

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 318 963**

② Número de solicitud: 200601426

⑤ Int. Cl.:
H02K 1/16 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **30.05.2006**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.05.2009**

Fecha de la concesión: **21.01.2010**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **04.02.2010**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
04.02.2010

⑦ Titular/es:
GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
Polígono Industrial Los Agustinos - c/ A, s/n
31013 Pamplona, Navarra, ES

⑦ Inventor/es: **Rasmusen, Peter**

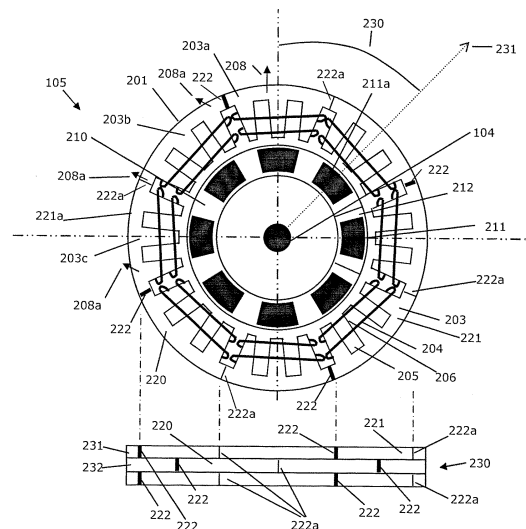
⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Utilización de laminación de grano orientado en un generador de turbina eólica.**

⑤ Resumen:

Utilización de laminación de grano orientado en un generador de turbina eólica.

La presente invención se refiere a una turbina eólica para generar energía eléctrica. La turbina eólica incluye un generador (105) y un rotor (101) para accionar el generador (105). El generador incluye un estator de generador (201) con al menos dos polos de estator (203), y un rotor de generador (210) que consta de al menos dos componentes magnéticos (211). Al menos parte del estator del generador (201) contiene metal con propiedades magnéticas direccionales. El generador (105) está conectado al rotor de la turbina eólica (101) mediante una multiplicadora (103) con objeto de aumentar la velocidad de giro del generador (105) en relación a la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica (101).



ES 2 318 963 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Utilización de laminación de grano orientado en un generador de turbina eólica.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere al campo de la generación de energía eléctrica de una turbina eólica y, especialmente, a generadores de turbinas eólicas.

10 Antecedentes de la invención

Las turbinas eólicas utilizan varios tipos de generadores para generar energía eléctrica. Un generador comúnmente utilizado es el generador asíncrono, generador de alta velocidad que funciona a velocidades de giro comprendidas en el rango de 1500 RPM a 3000 RPM. Dado que el rotor de la turbina eólica gira generalmente a una velocidad de 20 RPM, se requiere una multiplicadora para aumentar la velocidad de 20 RPM a 1500 RPM como mínimo. Dichas multiplicadoras son propensas a fallos y suponen un alto coste de la turbina eólica.

Otro tipo de generadores utilizados para las turbinas eólicas son los generadores de imanes permanentes de accionamiento directo de baja velocidad que presentan una velocidad de giro correspondiente a la velocidad de giro de las palas del rotor. Por consiguiente, no se necesita ninguna multiplicadora al utilizar generadores de imanes permanentes de accionamiento directo de baja velocidad en una turbina eólica. Los generadores de imanes permanentes de accionamiento directo de baja velocidad utilizados para turbinas eólicas con una salida de potencia nominal de 2-3 MW pueden tener diámetros de 5 a 6 metros y un peso de 5 toneladas. Generadores de este tamaño hacen difícil el transporte del mismo hasta el lugar de construcción, especialmente en los casos de turbinas eólicas marinas. En consecuencia, la sustitución de generadores de accionamiento directo de baja velocidad en caso de fallos es un proceso largo y costoso.

Un primer aspecto de las turbinas eólicas se refiere al rendimiento de energía eléctrica del generador. Por consiguiente, una mejora en el rendimiento energético puede mejorar la rentabilidad de la inversión en turbinas eólicas gracias a una mayor producción de energía eléctrica.

Un segundo aspecto de las turbinas eólicas se refiere a la fiabilidad del generador. La fiabilidad mejorada del sistema del generador aumenta la fiabilidad de la turbina eólica, lo cual permite aumentar el tiempo medio entre fallos (MTBF) de la turbina eólica. El aumento del tiempo medio entre fallos reduce por consiguiente los costes de servicio y aumenta la producción de energía eléctrica en función del tiempo, lo cual es importante para la rentabilidad de la inversión en turbinas eólicas.

Un tercer aspecto de las turbinas eólicas se refiere a la dificultad asociada con el transporte de los componentes de la turbina eólica al lugar de construcción y con la sustitución de dichos componentes en caso de fallos.

WO 00/60719 muestra un generador de baja velocidad del tipo de los que se acoplan directamente al eje principal del rotor de la turbina eólica. El generador es un estator integrado por un número de módulos de estator con láminas de estator de grano orientado individuales y que se pueden instalar, reparar y desmontar individualmente e independientemente entre sí. Esto facilita en gran medida y por tanto reduce el coste de montaje de la turbina eólica, especialmente en el mar, ya que el estator para el generador puede transportarse en pequeñas unidades, lo cual facilita asimismo el montaje del estator en la sección superior de la torre. No es necesario utilizar grandes grúas para reparaciones u otro mantenimiento posterior del generador; basta con utilizar dispositivos de elevación más pequeños que pueden ser manejados por una o dos personas.

Resumen de la invención

Uno o varios de los objetos de la invención pueden obtenerse mediante una turbina eólica para generar energía eléctrica, la cual consta de un generador y de un rotor para accionar el generador; dicho generador consta de

- un estator de generador que consta a su vez de al menos dos polos, cada uno de ellos provisto de bobinados de cable, y un rotor de generador que consta al menos de dos componentes magnéticos, donde parte del estator del generador contiene metal con propiedades magnéticas direccionales, y
- dicho generador se encuentra conectado al rotor de la turbina eólica mediante una multiplicadora destinada a aumentar la velocidad de giro del generador en relación a la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica durante el funcionamiento de la misma.

La invención es particularmente, pero no exclusivamente, favorable para aumentar el rendimiento energético del generador de la turbina eólica aplicando un metal como el hierro, con propiedades magnéticas direccionales, en el estator de la turbina eólica. El metal con propiedades magnéticas direccionales puede ser una laminación de hierro de grano orientado, también denominada láminas de estator de grano orientado. Dicho metal también puede ser un metal compuesto o un metal sinterizado con una estructura de grano orientado. El metal con propiedades magnéticas direccionales como, por ejemplo, las láminas de estator de grano orientado, puede aumentar la conductividad magnética y disminuir las pérdidas en el hierro con objeto de obtener un mayor rendimiento del generador. No obstante, la

ES 2 318 963 B1

mejora del rendimiento podría ascender a tan sólo 0,3% a 0,4% para la totalidad de la turbina. La inversión adicional utilizando laminación de grano orientado puede ser de 5000 Euros aproximadamente.

Una ventaja más interesante puede ser que la reducción de pérdidas en el hierro obtenida al utilizar metal con propiedades magnéticas direccionales, da como resultado una reducción del calentamiento de los componentes del rotor y del estator como, por ejemplo, de los imanes permanentes que forman parte del rotor. Al reducir el calentamiento de los imanes permanentes puede evitarse una degradación de la intensidad del campo magnético de los imanes. Una degradación de los imanes disminuye el rendimiento y finalmente requiere la sustitución de los imanes degradados y posiblemente la sustitución de todo el generador.

Además, la invención es particularmente, pero no exclusivamente, favorable para reducir la dificultad asociada con el transporte de los componentes de la turbina eólica al lugar de construcción y con los componentes de sustitución de la misma en caso de fallos gracias al tamaño reducido del generador.

La velocidad de giro prevista para el generador durante el funcionamiento de la turbina eólica es al menos el doble, preferentemente al menos cinco veces, posiblemente al menos diez veces o incluso quince veces la velocidad de giro del correspondiente rotor de la turbina eólica.

El generador de la invención puede ser un generador de velocidad media con una velocidad de giro durante el funcionamiento comprendida en un rango de 30-1000 RPM, preferentemente dentro un rango comprendido entre 45-750 RPM o idealmente dentro de un rango comprendido entre 60-500 RPM. El hecho de que el calentamiento de los componentes magnéticos se mantiene reducido debido a las pocas pérdidas en el hierro cuando la velocidad de giro del generador se encuentra dentro de un rango de 30-1000 RPM representa una ventaja. El generador de la invención puede ser un generador síncrono o asíncrono.

El generador de la turbina eólica consta de una corona de estator que integra una pluralidad de secciones de coronas de estator. Las secciones de coronas de estator pueden ser de metal con propiedades magnéticas direccionales como, por ejemplo, láminas de estator de grano orientado. Puede ser una ventaja que la corona del estator esté formada por secciones de coronas de estator individuales de forma que pueda utilizarse la alta conductividad magnética del metal con propiedades magnéticas direccionales. La corona del estator puede formarse superponiendo varias capas de secciones de coronas de estator.

El rotor del generador de la turbina eólica puede incluir al menos dos componentes magnéticos en forma de imanes permanentes, los cuales ya están totalmente magnetizados durante periodos de tiempo en los que la turbina eólica no se alimenta con energía eléctrica. Una ventaja particular resultante del uso de imanes permanentes es que la capacidad de producción de energía del generador es independiente de una alimentación de energía eléctrica externa.

De modo alternativo, el rotor del generador de la turbina eólica puede incluir al menos dos componentes magnéticos en forma de imanes que se magnetizan durante los periodos de tiempo en los que la turbina eólica se alimenta con energía eléctrica, y que se desmagnetizan gradualmente durante los periodos de tiempo en los que la turbina eólica no se alimenta con energía eléctrica.

En otro método alternativo, el rotor del generador de la turbina eólica puede incluir por lo menos dos componentes magnéticos en forma de electroimanes que se magnetizan durante periodos de tiempo en los que la turbina eólica se alimenta con energía eléctrica.

Pueden utilizarse diversos tipos de componentes magnéticos, es decir, componentes magnéticos previamente magnetizados por completo y componentes magnéticos que se magnetizan durante el periodo en el que la turbina eólica está conectada a la red de suministro eléctrico. Cada uno de los tipos de componentes magnéticos tiene ventajas sobre otros tipos tales como, por ejemplo, ventajas de coste, rendimiento y fiabilidad.

La turbina eólica puede incluir una multiplicadora como, por ejemplo, una multiplicadora de dos etapas. La utilización de una multiplicadora de dos etapas puede constituir una ventaja ya que ésta es menos compleja que una multiplicadora de varias etapas y, por consiguiente, más fiable.

El generador de la turbina eólica puede ser un generador síncrono. Otra alternativa es que el generador de la turbina eólica sea un generador asíncrono.

La turbina eólica puede incluir como mínimo dos convertidores de frecuencia en los que cada uno de los, como mínimo, dos polos del estator están conectados uno a uno a los correspondientes, como mínimo, dos convertidores de frecuencia.

Como alternativa, la turbina eólica puede constar como mínimo de un convertidor de frecuencia en el que cada uno de los, como mínimo, dos polos del estator están conectados a un convertidor de frecuencia común para los, como mínimo, dos polos del estator.

En consecuencia, los polos del estator pueden estar conectados uno a uno a los convertidores de frecuencia correspondientes o los polos del estator pueden estar conectados a un sólo convertidor de frecuencia. Cada método de

ES 2 318 963 B1

conexión tiene ventajas respecto al otro tales como, por ejemplo, ventajas de coste, rendimiento y fiabilidad. Asimismo, es posible conectar una fracción del número total de polos del estator como, por ejemplo, dos, tres o más polos, a un único convertidor de frecuencia.

5 Al menos parte del rotor del generador de la turbina eólica puede tener metal con propiedades magnéticas direccionales como, por ejemplo, laminación de grano orientado. La utilización de laminación de grano orientado en el rotor del generador para reducir las pérdidas magnéticas en el rotor del generador puede constituir una ventaja.

10 La turbina eólica puede ser del tipo de las que incluye imanes ya totalmente magnetizados, estructuralmente integrados a un generador de inducción síncrono o asíncrono e independientes magnéticamente de los bobinados del estator del generador de inducción síncrono o asíncrono.

15 Alternativamente, la turbina eólica puede ser del tipo de las que incluye imanes magnetizados por el generador, estructuralmente integrados a un generador de inducción síncrono o asíncrono y dependientes magnéticamente de cualquier bobinado del estator del generador de inducción síncrono o asíncrono.

20 En la turbina eólica pueden utilizarse diferentes tipos de generadores como, por ejemplo, generadores que constan de imanes estructuralmente integrados a un generador de inducción síncrono o asíncrono, presentando cada uno de ellos ventajas respecto a los demás.

25 El diámetro exterior del estator del generador de la turbina eólica puede estar comprendido entre 3 y 4 metros, preferentemente entre 2 y 3 metros e idealmente entre 1 y 2 metros. Puede ser una ventaja que el diámetro del estator del generador sea pequeño como, por ejemplo, un diámetro comprendido entre 1 y 2 metros, ya que el transporte de un generador con este diámetro es menos exigente que el transporte de un generador con un diámetro comprendido entre 5 y 6 metros.

30 Un generador que consta de un estator de generador que contiene al menos dos polos, donde cada polo consta de bobinados de cable y de un rotor de generador que incluye al menos dos componentes magnéticos, donde al menos parte del estator de generador contiene metal con propiedades magnéticas direccionales, puede utilizarse de manera ventajosa en una turbina eólica que consta de una multiplicadora, la cual, durante el funcionamiento de la turbina eólica está destinada a incrementar la velocidad de giro del generador en relación a la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1 es el esquema principal de una góndola de una turbina eólica que comprende una turbina eólica, una multiplicadora 103 y un generador.

40 La Figura 2 es el esquema principal de un generador que consta de un rotor de generador y de un estator de generador.

Descripción detallada de una implementación

45 La Figura 1 es un esquema principal de una góndola 100 de una turbina eólica. La turbina eólica incluye además un rotor 101, el cual se conecta a una multiplicadora 103 como, por ejemplo, una multiplicadora de dos etapas, mediante un eje de baja velocidad 102. La multiplicadora 103 convierte la velocidad de giro baja del eje de baja velocidad 102 a una velocidad de giro media de un eje de velocidad media 104.

50 El eje de velocidad media 104 está conectado a un generador 105 para transferir el par del eje de velocidad media 104 al generador 105. El generador 105, que puede ser un generador síncrono, genera energía eléctrica que se introduce en la unidad del convertidor de frecuencia 106, que alimenta con energía eléctrica a la red de suministro eléctrico 107. Los componentes de la góndola 100 están incluidos en una carcasa 108.

55 La velocidad de giro del eje de baja velocidad 102 durante el funcionamiento puede estar comprendida entre 0-40 RPM (revoluciones por minuto) dependiendo de la velocidad del viento, del tamaño de la turbina eólica y de si la turbina eólica está en una fase de arranque o está funcionando en una condición de funcionamiento normal. Una velocidad de giro típica del eje de baja velocidad 102 está comprendida en un rango de 8-22 RPM. La velocidad de giro del eje de baja velocidad 102 se convierte mediante la multiplicadora 103 para que la velocidad de giro del eje de velocidad media 104 durante el funcionamiento se encuentre dentro del rango comprendido entre 50-600 RPM. De esta manera, la velocidad de giro del generador 105 también está dentro del rango comprendido entre 50-600 RPM. Los generadores utilizables en turbinas eólicas que funcionan con velocidades de giro comprendidas entre 50-600 RPM son conocidos por los expertos como generadores de velocidad media; no se debe confundir con los generadores de alta velocidad para turbinas eólicas, los cuales tienen velocidades de giro dentro del rango comprendido entre 1500-3000 RPM.

65 Otros tipos de generadores utilizados para las turbinas eólicas, conocidos como generadores de accionamiento directo de baja velocidad, funcionan a velocidades de giro durante el funcionamiento comprendidas entre 10-40 RPM y generalmente están directamente conectados al rotor de la turbina eólica 101 sin utilizar una multiplicadora. Los

ES 2 318 963 B1

generadores de accionamiento directo de baja velocidad tienen diámetros de estator considerablemente más grandes en comparación con un generador de velocidad media. Por ejemplo, los generadores de accionamiento directo de baja velocidad de 2-3 MW y 3-4 MW pueden tener diámetros dentro de un rango de 3-4 metros y 5-6 metros respectivamente, mientras que un generador de velocidad media 2-3 MW puede tener un diámetro de estator comprendido en un rango de 1-2 metros únicamente.

Los generadores de accionamiento directo de baja velocidad con diámetros en el rango de 5-6 metros y un peso de 20 toneladas complican el transporte del generador al lugar de construcción y, asimismo, complican la sustitución de los generadores, especialmente en el caso de turbinas eólicas marinas, debido a la capacidad de carga necesaria en las grúas utilizadas para elevar el generador.

La Figura 2 es el esquema principal del generador 105. El eje de velocidad media 104 está conectado al rotor del generador 210 para la transmitir las rotaciones del eje de velocidad media 104 al rotor del generador 210. El rotor contiene un número de componentes magnéticos 211. Cada uno de los componentes magnéticos se constituye por un polo de rotor 212, posiblemente en combinación con otros componentes como las láminas de metal del rotor o las láminas de metal del rotor de grano orientado. Los componentes magnéticos 211 pueden estar integrados o dispuestos dentro o sobre una estructura de metal, como la lámina de metal del rotor, cuya estructura metálica, en combinación con un componente magnético 211 constituye el polo del rotor 212. Los componentes magnéticos 211, alternativamente los polos del rotor 212, pueden incluirse instalándolos en una corona de soporte del rotor en forma de disco, preferentemente de metal. La lámina de metal del rotor tiene preferentemente propiedades magnéticas direccionales tal provenientes de la laminación de grano orientado; no obstante, la lámina de metal del rotor puede estar alternativamente constituido en láminas de metal sin propiedades magnéticas direccionales. El número de componentes magnéticos 211 puede estar dentro del intervalo de 8-80, preferentemente dentro del intervalo de 10-40 o idealmente dentro del intervalo de 10-24.

Los componentes magnéticos 211 pueden ser imanes permanentes o imanes semipermanentes magnetizados durante el funcionamiento de la turbina eólica, es decir, la energía eléctrica generada por el generador 105, o aportada de forma alternativa por la red de suministro eléctrico 107, se utiliza para magnetizar los imanes semipermanentes. Además, los imanes 211 pueden estar fabricados de bobinas superconductoras o pueden ser electroimanes como, por ejemplo, bobinas que se magnetizan mediante energía eléctrica de una red de suministro eléctrico o mediante energía eléctrica producida por el generador 105.

El estator de generador 201 incluido en el generador 105 consta de una corona de estator 220 la cual consta de secciones de coronas de estator 221 formadas por láminas de estator como, por ejemplo, laminación de grano orientado. Las secciones de coronas de estator individuales 221 se muestran mediante bordes 222. La corona del estator 220 se forma superponiendo secciones de coronas de estator 221 como se muestra en la vista lateral 230. Por tanto, las secciones de coronas de estator 221 de la primera capa 231 se encuentran desplazadas con respecto a las secciones de coronas de estator de la segunda capa 232.

El estator de generador 201 incluido en el generador 105 incluye además al menos dos polos de estator 203 donde cada polo de estator 203 presenta un bobinado 204. El bobinado 204 puede realizarse en ranuras 205 de las secciones de coronas de estator 221. Cada polo 203 consta como mínimo de dos ranuras 205 y de un diente 206. Los dientes 206 del estator del generador 201 establecen la conexión magnética con los componentes magnéticos 211 del rotor del generador 210.

Cada sección individual de coronas de estator 221 comprende uno o más polos de estator 203. A título ilustrativo, ambas Figuras 2 muestran una sección de coronas de estator 221 a que comprende dos polos de estator 203b y 203c. En la práctica, la mayoría de las veces todas las coronas de estator 221 tendrán el mismo número de polos, como por ejemplo el estator del generador 201 de la Fig. 2 podría haber mostrado cuatro coronas de estator 221a cada una comprendiendo dos polos de estator 203b y 203c. O bien, el estator del generador 201 de la Fig. 2 podría haber mostrado ocho coronas de estator 221a cada una comprendiendo un polo de estator 203. Los bordes 222a muestran los bordes adicionales 222a en el caso representado para un generador 201 con ocho coronas de estator 221.

El número de polos del rotor 212 puede ser diferente del número de polos del estator 203 cuando el estator 201 tiene bobinados de ranura fraccionaria o bobinados de ranura asimétrica. El número de polos del rotor 212 también puede ser igual al número de polos del estator 203.

La dirección del grano 208 de la laminación de grano orientado en el polo del estator 203a se indica mediante la flecha 208. Por tanto, la flecha 208 muestra la dirección en la que la pérdida magnética en el polo del estator 203a es mínima. Cuando la dirección 231 del campo magnético del elemento magnético 211a es paralela a la dirección de grano 208, y el ángulo 230 es igual a cero, la pérdida magnética un diente 206 del polo del estator 203a es mínima. Por consiguiente, la pérdida magnética se reduce en el diente 206 teniendo la dirección de grano 208 cuando la dirección 231 del campo magnético es paralela con respecto a la dirección del grano 208. Evidentemente, debe entenderse que el campo magnético tiene una dirección radial en el diente 206, mientras que el campo magnético se curva en la periferia externa de las coronas de estator 221. Sin embargo, como la densidad del campo magnético es menor en la periferia de las coronas de estator 221 en comparación con la densidad del campo magnético en el diente 206, la pérdida magnética en la periferia exterior de las coronas de estator 221 es aun baja.

ES 2 318 963 B1

5 Cuando el rotor del generador 210 gira un pequeño ángulo 230, como 5 grados, la dirección 231 del campo magnético del elemento magnético 211a en un diente 206 se desvía desde la dirección del grano 208 con un pequeño ángulo 230, como, por ejemplo, 5 grados, con el resultado de que la laminación de grano orientado en el polo del estator 203a muestra una pérdida magnética mayor en comparación con la situación cuando la dirección 231 del campo magnético es paralelo a la dirección del grano 208. No obstante, dado que el ángulo 230 es pequeño (por ejemplo, 5 grados), el incremento de la pérdida magnética es insignificante.

10 Al dividir la primera capa 231 del estator del generador 201 en al menos cuatro secciones de coronas de estator 221, se logra que la desviación entre la dirección 231 del campo magnético del elemento magnético 211a u otro elemento magnético 211 y la dirección del grano 208 de cualquier sección de coronas de estator 221 no supere un ángulo máximo 230, de modo que la pérdida magnética sea insignificante. Para ser más específicos, el ángulo máximo 230 puede ser inferior a 20 grados, preferentemente inferior a 15 grados e idealmente inferior a 10 grados.

15 Por ejemplo, al dividir cada capa 231 del estator del generador 201 en quince secciones de coronas de estator 221, la desviación entre la dirección 231 del campo magnético del elemento magnético 211a o cualquier otro elemento magnético 211 y la dirección del grano 208 de cualquiera de los módulos del estator 220 no supera un ángulo máximo 230 de 12 grados.

20 La ventaja de utilizar láminas de estator de grano orientado en un generador 105, donde el estator del generador 201 se divide en secciones de coronas de estator 221 formadas por láminas de estator con propiedades magnéticas direccionales, es un mayor rendimiento del generador 105 comparado con otro generador idéntico en todos los aspectos excepto en que se utilizan láminas de estator sin propiedades magnéticas direccionales. En consecuencia, puede alcanzarse un incremento de producción de energía eléctrica del 0,3% al 0,4% comparado con el generador donde no se utiliza la conductividad magnética incrementada de las láminas de estator de grano orientado. Tal incremento de producción puede compensar el incremento de costes debido al uso de láminas de estator de grano orientado.

30 La pérdida magnética en las secciones de coronas de estator 221 depende de la velocidad de giro del eje de velocidad media. En el rango más bajo de 50 RPM del eje de velocidad media 104, las pérdidas magnéticas son pequeñas debido a pequeñas corrientes parásitas en las láminas de estator, mientras que en el rango más alto de 600 RPM las pérdidas magnéticas son algo mayores debido a las corrientes parásitas.

35 Las pérdidas magnéticas resultan inevitablemente en la generación de calor debido a las pérdidas en el hierro que se producen en las láminas del estator. En el rango más bajo de 50 RPM del eje de velocidad media, la generación de calor es poca debido a escasas pérdidas en el hierro, mientras que en el rango más alto de 600 RPM la generación de calor es mayor en proporción debido a mayores pérdidas en el hierro.

40 El calor generado en el estator del generador 201 causa un calentamiento del rotor del generador 210 y de los imanes 211. En particular, cuando se utilizan imanes permanentes 211, es importante mantener la temperatura del imán permanente 211 por debajo de los 190 grados Celsius, preferentemente por debajo de los 150 grados Celsius e idealmente por debajo de los 110 grados Celsius. Las temperaturas superiores a un cierto límite de temperatura máxima, como la temperatura de Curie de 300 grados Celsius, degradan el campo magnético de los imanes permanentes. No obstante, dado que el generador funciona en un rango de velocidad media de 50 RPM a 600 RPM, la temperatura no supera generalmente una temperatura que cause la degradación de los imanes permanentes como, por ejemplo, una temperatura superior a los 190 grados Celsius. La situación es diferente para los generadores de alta velocidad con velocidades de giro en el rango de 1500 RPM a 3000 RPM donde una velocidad de giro alta puede generar una temperatura superior a los 190 grados Celsius en el rotor del generador 210 que degradará el rendimiento de los imanes permanentes 211.

50 Si el estator no está dividido o si solamente está dividido en dos secciones de coronas de estator de igual tamaño 221, no se obtiene ninguna ventaja al utilizar láminas del estator con propiedades magnéticas direccionales. Por tanto, si la corona del estator 220 no está dividida o sólo está dividida en dos secciones de coronas de estator de igual tamaño 221, la desviación máxima entre la dirección 231 del campo magnético del elemento magnético 211a o cualquier otro elemento magnético 211 y la dirección del grano 208 de cualquiera de los módulos (uno o dos) del estator 220 será de 90 grados.

55 Por lo general, una desviación de 90 grados entre el campo magnético y la dirección del grano en la lámina de metal del estator resulta en una disminución del 30% de la saturación magnética. Por tanto, cuando el ángulo 230 es igual a cero, se transmite un campo magnético de, por ejemplo, 1.7 Tesla en un polo 203 mientras que cuando el ángulo 230 es igual a 90 grados, se transmite un campo magnético de sólo 1.2 Tesla en un polo 203 debido a la saturación magnética. Por tanto, en casos en los que los módulos del estator no están divididos o solamente están divididos en dos mitades, la ventaja de las propiedades magnéticas ideales cuando la dirección 231 del campo magnético de un imán 211 es paralela a la dirección del grano 208 está más que contrarrestada por las propiedades magnéticas no ideales cuando la dirección 231 del campo magnético de un imán 211 es perpendicular a la dirección del grano 208.

65 La sección de coronas de estator 221a consta de dos polos de estator 203b y 203c dispuestos en la misma lámina de metal del estator caracterizados por las mismas orientaciones de grano 208a. La desviación entre la dirección 231 del campo magnético de un elemento magnético 211 en un diente 206 y la dirección del grano 208a del módulo del estator 220 es más pequeña en un diente 206 cerca del centro de la sección de coronas de estator 221a que en un diente

ES 2 318 963 B1

206 cerca de los extremos de la sección de coronas de estator 221a. Por tanto, el promedio de la pérdida magnética en un diente 206 cerca de los extremos de la sección de coronas de estator 221a es mayor que la pérdida magnética en un diente 206 cerca del centro de la sección de coronas del estator 221a.

5 Las salidas eléctricas, como, por ejemplo, salidas trifásicas, de los polos de estator individuales 203 se pueden introducir en convertidores de frecuencia individuales para convertir la frecuencia y/o el voltaje de la energía eléctrica generada por el generador 105 para la adaptación a la frecuencia y el voltaje de la red de suministro eléctrico 107. Alternativamente, las salidas eléctricas de los polos de estator individuales 203 se pueden combinar, por ejemplo, en una caja de terminales central, y las salidas eléctricas combinadas desde la caja de terminales central pueden
10 introducirse en un convertidor de frecuencia central 106 para convertir la frecuencia y/o el voltaje.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Turbina eólica para generar energía eléctrica que consta de un generador (105) y un rotor (101) para accionar el generador (105); dicho generador (105) consta de
- un estator de generador (201) que incluye al menos dos polos de estator (203), donde cada polo de estator (203) dispone de bobinados (204) de cable, y un rotor de generador (210) que consta de al menos dos componentes magnéticos (211), donde al menos parte del estator del generador (201) contiene metal con propiedades magnéticas direccionales, y
 - dicho generador (105) se conecta al rotor de la turbina eólica (101) a través de una multiplicadora (103) destinada a incrementar la velocidad de giro del generador (105) en relación a la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica (101) durante el funcionamiento de la turbina eólica.
- 15 2. Turbina eólica según reivindicación 1, **caracterizada** porque la velocidad de giro prevista para el generador (105) durante el funcionamiento de la turbina eólica es al menos el doble, preferentemente al menos cinco veces, posiblemente al menos diez veces o incluso quince veces la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica (101).
- 20 3. Turbina eólica según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada** porque el generador (105) es un generador de velocidad media con una velocidad de giro, durante el funcionamiento, comprendida entre 30-1000 RPM, preferentemente entre 45-750 RPM o idealmente en un rango de 60-500 RPM.
- 25 4. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque el generador (105) consta de una corona de estator (220) que incluye una pluralidad de secciones de coronas de estator (221).
- 30 5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada** porque los, como mínimo, dos componentes magnéticos (211) son imanes permanentes, los cuales ya están totalmente magnetizados durante periodos de tiempo en los que la turbina eólica no se alimenta con energía eléctrica.
- 35 6. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada** porque los, como mínimo, dos componentes magnéticos (211) son imanes que se magnetizan durante periodos de tiempo en los que la turbina eólica se alimenta con energía eléctrica y que se desmagnetizan gradualmente durante periodos de tiempo en los cuales la turbina eólica no se alimenta con energía eléctrica.
- 40 7. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada** porque los, como mínimo, dos componentes magnéticos (211) son electroimanes magnetizados durante periodos de tiempo en los que la turbina eólica se alimenta con energía eléctrica.
- 45 8. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en la cual la multiplicadora (103) es una multiplicadora de dos etapas.
9. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en la cual el generador (105) es un generador síncrono.
- 50 10. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que además consta de al menos dos convertidores de frecuencia (106) y donde cada uno de los, como mínimo, dos polos de estator (203) están conectados uno a uno a los, como mínimo, dos correspondientes convertidores de frecuencia.
- 55 11. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que además consta de al menos un convertidor de frecuencia (106) en el que cada uno de los, como mínimo, dos polos del estator (203) están conectados a un sólo convertidor de frecuencia (106) común para los, como mínimo, dos polos de estator (203).
- 60 12. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, **caracterizada** porque al menos parte del rotor del generador (210) contiene metal con propiedades magnéticas direccionales.
- 65 13. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, **caracterizada** porque el generador (105) es del tipo de los que incluye imanes totalmente magnetizados previamente (211), estructuralmente integrados al generador de inducción síncrono o asíncrono (105) e independientes magnéticamente de los bobinados del estator (204) del generador de inducción síncrono o asíncrono.
14. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, **caracterizada** porque el generador (105) es del tipo de los que incluye imanes (211) magnetizados por el generador, estructuralmente integrados a un generador de inducción síncrono o asíncrono (105) y dependientes magnéticamente de cualquier bobinado del estator (204) del generador de inducción síncrono o asíncrono.
15. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, **caracterizada** porque el diámetro externo del estator del generador (201) está comprendido entre 3 y 4 metros, preferentemente entre 2 y 3 metros e idealmente entre 1 y 2 metros.

ES 2 318 963 B1

16. Uso de un generador que consta de un estator de generador (201) que incluye al menos dos polos (203), donde cada polo (203) dispone de bobinados (204) de cable, y un rotor de generador (210) que consta de al menos dos componentes magnéticos (211), donde al menos parte del estator del generador (201) contiene metal con propiedades magnéticas direccionales, en una turbina eólica que consta de una multiplicadora (105) destinada a incrementar la velocidad de giro del generador en relación a la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica (101) durante el funcionamiento de la turbina eólica.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

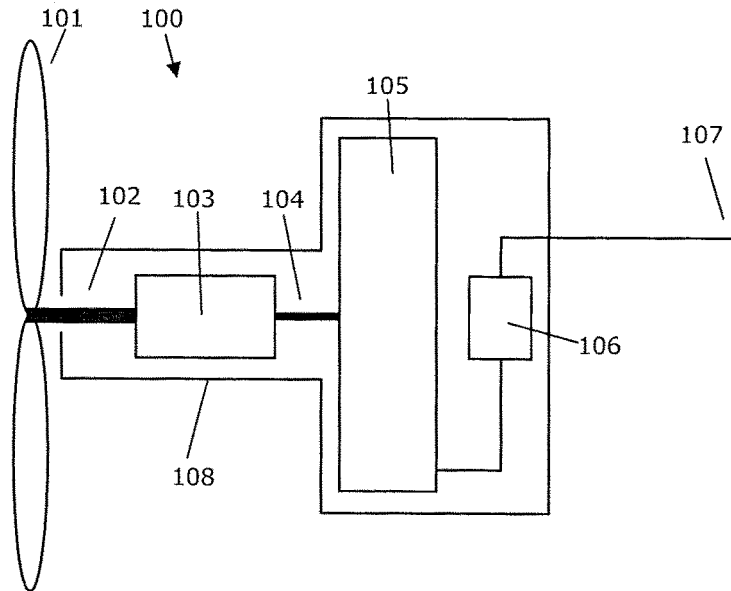


Fig. 1

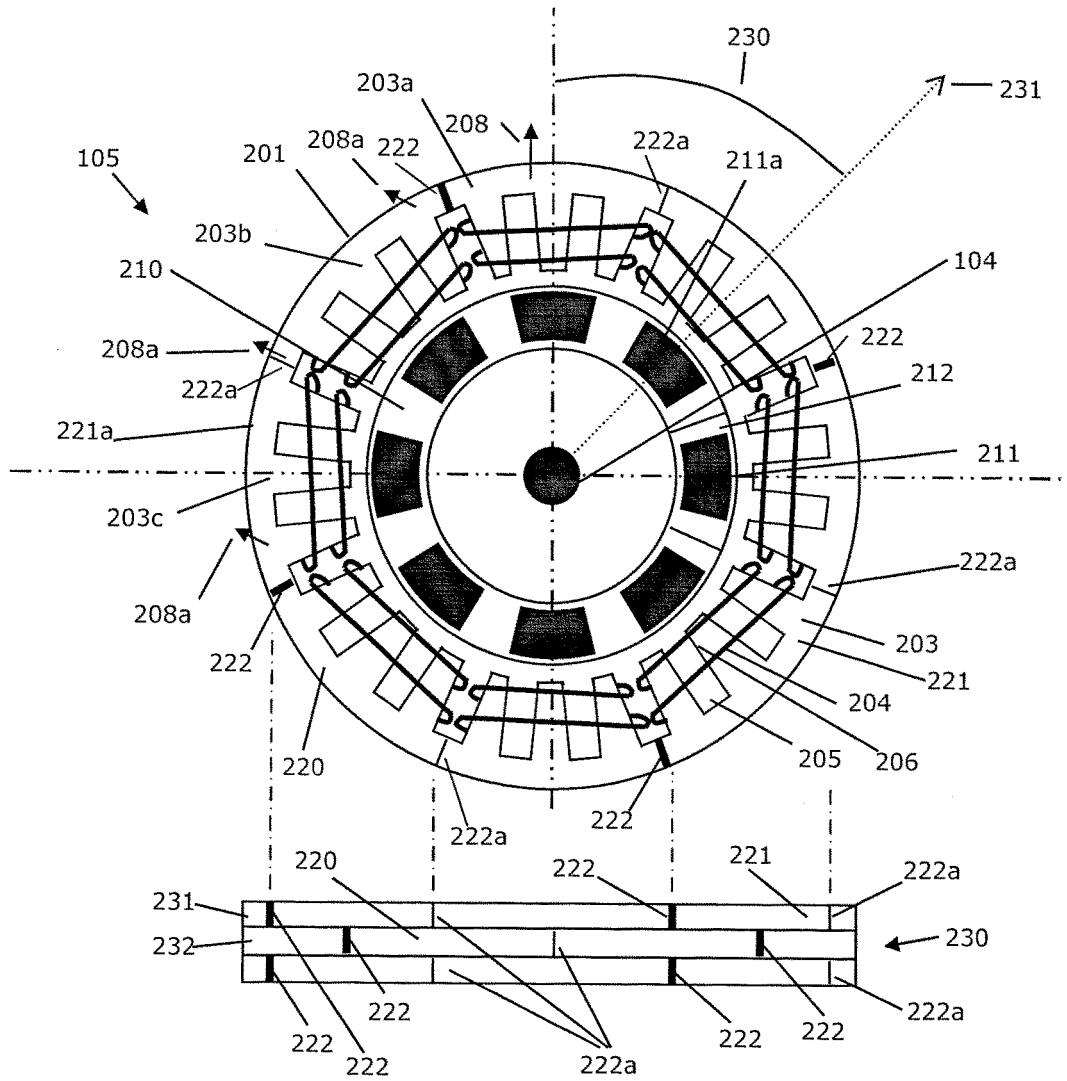


Fig. 2



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 318 963

② Nº de solicitud: 200601426

③ Fecha de presentación de la solicitud: 30.05.2006

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **H02K 1/16** (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y A	US 4672252 A (SPIRK et al.) 09.06.1987, todo el documento.	1-8,10,11 9,12-16
Y	EP 1241350 A1 (FUNDACION FATRONIK) 18.09.2002, resumen; párrafo 21.	1-8
Y	WO 2005027301 A1 (GEN ELECTRIC) 24.03.2005, resumen; páginas 4-6.	1,10,11
A	US 2004160141 A1 (DUBE et al.) 19.08.2004, párrafos [0033]-[0036].	1
Y	US 2004119365 A1 (BREZNAK et al.) 24.06.2004, todo el documento.	1-4,8
Y	ES 2168219 A1 (MARTINEZ CALVO J. ANT) 01.06.2002, resumen.	1-4,8
Y	EP 1276224 A1 (ABB SCHWEIZ AG) 15.01.2003, resumen.	1,10,11
A	US 2774999 A (MANSMANN et al.) 25.12.1956, columna 1, líneas 15-60.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
11.03.2009

Examinador
L. García Aparicio

Página
1/1