

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 566**

51 Int. Cl.:

**H02K 29/03** (2006.01)

**H02K 1/12** (2006.01)

**H02K 1/14** (2006.01)

**H02K 1/16** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2005 PCT/FI2005/050459**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2006 WO06064089**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2005 E 05817612 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 1836759**

54 Título: **Reducción de armónicos en un motor eléctrico**

30 Prioridad:

**13.12.2004 FI 20041597**

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

**25.07.2017**

73 Titular/es:

**KONE CORPORATION (100.0%)  
KARTANONTIE 1  
00330 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

**TENHUNEN, ASMO**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 626 566 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**

Reducción de armónicos en un motor eléctrico

**CAMPO DE LA INVENCION**

5 La presente invención se refiere a motores eléctricos y más específicamente a la reducción de armónicos que ocurren en motores y a los efectos adversos causados por estos armónicos.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Los motores eléctricos convierten energía eléctrica en energía mecánica. En motores eléctricos de construcción normal, pueden distinguirse las partes básicas, tales como un rotor con un árbol previsto para girar, un estator estacionario, cojinetes y protecciones de extremidad. El rotor está situado de modo que sea soportado por los cojinetes. Generalmente se deja un pequeño espacio de aire (o entrehierro) entre el rotor y el estator.

15 El funcionamiento de máquinas rotatorias de corriente alterna de múltiples fases, tales como un motor síncrono y asíncrono de múltiples fases, está basado en un campo magnético que circula dentro de la máquina. Un devanado de estator de múltiples fases está formado de tal modo que una tensión sinusoidal es alimentada a los devanados de fase, formando la tensión alimentada a los devanados un ángulo de  $360 / m$  entre sí en el desfase, donde  $m$  es el número de fases; creando así las corrientes que pasan a través de los devanados del estator un campo magnético que circula en el espacio de aire en la máquina, interactuando dicho campo magnético con el campo magnético de los devanados del rotor haciendo por ello que el rotor gire. El campo magnético en el devanado del rotor de máquinas síncronas es formado típicamente a partir, o bien de un imán permanente o bien con corriente continua alimentada al devanado de excitación del rotor. La magnetización del devanado del rotor es las máquinas asíncronas es implementada generalmente a través de las tensiones y corrientes inducidas en el devanado del rotor causadas por el flujo magnético de la corriente del estator.

20 El propósito es que la distribución de la densidad del flujo magnético del espacio de aire sea tan puramente sinusoidal como sea posible. El movimiento rotatorio del rotor es conseguido por medio de la onda fundamental sinusoidal de la densidad de flujo magnético, pero en la práctica el campo magnético que afecta a un motor también contiene términos armónicos, es decir, componentes armónicos de la onda pura.

25 Los armónicos de la densidad del flujo magnético causan componentes de fuerza adicionales entre el estator y el rotor. Además, la magnitud del par fluctúa (rizado del par) y ocurren pérdidas adicionales en el motor. Si la frecuencia y forma de fluctuación de la fuerza causada por un campo magnético que contiene armónicos están próximas a las frecuencias mecánicas naturales del motor, pueden tener lugar un ruido y vibración ruidosos de la máquina como resultado de los armónicos. Además, es posible una vibración restringida. En la vibración restringida, se ejercen fuerzas sobre un componente que le hacen vibrar, aunque la frecuencia de la excitación no es la frecuencia natural del componente. Adicionalmente, los armónicos pueden conducir a una operación fallida del equipo de medición y de protección, a sobretensiones y situaciones de sobrecarga.

30 En los motores eléctricos trifásicos solamente ocurren términos de armónicos impares del campo magnético. Las soluciones de la técnica anterior han intentado minimizar el efecto de armónicos cambiando el devanado básico del estator, con un devanado de paso fraccionario, con cuñas de ranura y con la colocación dispersada de los imanes. En los motores modernos, sin embargo, la vibración y el ruido causados por las componentes de fuerza que ocurren a 6 veces y 12 veces las frecuencias con respecto a la frecuencia de la corriente del motor han sido evidentes, resultando dichas componentes de fuerza especialmente a partir de los términos armónicos  $5^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $11^\circ$  y  $13^\circ$  de la densidad de flujo.

35 Los componentes armónicos ocurren en la densidad de flujo del espacio de aire en una máquina eléctrica rotatoria debido tanto a la discontinuidad de los devanados sobre las llantas del estator y del rotor como de las fluctuaciones en la permeancia en el espacio de aire. El devanado del estator está concentrado generalmente en grupos de ranuras y bobinas, en cuyo caso la fuerza magneto-motriz producida en el espacio de aire no es distribuida sinusoidalmente. La fluctuación de la permeancia en el espacio de aire es causada por, entre otras cosas, el ranurado posible del estator y del rotor, polos salientes y saturación magnética. Los armónicos del campo magnético de un motor eléctrico pueden ser divididos en armónicos causados por el rotor y armónicos causados por el estator.

40 El rizado del par ocurre en otras máquinas de campo rotatorio también, pero lo siguiente se dirige en particular a motores síncronos de imán permanente, que pueden ser máquinas de flujo axial o de flujo radial. En una máquina de flujo axial el flujo magnético del espacio de aire de la máquina está situado principalmente en la dirección del árbol de la máquina. En una máquina de flujo radial, por otro lado, el flujo magnético del espacio de aire de la máquina pasa principalmente en la dirección radial con respecto al árbol.

45 La reducción del rizado del par causado por el rotor de las máquinas de imán permanente es abordada, por ejemplo, en la solicitud de patente US2004/0070300. En la solución presentada en esta publicación el campo magnético causado por los imanes del rotor es hecho tan puramente sinusoidal como sea posible conformando el polo de los imanes del rotor e inclinando su colocación. Las soluciones para reducir el rizado del par causado por el rotor son también presentadas por

ejemplo, en las publicaciones US6380658 y US5886440. Las soluciones de la técnica anterior también incluyen reducir el rizado del par causado por el rotor mediante colocación dispersada de los imanes.

La publicación escrita por Y. Akiyama y col., "Slot Ripple of Induction Motor and FEM Simulation on Magnetic Noise", Actas del IEEE IAS 31° Annual Meeting, San Diego, EE.UU, 1996, pág. 644-651, aborda la colocación aleatoria de las ranuras del rotor. La publicación presenta la reducción del ruido magnético de motores de inducción utilizando una distribución no equidistante de las ranuras del rotor. Se presentan tres tipos diferentes de principios de ranurado del rotor (métodos A, B y C). En los métodos A y B las ranuras del rotor están situadas de forma completamente aleatoria. El resultado de la simulación mostró que el motor era muy susceptible de saturación en la ubicación de dientes muy delgados. En el método C el ranurado del rotor está dividido en cuartas partes de la llanta, y en cada cuarta parte la distancia entre ranuras es constante. Entre cuartas partes adyacentes hay un pequeño desplazamiento. El rotor A da el mejor resultado en términos de componentes de interferencia.

Como se ha indicado previamente, el rizado del par es también causado por el estator, como resultado tanto de los armónicos causados por la distribución discreta de corriente en la dirección circunferencial del estator como por la fluctuación de la permeancia en el espacio de aire causada por el ranurado del estator, para lo que las publicaciones antes mencionadas no ofrecen una solución.

Las soluciones de la técnica anterior han intentado reducir armónicos causados por distribución de la corriente del estator con, entre otras cosas, un devanado de paso fraccionario o utilizando ranuras inclinadas. Un devanado de paso fraccionario puede eliminar los armónicos de ranuras de un cierto orden, pero no puede afectar a los armónicos de ranurado. Las ranuras inclinadas también distribuyen la permeancia en la llanta más uniformemente, pero utilizar ranuras inclinadas complica el proceso de fabricación del motor y reduce también el par disponible del motor. Se sabe que utilizar una cuña de ranura magnética en la boca de las ranuras reduce las fluctuaciones de permeancia causadas por el ranurado. Por medio de una cuña de ranura las fluctuaciones de permeancia pueden ser hechas más uniformes y la amplitud de ciertos armónicos reducida. Por ejemplo, la publicación FI 112412 presenta un método para fabricar el devanado de una máquina eléctrica. En este método las bobinas de devanado son formadas a su forma final antes de ser colocadas en las ranuras. Las bobinas de devanado son a continuación colocadas de modo que se solapen, estando dispuesta una bobina en la base de la ranura y la otra bobina colocada sobre la parte superior de ella. Adicionalmente, en el método las ranuras son cerradas después de colocación de las bobinas de devanado con cuñas de ranura ferromagnéticas. Por medio de las cuñas de ranura y utilizando un devanado de paso fraccionario los términos armónicos pueden ser amortiguados hasta aproximadamente una cuarta parte de la magnitud comparado con un motor sin cuñas de ranura.

La publicación US 6285104 presenta una solución para reducir el rizado del par en la que un número diferente de conductores pueden ser colocados en las ranuras del estator de tal modo que el vector de corriente alimentado sinusoidalmente a cada ranura es formado tan similarmente a los vectores de corriente de las otras ranuras como sea posible. En este método la anchura de la ranura del estator es determinada por el número de conductores contenidos en la ranura. El método también presenta mover los imanes del rotor en la dirección de la circunferencia con respecto al estator. Un inconveniente en la solución presentada es, entre otras cosas, que hace el proceso de fabricación del estator y del devanado del estator más difícil.

En las soluciones de la técnica anterior las vibraciones mecánicas que ocurren en el motor son amortiguadas, como se ha presentado por ejemplo en la publicación WO 9826643. De acuerdo con esta publicación se alimenta una segunda tensión a la alimentación de corriente del motor, cuya frecuencia es un cierto múltiplo de la frecuencia fundamental. La frecuencia depende del número de fases y del número de ranuras del estator por fase.

Basada en la publicación FI 950145, existe una técnica anterior para fabricar el núcleo magnético (estator) de un motor axial como un apilamiento de placas de forma cilíndrica de la siguiente manera. Una placa ferromagnética a modo de cinta es bobinada en un apilamiento de placas cilíndrico bien helicoidal o anularmente. Antes de bobinar en un rollo, se calculan las posiciones exactas de las ranuras del estator sobre la placa y las ranuras son troqueladas mientras la placa está en un plano recto con una máquina especial de troquelar y ranurar. Las ubicaciones de troquelado no están posicionadas de manera equidistante debido a que el radio de la masa de la placa que se acumula alrededor del eje central del apilamiento de la placa cambia durante el bobinado. Cuando el apilamiento de placas está totalmente bobinado, las ranuras del estator en el apilamiento están situadas en las posiciones deseadas y son de la profundidad deseada, y las paredes de las ranuras son uniformes.

El problema con esta solución de la técnica anterior es que la vibración y el ruido causados por armónicos no son reducidos de la mejor manera posible con los métodos de la técnica anterior. Por ejemplo la vibración causada por el rizado de par en un motor eléctrico en uso en un ascensor pueden aún ser percibidas como vibraciones y movimiento de sacudidas de la cabina del ascensor. El ruido causados por los armónicos puede también reducir el confort de desplazamiento de los pasajeros.

#### PROPÓSITO DE LA INVENCION

El documento US 4.516.048 describe un motor de pasos en el que la exactitud de los pasos es mejorada previendo los

dientes en la estructura del estator de manera no uniforme de tal forma que el resultado y amplitud del armónico que está asociado con el par residual es cero.

5 El documento US 5.107.159 describe un motor de corriente continua sin escobillas unipolar bifásico que tiene un rizado de par reducido y que puede ponerse en marcha de forma autónoma completamente desde cualquier posición. El estator comprende un conjunto de núcleo de estator que tienen una pluralidad de partes polares dispuestas asimétricamente.

El documento JP 2004 289919 describe un motor de imán permanente que tiene una distribución no uniforme de las ranuras del estator alrededor de la circunferencia.

El documento GB 887.047 describe una máquina dínamo-eléctrica que tiene un estator con pares de ranuras por lo que la distancia mutua de las ranuras de cada par de ranuras varía sobre la posición del par de ranuras en el estator.

10 El propósito de la presente invención es conseguir un motor en el que los armónicos causados por el devanado del estator y el ranurado del estator sean menores que en los motores eléctricos de la técnica anterior, y en el que los efectos adversos sobre el funcionamiento del motor eléctrico causados por los armónicos sean minimizados

### RESUMEN DE LA INVENCION

15 El método de la invención está caracterizado por lo que se ha descrito en la parte de caracterización de la reivindicación 10. Otras realizaciones de la invención están caracterizadas por lo que se ha descrito en las otras reivindicaciones.

20 Algunas realizaciones de la invención están también descritas en la sección descriptiva y dibujos de la presente solicitud. El contenido de la invención puede también consistir de varias invenciones separadas, especialmente si la invención es considerada a la luz de expresiones o subtareas implícitas o desde el punto de vista de ventajas o categorías de ventajas conseguidas. En este caso, algunos de los atributos contenidos en las reivindicaciones siguientes pueden ser superfluos desde el punto de vista de conceptos separados de la invención. Las características de las distintas realizaciones pueden ser aplicadas dentro de un marco del concepto básico de la invención en combinación con otras realizaciones. Las características presentadas en combinación con el método y equipo pueden ser aplicadas en combinación entre ellas de tal modo que el equipo de la invención puede comprender características presentadas en combinación con el método de la invención y viceversa. Las fases del procedimiento presentadas en combinación con el método no están sin embargo necesariamente limitadas a aquellos aparatos que se han descrito en combinación con el equipo, sino que pueden también ser más generales.

25 El método según la invención es para formar un motor eléctrico, comprendiendo dicho motor un rotor, un estator, y una estructura de soporte para el rotor y el estator, así como una salida para transmitir el movimiento rotatorio fuera del motor, de tal manera que las ranuras del estator o los núcleos polares, que contienen posiblemente ranuras, están situados sobre la llanta del estator en una colocación diferente de la distribución equidistante. El método de colocación de las ranuras del estator y/o de los núcleos polares puede ser denominado colocación dispersada de las ranuras del estator y/o de los polos del estator. El propósito de colocar las ranuras y/o polos a intervalos no equidistantes es reducir los armónicos causados por el devanado del estator y el ranurado del estator, lo que a su vez consigue una vibración, ruido y pérdidas del motor reducidos. Un estator ranurado de la manera acorde a la invención puede ser también denominado un estator VSP (Paso Variable de Ranuras). Desviarse de la colocación equidistante preferiblemente logra una cierta asimetría entre las diferentes partes del estator. El motor formado de acuerdo con la invención puede ser un motor de flujo axial, en donde el estator del motor es fabricado bobinando una placa ferromagnética a modo de cinta en un apilamiento de placas en forma de cilindro alrededor del eje central del apilamiento de placas, y en cuyo método, antes de bobinar el apilamiento de placas, son troqueladas muescas en la placa con una máquina de troquelar para formar las ranuras.

30 En el motor eléctrico de la invención hay dispuesta una pluralidad de ranuras de estator y/o núcleos polares sobre la llanta del estator en una colocación divergente de la distribución equidistante. Preferiblemente la divergencia de la distribución equidistante es implementada en una parte del estator de tal modo que la divergencia de la colocación equidistante de las ranuras y/o polos situados en esa parte es esencialmente simétrica con las divergencias de otra parte del estator. El concepto de la invención incluye también un método para fabricar un estator, en el que los polos y/o ranuras del estator son desplegados de forma dispersa de acuerdo con el método de la invención. Las ranuras pueden ser hechas mediante troquelado, en otras palabras estampando una muestra en la placa utilizando un accesorio adecuado para esta perforación. Un método de fabricación de un estator es estampar ranuras en una placa ferromagnética plana y a continuación bobinar la placa helicoidalmente a un apilamiento de placas.

35 40 45 50 55 Una ventaja de la solución de acuerdo con la invención es que los armónicos causados por el estator del motor son amortiguados incluso a una décima parte comparado con el ranurado distribuido de forma equidistante. De este modo, por medio de la invención se consigue un motor que tiene una menor vibración y un menor nivel de ruido, que tiene menores pérdidas de potencia y que produce un par más uniforme que un motor de la técnica anterior. Todas las disposiciones y técnicas anteriores pueden ser utilizadas en la fabricación de las bobinas y devanados del motor de la invención, debido a que las modificaciones hechas en la estructura del estator comparado con la colocación equidistante pueden ser hechas tan pequeñas que no afecten a la fabricación de las bobinas o al proceso de devanado. La onda

fundamental del campo magnético importante desde el punto de vista del funcionamiento del motor permanece así sin cambios en la práctica. En su lugar, la amplitud de los armónicos de los que con una máquina trifásica los términos armónicos 5°, 7°, 11° y 13° son más esenciales desde el punto de vista de inmigración y ruido, es sustancialmente reducida.

5 LISTA DE FIGURAS

La fig. 1 representa un ejemplo de una máquina de flujo radial de la técnica anterior equipada con un rotor de imán permanente,

La fig. 2 presenta un ejemplo de una máquina de flujo axial de la técnica anterior equipada con un rotor de imán permanente.

10 La fig. 3 presenta una sección transversal de bastidores de estator y rotor ranurados de acuerdo con técnicas anteriores,

La fig. 4 presenta una parte de la llanta de un estator de acuerdo con técnicas anteriores abierto a un plano recto,

La fig. 5a presenta una sección transversal de un bastidor de estator de la técnica anterior provisto con un ranurado distribuido de forma equidistante,

15 La fig. 5b presenta una sección transversal de una parte del bastidor de estator provista con ranurado de acuerdo con la invención abierto a un plano recto,

La fig. 5c presenta una sección transversal de un bastidor de estator provisto con ranurado de acuerdo con la invención, y

La fig. 6 muestra una representación diagramática de parámetros que pueden ser variados de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

20 El método de acuerdo con la invención es para formar un motor eléctrico, comprendiendo dicho motor un rotor, un estator, y una estructura de soporte para el motor y el estator, así como una salida para transmitir el movimiento rotatorio fuera del motor, y en el que el estator es una pluralidad de ranuras y/o polos, estando posicionada dicha pluralidad de ranuras del estator y/o polos del estator de una manera diferente a la distribución equidistante.

25 Un devanado para el estator de un motor eléctrico de múltiples fases puede estar dispuesto por ejemplo haciendo ranuras en la llanta del estator y colocando en las ranuras bobinas que comprende bucles conductores aislados, que están conectados juntos para conseguir el tipo de devanado deseado. El devanado de las ranuras es formado típicamente como distribuido de tal manera que el bastidor del estator es dividido en el número de zonas determinado por el número de fases (m) y el número de polos (2p) del motor, y por ejemplo en motores trifásicos, cuyas fases son llamadas fases A, B y C, perteneciendo un lado de la bobina de la bobina de la fase A a la zona positiva de la fase A y perteneciendo el otro lado de la bobina a la zona negativa de la fase A. Los lados de la bobina de las fases B y C están posicionados generalmente entre dichos lados de la bobina en tal caso. Un devanado puede estar dispuesto también como un devanado de polo centralizado, en donde los polos son formados sobre la llanta del estator colocando bobinas alrededor del cuerpo del polo, de manera que los lados de la bobina que pertenecen a otra fase no son dejados entre los lados de la bobina de un polo. A continuación, el término núcleo polar es utilizado para referirse al cuerpo de la bobina y a cualquier zapata de polos que forme parte de ella. El ranurado puede ser también añadido a un núcleo polar, en cuyo caso el devanado de polo puede ser formado a partir tanto de bobinas colocadas alrededor del cuerpo del polo como colocadas en el ranurado del núcleo polar.

30 En estatores de la técnica anterior las ranuras o núcleos polares, en las que es formado el devanado, están distribuidas típicamente de forma equidistante sobre la llanta del estator. La construcción del estator provoca armónicos debido tanto a la distribución discreta de corriente sobre la llanta del estator como a cambios en la permeancia en la llanta del estator causados por la geometría del estator. En la presente invención las ubicaciones de colocación de las ranuras del estator sobre la llanta del estator son movidas desde la colocación convencional distribuidas de forma equidistante. Esto puede llamarse colocación dispersa de las ranuras del estator. El mismo concepto de la invención incluye el hecho de que cuando se utilizan devanados polares los polos del estator pueden ser posicionados a intervalos no equidistantes. Esto puede implementarse bien mediante la colocación no equidistante de los núcleos polares o de sus ranuras asociadas, y la colocación no equidistante puede aplicarse no solamente al núcleo polar mecánico sino también al eje magnético del polo.

35 El campo magnético causado por el devanado del estator es formado a partir del efecto de la corriente que pasa a través del devanado. La corriente en el devanado de las ranuras es centralizada en las ranuras, de manera que la fuerza magneto-motriz producida en el espacio de aire por el devanado cambia en saltos en la ubicación de las ranuras. El propósito es diseñar el devanado de manera que la fuerza magneto-motriz producida sea tan puramente sinusoidal como sea posible, debido a que es por medio de este componente fundamental de la frecuencia exactamente como se consigue el movimiento rotatorio del rotor. La onda de la fuerza magneto-motriz que cambia en saltos contiene también

sin embargo armónicos. La proporción de componentes armónicos puede ser examinada presentando la forma de onda de la fuerza magneto-motriz por medio de una serie de Fourier, es decir presentando la forma deseada como la suma de las ondas de seno y las ondas de coseno. Cambiar la colocación de las ranuras puede afectar al contenido de armónicos de la fuerza magneto-motriz producida. En la solución de la invención las posiciones de las ranuras están desplazadas de la colocación equidistante de manera que la composición armónica de la forma de onda de la fuerza magneto-motriz ha producido cambios de tal forma que se consiga una reducción en la proporción de los términos armónicos 5°, 7°, 11° y 13°, que han sido percibidos como perjudiciales en una máquina eléctrica. La colocación no equidistante de las ranuras también consigue la dispersión de la fluctuación de permeabilidad en el espacio de aire causada por los dientes del estator amortiguando así los componentes armónicos de la ranura del campo magnético.

5 La colocación equidistante de acuerdo con la invención es implementada preferiblemente de tal forma que a pesar de la colocación dispersa de las ranuras o polos hay al menos dos partes del estator en las que las desviaciones de la colocación equidistante de las ranuras y/o polos son simétricas entre sí. La simetría puede ser por ejemplo una simetría de imagen en un espejo o la colocación del ranurado y/o núcleos polares puede ser repetida idénticamente en las dos partes. Una parte como se ha denominado aquí significa alguna parte cualquiera que sea del estator en la que la condición para la simetría es satisfecha, y que en su forma más simple puede ser por ejemplo una sección mitad de la llanta del estator. Entre las partes, sin embargo, puede haber partes del estator en las que la condición de la simetría no es satisfecha, y la parte que satisface el requerimiento de simetría no necesita ser una parte distribuida de forma equidistante del estator. Por medio de una cierta simetría el devanado puede ser implementado en un ranurado o núcleos polares del estator formados de manera no equidistante de tal manera que la distribución no equidistante del devanado no causa componentes de fuerza indeseables entre el estator y el rotor.

10 Las colocaciones de las ranuras y/o núcleos polares en la llanta del estator pueden de acuerdo con la invención ser determinadas por medio de una función de forma, que es formada añadiendo una así denominada función de conversión a la función de colocación que describe la colocación de ranuras de un estator que está ranurado a intervalos equidistantes. El estator está formado de tal manera que las ranuras y/o polos están posicionados esencialmente de acuerdo con la función de forma.

15 La fig. 4 presenta parte de un estator de la técnica anterior que con objeto de claridad gráfica ha sido abierto desde su forma circular a un plano recto. Las ranuras del estator en la fig. 4 están situadas a intervalos equidistantes horizontalmente, es decir la distancia entre ranuras 40, 42 es la misma que la distancia entre ranuras 42, 44, y similarmente las distancias entre dientes 41, 43 y entre dientes 43, 45 son de la misma magnitud.

20 La colocación de cada ranura en la llanta de una llanta del estator con ranurado distribuido de forma equidistante en relación a un punto de referencia seleccionado puede ser presentada por medio de la función f de colocación (Fórmula 1)

$$f(k) = (k - 1) * L / Q \quad (1)$$

25 Aquí Q es el número de ranuras del estator, k es el número ordinal de la ranura (1, 2, ..., Q), y L es la longitud de la llanta del estator. Presentada en forma de Fórmula 1 f(k) indica la posición de la ranura k como la distancia desde el punto de referencia, que aquí es la ranura con el número ordinal 1. Con referencia a la fig. 4 el símbolo f(k) de la Fórmula (1) puede ser considerado el punto central de la ranura, es decir el punto de ubicación sobre el eje de simetría de la ranura. La función de colocación f puede también ser formada de tal manera que la posición de la ranura k es presentada como un ángulo, en cuyo caso el símbolo L de la Fórmula 1 es reemplazado con el valor 360°. Las posiciones de los núcleos polares pueden ser abordadas de forma correspondiente en lugar de las posiciones de ranuras antes mencionadas. En este caso en la función de colocación f el número ordinal de la ranura es sustituido por el número ordinal del núcleo polar en relación al punto de referencia seleccionado y el número de ranuras Q es sustituido por el número de polos 2pm de la máquina, donde p es el número de pares de polos de la máquina y m es el número de fases.

30 La función de forma que expresa la colocación de la ranura o núcleo polar es formada añadiendo la función de conversión para variar el ranurado a la función de colocación para un ranurado distribuido de forma equidistante.

35 La colocación de la ranura en la solución es así conseguida de acuerdo con la Fórmula 2

$$M(k) = f(k) + H(k) \quad (2)$$

40 donde M(k) indica la colocación de la ranura para el número ordinal k. También los valores de la función de forma y de la función de conversión pueden ser presentados bien como distancias o bien como grados de ángulo.

45 Por medio de la Fórmula (2) puede también obtenerse información acerca de la colocación de los dientes utilizando el número ordinal del diente en lugar de k, debido a que las posiciones de las ranuras y de los dientes están ligadas entre sí. El hecho de que las anchuras de los dientes varíen en la colocación dispersa de las ranuras debe ser tenido en cuenta, sin embargo.

La función de conversión H puede ser por ejemplo una función de seno de acuerdo con la Fórmula (3)

$$H(k) = a * \text{sen}(s * 2\pi * f(k) / L) \quad (3)$$

donde  $s$  es el número de simetría de la función de conversión, que determina el número de partes simétricas en la llanta del estator y  $a$  es la amplitud, que determina la magnitud del cambio. Si, por ejemplo,  $s = 3$ , entonces se observan tres agrupamientos más próximos y tres agrupamientos más dispersos sobre la llanta del estator. El número  $s$  de simetría y la amplitud  $a$  pueden ser seleccionados con el método deseado.

5 La longitud del intervalo de la función de seno es seleccionada preferiblemente de tal forma que no ocurra una discontinuidad en el ranurado visto en la sección transversal, es decir la longitud de la llanta interior del estator es un múltiplo exacto de la longitud del intervalo de la función de seno. La llanta interior del bastidor del estator hace referencia aquí generalmente al lado del rotor de la llanta. La función de conversión puede también ser la suma de varias funciones de seno. Por medio de la expansión de Fourier cualquier función continua es conseguida para esta forma. Así en el método de la invención se determina una colocación generalmente no equidistante para las ranuras y/o polos sobre el bastidor del estator.

10 Las figs. 5a, 5b y 5c muestran una representación diagramática de la modificación a la distribución equidistante del ranurado para el ranurado de acuerdo con la invención. La fig. 5a muestra una sección transversal del estator, en donde las ranuras 51 están posicionadas a intervalos equidistantes de acuerdo con la tecnología de la técnica anterior. La fig. 5c presenta una sección transversal de un estator 54 de acuerdo con la invención. Las posiciones de las ranuras 55 divergen ligeramente de las presentadas en la fig. 5a. Puede verse en la fig. 5c que en tres puntos en el área de la sección transversal hay un ranurado más denso que la media y correspondientemente en tres puntos hay un ranurado más disperso que la media. Uno de los tres puntos en los que el ranurado es más disperso está marcado como punto b en el diagrama. Desde este punto los puntos mínimo y máximo de las distancias entre ranuras adyacentes siguen alternativamente a intervalos de 60 grados. Es así posible seleccionar ángulos  $\alpha$  56 y  $\beta$  57 sobre la llanta del estator 54, que satisfagan la condición  $\alpha > \beta$ . La diferencia entre los ángulos puede ser por ejemplo del orden de magnitud de un grado. El posicionamiento de las ranuras en este ejemplo es determinado utilizando la función de conversión sinusoidal, cuyo número de simetría es tres. La posición de cada ranura 55 diverge de los valores de acuerdo con la fig. 5a por la cantidad de los valores indicados por la función de conversión. En el presente ejemplo un intervalo de la función de seno corresponde a una tercera parte del círculo completo del estator, es decir 120 grados, en otras palabras el estator contiene tres partes simétricas de 120 grados. Una sexta parte de la llanta del estator podría también ser seleccionada como una parte que satisface la condición de simetría en este ejemplo.

La fig. 5b presenta una tercera parte del estator de acuerdo con la fig. 5c, abierta a un plano recto y con la colocación no equidistante de las ranuras 53 acentuada con objeto de claridad.

30 En una realización preferida de la invención las ranuras son mantenidas como ranuras de anchura estándar, y la colocación dispersa de las ranuras significa la variación en las distancias entre las ranuras de anchura estándar. Esta es una simple solución en términos de técnica de fabricación. La reducción de armónicos de acuerdo con la invención es sin embargo también posible utilizando ranuras de estator de anchura no estándar.

35 El concepto de la invención puede ser aplicado a devanados formados utilizando técnicas anteriores, tales como por ejemplo devanados de cada vuelta, en los que los extremos de la bobina en el devanado acabado son posicionados solapándose entre sí, y devanados concéntricos, en los que los extremos de la bobina están posicionados en el mismo nivel.

40 El desplazamiento disperso de los polos puede ser implementado por ejemplo modificando los ángulos entre los núcleos polares de anchura estándar, modificando la anchura de los núcleos polares manteniendo los ángulos constantes entre los núcleos polares, o modificando tanto las anchuras como los ángulos antes mencionados. Cualesquiera variables que pueden ser variadas en un devanado polar de un estator de acuerdo con la invención son presentados gráficamente en la fig. 6. La fig. 6 presenta el bastidor 60 del estator de una máquina de flujo axial y cuatro núcleos polares 61 ranurados dispuestos en él. En la solución de acuerdo con la invención la divergencia de la colocación equidistante puede ser implementada en los ángulos 62 entre los núcleos polares, en las anchuras 63 de los núcleos polares, en los ángulos 64 entre las ranuras y en el posicionamiento de las ranuras 65 en el núcleo polar 61. Los núcleos polares pueden también estar sin ranurar, en cuyo caso desde luego los parámetros variables son los ángulos 62 entre los núcleos polares y las anchuras 63 de los polos. En la solución de acuerdo con la invención la divergencia de la colocación equidistante puede focalizarse en uno o más de los parámetros antes mencionados. Así en el método de acuerdo con la invención es posible por ejemplo seleccionar la anchura requerida del núcleo polar y después de esto determinar las posiciones distribuidas de forma no equidistante de los polos sobre la llanta del estator, o alternativamente seleccionar en primer lugar el valor para los ángulos entre los polos y después de esto determinar una anchura ligeramente diferente para cada núcleo polar. Además, pueden determinarse un posicionamiento distribuido de forma no equidistante para las ranuras en los núcleos polares. Las anchuras y posiciones de los núcleos polares y ranuras pueden ser expresadas bien como una medición de longitud o bien como un valor angular.

55 La invención puede ser aplicada a una máquina de flujo radial, en cuyo caso el ranurado o núcleos polares de acuerdo con la invención pueden ser implementados por ejemplo en el proceso de fabricación de las placas de estator, o a una máquina de flujo axial, en cuyo caso el ranurado y/o núcleos polares de acuerdo con la invención pueden ser implementados por ejemplo en el proceso de fabricación de la tira del estator.

El motor eléctrico de la invención comprende un estator, en el que hay ranuras y/o polos, un rotor, una estructura de soporte para estos así como una salida para transmitir el movimiento rotatorio fuera del motor, y las ranuras y/o polos del estator están dispuestos en una colocación diferente de una distribución equidistante. Preferiblemente la divergencia de la distribución equidistante es hecha tal que las divergencias desde la colocación equidistante de las ranuras y/o polos en al menos una parte del estator son simétricas con al menos otra parte del estator. Ejemplos de los tipos de motores eléctricos a los que la invención puede aplicarse están presentados en las figs. 1-3. La fig. 1 presenta un ejemplo de las partes activas de una máquina de flujo radial magnetizada permanentemente. El rotor 20 de la máquina es fabricado a partir por ejemplo de acero o de placa eléctrica. Los imanes permanentes 21 están dispuestos sobre la superficie del rotor. El estator 22 puede también ser fabricado a partir de placa eléctrica. El estator del ejemplo está hecho en dos mitades. Las bobinas 23, que pueden ser formadas a partir por ejemplo de conductor de cobre aislado, están dispuestas sobre el estator 22 por ejemplo en una manera en forma de anillo como se ha mostrado en la figura. La dirección principal del flujo magnético entre el rotor y el estator es radial según se ve desde el árbol.

La fig. 2 presenta un ejemplo de las partes activas de una máquina de su coaxial magnetizada permanentemente. El estator de la máquina contiene ranurado, pero una máquina de flujo axial puede también ser implementada con devanados polares. En la máquina mostrada como ejemplo en la figura hay posicionados imanes permanentes sobre el rotor 26, y el devanado del estator 24 está hecho en las ranuras 25. Tres bobinas 27, 28, 29 de estator están marcadas en la figura. La dirección del flujo magnético de la máquina en el espacio de aire entre el rotor y el estator es principalmente en la dirección del árbol de la máquina.

La fig. 3 presenta una sección transversal de los bastidores de estator y rotor de un motor ranurado de acuerdo con técnicas anteriores. La llanta interior del estator 30 tiene ranuras 31 y dientes 32 entre dichas ranuras. El rotor 33 también tiene ranuras 34 y dientes 35, y un estrecho espacio de aire esta situado entre el rotor 33 y el estator 30, en cuyo espacio de aire el flujo magnético pasa desde el estator 30 al rotor 33 y retorna. Los devanados están dispuestos en las ranuras 34, 31 tanto del rotor 33 como del estator 30. En este tipo de motor es también posible si fuera necesario aplicar una colocación dispersa de las ranuras de acuerdo con una inversión al lado del rotor para reducir los armónicos que se originan desde el rotor.

En una realización preferida de la invención las desviaciones de la colocación equidistante de las ranuras o polos formadas con la función de conversión son tan pequeñas que cambiando la colocación equidistante normal de acuerdo con la invención no afectan a la fabricación de las bobinas del estator o al devanado. La nueva colocación de las ranuras de acuerdo con el método puede ser implementada haciendo un ajuste de software a la maquinaria con la que son hechas las ranuras en la tira de estator o placa eléctrica.

En una realización preferida de la invención la divergencia de la colocación equidistante de la ranura y/o polo es formada por medio de al menos una función de seno para que sea de la misma magnitud que el valor de la función de conversión. En una realización preferida el número de simetría de la función de conversión es seleccionado como  $s = 2$ . Es característico para el método de acuerdo con la invención que utilizando un valor de  $s$  mayor es también necesario un valor de  $a$  mayor para conseguir el mismo efecto de amortiguamiento de armónicos.

En otra realización de la invención el número de simetría  $s$  de la función de conversión es seleccionado para que sea al menos tan grande como  $s = 2$ . En ciertas realizaciones se prefieren valores de  $s$  pares a los impares, debido a que con números de pares de polo impares de la función de conversión la fuerza compuesta ejercida sobre el rotor diverge de cero, lo que puede causar desgaste sobre los cojinetes. Los números de simetría impares, incluyendo el número de simetría 1, son sin embargo posibles y en máquinas de flujo axial que giran lentamente por ejemplo pueden ser preferibles.

El concepto de la inventivo de la presente invención incluye también un concepto para fabricar un estator con colocación dispersa de ranuras o núcleos polares. Un método de fabricación es hacer ranuras en la placa de estator o tira del estator y formar un apilamiento de estator a partir de las placas provistas de muescas o de la tira con muescas. Las diferentes capas de la estructura del estator pueden ser sujetadas juntas por ejemplo mediante soldadura. En el caso de una tira de estator, por ejemplo cuando una máquina de flujo axial es el caso en cuestión, es preferible calcular en primer lugar los puntos de ubicación de las ranuras del estator o de los polos del estator, y después de esto troquelar las ranuras en la tira y finalmente bobinar la placa ranurada en forma helicoidal por ejemplo de acuerdo con el método presentado en la publicación FI 950145. Las ranuras pueden ser hechas en el apilamiento de placas también después de bobinar en hélice. En este caso es preferible utilizar un corte con láser para ranurar, debido a que si se troquelan las ranuras en el apilamiento de placas acabado hay peligro de que se formen cortocircuitos perjudiciales entre las diferentes capas de la placa como resultado del rasgado causado por el troquelado.

El concepto de la invención incluye además un método de fabricación para el estator de un motor eléctrico, en el que la colocación dispersa de las ranuras de acuerdo con la invención es conseguida utilizando la función de forma y la función de conversión de la invención en la determinación de las posiciones de muescas en la placa ferromagnética para ser bobinada en un apilamiento de placas a modo de cinta. La publicación FI 950145 presenta un método y aparato, con el que puede formarse un estator en forma de cilindro con un ranurado posicionado de manera equidistante troquelando muescas en la placa ferromagnética o tira del estator de tal forma que la ranuras finales estén alineadas sobre el apilamiento de placas cilíndrico a pesar del hecho de que la distancia entre dos muescas sobre la tira del estator

- aumenta cuando crece el diámetro del apilamiento de placas. Aumentando la distancia entre las muescas de acuerdo con un factor de corrección dependiente, entre otras cosas, del diámetro del apilamiento de placas, las muescas son posicionadas de tal forma que cuando la tira es bobinada, se ha formado un ranurado de estator equidistante en el estator. De acuerdo con la presente invención se añade una función de conversión a la función de colocación de ranuras
- 5 que describe un ranurado equidistante, a partir de la cual se obtiene una función de forma que describe la forma del ranurado. El estator es fabricado de tal manera que las muescas son troqueladas en placa ferromagnética, aumentando la distancia entre dos muescas mediante un factor de corrección dependiente del radio del apilamiento de placas de manera que se forme un ranurado no equidistante de acuerdo con la función de forma en el apilamiento de placas acabado. El método de la invención puede ser implementado haciendo una modificación de software al aparato
- 10 presentado en la publicación FI 950145, con la que la colocación que describe el ranurado equidistante es modificada con una función de conversión. Debido a que el ranurado del estator de acuerdo con la invención puede ser implementado de tal forma que los cambios en las posiciones de las ranuras con respecto a un estator que tiene un número correspondiente de ranuras equidistantes son muy pequeños, las bobinas del estator similares entre sí y fabricadas para un ranurado equidistante del estator pueden ser utilizadas en un estator de acuerdo con la invención.
- 15 Especialmente en motores de ascensor se desea el mayor par posible para el motor, pero el diámetro exterior del motor debería ser pequeño a causa del espacio restringido. Esto significa en la práctica que el propósito es hacer el diámetro exterior del estator de un motor de ascensor tan grande como sea posible con respecto al diámetro del motor, así es preferible mantener el espacio restante para los extremos de bobinas tan pequeño como sea posible. De acuerdo con la invención las bobinas del estator del mismo tamaño entre sí puede ser colocadas en ranuras posicionadas de forma no
- 20 equidistante para formar un devanado de tal modo que el estator enrollado pueda aún ser ajustado en el bastidor del motor de las mismas dimensiones como un estator que tiene un número correspondiente de ranuras equidistantes y bobinado de una manera correspondiente. Por ejemplo en un estator, que está provisto con un devanado de cada vuelta de doble capa, de un motor de flujo axial magnetizado permanentemente diseñado para uso en un ascensor, cuyo diámetro de la llanta exterior es de 320 mm y las mayores divergencias en las distancias entre dos ranuras adyacentes es menor de un milímetro, un estator enrollado con bobinas de estator del mismo tamaño entre sí puede ser ajustado en
- 25 un bastidor de estator con un diámetro interior de 380 mm. Adoptando el método de la invención no se requiere así ningún cambio en la fabricación de las bobinas del estator. Además, utilizar bobinas del mismo tamaño entre sí en un estator con la colocación no equidistante de su ranurado proporciona la ventaja de que el proceso de devanado permanece justo tan simple como lo es en la fabricación de un estator que tiene un ranurado equidistante, ya que la posición de una bobina individual sobre la llanta del estator no se establece sobre la base de la divergencia de su anchura de las otras bobinas. Una ventaja de hacer pequeños cambios en el ranurado con respecto a la colocación equidistante es también que los armónicos seleccionados del flujo pueden ser amortiguados sin que esto tenga un efecto significativo sobre la onda fundamental.
- 30 En una realización de la invención la función de colocación, la función de conversión y la función de forma de ranuras equidistantes son formadas como longitudes de medición sobre la llanta interior del apilamiento de placas. El troquelado del apilamiento de placas comienza desde el extremo de la tira que estará sobre la llanta interior del apilamiento de placas y cuando el troquelado progresa a los puntos de la tira que estarán sobre un diámetro mayor en el apilamiento de placas, aumentando la distancia entre dos ranuras mediante un factor de corrección dependiente del diámetro del apilamiento de placas.
- 35 En una realización de la invención las posiciones sobre la llanta del estator de las ranuras de ranurado equidistantes, la función de conversión y la función de forma son presentadas como valores angulares. Cuando se implementa en la práctica la colocación de la invención para las ranuras o núcleos polares según se ha determinado por la función de forma, los valores de la función de forma o función de conversión deben ser redondeados hacia arriba o hacia abajo, lo que afecta ligeramente a la simetría del estator resultante. El ranurado o núcleos polares de acuerdo con la invención son implementados preferiblemente de tal manera que la posición real de la ranura y/o polo no diverge sustancialmente del
- 40 valor dado en la Fórmula 3 a pesar del redondeado hacia arriba o hacia abajo. Por ejemplo una divergencia entre la posición real y la posición descrita por la función de forma correspondiente a un diez por ciento de la amplitud de la función de conversión puede ser considerada sin embargo como una divergencia desde el punto de vista de satisfacer la condición de simetría.
- 45 Como una aplicación de la presente invención la ranuras siguientes del estator del motor pueden ser medidas por ejemplo de tal manera que la anchura de un diente es de 5 mm de magnitud y la anchura de una ranura es de 7 mm de magnitud.
- Una aplicación de la presente invención es un motor en el que el devanado del estator es un devanado de paso fraccionario, que utiliza por ejemplo un paso fraccionario de 5/6.
- 50 En una realización preferida de la presente invención se utiliza una función de seno como la función de conversión, para lo cual se selecciona una amplitud de 0,3 mm. Cuando el número de simetría de la función de forma es dos, se consigue un amortiguamiento sustancial del quinto, séptimo, undécimo y decimotercer armónicos. Al mismo tiempo sin embargo la amplitud de la onda fundamental no cambia en la práctica.
- 55 En una segunda realización preferida se seleccionan 0,3 mm como la amplitud de la función de conversión y tres como el

número de simetría. En una tercera realización preferida se seleccionan 0,2 mm como la amplitud de la función de conversión y dos como el número de simetría. Tanto en la segunda como en la tercera realizaciones preferidas se consigue un amortiguamiento sustancial particularmente de los armónicos 11º y 13º.

5 Una aplicación de la presente invención es el tipo plano de motor utilizado como la fuente de energía para los sistemas de ascensor, tal como se ha descrito en la publicación EP 676357. El motor contiene un estator en láminas y un rotor en láminas. Se disponen imanes permanentes sobre la superficie de la placa del rotor. Las partes esenciales del motor han sido hechas de forma muy plana en una solución de acuerdo con el documento EP 676357, como resultado de lo cual el motor puede ser desplegado directamente en el hueco del ascensor y no se necesita un cuarto de máquinas separado.

10 La invención no está limitada sin embargo a una aplicación individual, sino que puede ser aplicada a motores eléctricos en general. Otra aplicación preferida es la de las maquinarias de accionamiento de las escaleras mecánicas.

Es obvio para un experto en la técnica que la invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente, en las que el invento ha sido descrito utilizando ejemplos, sino que son posibles muchas adaptaciones y diferentes realizaciones de la invención dentro de los marcos del concepto inventivo definido por las reivindicaciones presentadas a continuación.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Método para formar un motor eléctrico, comprendiendo dicho motor eléctrico un rotor (26), un estator (30), y una estructura de soporte para el rotor y el estator así como una salida para transmitir el movimiento rotatorio fuera del motor, y en el que el estator es una pluralidad de ranuras (31) y/o polos, caracterizado por que en el método la pluralidad de ranuras y/o polos de estator están colocados de una manera sinusoidalmente divergente de la distribución equidistante, y cuyo método incluye además las fases de:

5 calcular la colocación de cada ranura (31) en la llanta de una llanta del estator con un ranurado distribuido de forma equidistante en relación a un punto de referencia seleccionado que es presentada por medio de una función f de colocación como sigue

10  $f(k) = (k - 1) * L / Q$

donde Q es el número de ranuras del estator, k es el número ordinal de la ranura (1, 2, ..., Q), y L es la longitud de la llanta del estator y por lo que f(k) indica la posición de la ranura k como la distancia desde el punto de referencia

15 calcular un desplazamiento sinusoidal de las ranuras a partir de la colocación equidistante antes calculada mediante una función de conversión que comprende una función de seno o la suma de un número de funciones de seno de acuerdo con la siguiente fórmula

$$H(k) = a * \text{sen}(s * 2[\pi] * f(k)/L)$$

donde s es el número de simetría de la función de conversión, que determina el número de partes simétricas en la llanta del estator y a es la amplitud, que determina la magnitud del cambio;

y

20 calcular la colocación de las ranuras/polos en el motor eléctrico utilizando una función de forma para las posiciones de colocación de las ranuras y/o polos del estator sumando los valores de la función de colocación para un ranurado distribuido de forma equidistante y la función de conversión para desplazamiento sinusoidal de acuerdo con la siguiente fórmula

$$M(k) = f(k) + H(k)$$

25 donde M(k) indica la colocación de la ranura para el número ordinal k;

y formar un estator (30; 60), en el que las ranuras (31) y/o polos (61) son posicionados esencialmente de acuerdo con la función de forma.

30 2. Método según la reivindicación 1 caracterizado por que el método incluye adicionalmente la fase de: hacer en al menos una parte del estator (30; 60) las divergencias de la colocación de las ranuras (31) y/o polos (61) de la colocación equidistante simétrica con las divergencias hecha en otra parte.

3. Método según la reivindicación 1 o 2 caracterizado por que los cambios en la estructura del estator (30; 60) con respecto a la colocación equidistante son hechos tan pequeños que no afectan a la fabricación de las bobinas o al proceso de devanado.

35 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3 caracterizado por que el método incluye adicionalmente la fase de: definir el posicionamiento no equidistante para las ranuras (31) sobre la llanta del estator.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4 caracterizado por que el método incluye adicionalmente la fase de: definir el posicionamiento no equidistante para las ranuras (31) en los núcleos polares.

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5 caracterizado por que el método incluye adicionalmente la fase de: definir el posicionamiento no equidistante para los polos (61) sobre la llanta del estator.

40 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6 caracterizado por que el método incluye adicionalmente la fase de: definir anchuras que difieren ligeramente entre sí para los núcleos polares (61).

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7 caracterizado por que el número de simetría de la función de conversión es al menos dos.

45 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-8 caracterizado por que el número de simetría de la función de conversión es un número par.

10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 caracterizado por que el motor formado es un motor de flujo axial, y en cuyo método el estator (30) del motor es fabricado bobinando una placa ferromagnética a modo de cinta en un

apilamiento de placas cilíndrico alrededor del eje central del apilamiento de placas, y en cuyo método antes de bobinar en un apilamiento de placas se troquelan muescas en la placa con un útil de troquelado para formar las ranuras (31).

5 11. Motor eléctrico, en el que hay un estator (22, 26, 30, 50, 52, 54, 60), y en el que hay también una pluralidad de ranuras (31, 40, 42, 44, 51, 53, 55, 65) y/o polos (61), un rotor (20, 24, 33), y una estructura de soporte para el rotor y el estator, así como una salida para transmitir el movimiento rotatorio fuera del motor, en el que la pluralidad de ranuras (31, 40, 42, 44, 51, 53, 55, 65) y/o polos (61) están dispuestos en el estator de una manera que diverge de la distribución equidistante, caracterizado por que

las ranuras y/o polos del estator están posicionados en el estator de acuerdo con la siguiente función de forma

$$M(k) = f(k) + H(k)$$

10 donde M(k) indica la colocación de la ranura para el número ordinal k; por lo que f(k) es una función de colocación para la posición de cada ranura sobre la llanta de una llanta del estator con un ranurado distribuido de manera equidistante en relación a un punto de referencia seleccionado y H(k) es una función de conversión que muestra la divergencia del posicionamiento de la ranura (31, 40, 42, 44, 51, 53, 55, 65) y/o polo (61) del posicionamiento equidistante,

por lo que la función de colocación f(k) está representada por la siguiente fórmula

15 
$$f(k) = (k - 1) * L / Q$$

donde Q es el número de ranuras del estator, k es el número ordinal de la ranura (1, 2, ..., Q), y L es la longitud de la llanta del estator y por lo que f(k) indica la posición de la ranura k como la distancia desde el punto de referencia,

y por lo que la función de conversión formada por medio de al menos una función de seno es como sigue

$$H(k) = a * \text{sen}(s * 2[\pi] * f(k)/L)$$

20 donde s es el número de simetría de la función de conversión, que determina el número de partes simétricas en la llanta del estator y a es la amplitud, que determina la magnitud del cambio.

12. Motor eléctrico según la reivindicación 11 caracterizado por que las divergencias del posicionamiento de las ranuras (31, 40, 42, 44, 51, 53, 55, 65) y/o polos (61) del posicionamiento equidistante son al menos en una parte del estator (22, 26, 30, 50, 52, 54, 60) simétricas con las divergencias en al menos otra parte del estator.

25 13. Motor eléctrico según la reivindicación 11 o 12 caracterizado por que los cambios en la estructura del estator (30, 60) con respecto a la colocación equidistante son hechos tan pequeños que no afectan a la fabricación de las bobinas o al proceso de devanado.

14. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 13 caracterizado por que el rotor (20, 24, 33) del motor eléctrico está magnetizado permanentemente.

30 15. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 14 caracterizado por que el motor eléctrico es una máquina de flujo axial.

16. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 15 caracterizado por que el motor eléctrico es una máquina de flujo radial.

35 17. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 16 caracterizado por que el devanado del estator (22, 26, 30, 50, 52, 54, 60) es un devanado de paso fraccionario.

18. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 17 caracterizado por que el motor eléctrico es utilizado como la fuente de energía de un sistema de ascensor.

40 19. Motor eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 18 caracterizado por que el estator (22, 26, 30, 50, 52, 54, 60) es ranurado troquelando ranuras en la placa del estator o en la tira del estator y formando el apilamiento del estator a partir de la placa ranurada o de la tira ranurada.

*Técnica anterior*

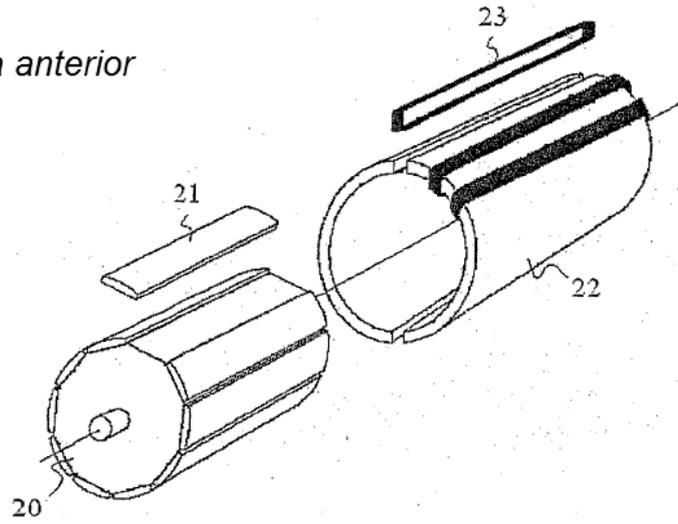


Fig 1

*Técnica anterior*

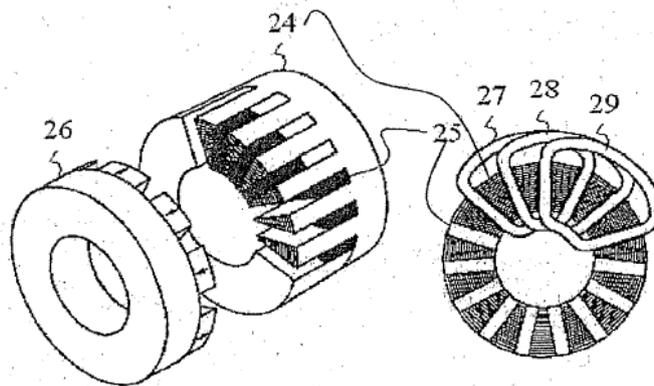


Fig 2

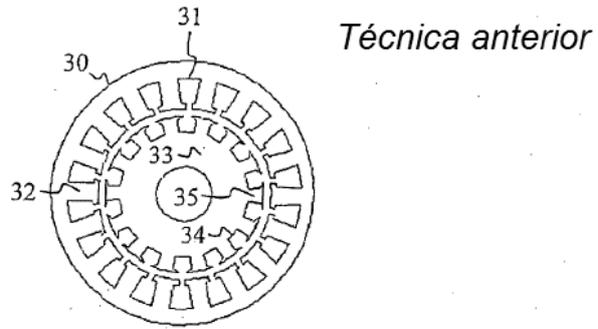


Fig 3

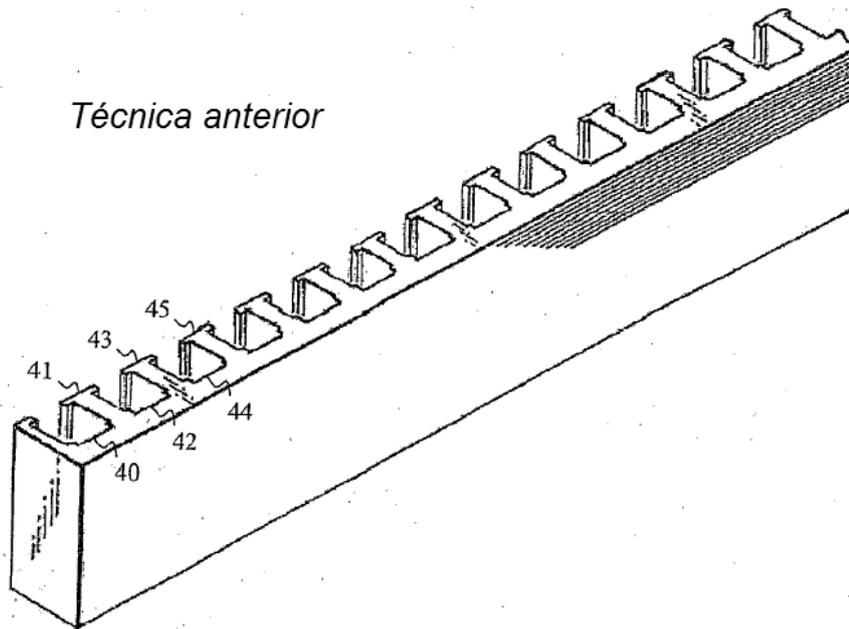


Fig 4

*Técnica anterior*

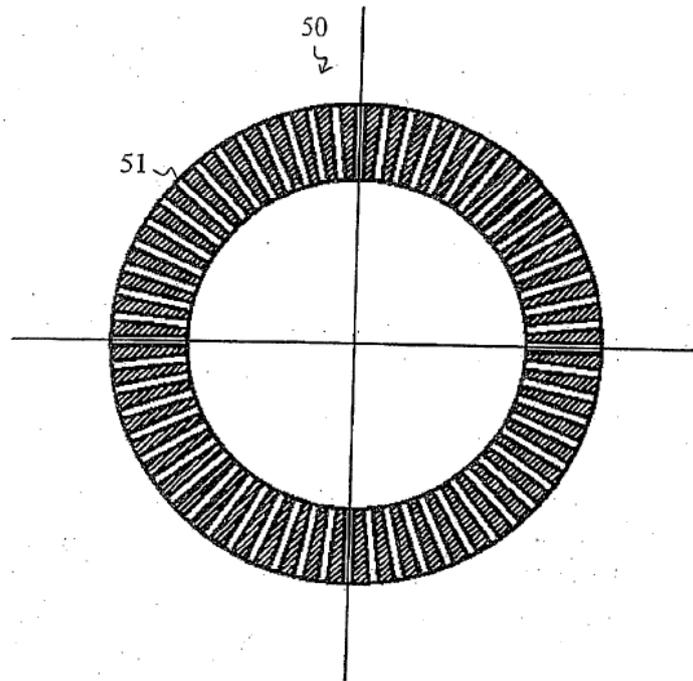


Fig 5a

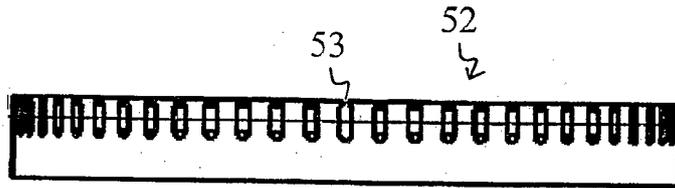


Fig 5b

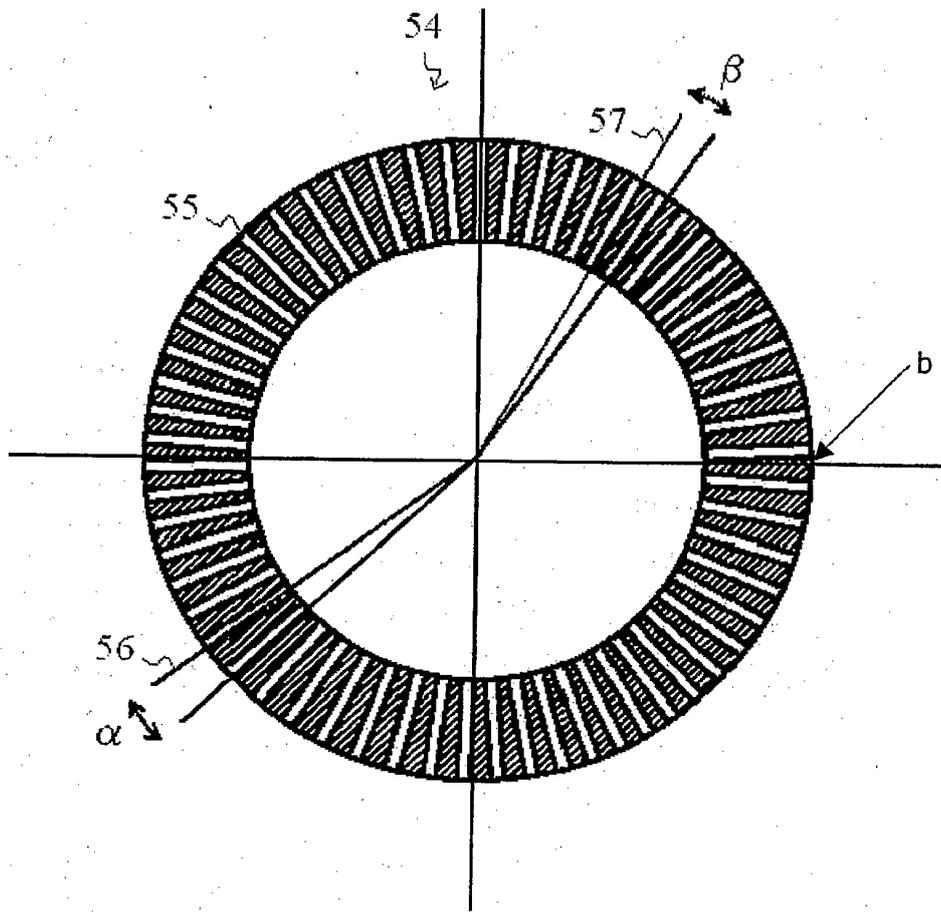


Fig 5c

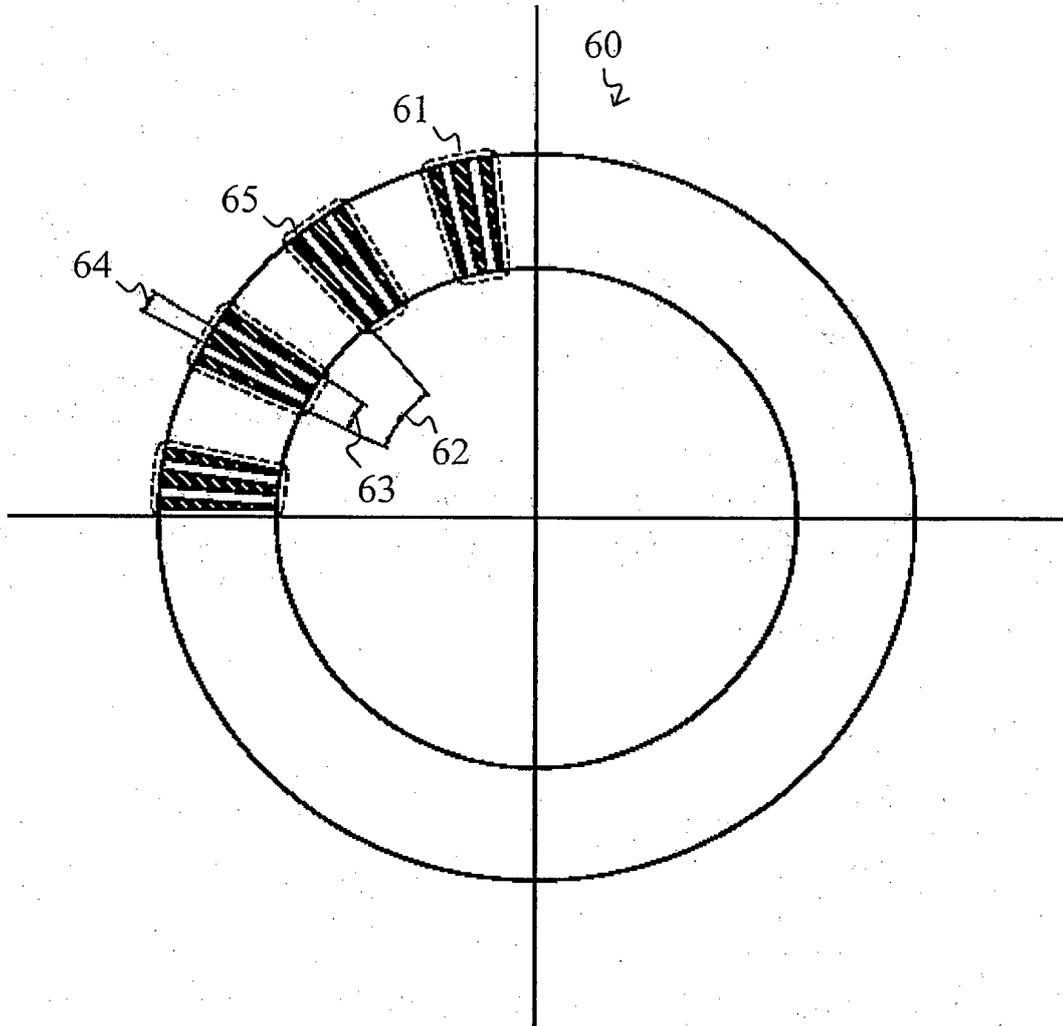


Fig 6