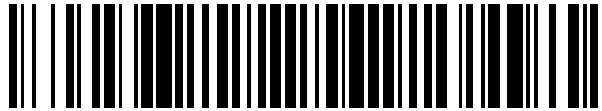


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 208**

51 Int. Cl.:

**F03D 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2014 PCT/EP2014/056542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14161862**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2014 E 14714280 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2981719**

54 Título: **Turbina eólica y procedimiento para la operación de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**05.04.2013 DE 102013206039**

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

**07.04.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HILLING, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 753 208 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**

Turbina eólica y procedimiento para la operación de una turbina eólica

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica y a un procedimiento para la operación de una turbina eólica.

Por debajo de determinadas temperaturas, puede formarse hielo en las palas del rotor de una turbina eólica. Dicha formación de hielo o acumulación de hielo no es deseable porque puede poner en peligro a las personas y a los edificios en los alrededores de la turbina eólica si el hielo se cae de las palas del rotor y vuela por la zona. Además,  
 10 la formación de hielo o la acumulación de hielo en la pala del rotor de una turbina eólica provoca un cambio en el comportamiento aerodinámico, de modo que las turbinas eólicas ya no pueden funcionar de forma óptima.

El documento WO 2004/104412 A1 describe un procedimiento para la operación de una turbina eólica, donde se mide la temperatura en los alrededores de la turbina eólica. Además, se registran los parámetros de funcionamiento  
 15 de la turbina eólica. Si los parámetros de funcionamiento registrados difieren de los parámetros de funcionamiento almacenados, se comprueba la temperatura exterior. Si la temperatura exterior está por debajo de un valor límite, es posible influir en el funcionamiento de la turbina eólica. Sin embargo, si la temperatura es superior al valor límite, los valores de los parámetros almacenados se adaptan a los parámetros registrados.

20 El documento WO 2010/131522 A1 describe un procedimiento para la operación de una turbina eólica, donde se registran los parámetros de funcionamiento de la turbina eólica y se comparan con valores de referencia predeterminados. Si la diferencia entre los parámetros de funcionamiento registrados y los parámetros de funcionamiento de referencia supera un valor límite, se calienta la pala del rotor para eliminar cualquier acumulación de hielo que se haya formado.

25 En la solicitud alemana que da origen al derecho de prioridad, la Oficina Alemana de Patentes y Marcas realizó una búsqueda en los siguientes documentos: DE 196 21 485 A1, US 2010/0034652 A1, US 2010/0119370 y Cattin, R. y cols. "Four years of monitoring a wind turbine under icing conditions", 13. International Workshop on Atmospheric Icing of Structures, 11 de septiembre de 2009, 1 a 5.

30 El objetivo de la presente invención es proporcionar una turbina eólica y un procedimiento para la operación de la turbina eólica, que permita una posibilidad más eficaz de hacer funcionar la turbina eólica también a temperaturas bajas.

35 Este objetivo se resuelve con una turbina eólica según la reivindicación 1y-6 y con un procedimiento para la operación de una turbina eólica según la reivindicación 4.

Se trata de una turbina eólica con al menos una pala, un sistema de calefacción de palas para calentar al menos una sección de al menos una pala del rotor, al menos un sensor de temperatura para detectar la temperatura exterior en  
 40 la zona o en los alrededores de la turbina eólica, al menos un sensor de humedad para detectar la humedad en la zona o en los alrededores de la turbina eólica y una unidad de control para activar el sistema de calefacción de palas cuando la temperatura desciende por debajo de un valor límite y cuando se supera un valor límite de humedad del aire, siendo el valor límite de temperatura de +5 °C y el valor límite de la humedad del aire del 70 %.

45 Según un aspecto de la presente invención, el valor límite de la temperatura es de +2 °C y el valor límite de la humedad es DE aproximadamente el 95 %.

La invención también se refiere a un procedimiento para la operación de una turbina eólica que presenta al menos una pala del rotor, un sistema de calefacción de palas para calentar al menos una sección de las palas del rotor, un  
 50 sensor de temperatura para detectar la temperatura exterior en la zona de la turbina eólica, al menos un sensor de humedad para detectar la humedad del aire en la zona de la turbina eólica. El sistema de calefacción de palas se activa cuando la temperatura desciende por debajo de un valor límite y cuando la humedad del aire supera un valor límite. El valor límite de temperatura es de +5 °C y el valor límite de la humedad es del 70 %.

55 La presente invención también se refiere a una turbina eólica con una pala del rotor, un sistema de calefacción de palas para calentar la pala del rotor, un sensor de temperatura para medir la temperatura exterior en la zona de la turbina eólica, un sensor de humedad para medir la humedad del aire en la zona de la turbina eólica y una unidad de control para activar el sistema de calefacción de palas cuando la temperatura desciende por debajo de 2 °C y se excede un valor límite de humedad del aire.

60 La presente invención se refiere a la idea de activar de forma preventiva el calentamiento de una pala del rotor, es decir, antes de que se acumule hielo o se forme hielo en las palas del rotor de la turbina eólica. El calentamiento de

las palas del rotor se activa en función de la temperatura exterior y de la humedad relativa o de un cambio de la humedad.

Otras configuraciones de la invención son objeto de las reivindicaciones secundarias.

5

Las ventajas y los ejemplos de realización de la invención se explican en mayor detalle a continuación con referencia al dibujo.

Fig. 1 muestra una turbina eólica según la invención, y

10

Fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de una turbina eólica según la invención.

La fig. 1 muestra una una turbina eólica según la invención. La turbina eólica 100 presenta 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. El rotor 108 se pone en movimiento de giro durante el funcionamiento debido al viento y, de este modo, acciona un generador eléctrico en la góndola 104. La pala del rotor presenta un borde delantero 108a y un borde trasero 108b.

15

La fig. 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de una turbina eólica según la invención. La turbina eólica 100 según la invención presenta un generador 200, una unidad de control 300, un sistema de calefacción de palas 400 para calentar al menos una sección de las palas del rotor 108 y una pluralidad de sensores 500. Los sensores 500 presentan al menos un sensor de temperatura 510 para medir la temperatura en las proximidades o alrededores de la turbina eólica y un sensor de humedad 520 que está previsto para medir la humedad en las proximidades o alrededores de la turbina eólica 100. Los resultados de medición de los sensores 500 se transmiten a la unidad de control 300, que activa el sistema de calefacción de palas 400 para calentar las palas del rotor 108 en función de estos resultados de medición.

20

25

De este modo, el sistema de calefacción de palas 400 se controla o se activa en función de la temperatura exterior y de la humedad relativa. La activación preventiva del sistema de calefacción de palas 400 puede evitar la acumulación de hielo en las zonas aerodinámicamente relevantes de la pala del rotor antes de que se produzca. Para ello se activa el sistema de calefacción de palas 400 y se calientan las palas del rotor al menos en las zonas aerodinámicamente relevantes. Esta zona aerodinámicamente relevante es, en particular, la zona del borde delantero de las palas del rotor. Las zonas aerodinámicamente menos relevantes como, por ejemplo, el borde trasero de las palas del rotor, opcionalmente pueden ser mantenidas libres de hielo por el sistema de calefacción de palas 400. Sin embargo, esto es solo opcional.

30

35

Según la invención, el calentamiento preventivo de la pala es activado por el sistema de calefacción de palas 400 cuando la unidad de control 300 para controlar la operación de la turbina eólica está en modo automático. Por ejemplo, los valores límite de humedad y temperatura exterior pueden archivararse o almacenarse en la unidad de control 300. Según la invención, el sistema de calefacción de palas 400 se activa con una humedad superior al 70 % y una temperatura exterior inferior a +5 °C; opcionalmente, el sistema de calefacción de palas se activa con una temperatura exterior de igual o inferior a +2 °C y una humedad igual o superior al 95 %.

40

Opcionalmente, un sensor de presión de aire 540 y sensores 530 pueden estar previstos para monitorear el acceso a la turbina eólica.

45

Según la invención, el valor límite para la humedad y la temperatura exterior puede ser seleccionado en función de la ubicación de la instalación de la turbina eólica.

Cuanto mayor sea la temperatura (o el valor límite), más pronto se activará el sistema de calefacción de palas del rotor. Cuanto mayor sea la humedad (o el valor límite), más tarde se activará el sistema de calefacción.

50

Opcionalmente, el sensor para la temperatura exterior y el sensor para la humedad relativa (sensor de humedad) pueden estar adyacentes y previstos en la góndola. Los sistemas existentes ya disponen de un sensor de temperatura exterior, de modo que solo es necesario instalar un sensor para la humedad relativa.

55

Según la invención, el sistema de calefacción de palas 400 es activado por la unidad de control 300 cuando la temperatura exterior detectada por el sensor de temperatura 510 es igual o inferior a +2 °C y la humedad relativa es igual o superior al 70 %, es decir, opcionalmente el sistema de calefacción de palas se activa cuando la temperatura desciende por debajo de un valor límite y la humedad supera un valor límite. La activación del sistema de calefacción de palas 400 por la unidad de control 300 puede realizarse independientemente de si la turbina eólica está en funcionamiento o parada. Preferentemente, la energía necesaria para calentar las palas 400 es proporcionada inicialmente por la energía generada por la turbina eólica.

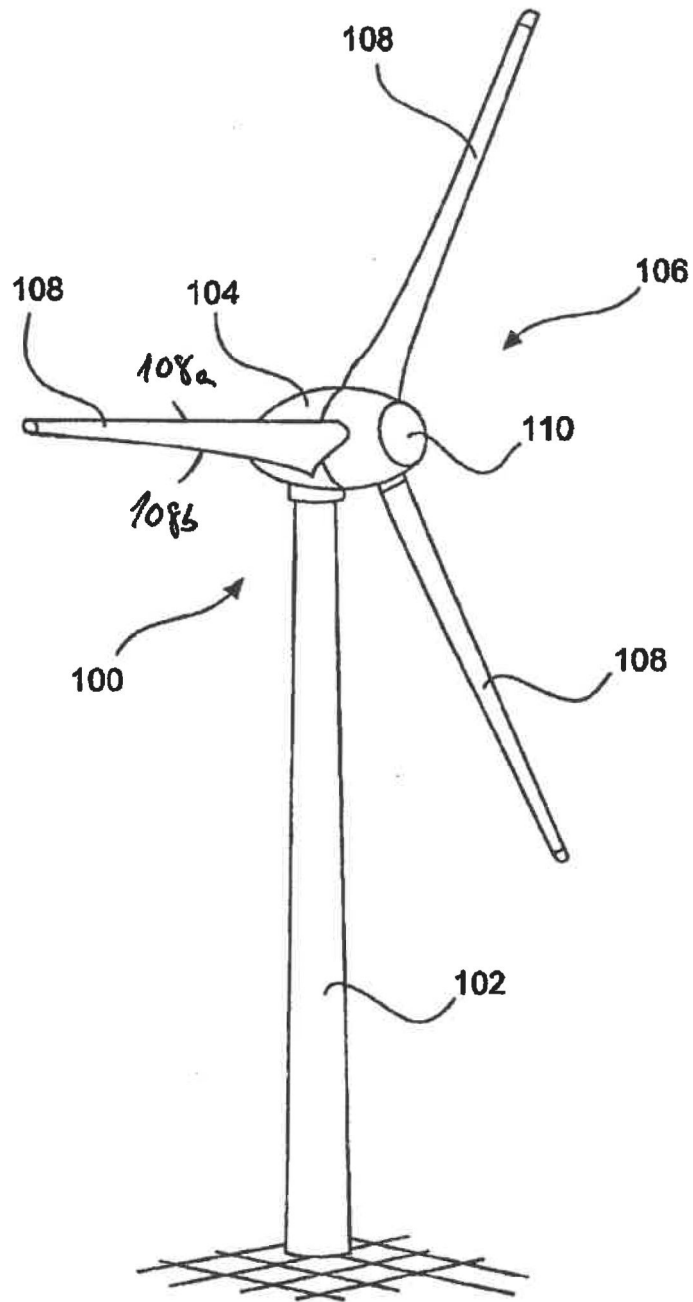
60

En particular, el sistema de calefacción de palas 400 puede configurarse para calentar secciones aerodinámicamente relevantes, tales como el borde delantero 108a, para evitar la formación de hielo.

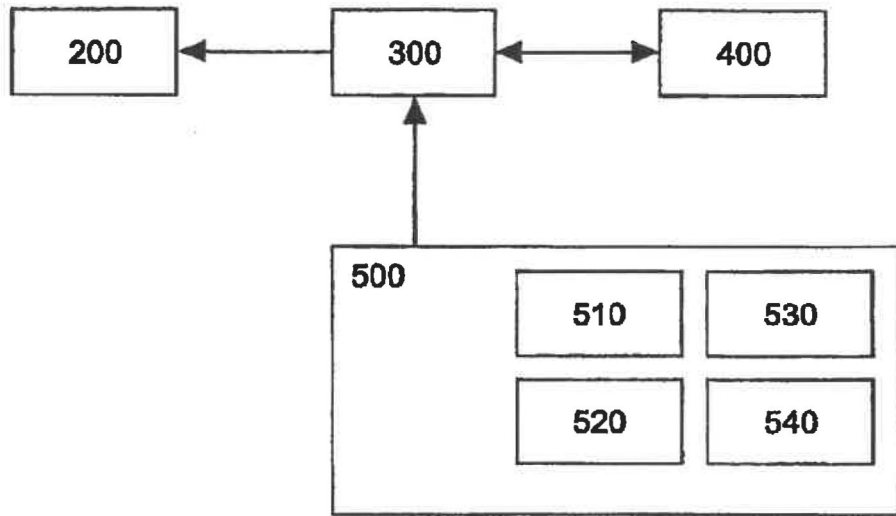
- 5 Según la invención, se le puede asignar al sistema de calefacción de palas 400 un consumo máximo de potencia. En caso de que la turbina eólica no suministre suficiente energía eléctrica, por ejemplo, porque no hay viento, se puede tomar la energía eléctrica necesaria para el sistema de calefacción de palas 400 de la red de suministro. Sin embargo, esto solo se aplica hasta la potencia máxima permitida previamente definida del calentador de palas 400.
- 10 Según un aspecto de la presente invención, la unidad de control 300 está configurada para detectar una acumulación de hielo en las palas del rotor 108 de la turbina eólica 100 mediante comparación de la curva de potencia actual con una curva de potencia almacenada. Como alternativa, son posibles otros procedimientos conocidos para la detección de acumulaciones de hielo. Si, a pesar del sistema de calefacción de palas 400 activado de forma preventiva, se detecta una acumulación de hielo en las palas del rotor 108, puede detenerse la turbina eólica 100 si es necesario. En este caso, la unidad de control 300 puede pasar de un modo de calentamiento preventivo de las palas a un modo de descongelación automática de las palas, de modo que las palas del rotor 108 son descongeladas por el sistema de calefacción de palas 400. Una vez finalizado el desescarche de la pala, la unidad de control 300 puede volver al modo automático y se puede activar un sistema de calefacción de palas 400 preventivo en función de la temperatura exterior y la humedad.
- 20 Otro aspecto de la presente invención es que la unidad de control 300 puede activar o desactivar el sistema de calefacción de palas 400 preventivo tan pronto como se encienda un interruptor de mantenimiento, se active un interruptor de parada o cuando el personal de mantenimiento entra en la turbina eólica. Para ello pueden estar previstos sensores 530 adecuados en un interruptor de mantenimiento de la turbina eólica, en un interruptor de parada o en la puerta de la turbina eólica. Cuando el personal de mantenimiento haya vuelto a abandonar la turbina eólica y se reactive el funcionamiento normal de la turbina eólica, la unidad de control 300 activará el sistema de calefacción de palas 400 preventivo si la temperatura exterior desciende por debajo del valor límite y la humedad relativa es superior al valor límite.
- 25
- 30 Según la invención, puede estar previsto de forma opcional un sensor 540 para determinar la presión atmosférica en las proximidades o en los alrededores de la turbina eólica. La unidad de control 300 puede estar configurada para influir en el funcionamiento del sistema de calefacción de palas 400 en función de la presión atmosférica detectada por el sensor de presión atmosférica 540.
- 35 Según otro ejemplo, la unidad de control activa el sistema de calefacción de palas cuando la temperatura desciende por debajo de un valor límite de 2 °C y el gradiente de humedad supera un valor límite. Cuanto mayor sea el gradiente de humedad, antes debe activarse el sistema de calefacción de palas. De este modo, no solo se tiene en cuenta la temperatura, sino también el gradiente de humedad, es decir, la evolución de la humedad a lo largo del tiempo, a la hora de activar el sistema de calefacción de palas.
- 40 El sistema de calefacción de palas según la invención puede estar configurado como calefacción de aire, almohadilla térmica, etc.

**REIVINDICACIONES**

1. Turbina eólica (100) con al menos una pala de rotor (108),  
5 un sistema de calefacción de palas (400) para calentar al menos una parte de dicha pala de rotor (108),  
al menos un sensor de temperatura (510) para detectar la temperatura exterior en la zona o en los alrededores de la  
turbina eólica (100),  
10 al menos un sensor de humedad (520) para detectar la humedad en la zona o en los alrededores de la turbina eólica  
(100), y  
una unidad de control (300) para activar el sistema de calefacción de palas (400) para la prevención de una  
15 acumulación de hielo en al menos una pala del rotor cuando la temperatura exterior detectada sea inferior a 5 °C y  
cuando la humedad detectada sea superior al 70 %,  
donde la unidad de control (300) está preparada para detectar una acumulación de hielo en al menos una pala del  
rotor (108) mediante la comparación de una curva de potencia actual con una curva de potencia almacenada y para  
20 detener la turbina eólica si se detecta una acumulación de hielo a pesar del sistema de calefacción de palas activado  
(400).
2. Turbina eólica (100) según la reivindicación 1, donde  
25 la unidad de control (300) está configurada para activar el sistema de calefacción de palas (400) cuando la  
temperatura exterior detectada es inferior a +2 °C y cuando la humedad detectada es superior al 95 %.
3. Turbina eólica según la reivindicación 1 o 2, donde  
30 el sistema de calefacción de palas (400) está configurado para calentar un borde delantero de al menos una pala del  
rotor (108).
4. Procedimiento para la operación de una turbina eólica con al menos una pala de rotor (108), un  
sistema de calefacción de palas (400) para calentar al menos una sección de al menos una pala del rotor (108), al  
35 menos un sensor de temperatura (510) para detectar la temperatura exterior en la zona de la turbina eólica (100) y al  
menos un sensor de humedad (520) para detectar la humedad en la zona de la turbina eólica (100), con las etapas  
de:  
medir de la temperatura exterior en la zona de la turbina eólica (100) mediante al menos un sensor de temperatura  
40 (510),  
medir de la humedad en la zona de la turbina eólica (100) mediante al menos un sensor de humedad (520), y  
activar el sistema de calefacción de palas (400) para prevenir la acumulación de hielo en al menos una pala del rotor  
45 cuando la temperatura exterior medida es inferior a +5 °C y cuando la humedad medida es superior al 70 %; y  
detectar la acumulación de hielo en al menos una pala del rotor (108) mediante la comparación de una curva de  
potencia actual con una curva de potencia almacenada, y  
50 detener la turbina eólica si se detecta una acumulación de hielo a pesar de tener el sistema de calefacción de palas  
preventivo activado.



**Fig. 1**



**Fig. 2**