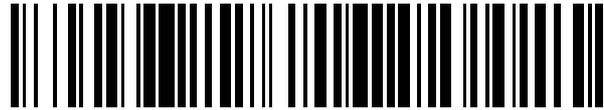


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 175**

51 Int. Cl.:

**H02K 3/24** (2006.01)  
**H02K 9/19** (2006.01)  
**H02K 3/12** (2006.01)  
**H02K 7/18** (2006.01)  
**H02K 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2015 PCT/EP2015/066569**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.02.2016 WO16023710**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2015 E 15738930 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3180839**

54 Título: **Generador síncrono, en particular un generador anular síncrono multipolar de una turbina eólica sin engranajes, y turbina eólica con los mismos**

30 Prioridad:

**14.08.2014 DE 102014216148**

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

**02.06.2020**

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)  
Borsigstrasse 26  
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**RÖER, JOCHEN y  
MIDDELSTÄDT, FALK**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 764 175 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 síncrono, en particular un generador anular síncrono multipolar de una turbina eólica sin engranajes, y turbina eólica con los mismos

5

La presente invención se refiere a un generador síncrono, en particular un generador anular síncrono multipolar de una turbina eólica sin engranajes según el preámbulo de la reivindicación 1. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica con un generador semejante.

10 En la solicitud alemana prioritaria, la Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado la siguiente documentación: EP 2 752 578 A1, CH 357 797 A y DE 102 44 202 A1.

15 Las turbinas eólicas son conocidas en general. Generan electricidad a partir del viento mediante un generador. Las turbinas eólicas modernas sin engranajes a menudo presentan un generador anular síncrono multipolar con un diámetro del entrehierro grande. El diámetro del entrehierro es de al menos cuatro metros y generalmente se extiende hasta casi cinco metros. Los generadores síncronos compuestos de varias partes pueden presentar diámetros del entrehierro en el intervalo de diez metros o más.

20 La eficiencia del generador síncrono influye significativamente en la eficiencia de toda la turbina eólica al generar electricidad. Para lograr la mayor eficiencia posible en la generación de electricidad, es importante hacer que el devanado del estator sea óptimo. Esto incluye, en particular, acomodar un número lo más alto posible de haces conductores en el devanado del estator.

25 Cuando mayor sea la densidad del material del devanado del estator, y más fuerte sea el campo inducido del generador síncrono, se produce una mayor generación de calor en el devanado del estator. El devanado del estator y el anillo del estator del generador síncrono se calientan inevitablemente durante el funcionamiento. Se debe evitar a toda costa exceder los límites de temperatura predeterminados, por ejemplo, para evitar el deterioro de la eficiencia o problemas mecánicos debido a la generación y transmisión de calor a componentes adyacentes.

30 En consecuencia, debe enfriarse el generador, en particular, el anillo del estator.

Del estado de la técnica, por ejemplo, se conoce el enfriamiento del anillo del estator mediante refrigerantes externos, dispuestos en el borde periférico del anillo del estator.

35 Este procedimiento de enfriamiento ha demostrado ser sustancialmente confiable en la práctica. Sin embargo, existe la necesidad de mejorar la capacidad de enfriamiento alcanzable en el generador síncrono de la turbina eólica, y en particular en el anillo del estator.

40 El documento EP 2 182 570 A1 muestra un generador de una turbina eólica que presenta un estator con una pluralidad de láminas de estator. Cada lámina de estator comprende una pluralidad de ranuras SL de un lado de la lámina del estator. En cada ranura está dispuesto un tubo de enfriamiento en la parte inferior y encima el devanado del estator. El tubo de enfriamiento puede presentar una sección transversal adaptada a la configuración de la ranura.

45 El documento CH 357797 A muestra un devanado del estator para máquinas eléctricas, que se acomodan junto con los canales de enfriamiento en las ranuras. Varios canales de enfriamiento están dispuestos a diferentes alturas de la ranura entre las cuales discurren los devanados del estator.

50 El documento US 5 642 013 A muestra un motor síncrono con un yugo donde están formadas ranuras. En las ranuras hay giros de una bobina y en la parte inferior de la ranura hay una tubería para el refrigerante. Para mejorar la disipación de calor, la tubería está asociada con un cuerpo laminar que se extiende entre los giros y una superficie de pared de la ranura.

55 Por lo tanto, se considera un objetivo de la presente invención abordar al menos uno de los problemas mencionados anteriormente. En particular, se debe mejorar la capacidad de enfriamiento del generador síncrono.

La invención resuelve el objetivo subyacente en un generador síncrono del tipo descrito inicialmente estando este formado según la reivindicación 1.

60 Por «multipolar» en un generador anular sincrónico de una turbina eólica sin engranajes se entiende una pluralidad de polos de estator, en particular una formación con al menos 48 dientes de estator, a menudo incluso significativamente más dientes de estator, como 96 dientes de estator o incluso más dientes de estator. La zona

magnéticamente activa del generador, es decir, el rotor, y el estator está dispuesto en una zona anular alrededor del eje de rotación del generador síncrono. En particular, un intervalo del 0 a al menos el 50 por ciento del radio del entrehierro está libre de materiales que transportan corriente eléctrica o campo eléctrico del generador síncrono. En particular, este espacio interior está completamente libre y en principio es transitable. Con frecuencia, este intervalo también es más del 0 al 50 por ciento del radio del entrehierro, en particular hasta del 0 al 70 por ciento o incluso del 0 al 80 por ciento del radio del entrehierro. En función de la estructura, puede estar presente una estructura de soporte en esta zona interior, pero en algunas realizaciones puede estar formada con una desalineación axial. Por razones funcionales, dichos generadores síncronos de una turbina eólica sin engranajes son generadores de rotación lenta. Bajo rotación lenta se entiende aquí dependiendo del tamaño del sistema, una velocidad de menos de 40 revoluciones por minuto, en particular de aproximadamente 4 a 35 revoluciones por minuto.

La invención aprovecha el conocimiento de que la disipación de calor óptima se logra mediante la absorción del calor directamente allí donde se genera. En el caso presente, el calor se libera en los devanados del estator cuando se genera corriente eléctrica en el generador síncrono. La invención persigue el enfoque de absorber el calor liberado en una ubicación lo más cercana posible de los devanados del estator. La incorporación de un disipador térmico en el interior de la ranura que acoge el devanado del estator nunca se había considerado en el pasado, ya que el enfoque principal se resistía proporcionar el mayor número posible de haces conductores en una ranura o una densidad de empaquetado del devanado del estator en la ranura lo más alta posible.

Se ha encontrado que el supuesto deterioro de la eficiencia del generador debido a la «omisión» de giros a favor de un canal de refrigeración se compensa con la mayor eficiencia de un devanado más frío.

En una variante ventajosa de la invención, el disipador térmico presenta al menos una superficie de contacto del devanado, que está en contacto con el devanado del estator. Cuanto mayor sea el área de contacto del devanado, mayor es la transferencia de calor entre el devanado del estator y el disipador térmico.

Preferentemente, el disipador térmico presenta al menos una superficie de contacto con la pared, que está en contacto con una pared de ranura. Según esta realización preferida de la invención, con el disipador térmico según la invención es además posible enfriar el anillo del estator de forma activa. También con respecto a la superficie de contacto con la pared se considera que la transferencia de calor desde el estator en el disipador térmico es mayor cuanto mayor sea la superficie de contacto con la pared.

El disipador térmico presenta un cuerpo hueco que está conectado de manera conductora de fluidos con un circuito de medios refrigerantes, donde el cuerpo hueco presenta una pared con una cara interior y una cara exterior.

El disipador térmico presenta una primera superficie de contacto de pared en contacto con una primera pared de ranura, y una segunda superficie de contacto de pared en contacto con una segunda pared de ranura opuesta a la primera pared de ranura. Por lo tanto, el disipador térmico se extiende como un puente completamente desde una pared de ranura hasta la siguiente pared de ranura. En esta realización, el disipador térmico presenta preferentemente no solo dos superficies de contacto con la pared, sino también dos superficies de contacto con el devanado, donde la segunda superficie de contacto con el devanado está dispuesta en un lado del disipador térmico opuesto a la primera superficie de contacto con el devanado.

La superficie de contacto de la pared está formada al menos parcialmente por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco. De forma alternativa o adicional, la superficie de contacto del devanado está preferentemente formada al menos de forma parcial por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco. Estas realizaciones permiten una construcción estructuralmente sencilla del cuerpo hueco.

El disipador térmico presenta una o más bandas, que se extienden desde la pared del cuerpo hueco a lo largo de las paredes de la ranura y presentan una cara exterior hacia la pared de la ranura respectiva y una cara opuesta, adyacente a la cara interior del devanado del estator. Preferentemente, la superficie de contacto de la pared está formada al menos parcialmente desde la cara exterior de las bandas, y la superficie de contacto del devanado está formada al menos parcialmente desde la cara interior de las bandas.

En otra configuración preferida del generador síncrono, la cara interior de la pared del cuerpo hueco presenta una o más aletas de refrigeración. Las aletas de refrigeración generan una mayor disipación de calor en el medio refrigerante debido a la mayor superficie de contacto entre el medio refrigerante y el cuerpo hueco en comparación con la superficie del cuerpo hueco que no está provista de aletas.

El cuerpo hueco puede extenderse en la forma de un rectángulo entre las paredes de la ranura, o bien puede presentar una superficie ampliada en comparación con la forma rectangular, vista desde una pared de la ranura en la dirección de la pared de la ranura opuesta. Preferentemente, el cuerpo hueco presenta en la dirección radial de la

ranura un talle o una protuberancia. Por un talle se entiende tanto una constricción cóncava como una hendidura «cuadrada» con transiciones de superficie no redondeadas. Lo mismo se aplica a la inversa para la protuberancia. Por protuberancia se entiende tanto una curvatura convexa como un curso de superficie «angular» sin transiciones redondeadas. Dicho cuerpo hueco curvo «angular» presenta en sección transversal sustancialmente una forma poligonal.

En otro aspecto, la invención se refiere a una turbina eólica, en particular una turbina eólica sin engranajes con un generador síncrono para generar electricidad, que está formado en particular como un generador síncrono multipolar.

La invención resuelve el objetivo mencionado inicialmente en dicha turbina eólica mediante un generador síncrono, que está formado según una de las realizaciones preferidas de la invención descritas anteriormente en esta invención. Con respecto a las ventajas de la turbina eólica según la invención, se hace referencia a las realizaciones anteriores sobre el generador síncrono.

En otro aspecto más, la invención se refiere a la utilización de un disipador térmico para recibir y disipar la energía térmica liberada. Según la invención, se usa el disipador térmico para recibir y disipar la energía térmica liberada de un devanado del estator de un generador síncrono según una de las realizaciones preferidas de la invención descritas en esta invención, donde el disipador térmico está dispuesto en una ranura del generador síncrono.

Preferentemente, el disipador térmico está formado según la invención con las características del disipador térmico del generador síncrono descrito anteriormente. También en este sentido, se hace referencia a las realizaciones anteriores con respecto al generador síncrono según la invención con respecto a las ventajas.

La invención se explica a continuación más en detalle con referencia a las figuras adjuntas mediante varios ejemplos de realización preferidos. En este sentido, se proporcionan características idénticas o funcionalmente idénticas con números de referencia idénticos.

En este caso muestran:

Figura 1 una turbina eólica de forma esquemática en una vista en perspectiva,

Figura 2 una góndola de la turbina eólica según la figura 1 de forma esquemática en una vista en sección en perspectiva,

Figura 3 una vista en perspectiva esquemática simplificada de un estator de una turbina eólica según las figuras 1 y 2,

Figura 4 una vista en sección parcial a través del estator según la figura 3,

Las figuras 4a-e muestran diversas configuraciones de un disipador térmico para su uso en un estator según las figuras 3 y 4.

La figura 1 muestra una turbina eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y un buje 110. Durante el funcionamiento, el rotor 106 se pone a girar accionado por el viento y de este modo acciona un generador 1 (figura 2) en la góndola 104.

La góndola 104 se muestra en la figura 2. La góndola 104 está montada de forma giratoria en la torre 102 y por medio de un accionamiento de azimut 7 está conectada de forma accionada de una manera conocida en general. De manera conocida también en general, en la góndola 104 está sujeto un soporte de máquina 9 que sujeta un generador síncrono 1. Según la presente invención está configurado el generador síncrono 1 y es en particular un generador anular síncrono multipolar, que gira lentamente. El generador síncrono 1 presenta un estator 3 y un rotor 5 que circula interiormente. El rotor 5 está conectado con un buje de rotor 13, que le transmite el movimiento de rotación de las palas de rotor 108 provocado por el viento al generador síncrono 1.

La figura 3 muestra el estator 3 por sí solo. El estator 3 presenta un anillo de estator 16 con una superficie circunferencial interior 18. En la superficie circunferencial interior 18 está prevista una pluralidad de ranuras 17, que están configuradas para la recepción del devanado de estator en forma de haces de conductores.

La figura 4 muestra una vista en sección transversal a través de una ranura 17 del anillo del estator 16. La ranura se extiende en una dirección sustancialmente radial a lo largo de un eje de la ranura 21. La ranura 17 presenta una primera pared de ranura 19a y una segunda pared de ranura 19b opuesta a la primera pared de ranura.

Las figuras 4a-e muestran diversas realizaciones de un disipador térmico 25a-e para el generador síncrono 1 según la invención, dispuesto en cada caso en una de las ranuras 17.

- 5 El disipador térmico 25a que se muestra en la figura 4a está, en lo que respecta a su contorno exterior, formado sustancialmente en forma de una X curvada. El disipador térmico 25a presenta una primera superficie de contacto de devanado 31a y una segunda superficie de contacto de devanado 31b, que están en contacto con un devanado de estator 23. Esto también se aplica a la superficie de contacto del devanado 31a,b del disipador térmico 25b-e de las figuras 4b-e, donde, sin embargo, se omitió la representación del devanado del estator 23 para mayor claridad.
- 10 El disipador térmico 25a también presenta una primera superficie de contacto de pared 33a y una segunda superficie de contacto de pared 33b, cada una de las cuales se extiende a lo largo de las paredes de la ranura 19a+b y se apoya en ellas. Las superficies de contacto con la pared 33a,b están formadas según la figura 4a parcialmente por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco 27a. Según la figura 4a, el disipador térmico 25a también presenta una pluralidad de bandas 29a, una de las cuales está provista de números de referencia en aras de la claridad. Las
- 15 bandas se extienden desde la pared del cuerpo hueco 27a a lo largo de las paredes de las ranuras 19a,b. Una cara exterior de las bandas 29a también forma parte de la superficie de contacto de la pared 33a,b, mientras que una cara interior de las bandas 29a forma parte de la superficie de contacto del devanado 31a,b del disipador térmico 25a. Esto aumenta la superficie total del disipador térmico 25a.
- 20 El interior de la pared del cuerpo hueco 27a presenta varias aletas de refrigeración 35a,b, cada una de las cuales sirve para aumentar la superficie de la pared del cuerpo hueco 27a.
- El cuerpo hueco 25a está entallado en la dirección de la ranura 17 o en la dirección del eje de la ranura 21 o ceñido
- 25 de manera cóncava en ambos lados.
- El disipador térmico 25b mostrado en la figura 4b se asemeja estructuralmente al cabezal refrigerador 25a de la figura 4a porque presenta un cuerpo hueco 27b y una pluralidad de bandas 29b que se extienden desde el cuerpo hueco 27b, donde la superficie de contacto con la pared 33a,b, respectivamente, está formada parcialmente por la
- 30 cara exterior de la pared del cuerpo hueco 27b, y de la cara exterior de las bandas 29b. Asimismo, la superficie de contacto del devanado está parcialmente formada por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco 27b y por las caras interiores de las bandas 29b.
- A diferencia del disipador térmico 25a, el cuerpo hueco 27b del disipador térmico 25b está formado como un tubo
- 35 sustancialmente cilíndrico sobre el cual las bandas están dispuestas tangencialmente en el exterior. En la dirección del eje de ranura 21, el cuerpo hueco 27b está abultado, es decir, presenta una protuberancia.
- El disipador térmico 25c de la figura 4c está formado con una sección transversal sustancialmente ovalada, y presenta en las caras orientadas hacia las paredes de la ranura 19a,b una sección de pared exterior no doblada que
- 40 descansa en las paredes de la ranura 19a,b, y forma las superficies de contacto de la pared 33a,b del disipador térmico 25c. A diferencia de las figuras 4a,b, el disipador térmico 25c no presenta bandas. Pero es como el disipador térmico 25b según la figura 4b abultado en la dirección radial o del eje de ranura 21 y, por lo tanto, presenta una protuberancia o es convexo en ambos lados.
- 45 El disipador térmico 25d que se muestra en la figura 4d presenta un cuerpo hueco 27d que presenta un perfil de sección transversal sustancialmente rectangular. Las superficies de contacto del devanado 31a,b se extienden sustancialmente por el camino más corto desde una pared de ranura 19a hasta la pared de ranura opuesta 19b, desde donde la superficie de contacto de pared 33a,b en forma de la cara exterior de la pared del cuerpo hueco 27d se extiende a lo largo de las paredes de ranura 19a,b.
- 50 Con el número de referencia 37, se indican las secciones transversales de los cables de bobinado.
- El disipador térmico 27d no está ni entallado ni formado con una protuberancia bulbosa.
- 55 Finalmente, la figura 4e muestra un disipador térmico 25e que, al igual que los disipadores térmicos 25c,d de las figuras 4c,d, no presenta bandas, de modo que las superficies de contacto con la pared 33a,b están formadas completamente por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco 27e. En la dirección de las flechas 39, que están situadas preferentemente en el eje de ranura 21, la sección transversal sustancialmente poligonal del cuerpo hueco 27e está ceñida, de modo que se forma un talle. Este puede, como en el ejemplo mostrado en la figura 4e, formarse
- 60 con bordes redondeados, o incluso con bordes angulares, de modo que se forma un doble trapecoide, que posee el eje de ranura 21 como eje de simetría.

Aunque los disipadores térmicos 25c,d,e se representan sin bandas en las realizaciones mostradas, sin embargo, está dentro del alcance de la invención proporcionar estos disipadores térmicos con bandas, tal como está dentro del alcance de la invención proporcionar disipadores térmicos que desde el punto de vista estructural están formados sustancialmente como el disipador térmico 25a,b de las figuras 4a,b, pero no presentan bandas.

5

Asimismo, está dentro del alcance de la invención que los disipadores térmicos de las figuras 4b-e también presenten una o más aletas de refrigeración en la cara interior de la pared de los cuerpos huecos 27b-e.

Además, dichos perfiles de sección transversal están dentro del alcance de la invención, donde una primera superficie de contacto del devanado está abultada, y la segunda superficie de contacto opuesta del devanado está ceñida, o ni está abultada ni ceñida. Del mismo modo, dichos perfiles de sección transversal están dentro del alcance de la invención, donde solo una superficie de contacto del devanado está provista de un talle, que está presionado en la dirección del interior del cuerpo hueco, mientras que la segunda superficie de contacto del devanado opuesta es recta, por tanto, ni abultada ni entallada.

10

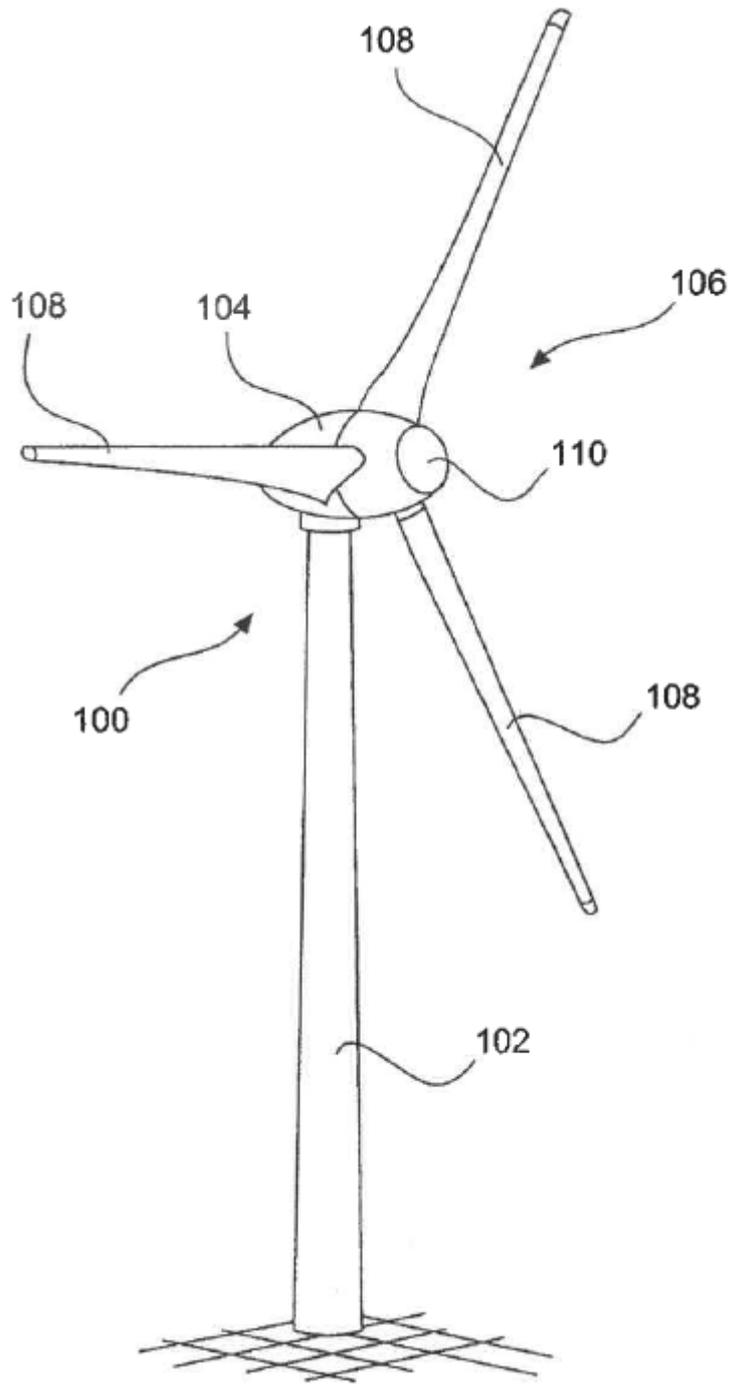
Si es ventajoso para la aplicación particular, varias o todas las ranuras del anillo del estator 16 tendrán un disipador térmico idéntico 25a-e, o bien el anillo del estator 16 proporcionará diferentes geometrías del disipador térmico 25a-e para diferentes grupos de ranuras 17.

15

20 Otras realizaciones preferidas de la invención resultarán evidentes a partir de las diferentes combinaciones de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Generador síncrono (1), en particular un generador anular síncrono multipolar de una turbina eólica sin engranajes (100), para la generación de electricidad, con
- un rotor (4) y un estator (3), donde el estator (3) presenta una pluralidad de ranuras (17) donde está dispuesto un devanado del estator, donde el devanado del estator (23) libera energía térmica como resultado de la generación de electricidad, y
- donde en una, varias o todas las ranuras (17) está dispuesto un disipador térmico (25a,b) para recibir y disipar la energía térmica liberada,
- donde el disipador térmico presenta un cuerpo hueco (27a,b) que está conectado de manera conductora de fluidos con un circuito de medios refrigerantes, donde el cuerpo hueco presenta una pared con una cara interior y una cara exterior,
- donde el disipador térmico (25a,b) presenta una primera superficie de contacto de pared (33a) en contacto con una primera pared de ranura (19a) y una segunda superficie de contacto de pared (33b) en contacto con una segunda pared de ranura (19b) opuesta a la primera pared de ranura, donde la superficie de contacto de pared (33a,b) está formada al menos parcialmente por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco (27a-c), y
- donde el disipador térmico (25a-e) presenta al menos una superficie de contacto del devanado (31a,b) que está en contacto con el devanado del estator (23), donde la superficie de contacto del devanado (31a,b) está formada al menos parcialmente por la cara exterior de la pared del cuerpo hueco (27a-c),
- caracterizado porque,
- el disipador térmico (25a,b) presenta en cada superficie de contacto de pared (33a,b) una pluralidad de bandas (29a,b) que se extienden en direcciones opuestas desde la pared del cuerpo hueco (27a,b) a lo largo de las paredes de la ranura (19a,b) y una cara exterior que mira hacia la pared de la ranura respectiva y una cara opuesta, adyacente a la cara interior del devanado del estator (23), donde la superficie de contacto de la pared está formada al menos parcialmente por la cara exterior de las bandas y la superficie de contacto del devanado está formada al menos parcialmente por la cara interior de las bandas.
2. Generador síncrono según la reivindicación 1,
- donde la cara interior de la pared del cuerpo hueco (27a) presenta varias aletas de refrigeración (35a,b).
3. Generador síncrono según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2,
- donde el cuerpo hueco (27a,e) en la dirección radial de la ranura (17) presenta un talle.
4. Generador síncrono según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2,
- donde el cuerpo hueco (27a,c) en la dirección radial de la ranura (17) presenta una protuberancia.
5. Turbina eólica (100), en particular una turbina eólica sin engranajes,
- con un generador síncrono (1) para generar electricidad, que está formado en particular como un generador síncrono multipolar,
- donde el generador síncrono está formado según una de las reivindicaciones anteriores.
6. Uso de un disipador térmico para recibir y disipar la energía térmica liberada de un devanado del estator (23) de un generador síncrono (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5,
- donde el disipador térmico está dispuesto en una ranura (17) del generador síncrono.



**Fig. 1**

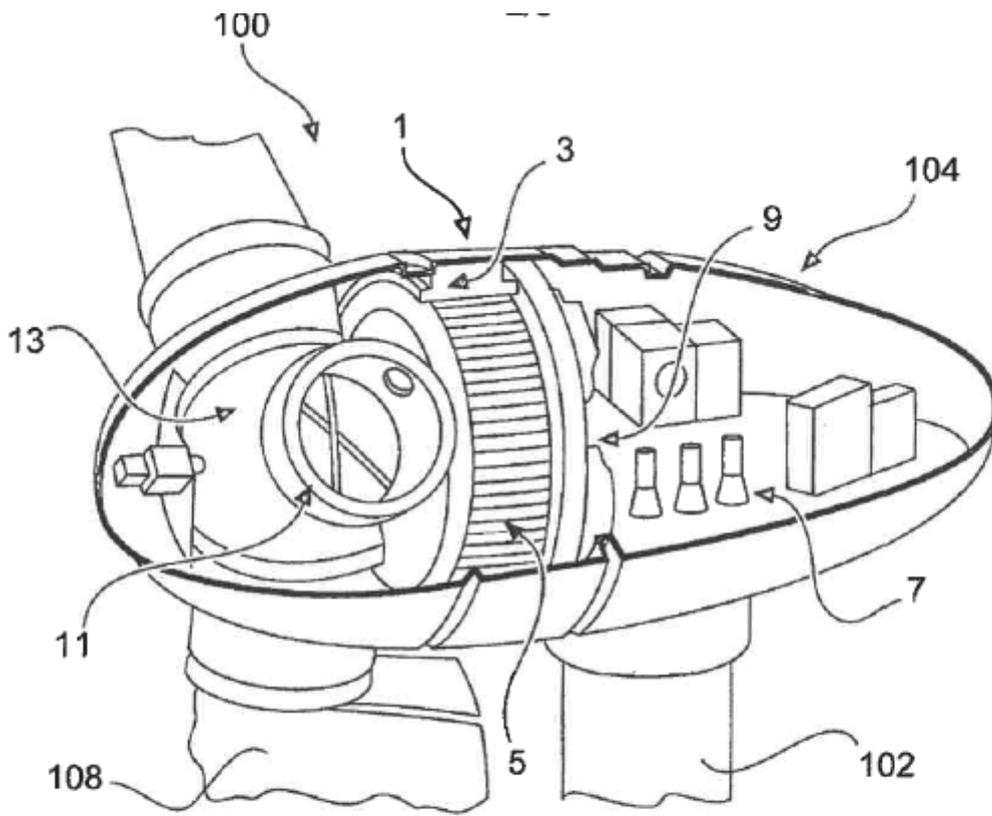


Fig. 2

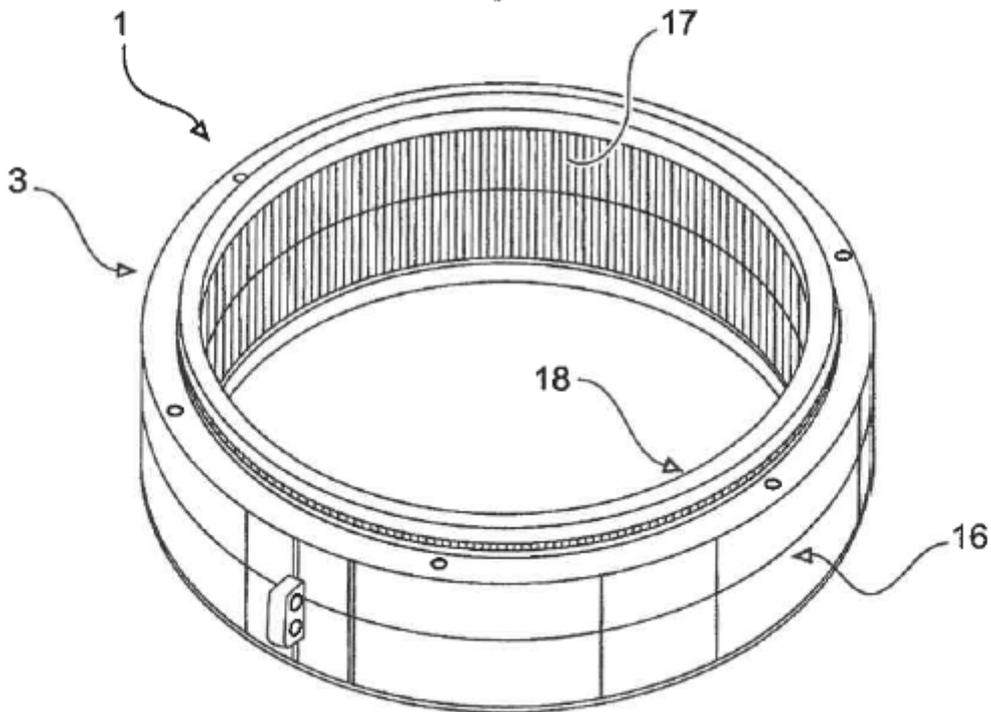


Fig. 3

