

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 379**

51 Int. Cl.:

F03D 80/40

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2018** **E 18206114 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2020** **EP 3486481**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

16.11.2017 DE 102017010609

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

30.06.2021

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
SERVICE GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

HANSEN, MARCO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 837 379 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

Procedimiento y sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica

La invención se refiere a un procedimiento y un sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica.

5 En determinadas condiciones meteorológicas, las instalaciones de energía eólica pueden estar expuestas a la formación de hielo. El hielo puede adherirse por ejemplo a las palas de rotor. De ello puede resultar un peligro para el entorno, cuando los trozos de hielo se desprenden de la pala de rotor y se lanzan hacia fuera. Puesto que la velocidad de giro puede ser elevada, en particular en la zona exterior de una pala de rotor, los trozos de hielo de este tipo pueden volar un trayecto considerable, antes de chocar contra el suelo.

10 Hoy día es habitual poner las instalaciones de energía eólica fuera de funcionamiento cuando existe el peligro de una formación de hielo. Un rotor parado o que gira muy lentamente no supone ningún riesgo.

El hecho de que exista el riesgo de la adherencia de hielo, depende de diferentes condiciones, como por ejemplo la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento. Puesto que no todas estas condiciones pueden medirse sin más de una forma exacta, se puede deducir que hay riesgo de la adherencia de hielo partiendo de indicadores indirectos. Si un anemómetro está por ejemplo parado, a pesar de que no hay viento en calma, puede suponerse que el anemómetro no gira por la formación de hielo. El documento EP 2 154 364 A1 presenta un generador para una instalación de energía eólica, pudiendo compararse los datos de dos anemómetros y pudiendo dirigirse una salida de aire de escape de refrigeración de una góndola sobre un anemómetro para contrarrestar hielo y nieve en el anemómetro. A partir de un estado de formación de hielo en el anemómetro puede deducirse un estado de formación de hielo de toda la instalación de energía eólica. En el funcionamiento se ha mostrado que este indicador no siempre es fiable. Ocasionalmente se deduce un estado de formación de hielo por una parada de un anemómetro, a pesar de que en realidad no hay un estado de formación de hielo.

La invención se basa en el objetivo de presentar un procedimiento y un sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica, que tengan una menor susceptibilidad a errores. Partiendo del mencionado estado de la técnica, el objetivo se consigue con las características de las reivindicaciones independientes. Formas de realización ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes.

En el procedimiento según la invención se identifica un estado del sistema de la instalación de energía eólica, en el que está parado un primer anemómetro de la instalación de energía eólica y en el que el número de revoluciones de un rotor es inferior a un primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones. El rotor se acelera a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones. Se comprueba el estado del primer anemómetro, generándose una señal de formación de hielo cuando el primer anemómetro está parado.

La invención ha detectado que la parada de un anemómetro es causada ocasionalmente porque el anemómetro llega al abrigo de viento de una pala de rotor. Si se dedujera un estado de formación de hielo de la instalación de energía eólica únicamente por la parada del anemómetro, la instalación de energía eólica se pondría fuera de funcionamiento, a pesar de que en realidad no hay ningún estado de formación de hielo.

Por lo tanto, con la invención se propone un procedimiento de dos etapas para la detección de un estado de formación de hielo. La parada del primer anemómetro cuando el rotor está parado o gira muy lentamente sigue usándose como un primer indicador para un estado de formación de hielo. En lugar de poner ahora la instalación de energía eólica directamente fuera de funcionamiento, el indicador se verifica en una segunda etapa del procedimiento según la invención. Para ello se acelera el rotor, de modo que gira con un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones. Solo si el primer anemómetro sigue parado también con el número de revoluciones del rotor más elevado, se supone que hay un estado de formación de hielo y se genera una señal de formación de hielo.

La señal de formación de hielo puede conducirse a un control de la instalación de energía eólica. El control puede procesar la señal de formación de hielo, para hacer pasar la instalación de energía eólica a un estado o mantenerla en un estado en el que la instalación de energía eólica está fuera de funcionamiento. Estar fuera de funcionamiento significa que la instalación de energía eólica no genera energía eléctrica. La instalación de energía eólica puede hacerse pasar por ejemplo a un estado en el que el rotor gira solo muy lentamente o no gira nada. En particular, la instalación de energía eólica puede hacerse pasar a un estado en el que el rotor gira con un número de revoluciones inferior al primer valor umbral del número de revoluciones.

Si no se genera ninguna señal de formación de hielo, la instalación de energía eólica puede pasar al funcionamiento normal o mantener el funcionamiento normal. Esto puede significar, por ejemplo, que el control de la instalación de energía eólica intenta arrancar la instalación de energía eólica. A este respecto se puede acelerar más el rotor y establecerse una conexión con una red de enlace, en cuanto el rotor haya alcanzado un número de revoluciones mínimo en funcionamiento. Una condición imprescindible para la aparición de un estado de formación de hielo es una temperatura baja.

Hay un umbral de temperatura, por encima del cual está excluida una adherencia de hielo, independientemente de todas las demás condiciones. Por lo tanto, el procedimiento según la invención puede realizarse de tal modo que se identifica un estado del sistema en el que el primer anemómetro de la instalación de energía eólica está parado, el rotor gira con un número de revoluciones inferior al primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones y además la temperatura del aire es inferior a un valor umbral predeterminado de la temperatura. El valor umbral de la temperatura puede elegirse de tal modo que no existe riesgo de formación de hielo por encima del valor umbral de la temperatura.

El procedimiento puede realizarse de tal modo que se comprueba el estado del primer anemómetro directamente después de haber terminado el proceso de aceleración del rotor. Para reducir el riesgo de una suposición errónea de un estado de formación de hielo, el procedimiento puede realizarse en una forma de realización alternativa de tal modo que el rotor se mantiene después de terminar el proceso de aceleración durante un intervalo de tiempo predeterminado a un número de revoluciones superior al valor umbral del número de revoluciones, antes de comprobarse el estado del primer anemómetro. Solo si el primer anemómetro sigue parado después de haber transcurrido el intervalo de tiempo, se genera una señal de formación de hielo.

Para reducir el riesgo de una suposición errónea de un estado de formación de hielo, puede ser ventajoso, además, que el rotor se acelere a un número de revoluciones que es superior a un segundo valor umbral predeterminado del número de revoluciones, siendo el segundo valor umbral predeterminado del número de revoluciones superior al primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones.

El procedimiento puede realizarse de tal modo que con el primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones se define un número de revoluciones muy bajo del rotor. El primer valor umbral del número de revoluciones puede estar definido de tal modo que el número de revoluciones del rotor es inferior al número de revoluciones a partir del cual la instalación de energía eólica produce energía eléctrica y se conecta con la red de enlace. Por debajo del primer valor umbral del número de revoluciones, la instalación de energía eólica puede estar en un estado de barrena, en el que el rotor gira lentamente, sin que se produzca energía. También es posible que el rotor esté completamente parado.

El primer anemómetro se sacrifica en el procedimiento según la invención como sensor. Si el primer anemómetro está parado por la adherencia de hielo, el primer anemómetro ya no da informaciones acerca de las condiciones del viento. En el procedimiento según la invención puede procesarse una información acerca de la velocidad del viento independiente del primer anemómetro. Puede identificarse un estado del sistema en el que el primer anemómetro está parado y en el que la velocidad del viento es superior a un valor umbral predeterminado de la velocidad del viento, antes de acelerarse el rotor a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones.

La información acerca de la velocidad del viento independiente del primer anemómetro puede obtenerse, por ejemplo, estimándose la velocidad del viento con ayuda de una carga del viento que actúa sobre el rotor. También es posible el uso de un segundo anemómetro, que suministra también valores de medición de la velocidad del viento cuando el primer anemómetro está parado. El segundo anemómetro puede estar provisto de un dispositivo de calefacción.

El procedimiento según la invención puede realizarse de tal modo que la instalación de energía eólica se mantiene después de la señal de formación de hielo fuera de funcionamiento hasta que se anule la señal de formación de hielo. El estado de formación de hielo puede comprobarse en esta fase después de haber transcurrido intervalos de tiempo predeterminados. Para ello, el rotor puede acelerarse a un número de revoluciones superior al primer umbral del número de revoluciones y puede comprobarse el estado del primer anemómetro. Puede mantenerse la señal de formación de hielo cuando el primer anemómetro está parado. Puede anularse la señal de formación de hielo, cuando gira el primer anemómetro.

La invención se refiere además a un sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica. El sistema comprende un módulo de formación de hielo y una unidad de control. El módulo de formación de hielo está diseñado para generar una señal de sospecha de formación de hielo, cuando está parado un primer anemómetro de la instalación de energía eólica y el número de revoluciones de un rotor de la instalación de energía eólica es inferior a un primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones. La unidad de control está diseñada para acelerar el rotor a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones después de la entrada de una señal de sospecha de formación de hielo. El módulo de formación de hielo está diseñado para comprobar después de terminar el proceso de aceleración el estado del primer anemómetro y generar una señal de formación de hielo cuando el primer anemómetro está parado.

El sistema puede ser perfeccionado con otras características que se han descrito en relación con el procedimiento según la invención. El procedimiento puede ser perfeccionado con otras características que se han descrito en relación con el sistema según la invención.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos basados en formas de realización ventajosas. Muestran:

la figura 1: una representación esquemática de una instalación de energía eólica provista de un sistema según la invención;

la figura 2: un diagrama de flujo del procedimiento según la invención.

En una instalación de energía eólica mostrada en la figura 1, una góndola 14 está montada de manera giratoria en una torre 15. La góndola 14 soporta un rotor 16, que acciona mediante un árbol de rotor un generador para generar energía eléctrica. La energía eléctrica se alimenta mediante un convertidor y un transformador a una red de enlace. La góndola 14 puede girar respecto a la torre 15, para orientar el rotor 16 en la dirección del viento.

En la góndola 14 están dispuestos un primer anemómetro 17, un segundo anemómetro 18 y un sensor de temperatura 19. El primer anemómetro 17 es un anemómetro no calentado, el segundo anemómetro 18 es un anemómetro calentado. Un módulo de formación de hielo 20 recibe valores de medición de los anemómetros 17, 18 y del sensor de temperatura 19. Si el módulo de formación de hielo 20 identifica un estado del sistema en el que el segundo anemómetro 18 indica una velocidad del viento que es superior a un valor umbral predeterminado de la velocidad del viento, cuando el primer anemómetro 17 está parado, cuando al mismo tiempo el número de revoluciones del rotor es inferior a un valor umbral predeterminado del número de revoluciones y la temperatura es inferior a un valor umbral predeterminado de la temperatura, el módulo de formación de hielo 20 genera una señal de sospecha de formación de hielo y conduce una señal de sospecha de formación de hielo a una unidad de control 21 de la instalación de energía eólica.

La unidad de control 21 genera una señal de control para variar los ángulos de paso de las palas de rotor del rotor 16, de modo que el rotor 16 recibe más energía del viento y es acelerado. Después de rebasar un segundo valor umbral predeterminado del número de revoluciones, la unidad de control 21 mantiene el número de revoluciones del rotor 16 constante e indica al módulo de formación de hielo 20 que ha terminado el proceso de aceleración. El módulo de formación de hielo 20 comprueba si el primer anemómetro 17 sigue parado. Si esto es el caso, el módulo de formación de hielo envía una señal de formación de hielo a la unidad de control 21. La unidad de control 21 mantiene la instalación de energía eólica fuera de funcionamiento, lo que significa en particular que vuelve a reducirse el número de revoluciones del rotor 16.

Si el módulo de formación de hielo 20 detecta que el anemómetro 17 vuelve a girar después de terminar el proceso de aceleración, no se presenta ningún estado de formación de hielo. La unidad de control 21 puede pasar al estado de funcionamiento normal e intentar arrancar la instalación de energía eólica.

La secuencia del procedimiento según la invención está representada en la figura 2. Después del inicio del procedimiento en la etapa 100, la instalación de energía eólica se encuentra en la etapa 110 en el funcionamiento normal. En la etapa 120 se comprueba si la temperatura indicada por el sensor de temperatura 19 es inferior a un valor umbral predeterminado de la temperatura. Si esto no es el caso, el procedimiento se ramifica en 130, de modo que prosigue el funcionamiento normal de la instalación de energía eólica. Si la temperatura es inferior al valor umbral de la temperatura, se comprueba en la etapa 140 si se cumplen de forma cumulativa las siguientes condiciones: 1) la velocidad del viento es superior a un valor umbral predeterminado de la velocidad del viento; 2) el primer anemómetro 17 está parado; 3) el número de revoluciones del rotor 16 de la instalación de energía eólica es inferior a un primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones. Si no se cumple una de las condiciones, el procedimiento se ramifica en 150 y se prosigue el funcionamiento normal.

Si se detecta un estado del sistema en el que se cumplen todas las condiciones de forma cumulativa, en la etapa 160 se acelera el rotor 16 de la instalación de energía eólica. Después de terminar el proceso de aceleración, se comprueba en la etapa 170 el estado del primer anemómetro 17. Si resulta que el segundo anemómetro 17 gira ahora, el procedimiento se ramifica en 180 y se prosigue el funcionamiento normal de la instalación de energía eólica. Si el primer anemómetro 17 sigue parado, se genera una señal de formación de hielo y la instalación de energía eólica se pone fuera de funcionamiento en la etapa 180.

Si la instalación de energía eólica está fuera de funcionamiento por la formación de hielo, puede comprobarse en intervalos regulares si sigue existiendo el estado de formación de hielo. Si esto no es el caso, la instalación de energía eólica puede volver a pasar al funcionamiento normal.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica, con las siguientes etapas:
 - a. identificación de un estado del sistema de la instalación de energía eólica, en el que está parado un primer anemómetro (17) de la instalación de energía eólica y en el que el número de revoluciones de un rotor (16) de la instalación de energía eólica es inferior a un primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones;
 - b. aceleración del rotor (16) a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones;
 - c. comprobación del estado del primer anemómetro (17), generándose una señal de formación de hielo cuando el primer anemómetro (17) está parado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la señal de formación de hielo se conduce a una unidad de control (21) de la instalación de energía eólica, para hacer pasar la instalación de energía eólica a un estado o mantenerla en un estado en el que la instalación de energía eólica está fuera de funcionamiento.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que se identifica un estado del sistema en el que la temperatura del aire es inferior a un valor umbral predeterminado de la temperatura.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el rotor (16) se mantiene después de terminar el proceso de aceleración durante un intervalo de tiempo predeterminado a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones, antes de comprobarse el estado del primer anemómetro (17).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el rotor (16) se acelera a un número de revoluciones que es superior a un segundo valor umbral predeterminado del número de revoluciones, siendo el segundo valor umbral predeterminado del número de revoluciones superior al primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que se procesa una información acerca de la velocidad del viento independiente del primer anemómetro (17).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que la velocidad del viento se mide con un segundo anemómetro (18), siendo calentado el segundo anemómetro (18).
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que se identifica un estado del sistema en el que el primer anemómetro (17) está parado y en el que la velocidad del viento es superior a un valor umbral predeterminado de la velocidad del viento.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que después de la generación de la señal de formación de hielo se comprueba el estado de formación de hielo en intervalos de tiempo predeterminados.
10. Sistema para la detección de un estado de formación de hielo de una instalación de energía eólica con un módulo de formación de hielo (20) y con una unidad de control (21), estando diseñado el módulo de formación de hielo (20) para generar una señal de sospecha de formación de hielo, cuando está parado un primer anemómetro (17) de la instalación de energía eólica y el número de revoluciones de un rotor (16) de la instalación de energía eólica es inferior a un primer valor umbral predeterminado del número de revoluciones, en el que la unidad de control (21) está diseñada para acelerar el rotor (16) a un número de revoluciones superior al primer valor umbral del número de revoluciones después de la entrada de una señal de sospecha de formación de hielo, y estando diseñado el módulo de formación de hielo (20) para comprobar después de terminar el proceso de aceleración el estado del primer anemómetro (17) y generar una señal de formación de hielo cuando el primer anemómetro (17) está parado.

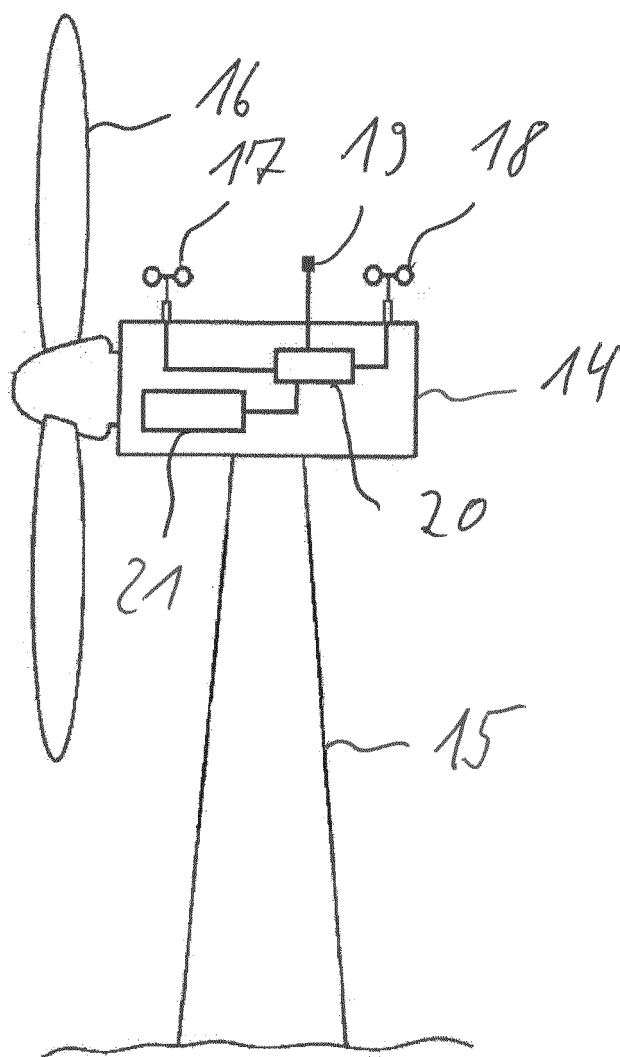


Fig. 1

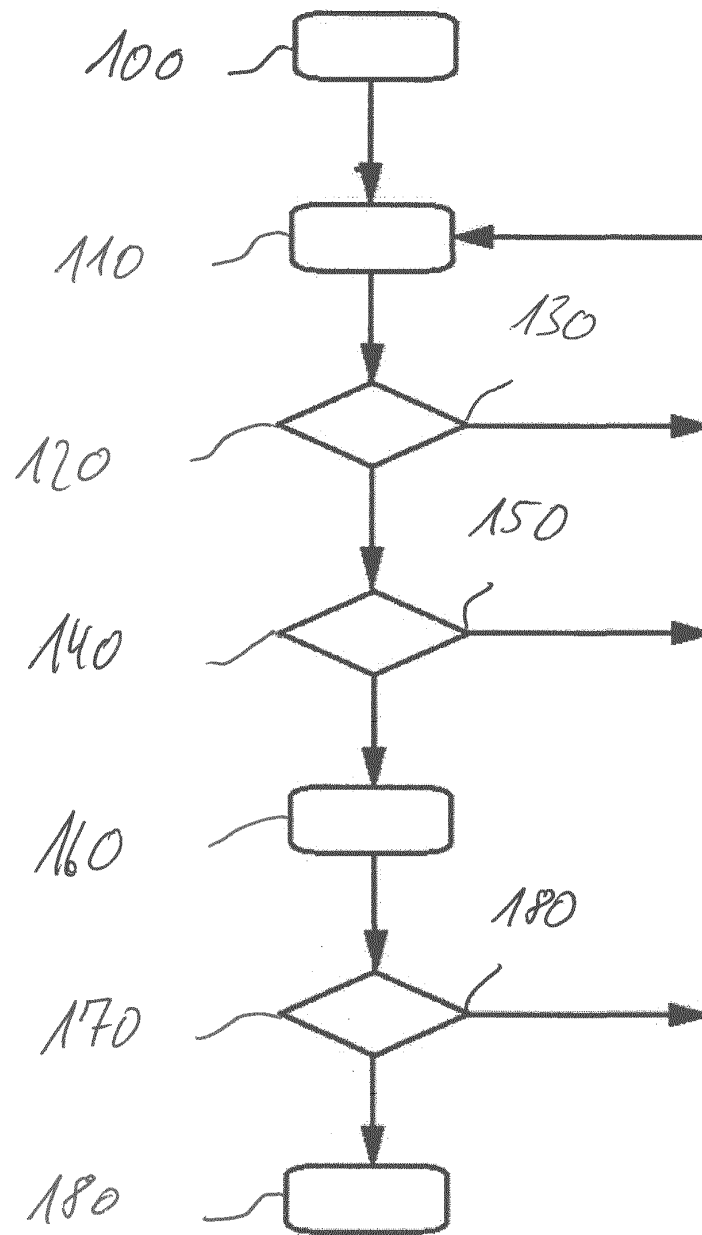


Fig. 2