anterior

10 Las máquinas síncronas con imanes permanentes son conocidas en la técnica anterior y comprenden esencialmente un estator y un rotor, presentando el rotor una forma substancialmente cilíndrica, que tiene una parte de superficie y un núcleo de rotor, y el rotor puede estar provisto de una jaula colocada en la parte de superficie, estando formada la jaula por unas barras paralelas conectadas en sus extremos por unos anillos de cortocircuito. Tal configuración de rotor se conoce como rotor de jaula y es útil en el proceso de arranque de la máquina.

15 Dentro del rotor pueden distribuirse pares de imanes permanentes en unas ranuras de fijación que se encuentran situadas longitudinalmente en el centro del rotor (o núcleo del rotor).

20 En lo que respecta a las características eléctricas, el rotor tiene una pluralidad de polos, que varía según las características y aplicaciones de cada máquina.

Los imanes permanentes, distribuidos dentro del rotor, tienen la finalidad de generar un flujo de magnetización de la máquina.

25 Un hecho común que da en máquinas de este tipo es la fuga de flujo, causada por el cortocircuito magnético de los imanes a través de los puentes de acero formados en los siguientes puntos: 1) entre las ranuras para la disposición de los imanes de un mismo polo; 2) entre las ranuras para la disposición de los imanes y las ranuras adyacentes de la jaula/ 3) entre el pico de las ranuras del rotor y el diámetro exterior del rotor. Este efecto, así como los puntos de pérdida de flujo, pueden entenderse mejor a partir de la figura 6, que muestra las líneas de flujo magnético.

30 En este sentido, sería ideal disponer el núcleo totalmente cortado longitudinalmente con imanes, tal como puede apreciarse en la figura 9, ya que, de esta manera, no habría pérdida de flujo magnético. La situación es sólo hipotética, dado que, en este caso, el rotor no tendría la estabilidad mecánica requerida para el funcionamiento de la máquina eléctrica.

35 En el documento US 6.876.119 se describe una de las soluciones de la técnica anterior que describe el uso de la aplicación de imanes permanentes. De acuerdo con las enseñanzas de esta técnica anterior, se describe un motor síncrono que tiene un rotor provisto de imanes en forma de V, a través de la unión de imanes dispuestos entre sí. Aunque esta solución es buena desde el punto de vista magnético, puede presentar problemas relacionados con la estabilidad mecánica (rigidez) del paquete de cuchillas, debido a la gran cantidad de acero que se elimina durante el proceso de estampado. Este hecho, junto con el hecho de que se producen deformaciones significativas en el paquete de acero durante la inyección de aluminio, puede causar problemas de colisión del rotor, lo que perjudica la fiabilidad de la máquina. Dichos problemas requieren un tratamiento posterior del rotor para reducir la colisión, tal como rectificado, mecanizado o un proceso similar. La misma referencia describe, además, la posibilidad de configurar las ranuras cerca del extremo de los imanes con una mayor profundidad, de modo que se acerquen al imán y eviten un cortocircuito del flujo magnético de un polo al otro en el mismo imán. Esta solución minimiza los problemas de cortocircuito de flujo magnético, pero dificulta la construcción de la máquina eléctrica, puesto que especialmente se requiere configurar y montar de manera específica una ranura entre el rotor y la jaula durante el proceso de fabricación de la máquina, lo requiere de herramientas de estampado diferenciadas, hecho que da lugar a complicaciones de naturaleza práctica y económica.

50 Otra característica de esta referencia es el hecho de que presenta reluctancias similares en el eje directo y en el eje en cuadratura. De esta manera, sin embargo, no es posible aprovechar los pares de reluctancia en las condiciones de trabajo, y esto ocurre por las siguientes razones:

El par generado por un motor síncrono puede dividirse en dos componentes:

60 (a) par síncrono: representa el par de sincronización entre el campo magnético y el campo de rotación principal. Puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$T_{sinc} = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot f} \cdot \left( \frac{V_1 \cdot E_f}{X_{sd}} \right) \cdot \text{sen}(\delta) \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

- $p$  = número de polos
- $f$  = frecuencia [Hz]
- $V_1$  = tensión de alimentación [V]
- $E_f$  = EMF inducido por los imanes [V]
- $X_{sd}$  = reactancia síncrona del eje directo [ $\Omega$ ]
- $\delta$  = ángulo de carga

a) Par de reluctancia: aparece debido a la diferencia de reluctancia entre el eje directo y el eje de cuadratura. Puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$T_{rel} = \frac{p \cdot V_1^2}{4 \cdot \pi \cdot f} \cdot \left( \frac{1}{X_{sq}} - \frac{1}{X_{sd}} \right) \cdot \text{sen}(2 \cdot \delta) \quad \text{Ec. 2}$$

donde:

$X_{sd}$  = reactancia en cuadratura síncrona [ $\Omega$ ].

El par total generado por el motor en velocidad síncrona es la suma de  $T_{sinc} + T_{rel}$ . De esta manera, puede observarse que la reluctancia del eje directo y la reluctancia del eje en cuadratura tienen una gran influencia en el valor de par máximo obtenido.

Más específicamente, la influencia de cada parte del par y su variación en función del ángulo de carga del motor puede entenderse mejor si se analiza gráficamente, tal como se ilustra en la figura 1. Tal como se muestra en las ecuaciones, diferentes valores de reluctancia del eje directo y reluctancia en cuadratura puede dar lugar a diferentes valores de par generado por el motor.

Tomando como base un motor de 2 polos, puede calcularse la magnitud del par máximo para cada una de las siguientes configuraciones, en la figura 2a, una situación donde la magnitud del eje directo es substancialmente igual a la del eje en cuadratura ( $X_d \approx X_q$ ); en la figura 2b se ilustra una situación donde la magnitud del eje directo es menor que la del eje en cuadratura ( $X_d < X_q$ ), y en la figura 2c se ilustra una configuración donde la magnitud del eje directo es mayor que la del eje en cuadratura ( $X_d > X_q$ ).

Para cada una de las alternativas, los valores  $X_d$  y  $X_q$  se obtuvieron mediante análisis de elementos finitos. Utilizando las ecuaciones 1 y 2, se calcula el valor del par total como una función del ángulo de carga del motor, tal como se muestra en la gráfica de la figura 3. Tal como puede apreciarse en la gráfica, el par máximo es mayor para el caso en que  $X_d < X_q$ . La mayor parte de la ganancia se debe a la caída de la reactancia síncrona del eje directo, lo que aumenta significativamente el valor de la pérdida de la parte de par síncrono.

Otra técnica anterior conocida es la Patente de Invención nº US 5.097.166 A, que describe un rotor de alta velocidad para un motor síncrono de imanes permanentes de CA, que incluye una pila de laminaciones de rotor magnéticamente permeables. Cada laminación de rotor comprende una pluralidad de ranuras de barras conductoras para sostener un bobinado de arranque y que tiene unas aberturas orientadas hacia afuera para minimizar la fuga de flujo desde el campo magnético de rotación producido por bobinados primarios en el estator, y unas ranuras magnéticas para sostener imanes permanentes para producir un número par de polos magnéticos en la periferia del rotor. La laminación incluye, además, una pluralidad de ranuras de barrera de flujo conectadas a las ranuras del imán para minimizar la fuga de flujo de los imanes permanentes y formar puentes en una configuración de anillo entre las ranuras de barra conductora y las ranuras de barrera.

Otra técnica anterior es la solicitud de patente nº US 2004/169431 A1, que describe un motor síncrono que incluye un estator, un rotor y unos imanes permanentes. El rotor incluye un núcleo de rotor de hierro y puede girar respecto al estator, una pluralidad de barras conductoras alojadas dentro de ranuras correspondientes en el núcleo de hierro de rotor. Las barras conductoras tienen sus extremos opuestos cortocircuitados por respectivos anillos de cortocircuito para formar un conductor de jaula de arranque. El rotor también tiene una pluralidad de ranuras de retención de imán definidas en el mismo en una ubicación en un lado interno de las barras conductoras, donde están incrustados imanes permanentes de orificios.

Finalmente, la patente de invención nº US 5.818.139 A describe la formación de espacios de alojamiento de imán permanente 3b y espacios 3c para barrera de flujo dentro de un rotor 3. Un valor mínimo de una distancia desde una parte de una cara límite del espacio de alojamiento del imán permanente en un lado de la superficie del rotor cuya parte corresponde a una sección de borde de un imán permanente 4 en su dirección de anchura hasta las caras límite de ambos espacios en un lado del eje de rotación del rotor 3 se determina que es mayor que una distancia desde el espacio de alojamiento de imán permanente 3b en la dirección del grosor en una sección de borde del imán permanente 4 en su dirección de anchura, de manera que se mantiene el rendimiento inicial evitando la desmagnetización del imán permanente debido a la producción de un campo magnético negativo. Por lo tanto, se obtiene una reducción de costes de un motor sin escobillas de CC disminuyendo el volumen del imán permanente.

#### Descripción de la invención

De acuerdo con un aspecto de la invención, se presenta una máquina síncrona tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se presenta un proceso para fabricar una máquina síncrona tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Para superar los problemas de la técnica anterior, la presente invención tiene el objetivo de reducir el flujo de cortocircuito cerca de los extremos de los imanes, así como alrededor de la ranura entre el rotor y la jaula, utilizando ranuras en el rotor dimensionadas específicamente para elevar la reluctancia al paso de flujo magnético de cortocircuito y así reducir las pérdidas que se producen según las técnicas anteriores. Además, se superan problemas de dinámica (colisión del rotor) que ocurren en las máquinas de la técnica anterior, por lo que se reduce el grado de rectificadas, mecanizadas, etc. necesario.

Una de las soluciones prevé la aplicación de una máquina síncrona que tiene una ranura de fijación para el imán permanente, que está dimensionada especialmente para proporcionar un puente alargado que forma un canal de aumento de la reluctancia cerca del primer extremo libre. El primer extremo libre está posicionado adyacente a una de las ranuras de la jaula del rotor, y el puente alargado se forma entre el extremo libre de la ranura de fijación y el extremo interno de la ranura de la jaula.

El extremo alargado está configurado a partir de una abertura en el rotor y se extiende a lo largo del rotor y a lo largo de la ranura de fijación. Dicha configuración puede obtenerse por estampado durante la fabricación de las cuchillas que forman el núcleo del rotor, o todavía mediante perforación cuando el rotor ya está montado.

Por lo tanto, el flujo magnético que tiende a escapar en las partes extremas del imán se reduce, ya que con la apertura del canal dentro del núcleo se aumenta la reluctancia al flujo magnético de cortocircuito de los imanes y se minimizan las pérdidas.

Otra solución de la presente invención es mantener los imanes separados entre sí dentro del rotor y también disponer un canal de mayor reluctancia cerca del otro extremo del canal de fijación del imán (o cerca del segundo extremo libre). En este caso, dado que los imanes permanentes se disponen en pares, el canal de mayor reluctancia debe configurarse para que, al mismo tiempo: (i) evite cortocircuito del flujo magnético y (ii) mantenga la resistencia del rotor a niveles suficientes para que las características de la máquina eléctrica no se vean afectadas cuando se mueve el rotor.

Además, para evitar que el flujo magnético se cortocircuite fuera de la ranura del rotor, de acuerdo con la presente invención, se prevé un puente de superficie configurado a través de una abertura del núcleo cerca de la parte de superficie y el extremo inferior de la ranura de la jaula (o pico de la ranura), extendiéndose dicho puente a lo largo de la superficie del rotor.

Por lo tanto, disponiendo puentes cerca de los extremos de las ranuras de fijación del imán y abriendo los puentes entre las ranuras de la jaula y la superficie extrema del rotor, es posible reducir el flujo magnético de cortocircuito en los extremos del imán, y también reducir el flujo magnético de cortocircuito alrededor de las ranuras de la jaula. Al mismo tiempo, se logra mantener la estabilidad mecánica del rotor.

Otro objetivo de la presente invención es generar en el rotor una diferencia significativa de la reluctancia del eje directo y la reluctancia del eje en cuadratura. Esto se consigue aprovechando las ranuras para disponer los imanes y puentes alargados que forman canales de aumento de reluctancia, que están dispuestos de manera que se dificulta el paso del flujo hacia el eje directo y para lo facilita en la dirección del eje en cuadratura. Con esta solución, es posible aprovechar el par de reluctancia generado para maximizar el estado de trabajo de par máximo.

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora con mayor detalle con referencia a las realizaciones representadas en los dibujos. Las figuras muestran:

- 5 - La figura 1 muestra una gráfica que ilustra la influencia de cada parte de par y su variación en función del ángulo de carga del motor.
- Las figuras 2a, 2b y 2c ilustran diferentes configuraciones de rotores de dos polos;
- La figura 3 ilustra una gráfica donde puede observarse el par máximo en el caso en que  $X_d < X_q$ ;
- 10 - La figura 4 es una vista en sección esquemática del rotor de una máquina síncrona de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención;
- La figura 5 es una vista en perspectiva de la jaula del rotor ilustrado en la figura 4;
- La figura 6 es una vista en sección esquemática del rotor de una máquina síncrona que ilustra en mayor detalle los canales de aumento de reluctancia de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención;
- 15 - La figura 7 es una vista en sección esquemática del rotor de una máquina síncrona que ilustra en mayor detalle la abertura del núcleo entre la parte de la superficie y el extremo exterior de una ranura de jaula de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención;
- La figura 8 es una vista en sección esquemática del rotor de una máquina síncrona construida de acuerdo con la técnica anterior, representando puntos de fuga de flujo;
- 20 - La figura 9 es una vista esquemática en sección del rotor de una máquina síncrona que ilustra una situación hipotética de colocación de imán permanente; también se muestran las direcciones de los dos ejes directo y en cuadratura;
- La figura 10 es una vista en perspectiva del rotor acabado ilustrado en la figura 5;
- La figura 11 es una vista en sección esquemática del rotor de una máquina síncrona que muestra una forma alternativa del canal de aumento de reluctancia;
- 25 - Las figuras 12 y 13 ilustran variaciones de la presente invención para máquinas de 4 polos;
- Las figuras 14 y 15 ilustran formas alternativas de la ranura de fijación del imán de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención.

### 30 Descripción detallada de las figuras

Tal como puede apreciarse a partir de las figuras 4 a 7, la máquina síncrona de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención comprende un estator (no mostrado) y un rotor 10.

35 El rotor 10 tiene una forma substancialmente cilíndrica y tiene una parte de superficie 14 y un núcleo de rotor 12, estando provisto el rotor 10 de unas ranuras 15 dispuestas en la parte de superficie del rotor 14, donde está dispuesta una jaula 17, estando formada dicha jaula 17 por unos bobinados o barras conductoras 16 distribuidos en las ranuras 15 y unos anillos 18 que interconectan las barras en sus extremos. El conjunto puede recibir un acabado 71, tal como puede apreciarse en la figura 10.

40 Además, tal como puede apreciarse en las figuras 4 a 7, que muestran una realización de un rotor de 2 polos, en esta realización el rotor 10 comprende, además, por lo menos un par de imanes permanentes 22, que están distribuidos en unas ranuras de fijación de imanes 20, estando dispuestas estas ranuras de fijación de imanes 20 longitudinalmente en el núcleo del rotor 10. Preferiblemente, la ranura de fijación de imanes 20 se extiende a lo largo del rotor 10 y tiene una sección substancialmente rectangular que tiene una zona de acoplamiento  $R_E$  y una primera parte de extremo libre 25 y una segunda parte de extremo libre 26. Tal como puede apreciarse en detalle en las figuras, cada imán permanente 22 está asociado fijo al rotor 10 en la zona de acoplamiento  $R_E$ .

50 El rotor 10 tiene unos polos que se extienden a lo largo de una serie de ranuras de jaula 16, de modo que, en aras de la explicación en la configuración de 2 polos, puede dividirse cada polo presentando una zona de polos central  $C_P$  y dos zonas de polos extremas  $E_P$ .

Respecto al posicionamiento de las ranuras de fijación del imán 20, éstas se disponen de manera secante respecto a la parte de superficie 14 del rotor 10 y se extienden entre una de las zonas de polos extremas  $E_P$  y la zona de polos central  $C_P$ , acercándose las ranuras de fijación al fondo (o pico) 15' de las ranuras de la jaula 16.

60 Tal como puede apreciarse en detalle en la figura 6, la ranura de fijación 22 tiene un canal de aumento de reluctancia 50 cerca del primer extremo libre 25, estando configurado el canal de aumento de la reluctancia 50 para formar un puente alargado, construido para acompañar a todo o a por lo menos la mayor parte del fondo de la ranura 15' del rotor adyacente. Esta configuración puede apreciarse con mayor detalle en la figura 7.

Preferiblemente, se opta por configurar uno de los extremos de la ranura de fijación del imán para formar un primer extremo alargado 101, de modo que se extienda desde la primera parte de extremo libre 25 hasta la zona adyacente

al extremo inferior de la ranura 15', con el fin de obtener un canal de aumento de reluctancia 50 que sea lo más delgado posible. De esta manera, se prefiere optar por configurar las paredes del canal paralelas al extremo del fondo de la ranura 15'.

5 Dado que las ranuras de fijación del imán 20 están posicionadas en "V" y están dispuestas en pares, cada ranura del par está posicionada simétricamente, extendiéndose desde las zonas del polo extremo  $E_P$  hasta la zona de polos central  $C_P$ , acercándose el par de ranuras de fijación 20 y quedando adyacente a la zona de polos central  $C_P$  y las segundas partes extremas respectivas 26 permaneciendo adyacentes entre sí. En este caso, la ranura de fijación del imán está configurada para formar un segundo extremo alargado 102 que forma el canal de aumento de reluctancia 60 que se extiende desde la segunda parte de extremo libre 26 respectiva hacia la segunda parte de extremo libre 26 de la otra ranura de fijación 20 del par, de modo que este canal quedará adyacente a la zona de polos central  $C_P$ .

15 Tal como puede apreciarse en las figuras 6 y 7, cada uno de los imanes permanentes 22 tiene una sección transversal rectangular que tiene una primera y una segunda terminación, y entre el par de ranuras de fijación 20 el segundo extremo alargado que forma el canal de aumento de reluctancia 60 está configurado para extenderse en la dirección radial respecto al centro geométrico del rotor 10, en la dirección de un eje directo, para formar un segundo extremo alargado 102 que forma un núcleo 12 del rotor 10 con una extensión 24 en la dirección radial que es substancialmente mayor que en la zona del canal de aumento de reluctancia 60 respecto a una anchura 23 de la ranura de fijación de imán 20.

20 Tal como puede apreciarse en las figuras 8 y 11, el canal de aumento de reluctancia puede configurarse para que tenga bordes laterales paralelos (véase número de referencia 60) o no paralelos (véase número de referencia 80), estando realizadas ambas configuraciones para cumplir simultáneamente las restricciones de rendimiento del motor, así como la resistencia respectiva del rotor 10. En todos los casos, se opta por extender los segundos extremos alargados 102 situados en la zona de polos central  $C_P$ , de modo que se colocarán adyacentes al otro extremo alargado del par y se colocarán muy cerca entre sí.

25 Además, para evitar que el flujo magnético de los imanes permanentes 22 se propague a través de las puntas de las ranuras de la jaula 16 cerca de los extremos libres de las ranuras de fijación del imán 20, estas ranuras de la jaula 16 se construyen para que presenten un puente de superficie 70 configurado a través de una abertura del núcleo 12, estando dispuesto este puente de superficie 70 entre la parte de superficie 14 del rotor 10 y el extremo exterior del extremo exterior de la ranura de la jaula 16 y extendiéndose a lo largo de la parte de superficie 14 del rotor 10 .

30 Los conceptos de la presente invención son aplicables a cualquier número de polos de rotor. En las figuras 12 y 13 puede apreciarse cómo sería la aplicación de este concepto para la configuración del rotor de 4 polos.

35 En esta realización, puede observarse que cada ranura de fijación 20 se extiende entre una zona de polos extrema  $E_P$  hasta otra zona de polos extrema posterior  $E_P$ , formando un tercer extremo alargado 103, que está configurado de manera que el canal de aumento de reluctancia 50 puede configurarse cerca del fondo de ranura 15', rodeándolo paralelamente al perfil respectivo, de la misma manera que en la primera realización de la presente solicitud, es decir, cerca del primer extremo libre 25.

40 Dado que, en la presente realización, el ángulo entre las ranuras de fijación 20 es de  $90^\circ$ , puede optarse por configurar la zona interna de los extremos de las ranuras de fijación 100 de modo tenga bordes laterales paralelos  $60^\circ$  tal como puede apreciarse en detalle de la figura 13, o no paralelos (no mostrados), tal como se muestra en la figura 11 que ilustra la otra realización.

45 Además, en esta configuración podría optarse por construir una máquina de 4 polos que tenga, además, un puente de superficie 70 dispuesto entre la parte de superficie 14 del rotor 10 y el extremo exterior de la ranura de la jaula 16 y que se extienda a lo largo de la parte de superficie 14 del rotor 10, al igual que en la otra configuración descrita. Debe prestarse atención al hecho de que debe tenerse en cuenta la estabilidad mecánica para mantener el rotor 14 suficientemente rígido para las condiciones de diseño.

50 En vista de la necesidad de construir máquinas con un mayor número de polos, es suficiente aplicar combinaciones de las configuraciones descritas en las dos configuraciones anteriores, utilizando el concepto de proporcionar ranuras de fijación 20 con puentes alargados que forman canales de aumento de reluctancia 50, disminuyendo así el cortocircuito del flujo magnético.

55 Además, en base a las realizaciones sugeridas en las figuras descritas anteriormente, también se presentan alternativas de diseño que aportan variaciones que pueden facilitar el proceso de fabricación del rotor y/o garantizar la integridad del motor durante su funcionamiento. Una de estas realizaciones se ilustra en las figuras 14 y 15, que muestran alternativas para la forma de los extremos de las ranuras de fijación, que pueden utilizarse con el fin de facilitar el proceso de fabricación y evitar el desplazamiento del imán 22 durante la magnetización y/o el

funcionamiento normal de la máquina, siendo el principio básico de estas formas alternativas el uso de limitadores de desplazamiento 200, 201 adyacentes a las partes extremas 25, 26 del imán, estando formados los limitadores por partes del núcleo 12 que se extienden dentro de la ranura de fijación del imán 20 en una dirección paralela al grosor del imán, formando unas protuberancias que limitan su desplazamiento hacia los lados. En esta forma de fijación de imán puede optarse por la configuración ilustrada en la figura 14, donde sólo uno de los lados de la ranura tiene limitadores de desplazamiento 200, 201. En cada extremo puede optarse por diseñar el limitador que proceda de un lado opuesto a la ranura, o pueden configurarse los limitadores siempre que procedan de un lado de la ranura, o todavía dispuestos sólo en una parte extrema, tal como puede apreciarse en la configuración ilustrada en la figura 15. Las otras características de la máquina síncrona permanecen sin cambios.

Además, de acuerdo con la presente invención, se presenta un proceso de fabricación de una máquina síncrona, que tiene dos etapas de estampado para formar los canales de aumento de la reluctancia 50 y 60 cerca de las ranuras de fijación del imán, y comprende también una etapa de estampado para realizar una abertura 70 del núcleo 12 entre la parte de superficie y el extremo exterior de una ranura de jaula.

En términos de rendimiento, si se compara con la técnica anterior, las ganancias de la presente invención son significativas. El uso de los puentes alargados y de los extremos alargados garantiza una mayor utilización del flujo generado. Así, en términos comparativos, un motor construido de acuerdo con las enseñanzas de la técnica anterior tiene una utilización de flujo que varía entre un 80 y un 85%, mientras que con un motor construido de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención el rendimiento varía entre un 85 y un 90%.

Habiéndose descrito realizaciones preferidas, debe entenderse que el alcance de la presente invención abarca otras posibles variaciones, estando éste limitado únicamente por el contenido de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina síncrona que comprende un estator y un rotor (10), presentando el rotor substancialmente cilíndrico (10) una parte de superficie y una parte de núcleo de rotor (12), estando provisto el rotor (10) de una jaula (16) situada en la parte de superficie, estando formada la jaula (16) por unas barras conductoras distribuidas en unas ranuras de jaula (15) y unos anillos (18) que interconectan las barras en su extremo, comprendiendo el rotor (10), además, por lo menos un par de imanes permanentes (22), estando distribuidos los imanes permanentes (22) en unas ranuras de fijación de imanes (20), estando posicionadas las ranuras de fijación de imanes (20) longitudinalmente en el núcleo (12) del rotor (10), presentando cada ranura de fijación (20) una sección substancialmente rectangular que tiene una zona de acoplamiento ( $R_E$ ) y una primera parte de extremo libre (25) y una segunda parte de extremo libre (26), extendiéndose cada ranura de fijación (20) a lo largo del rotor (10), estando asociado el imán permanente (22) de manera fija al rotor (10) en la zona de acoplamiento ( $R_E$ ), estando posicionada cada ranura de fijación (20) de manera secante respecto a la parte de superficie del rotor (10), presentando cada ranura de fijación (20) un primer extremo alargado (101) configurado para crear un canal de aumento de reluctancia (50) cerca de la primera parte de extremo libre (25), extendiéndose el extremo alargado (101) desde la primera parte de extremo libre (25) hasta una zona adyacente al extremo del fondo (15') de la ranura de jaula (15), estando configurado el primer extremo alargado (101) a partir de una abertura en el rotor (10), extendiéndose la abertura a lo largo del rotor (10) y a lo largo de la ranura de fijación (20);
- 20 caracterizada por el hecho de que:
- las ranuras de fijación del imán (20) presentan unos limitadores de desplazamiento (200, 201) adyacentes a la primera parte de extremo libre (25) y la segunda parte de extremo libre (26), estando formados los limitadores de desplazamiento por partes de núcleo (12) que se extienden dentro de las ranuras de fijación (20) en una dirección paralela al grosor del imán (23), solo las ranuras de jaula (15) más próximas a las primeras partes de extremo libre (25) de las ranuras de fijación (20) de los imanes permanentes (22) están provistas de un puente de superficie (70) configurado a través de una abertura del núcleo (12), abriéndose el núcleo (12) extendiéndose a lo largo de la parte de superficie (14) del rotor (10), estando dispuesta la abertura entre la parte de superficie (14) del rotor (10) y el extremo exterior de las ranuras de jaula (15).
2. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el rotor (10) tiene polos que tienen una zona de polos central ( $C_P$ ) y unas zonas de polos extremas ( $E_P$ ), extendiéndose la ranura de fijación (20) entre la zona de polos extrema ( $E_P$ ) y la zona de polos central ( $C_P$ ) está dispuesta en pares y está posicionada de manera que cada una del par de ranuras quedará posicionada extendiéndose simétricamente desde la zona de polos extrema ( $E_P$ ) y la zona de polos central ( $C_P$ ), acercándose el par de ranuras de fijación a la zona de polos central ( $C_P$ ) y permaneciendo adyacentes entre sí, estando configurado un segundo extremo alargado (102) de la ranura de fijación (20) cerca de la segunda parte de extremo libre (26) de la ranura de fijación (20) adyacente a la zona de polos central ( $C_P$ ), para permitir la formación de un canal de aumento de reluctancia (60, 80).
3. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada por el hecho de que el segundo extremo alargado (102) está configurado para formar el canal de aumento de reluctancia (60, 80) y se extiende desde la parte de extremo libre (26) respectiva hacia la segunda parte de extremo libre (26) de la otra ranura de fijación (20) del par.
4. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 1 o 3, caracterizada por el hecho de que el primer extremo alargado (101) está configurado para extenderse en la dirección del extremo libre de la ranura de fijación (20), para tener la parte extrema paralela al extremo del fondo de la ranura (15').
5. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por el hecho de que el primer extremo alargado (101) está configurado para acompañar a todo o a por lo menos una parte del fondo de la ranura (15') del rotor (12).
6. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por el hecho de que el canal de aumento de reluctancia está configurado para extenderse en la dirección radial con referencia al centro geométrico del rotor (10), en la dirección de un eje directo, para formar un núcleo (12) de rotor (10) con una extensión (24) en la dirección radial substancialmente mayor que el canal de aumento de reluctancia (60) respecto a la anchura (23) de la ranura de fijación del imán (20).
7. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por el hecho de que el canal de aumento de reluctancia (60) tiene bordes laterales paralelos o bordes no paralelos.

8. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada por el hecho de que uno de los extremos (101, 102) adyacente a la zona de polos central ( $C_P$ ) se extiende hacia el otro par, de modo que las partes extremas de las ranuras de fijación (20) quedarán posicionadas adyacentes entre sí.
- 5 9. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por el hecho de que las partes extremas alargadas permanecen adyacentes y posicionadas muy cerca entre sí
- 10 10. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que la ranura de fijación (20) se extiende entre una zona de polos extrema ( $E_P$ ) hasta otra zona de polos extrema ( $E_P$ ) posterior, estando provistas las partes extremas de la ranura de fijación del imán (20) de un tercer extremo alargado (103), formando canales de aumento de reluctancia (50) que rodean el fondo de la ranura (15').
- 15 11. Máquina síncrona de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizada por el hecho de que el tercer extremo alargado (103) está configurado para tener bordes laterales paralelos (60').
- 20 12. Proceso para fabricar una máquina síncrona de acuerdo con las reivindicaciones 1-11, caracterizado por el hecho de que la fabricación de un núcleo (12) de rotor (10) tiene unas etapas de estampado para formar el primer, segundo o tercer extremo alargado (101, 102, 103) y de los canales de aumento de reluctancia (50, 60, 80) cerca de estos extremos.
- 25 13. Proceso de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que comprende una etapa de estampado para realizar un puente de superficie (70) configurado a través de una abertura en el núcleo (12) entre la parte de superficie (14) del rotor (10) y el extremo exterior de las ranuras de jaula (15) adyacentes a las ranuras de fijación del imán (20).

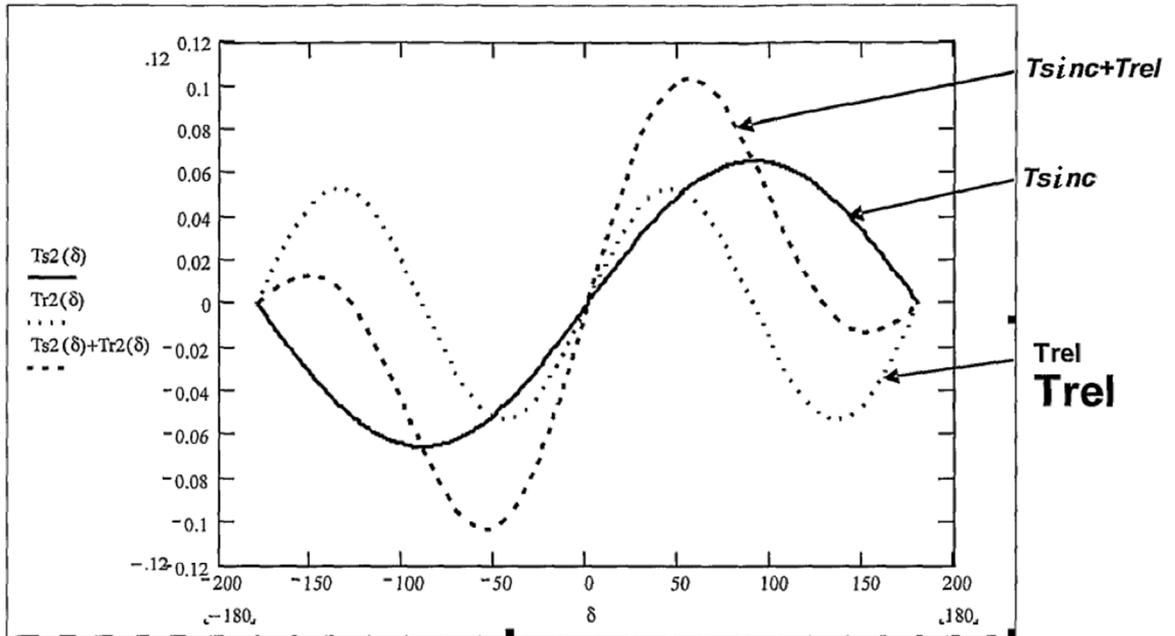


FIG. 1

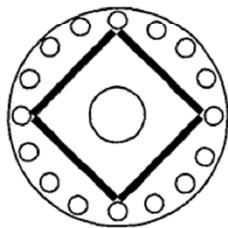


FIG. 2a

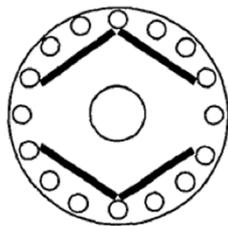


FIG. 2b

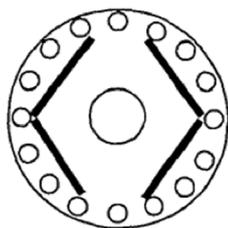


FIG. 2c

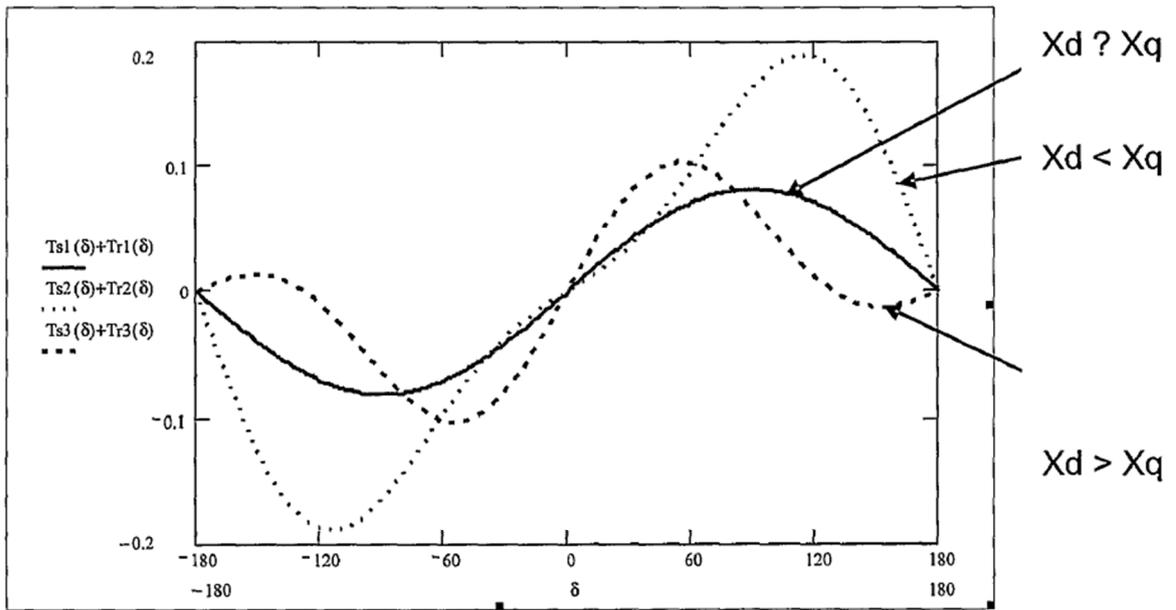


FIG. 3

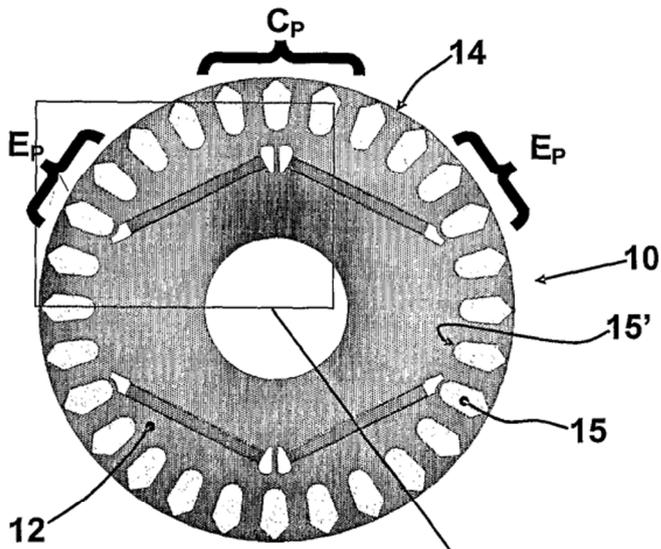


FIG. 4

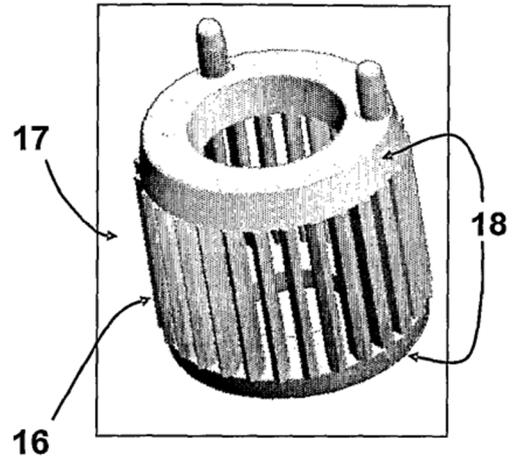


FIG. 5

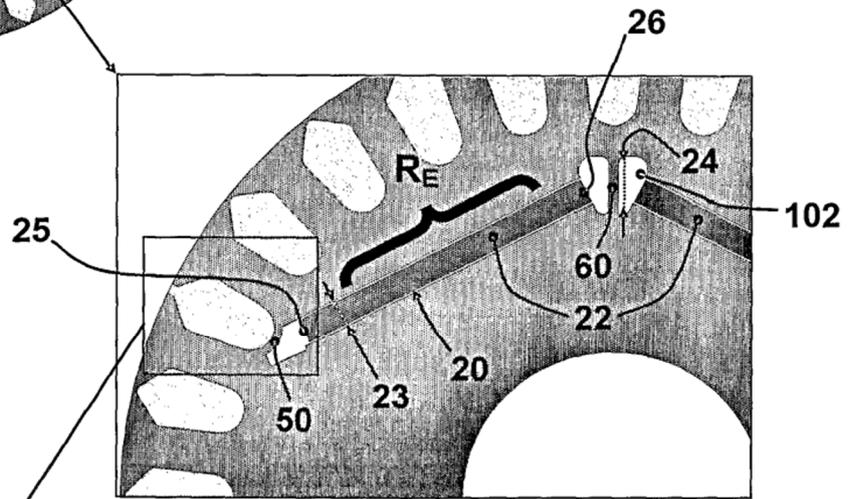


FIG. 6

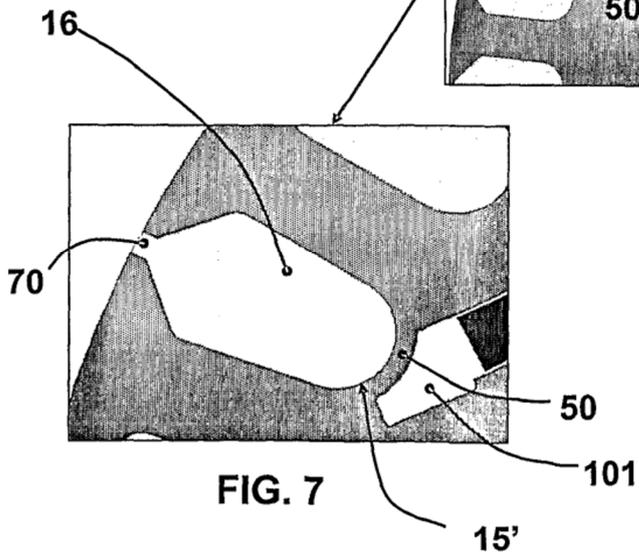
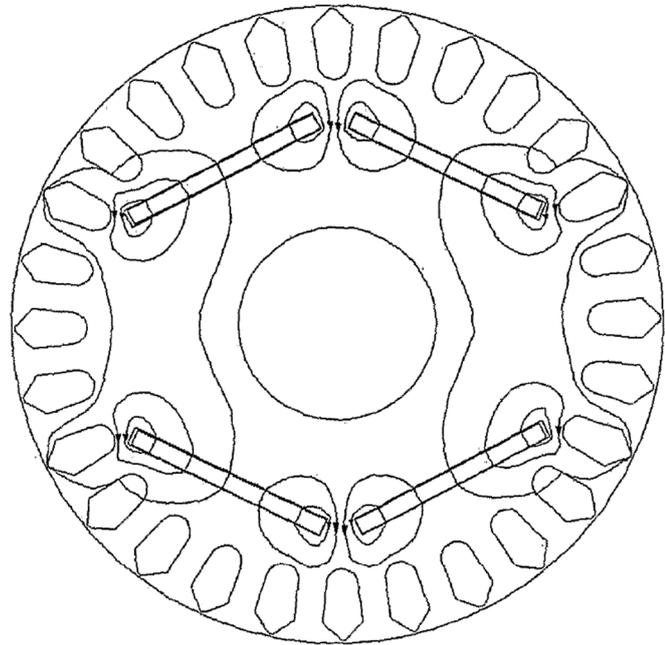
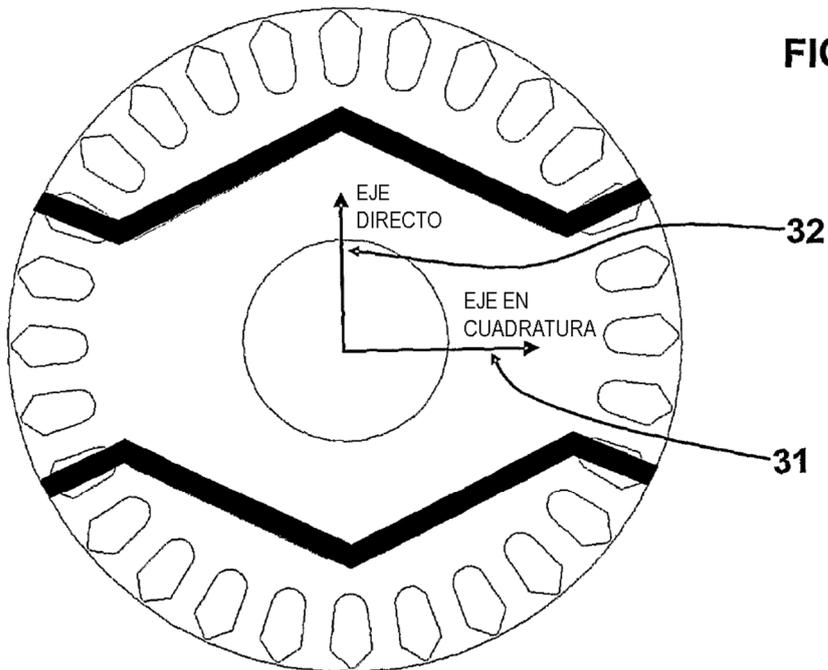


FIG. 7



**FIG. 8**



**FIG. 9**

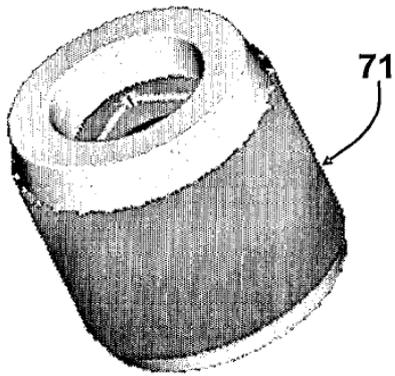


FIG. 10

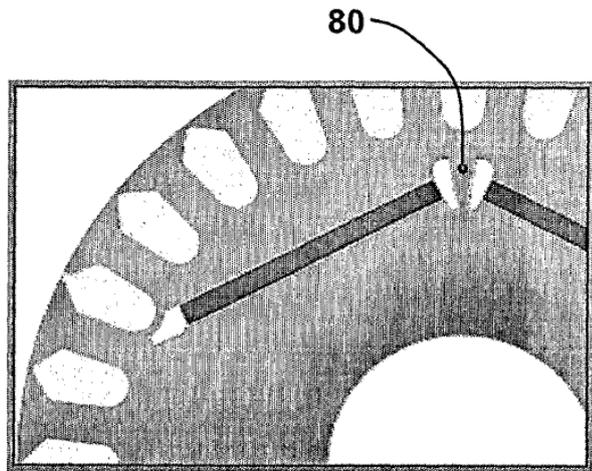


FIG. 11

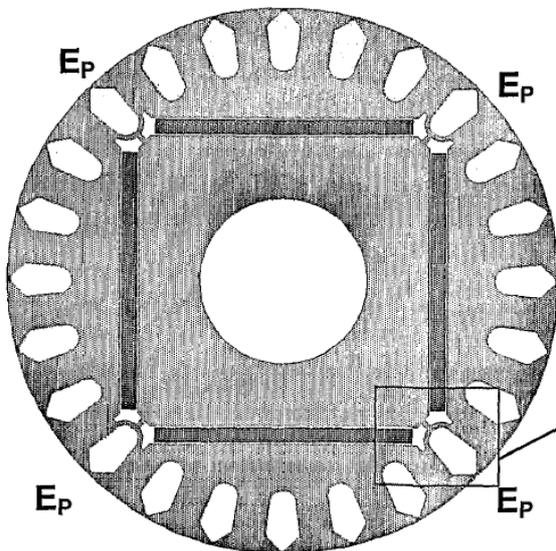


FIG. 12

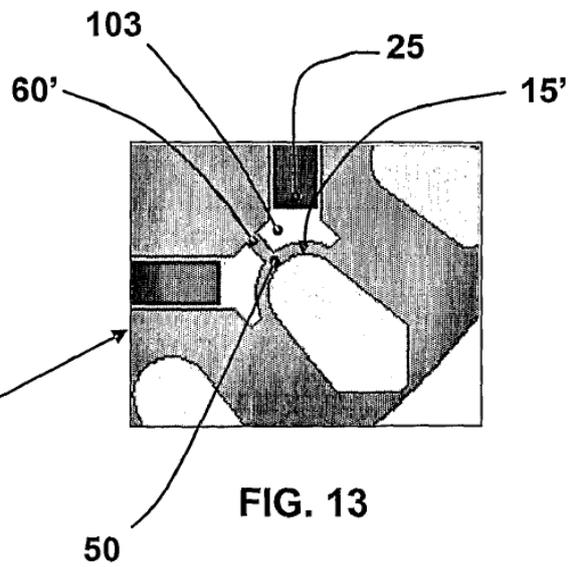
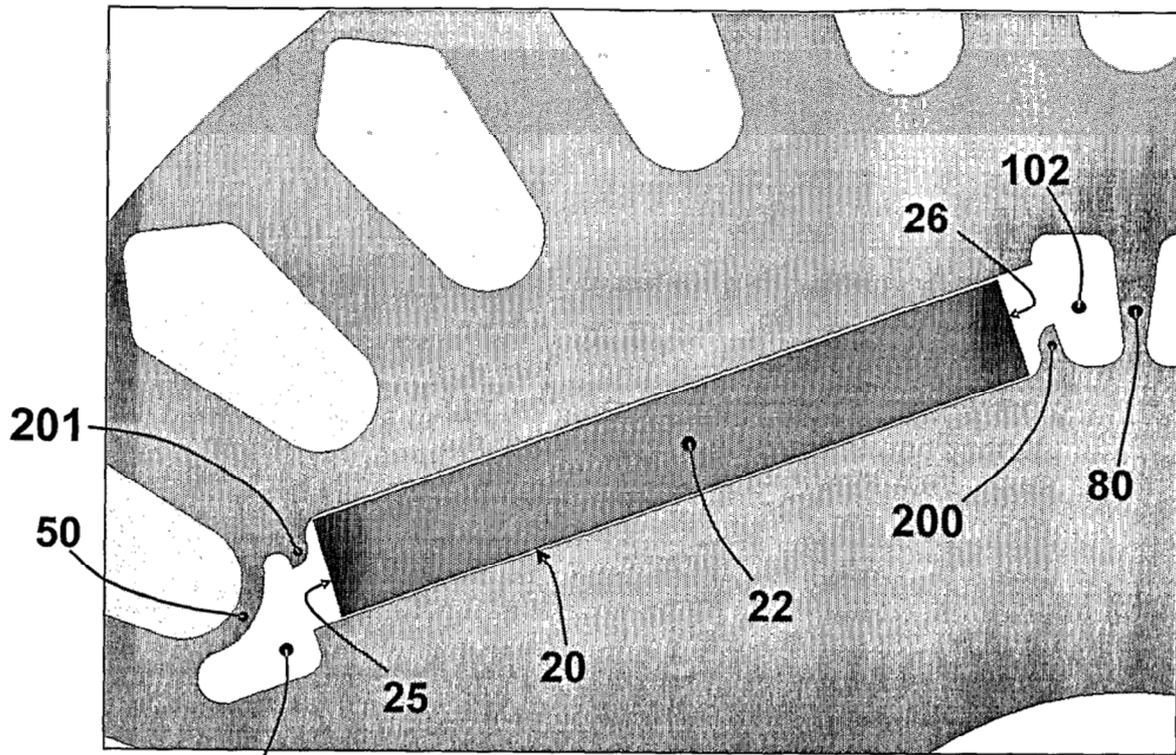


FIG. 13



101

FIG. 14

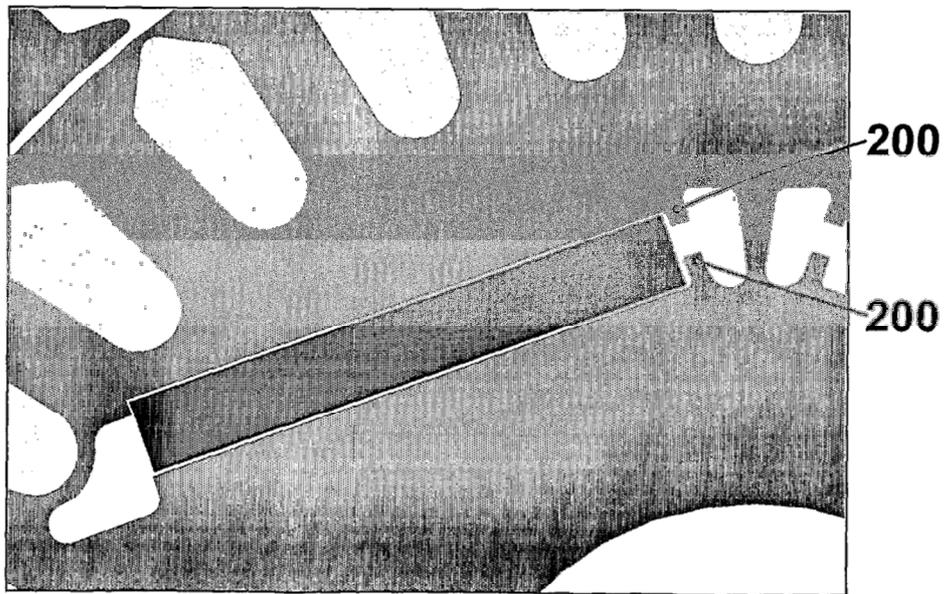


FIG. 15

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- 10 • BR PI06033636 [0001] • US 2004169431 A1 [0015]  
• US 6876119 B [0008] • US 5818139 A [0016]  
• US 5097166 A [0014]