

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 859**

51 Int. Cl.:

H02K 3/12 (2006.01)
H02K 1/16 (2006.01)
H02K 29/03 (2006.01)
H02P 25/22 (2006.01)
H02K 1/14 (2006.01)
H02K 1/27 (2006.01)
H02K 3/28 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
H02K 15/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/CN2015/094822**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16119512**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15879710 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3252926**

54 Título: **Generador de energía eólica y núcleo de hierro de estator del mismo, y módulo de núcleo de hierro de estator**

30 Prioridad:

30.01.2015 CN 201510052420

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2020

73 Titular/es:

**XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY
CO., LTD. (100.0%)
107 Shanghai Road, Economic & Technological
Development Zone
Urumqi, Xinjiang 830026, CN**

72 Inventor/es:

**GAO, YAZHOU;
XIA, JING y
ZHAO, XIANG**

74 Agente/Representante:

VIDAL GONZÁLEZ, Maria Ester

ES 2 792 859 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

Generador de energía eólica y núcleo de hierro de estator del mismo, y módulo de núcleo de hierro de estator

5 **Campo**

La presente solicitud se refiere a un generador de energía eólica y a un núcleo de hierro de estator del mismo y a un módulo de núcleo de hierro de un estator, que pertenece al campo de la tecnología de generación de energía eólica.

10

Antecedentes

Con el aumento de la capacidad de un gran generador de imán permanente, el volumen y la dimensión del generador también aumentan en consecuencia, lo que da como resultado un aumento del costo de fabricación y del costo de transporte de un estator del generador. La tecnología de división para un núcleo de hierro de estator puede abordar el problema del aumento del costo de fabricación y del costo de transporte causado por el aumento de la dimensión del estator. El núcleo de hierro de estator se puede dividir en una estructura de devanado de una sola capa. Sin embargo, dado que el devanado de una sola capa adopta el diseño de paso integral, no puede reducir efectivamente el contenido de los campos magnéticos armónicos quinto y séptimo, lo que da como resultado en una gran ondulación de par de torsión y hace que la vibración y el ruido del generador excedan los estándares.

15

20

25

Por lo tanto, en vista del problema de que el núcleo de hierro de estator del generador de imán permanente grande actual se debe dividir, es muy necesario desarrollar un generador de imán permanente con una estructura de devanado de una sola capa de alta calidad, que tenga pequeños contenidos armónicos quinto y séptimo, y una pequeña ondulación de par de torsión.

30

35

El documento WO 2014/174572 A1 se refiere a un motor de tipo imán permanente, en el que los devanados de inducido del motor están compuestos por dos conjuntos de devanados de inducido. Un primer devanado de inducido se compone de un primer devanado en fase U, un primer devanado en fase V y un primer devanado en fase W. Un segundo devanado de inducido está compuesto por un segundo devanado en fase U, un segundo devanado en fase V y un segundo devanado en fase W. Un estator incluye los devanados de inducido y un núcleo de hierro de estator. El núcleo de hierro de estator está compuesto por un núcleo anular posterior y dientes que se extienden radialmente hacia adentro desde el núcleo posterior. Los devanados de inducido se almacenan en ranuras entre los dientes adyacentes. Cuarenta y ocho dientes se forman en total y, por lo tanto, el número de ranuras también es cuarenta y ocho en total. En cada ranura individual, se almacenan cuatro bobinas de los devanados de inducido.

40

45

El documento WO 2011/127960 A1 se refiere a una máquina eléctrica con un patrón de polo de rotor no uniforme y/o un patrón de diente de estator no uniforme. Un estator para una máquina eléctrica comprende secciones de bobina n_{cs} , siendo n_{cs} un número par de al menos cuatro. Cada sección de bobina comprende n_c conductores, siendo n_c un número entero mayor que uno. Los conductores adyacentes dentro de cada una de las secciones de bobina están distanciados por un primer paso de bobina con un valor β_1 . Los conductores adyacentes que pertenecen a diferentes secciones de bobina están distanciados por un segundo paso de bobina con un valor β_2 en un extremo de cada sección de bobina, y por un tercer paso de bobina con un valor β_3 en el otro extremo de cada sección de bobina. Todos los valores β_1 , β_2 y β_3 son diferentes.

Sumario

50

De acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud, se proporciona un generador de energía eólica, un núcleo de hierro de estator y un módulo de núcleo de hierro de un estator, el estator adopta una estructura de devanado de una sola capa que tiene contenidos armónicos quinto y séptimo pequeños, reduciendo así la vibración y ruido del generador y extendiendo la vida útil del generador.

55

De acuerdo con la presente solicitud, se proporciona un módulo de núcleo de hierro de un estator de un generador de energía eólica, el módulo de núcleo de hierro tiene una dimensión total conforme a un principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno, dos unidades de devanado trifásico se proporcionan en el módulo de núcleo de hierro, y una diferencia de ángulo eléctrico entre las dos unidades de devanado trifásico es igual a 30 grados;

60

el módulo de núcleo de hierro incluye una pluralidad de ranuras de diente para acomodar bobinas, cada una de las bobinas está encamisada en dos de la pluralidad de ranuras de diente, la pluralidad de ranuras de diente comprende las primeras ranuras de diente configuradas cada una para acomodar un lado de bobina y una segunda ranura de diente configurada para acomodar dos lados de bobina;

65

el número de la segunda ranura de diente es uno, la segunda ranura de diente está dispuesta en una posición intermedia de la pluralidad de ranuras de diente, y el número de las primeras ranuras de diente en el lado

izquierdo de la segunda ranura de diente es igual al número de las primeras ranuras de diente en un lado derecho de la segunda ranura de diente;

dos unidades de devanado trifásico que tienen el mismo número de bobinas están dispuestas en el módulo de núcleo de hierro, el número de bobinas en cada una de las dos unidades de devanado trifásico es un múltiplo entero de 3, y dos lados de bobina de cada una de las bobinas están dispuestos para que crucen tres dientes; y las dos unidades de devanado trifásico están dispuestas en el lado izquierdo y el lado derecho de la ranura del segundo diente como un centro, respectivamente, y las bobinas adyacentes de las dos unidades de devanado trifásico tienen cada una un lado de bobina dispuesto en la segunda ranura de diente.

5

Un núcleo de hierro de estator de un generador de energía eólica se proporciona adicionalmente de acuerdo con la presente solicitud. El núcleo de hierro de estator tiene una estructura dividida y se forma combinando múltiples módulos de núcleo de hierro como se describió anteriormente.

10

Un generador de energía eólica se proporciona adicionalmente de acuerdo con la presente solicitud, que incluye un rotor y un estator, y el estator incluye el núcleo de hierro de estator como se describió anteriormente.

15

Con el generador de energía eólica, el núcleo de hierro de estator del mismo y el módulo de núcleo de hierro de estator de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud, la diferencia de ángulo eléctrico entre las dos unidades de devanado trifásico es igual a 30 grados cambiando la disposición de los devanados en el módulo de núcleo de hierro de estator, a fin de reducir efectivamente las fuerzas magnetomotrices armónicas del quinto y séptimo devanado, reducir la ondulación de par de torsión sin carga y la carga del generador y mejorar la onda de fuerza electromotriz posterior sin carga, por lo tanto reduciendo la vibración y el ruido del generador, extendiendo la vida útil del generador y mejorando la confiabilidad del generador.

20

25 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática que muestra la estructura de un módulo de núcleo de hierro de un estator de acuerdo con una primera realización de la presente solicitud;

La Figura 2 es una primera vista esquemática que muestra una relación de conexión de bobinas en el módulo de núcleo de hierro que se muestra en la Figura 1;

30

La Figura 3 es una segunda vista esquemática que muestra una relación de conexión de bobinas en el módulo de núcleo de hierro que se muestra en la Figura 1;

La Figura 4 es una primera vista esquemática que muestra la estructura de un polo magnético de un rotor de acuerdo con la segunda realización de la presente solicitud;

35

La Figura 5 es una segunda vista esquemática que muestra la estructura del polo magnético del rotor de acuerdo con la segunda realización de la presente solicitud; y

La Figura 6 es una tercera vista esquemática que muestra la estructura del polo magnético del rotor de acuerdo con la segunda realización de la presente solicitud.

40 Números de referencia

1	soporte de rotor,	2, 3	polo magnéticos,
4	módulo de núcleo de hierro,	41	primera ranura de diente,
42	segunda ranura de diente,	5-10	bobina de devanado.

45

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente solicitud se describen en detalle en lo sucesivo con referencia a los dibujos.

50 Primera realización

Como se muestra en la Figura 1, que muestra un núcleo de hierro de un estator en un generador de energía eólica de acuerdo con una realización de la presente solicitud, el módulo de núcleo de hierro tiene una dimensión total consistente con un principio de que el número q de ranura por polo por fase es uno. El módulo de núcleo de hierro está provisto de dos unidades de devanado trifásico en el mismo, y un ángulo eléctrico entre las dos unidades de devanado trifásico es igual a 30 grados.

55

Además, el módulo de núcleo de hierro 4 puede tener múltiples ranuras de diente para acomodar bobinas, y cada una de las bobinas se puede encamisar en dos ranuras de diente. Las ranuras de diente pueden incluir primeras ranuras de diente 41, cada una configurada para acomodar un lado de bobina y una segunda ranura de diente 42 configurada para acomodar dos lados de bobina. El número de la segunda ranura de diente 42 puede ser uno y la segunda ranura de diente 42 está dispuesta en una posición intermedia de las ranuras de diente, y el número de las primeras ranuras de diente 41 en un lado izquierdo de la segunda ranura de diente 42 puede ser igual al número de las primeras ranuras de diente 41 en un lado derecho de la segunda ranura de diente 42. Se pueden proporcionar dos unidades de devanado trifásico que tienen el mismo número de bobinas en el módulo

60

65

de núcleo de hierro 4, el número de bobinas en cada una de las unidades de devanado trifásico puede ser un múltiplo entero de 3 (específicamente, cada devanado trifásico la unidad se considera como un conjunto de devanado trifásico, cada devanado de fase puede incluir una pluralidad de bobinas, pero cada devanado trifásico contiene el mismo número de bobinas, por lo tanto, el número total de bobinas debe ser un múltiplo entero de 3).
 5 Las dos unidades de devanado trifásico se pueden proporcionar en el lado izquierdo y el lado derecho de la segunda ranura de diente 42 como el centro, y un lado de bobina de cada una de las bobinas adyacentes de las dos unidades de devanado trifásico se puede disponer en la segunda ranura de diente 42.

El módulo de núcleo de hierro de estator de acuerdo con la realización de la presente solicitud se describirá en detalle con referencia a la Figura 1 a la Figura 3. En el módulo de núcleo de hierro 4 mostrado esquemáticamente en la Figura 1, el número de bobinas es seis, y tres bobinas están dispuestas en el lado izquierdo y tres bobinas están dispuestas en el lado derecho, respectivamente. Las seis bobinas están marcadas respectivamente con los números del 5 al 7 y del 8 al 10. Las bobinas 5 a 7 forman un conjunto de unidades de devanado trifásico, y las bobinas 8 a 10 forman otro conjunto de unidades de devanado trifásico. Un tramo de cada una de las seis bobinas es tres (es decir, dos lados de bobina están dispuestos para que crucen tres dientes). Como se muestra en la Figura 2, los cables conductores de las bobinas encamisadas 5 a 7 en las ranuras de diente en el lado izquierdo se denotan como A, Y, C, X, B, Z y los cables conductores de las bobinas encamisadas 8 a 10 en las ranuras de diente en el lado derecho se denotan como a, y, c, x, b, z. Al configurar y conectar estas terminales conductoras, las bobinas se pueden configurar como dos unidades de devanado trifásico (devanados de seis fases en total) en conexión en estrella, como se muestra en la Figura 3. preferentemente, las dos unidades de devanado trifásico están en conexión en estrella.

En la Figura 1, el número total de ranuras de diente es once, en el que el número de las primeras ranuras de diente 41 es diez, con cinco ranuras de diente dispuestas en el lado izquierdo y cinco ranuras de diente dispuestas en el lado derecho respectivamente, y el número de la segunda ranura de diente 42 es uno. La bobina está sustancialmente en una forma elíptica, y un lado de bobina y el otro lado de bobina de cada bobina están respectivamente encamisados en dos ranuras de diente, entre las cuales hay dos ranuras de diente dispuestas, es decir, un lado de bobina 5 en la Figura 1 está dispuesto en una primera ranura de diente en el lado izquierdo, y el otro lado de bobina de la bobina 5 está dispuesto en una cuarta ranura de diente en el lado izquierdo. Un lado de bobina de la bobina 7 de la unidad de devanado trifásico en el lado izquierdo y un lado de bobina 8 de la unidad de devanado trifásico en el lado derecho están dispuestos en la segunda ranura de diente 42. Con tal disposición, se forma una diferencia de ángulo eléctrico de 30 grados entre el devanado izquierdo y el devanado derecho (es decir, una diferencia de fase entre las corrientes de los dos devanados es de 30 grados), suprimiendo efectivamente los campos magnéticos armónicos quinto y séptimo.

El módulo de núcleo de hierro 4 descrito anteriormente es parte del núcleo de hierro, y se forma un núcleo de hierro de estator completo después de que se ensamblan un cierto número de módulos de núcleo de hierro 4 de acuerdo con la realización. Cada módulo de núcleo de hierro 4 tiene la forma de un arco como un todo. De acuerdo con el principio de diseño estándar de que el número q de ranura por polo por fase es uno, en los módulos de núcleo de hierro del mismo núcleo de hierro, las ranuras de diente tienen la misma dimensión y están dispuestas de manera uniforme, incluidos los ángulos entre los centros de los dientes adyacentes son iguales y se definen como un ángulo incluido estándar β (el ángulo incluido aquí se obtiene tomando el centro del estator como centro del círculo). En la premisa del diseño estándar, una solución alternativa es que 432 ranuras de diente están dispuestas a lo largo de una circunferencia completa, un ángulo incluido estándar correspondiente de β es igual a $360 \text{ grados}/432 = 0,833 \text{ grados}$.

En la realización de la presente solicitud, la dimensión total del módulo de núcleo de hierro se ajusta al principio de que el número q de ranura por polo por fase es uno, aquí la dimensión total se refiere al tamaño total, la longitud del arco y similares del módulo de núcleo de hierro, y las dimensiones de algunas ranuras de diente y dientes se ajustan con referencia al ángulo incluido estándar β anterior. Para cada módulo de núcleo de hierro, es necesario mantener la longitud total de arco de acuerdo con el diseño estándar, es decir, la suma de los ángulos incluidos estándar β de acuerdo con el diseño estándar. Por ejemplo, con referencia a la estructura en la Figura 1, el núcleo de hierro completo incluye 36 módulos de núcleo de hierro, por cada módulo de núcleo de hierro, es necesario mantener un radián de 12β , es decir, el radián total del módulo de núcleo de hierro es constante sin importar cómo se ajusta el número de ranuras de diente o la estructura de las ranuras de diente. Para otro ejemplo, si todo el núcleo de hierro incluye 18 módulos de núcleo de hierro, es necesario mantener un radián de 24β para cada módulo de núcleo de hierro.

En la realización de la presente solicitud, la dimensión y la disposición de las ranuras de diente se mejoran en base al diseño estándar. Como estructura preferente, un primer ángulo incluido entre las líneas centrales de los dientes en el lado izquierdo y el lado derecho de la primera ranura de diente 41 que no está ubicado en un extremo puede ser igual al ángulo incluido estándar, y un segundo ángulo incluido entre las líneas centrales de dientes en el lado izquierdo y el lado derecho de la segunda ranura de diente 42 puede ser igual a 1,5 veces el ángulo incluido estándar, y la suma de los terceros ángulos incluidos correspondientes a las primeras ranuras de diente 41 (es decir, las primeras ranuras de diente ubicadas en el lado izquierdo y el lado derecho en la Figura 1)

en dos extremos se pueden establecer en 2,5 veces el ángulo incluido estándar. El tercer ángulo incluido se refiere a un ángulo incluido entre una línea central de un diente en un lado, cerca de la parte media del módulo de núcleo de hierro, de la primera ranura de diente 41 ubicada en un extremo, y un borde lateral del módulo de núcleo de hierro. El ángulo establecido para cada parte es para hacer que la dimensión total del módulo de núcleo de hierro se ajuste al principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno, y los ángulos de los módulos de núcleo de hierro ocupados en toda la circunferencia son los mismos. En la realización, todos los módulos de núcleo de hierro mantienen un radián de 12β ajustando los anchos de los dientes en el lado izquierdo y el lado derecho. Específicamente, se pueden ajustar dos o solo uno de los dientes en dos extremos. Por ejemplo, en la Figura 1, el diente en un extremo en el lado derecho se ensancha (incluso si el tercer ángulo incluido correspondiente a la primera ranura de diente 41 en el extremo del lado derecho se establece en $1,5$ veces de β) para compensar para un ancho debido a la ausencia de una ranura de diente. Alternativamente, los anchos de los dientes en dos extremos se pueden ajustar para compensar un ancho debido a la ausencia de una ranura de diente.

Además, el número de ranuras de diente y el número de bobinas en el módulo de núcleo de hierro no se limitan a la configuración mostrada en la Figura 1, y un módulo de estator que tiene un mayor número de ranuras de diente y bobinas se puede configurar de acuerdo con el principio mencionado. Desde la perspectiva de componer todo el núcleo de hierro de estator, el número de ranuras de diente en el módulo de núcleo de hierro se ajusta al siguiente principio: el número de ranuras de diente contenidas en el módulo de núcleo de hierro es $6n-1$, el número de bobinas en cada de las unidades de devanado trifásico es $3n/2$, el número de bobinas en todo el módulo de núcleo de hierro es $3n$. Se selecciona un valor de n entre 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18. Específicamente, el número de ranuras de diente en el módulo de núcleo de hierro (los números entre paréntesis son los números de ranuras de diente del módulo de núcleo de hierro que tienen las ranuras de diente dispuestas de manera uniforme de acuerdo con el principio estándar de que el número q de ranuras por polo por fase es igual a 1, que también es requerido β para cada módulo de núcleo de hierro) puede ser: 11 (12), 23 (24), 35 (36), 47 (48), 71 (72) y 107 (108), y el número de división de los módulos de núcleo de hierro se puede obtener dividiendo el número de ranuras de diente en paréntesis entre 432, es decir, el número de divisiones respectivas es 36, 18, 12, 9, 6, 4.

Segunda realización

Esta realización se refiere a un núcleo de hierro de estator que incluye el módulo de núcleo de hierro de acuerdo con la realización anterior y un generador de energía eólica que incluye el núcleo de hierro.

El núcleo de hierro de estator de acuerdo con la realización de la presente solicitud se forma ensamblando un cierto número de los módulos de núcleo de hierro anteriores. Específicamente, correspondiente al número de ranuras de diente del módulo de núcleo de hierro anterior, el número de módulos de núcleo de hierro que constituyen el núcleo de hierro completo puede ser 36, 18, 12 o 9 con la premisa de adoptar un esquema de diseño de 432 ranuras de diente son dispuestos a lo largo de toda la circunferencia. Como se muestra en la Figura 4, que es una primera vista esquemática que muestra la estructura de un polo magnético de un rotor de acuerdo con una realización de la presente solicitud, y todo el núcleo de hierro de estator incluye 36 módulos de núcleo de hierro 4 como se muestra en la Figura 1.

Un generador de energía eólica de acuerdo con una realización de la presente solicitud se forma ensamblando el rotor y el estator que incluye el núcleo de hierro de estator anterior. En correspondencia con el núcleo de hierro de estator anterior, el rotor puede adoptar la siguiente estructura.

Como se muestra en la Figura 4, la realización de la presente solicitud se ilustra tomando un rotor exterior como ejemplo, se muestran cuatro polos magnéticos en la Figura 4, un polo magnético 2 y un polo magnético 3 tienen las polaridades opuestas y están separados uno del otro. El número total de polos magnéticos en el rotor puede ser 144 (el número total de polos magnéticos en el rotor es igual a $432/(m * q) = 432/(1 * 3) = 144$, en el que m es el número de fases) correspondiente al esquema de diseño anterior de 432 ranuras de diente (la ranura de diente diseñada de acuerdo con el principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno). Y el rotor también puede estar en una estructura dividida, es decir, el rotor se obtiene combinando múltiples módulos de rotor. Un poste magnético provisto en un soporte de rotor 1 puede ser un poste magnético oblicuo. Además, como se muestra en la Figura 5, que es una segunda vista esquemática que muestra la estructura del polo magnético del rotor de acuerdo con la realización de la presente solicitud, en una sección transversal (es decir, una sección transversal que se muestra en la Figura 5) del polo magnético oblicuo paralelo a un eje del generador de energía eólica, un ángulo kt correspondiente a una longitud de arco escalonada entre un lado superior y un lado inferior del polo magnético oblicuo puede ser el ángulo incluido estándar anterior, y el ángulo incluido estándar puede ser 0,833 grados correspondiente a la realización anterior.

Preferentemente, el polo magnético es un polo magnético montado en superficie, y una forma de sección axial del polo magnético permite que se forme un entrehierro no uniforme entre cada polo magnético y una circunferencia exterior del núcleo de hierro de estator. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4 y la Figura 6,

5 en una sección del polo magnético perpendicular a un eje del generador de energía eólica (es decir, una sección que se muestra en la Figura 6), un borde del polo magnético en un lado hacia el estator tiene forma de arco, y se permite que la proporción de un entrehierro máximo a un entrehierro mínimo formado entre el borde del polo magnético y la circunferencia exterior del núcleo de hierro de estator sea 1,5:1 estableciendo el tamaño del arco, es decir, una relación de un entrehierro δ_1 en cada uno de los dos extremos del polo magnético a un entrehierro δ en el medio en la Figura 6 es 1,5:1, de modo que la distribución del campo magnético en el entrehierro está cerca de la sinusoidal. Además, como se muestra en la Figura 6, un ángulo incluido α entre un borde inferior del polo magnético cerca del soporte de rotor 1 y un borde lateral del polo magnético varía preferentemente de 70 grados a 75 grados en la sección transversal (es decir, la sección transversal que se muestra en la Figura 6) del polo magnético perpendicular al eje del generador de energía eólica.

10 La estructura anterior del polo magnético del rotor puede cooperar mejor con la disposición de las ranuras de diente y las bobinas en el módulo de núcleo de hierro de estator de acuerdo con la realización anterior, reduciendo así los campos magnéticos armónicos quinto y séptimo.

15 En conclusión, el generador de energía eólica de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud incluye un rotor y un estator, el rotor incluye un soporte de rotor y un polo magnético, y el estator incluye un núcleo de hierro y un devanado de una sola capa. Las ranuras de diente de un módulo de núcleo de hierro en el generador de imán permanente de acuerdo con la realización se mejoran en base al principio de diseño de que el número q de ranuras por polo por fase es uno. Por lo tanto, un diseño de una estructura de devanado de una sola capa que tiene doble Y desplazada por un ángulo eléctrico de 30 grados (es decir, una diferencia de fase entre las dos unidades de devanado trifásico en la conexión inicial es de 30 grados) cambiando un ángulo mecánico de la ranura de diente y el número de las ranuras de diente, reduciendo así efectivamente las fuerzas magnetomotrices armónicas de devanado quinto y séptimo sin aumentar la dimensión principal y el costo de fabricación de la bobina, y realizando aún más el propósito de un diseño de división para el estator. Dado que un imán permanente de rotor en la presente solicitud tiene una alta tasa de utilización, se puede reducir un factor de fuga magnética del imán permanente, un campo magnético del entrehierro tiene buena sinusoidal y el par de torsión de ranura de diente se puede reducir de manera efectiva. La ondulación de par de torsión del generador sin carga y con carga puede reducirse, y la onda de fuerza electromotriz posterior sin carga puede mejorarse, reduciendo así la vibración y el ruido del generador, prolongando la vida útil del generador y mejorando la confiabilidad del generador. Debe observarse que la solución de la realización de la presente solicitud no se limita al diseño del estator interno y el tipo de rotor externo, sino que puede ser un diseño del tipo de rotor interno y estator externo.

20
25
30
35 Las realizaciones descritas en la presente memoria son solo realizaciones preferentes de la presente solicitud, y no deben interpretarse como una limitación del alcance de protección de la presente solicitud. Las modificaciones y reemplazos fácilmente concebidos por los expertos en la técnica dentro del ámbito técnico de la presente solicitud también se consideran dentro del alcance de la presente solicitud definida por las reivindicaciones.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un módulo de núcleo de hierro de un estator de un generador de energía eólica, en el que una dimensión total del módulo de núcleo de hierro se ajusta a un principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno, dos unidades de devanado trifásico están dispuestas en el módulo de núcleo de hierro y una diferencia de ángulo eléctrico entre las dos unidades de devanado trifásico es de 30 grados; y **caracterizado porque**,
 10 el módulo de núcleo de hierro (4) comprende una pluralidad de ranuras de diente para acomodar bobinas, cada una de las bobinas está encamisada en dos de la pluralidad de ranuras de diente, la pluralidad de ranuras de diente comprende primeras ranuras de diente (41) estando configurada cada una para acomodar un lado de bobina y una segunda ranura de diente (42) configurada para acomodar dos lados de bobina;
 15 el número de la segunda ranura de diente (42) es uno, la segunda ranura de diente (42) está dispuesta en una posición intermedia de la pluralidad de ranuras de diente, y el número de las primeras ranuras de diente (41) en un lado izquierdo de la segunda ranura de diente (42) es igual al número de las primeras ranuras de diente (41) en un lado derecho de la segunda ranura de diente (42);
 20 dos unidades de devanado trifásico que tienen el mismo número de bobinas están dispuestas en el módulo de núcleo de hierro (4), el número de bobinas en cada una de las dos unidades de devanado trifásico es un múltiplo entero de 3, y dos lados de bobina de cada una de las bobinas están dispuestos para que crucen tres dientes; y
 25 las dos unidades de devanado trifásico están dispuestas en el lado izquierdo y el lado derecho de la segunda ranura de diente (42) como centro, respectivamente, y las bobinas adyacentes de las dos unidades de devanado trifásico tienen cada una un lado de bobina dispuesto en la segunda ranura de diente (42).
- 30 2. El módulo de núcleo de hierro (4) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un primer ángulo incluido entre líneas centrales de dientes en el lado izquierdo y el lado derecho de la primera ranura de diente (41) que no está ubicado en un extremo es igual a un ángulo incluido estándar;
 35 un segundo ángulo incluido entre líneas centrales de dientes en el lado izquierdo y el lado derecho de la segunda ranura de diente (42) es igual a 1,5 veces el ángulo incluido estándar;
 la suma de terceros ángulos incluidos correspondientes a las primeras ranuras de diente (41) en dos extremos es 2,5 veces el ángulo incluido estándar, cada uno de los terceros ángulos incluidos es un ángulo entre un borde lateral del módulo de núcleo de hierro (4) y una línea central de un diente en un lado de la primera ranura de diente (41) en un extremo, cuyo lado está cerca de la parte media del módulo de núcleo de hierro (4); y
 40 el ángulo incluido estándar es un ángulo incluido entre líneas centrales de dientes adyacentes del módulo de núcleo de hierro (4) que tiene ranuras de diente dispuestas uniformemente y diseñado de acuerdo con el principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno.
- 45 3. El módulo de núcleo de hierro (4) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el ángulo incluido estándar es de 0,833 grados.
- 50 4. El módulo de núcleo de hierro (4) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la conexión por cable de un devanado en cada una de las dos unidades de devanado trifásico es una conexión en estrella.
- 55 5. El módulo de núcleo de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el número de la pluralidad de ranuras de diente contenidas en el módulo de núcleo de hierro es $6n-1$, el número de bobinas en cada una de las dos unidades de devanado trifásico es $3n/2$, en la que se selecciona un valor de n entre 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18.
- 60 6. Un núcleo de hierro de estator para un generador de energía eólica, en el que el núcleo de hierro de estator tiene una estructura dividida, y está formado combinando una pluralidad de módulos de núcleo de hierro (4) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 65 7. Un generador de energía eólica, que comprende un rotor y un estator que comprende el núcleo de hierro de estator de acuerdo con la reivindicación 6.
8. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el rotor tiene una estructura dividida y está formado combinando una pluralidad de módulos de rotor.
9. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un polo magnético (2, 3) del rotor es un polo magnético oblicuo (2, 3).
10. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que en una sección transversal del polo magnético oblicuo (2, 3) paralelo a un eje del generador de energía eólica, un ángulo correspondiente

a una longitud de arco escalonado entre un lado superior y un lado inferior del polo magnético oblicuo (2, 3) es un ángulo incluido estándar, y el ángulo incluido estándar es un ángulo incluido entre las líneas centrales de los dientes adyacentes del módulo de núcleo de hierro (4) que tiene ranuras de diente dispuestas uniformemente y diseñadas de acuerdo con el principio de que el número q de ranuras por polo por fase es uno.

5

11. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el ángulo incluido estándar es de 0,833 grados.

10

12. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el polo magnético (2, 3) del rotor es un polo magnético montado en superficie (2, 3), y una forma de sección axial del polo magnético (2, 3) permite un entrehierro no uniforme a ser formado entre el polo magnético (2, 3) y una circunferencia exterior del núcleo de hierro de estator.

15

13. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que en una sección transversal del polo magnético (2, 3) perpendicular al eje del generador de energía eólica, un borde del polo magnético (2, 3) en un lado hacia el estator tiene forma de arco, y una relación de un entrehierro máximo a un entrehierro mínimo formado entre el borde del polo magnético (2, 3) y la circunferencia exterior del núcleo de hierro de estator es 1,5:1.

20

14. El generador de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 13, en el que en la sección transversal del polo magnético (2, 3) perpendicular al eje del generador de energía eólica, un ángulo incluido entre un borde inferior del polo magnético (2, 3) cercano a un soporte de rotor (1) y a un borde lateral del polo magnético (2, 3) varía de 70 grados a 75 grados.

25

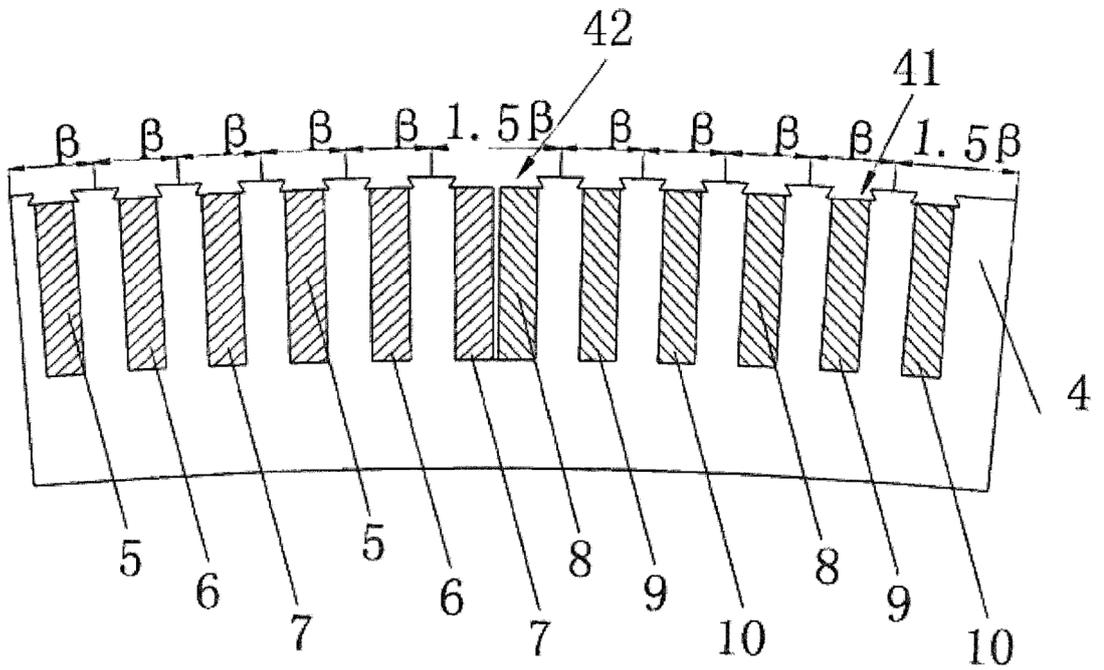


Figura 1

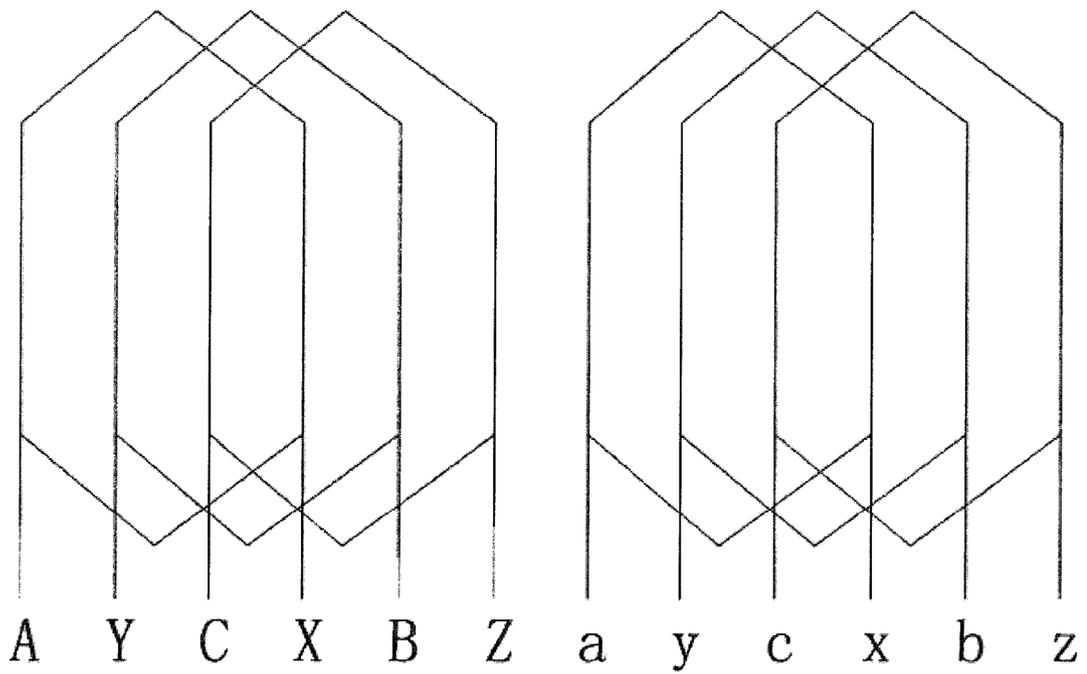


Figura 2

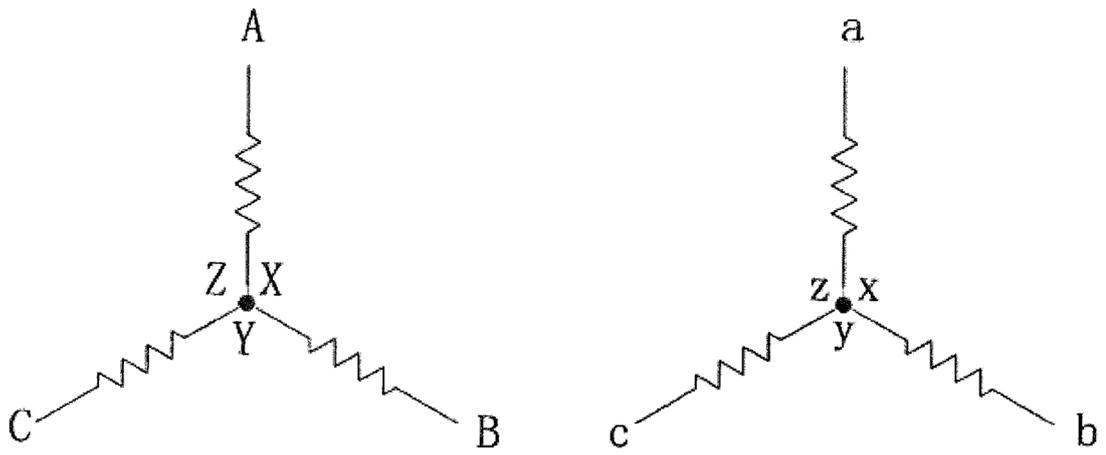


Figura 3

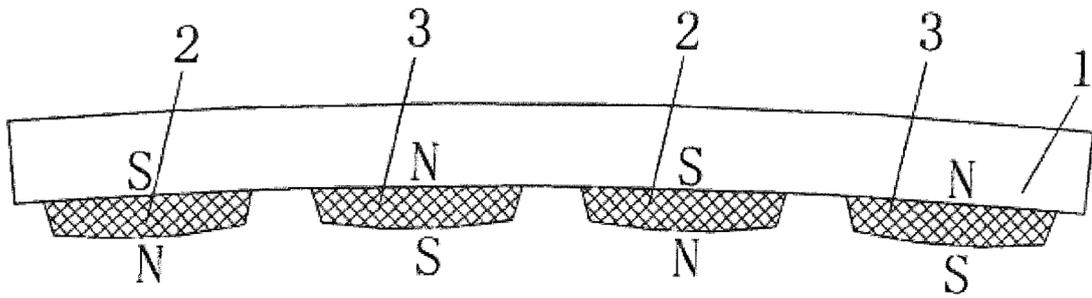


Figura 4

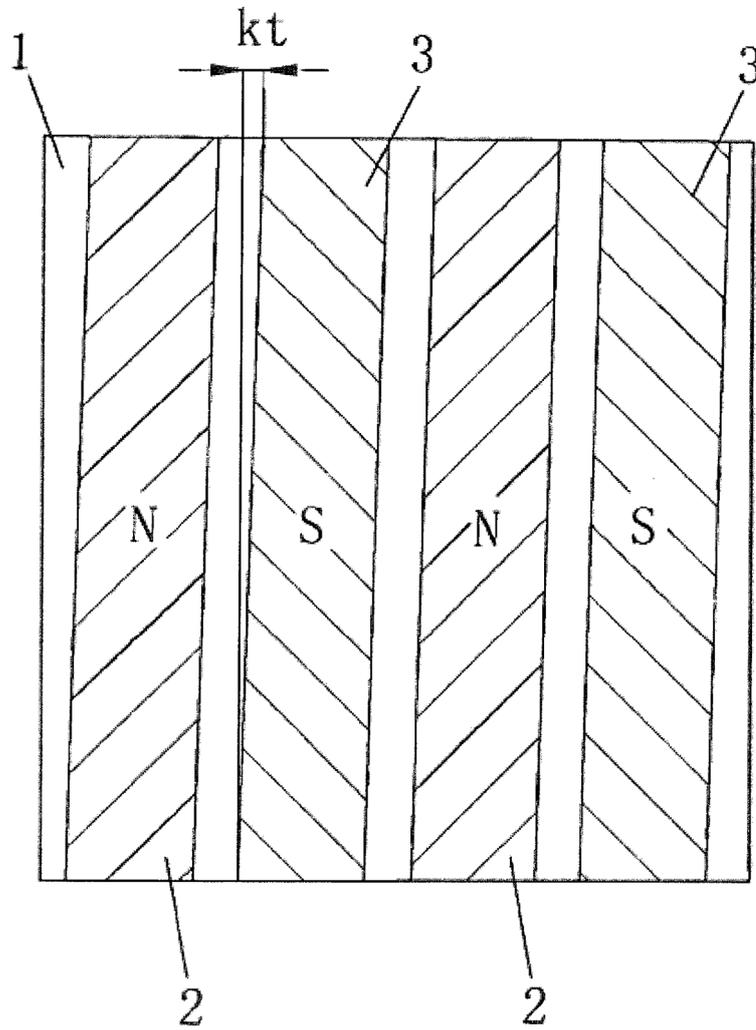


Figura 5

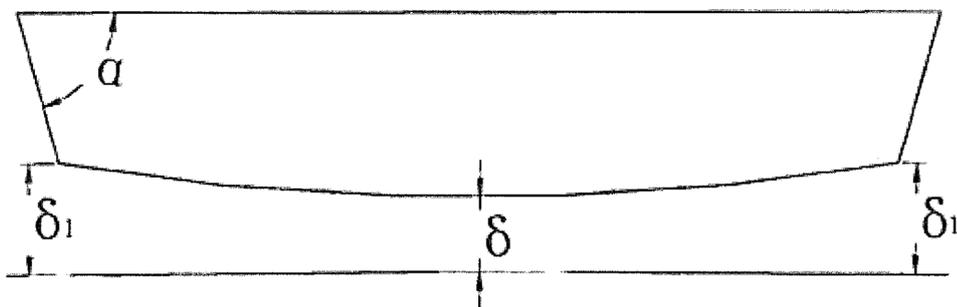


Figura 6