

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 606**

51 Int. Cl.:

**F03D 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2014** E 14178216 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017** EP 2985454

54 Título: **Procedimiento para el examen de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor, así como sistema de detección de hielo en las palas de rotor e instalación de energía eólica para la realización del procedimiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.07.2017**

73 Titular/es:  
**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)**  
**Langenhorner Chaussee 600**  
**22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:  
**MAGNUS, STEFAN**

74 Agente/Representante:  
**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 624 606 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 para el examen de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor, así como sistema de detección de hielo en las palas de rotor e instalación de energía eólica para la realización del procedimiento

5

Los sistemas de detección de hielo en las palas de rotor para instalaciones de energía eólica sirven para emitir una advertencia en el caso de una formación de hielo en una pala de rotor supervisada. La invención se refiere a un procedimiento con el que se puede examinar el funcionamiento correcto de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor semejante, así como un sistema de detección de hielo en las palas un rotor y una instalación de energía eólica para la realización del procedimiento.

10

Por el documento EP 2 202 408 A2 se conoce un ejemplo de un sistema semejante. El estado sin hielo de las palas de rotor puede ser una condición previa para un funcionamiento seguro y económico de las instalaciones de energía eólica. Los ensuciamientos intensos y en particular las formaciones de hielo en las palas de rotor pueden menoscabar la capacidad de rendimiento de la instalación. Pueden representar un peligro directo, por ejemplo, debido a la caída de bloques de hielo. Aparte de eso pueden provocar en parte daños resultantes graves, en particular por masas centrífugas excéntricas y/o diferentes fuerzas aerodinámicas. Con los sistemas de detección de hielo en las palas de rotor se pueden reconocer modificaciones en las palas de rotor, de modo que se pueden tomar contramedidas apropiadas. Por ejemplo, al constatar una formación de hielo en las palas de rotor se puede activar un dispositivo de descongelación de las palas de rotor o desconexión de la instalación de energía eólica.

15

20

Por el documento EP 2 184 485 A2 se ha conocido un sistema de detección de hielo en las palas de rotor que detecta las propiedades ópticas de una superficie de la pala de rotor con sensores apropiados, a fin de reconocer una formación de hielo o nieve adherente.

25

Otros sistemas de detección de hielo en las palas de rotor conocidos evalúan el comportamiento dinámico de las palas de rotor. Por el documento EP 2 565 444 A1 se ha conocido un sistema de detección de hielo en las palas de rotor semejante. En este sistema conocido están dispuestos sensores de aceleración en las palas de rotor y una frecuencia propia de la pala de rotor determinada en base a los datos de aceleración se supervisa respecto a las modificaciones. Por ejemplo, para poder reconocer de forma fiable una formación de hielo de este modo, se requiere tener en cuenta numerosos factores de influencia y evaluaciones matemáticas complejas.

30

Es difícil examinar el funcionamiento correcto de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor semejante. Para ello se debe simular una formación de hielo en la pala de rotor, por ejemplo, en tanto que se fijan los pesos en la pala de rotor. No obstante, es muy costoso dado que sólo se puede realizar in situ y no o sólo de forma muy condicionada durante el funcionamiento continuo, de modo que se requiere una interrupción del funcionamiento de la instalación de energía eólica.

35

Partiendo de ello, el objetivo de la invención es poner a disposición un procedimiento para el examen de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor para una instalación de energía eólica, que se pueda realizar de forma más sencilla, así como un sistema de detección de hielo en las palas de rotor y una instalación de energía eólica para la realización del procedimiento.

40

Este objetivo se resuelve mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas están indicadas en las reivindicaciones dependientes subsiguientes.

45

El procedimiento sirve para el examen de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor para una instalación de energía eólica. El sistema de detección de hielo en las palas de rotor está configurado para emitir una advertencia en el caso de una formación de hielo en una pala de rotor supervisada. El procedimiento presenta las etapas siguientes:

50

- detección de datos de una pala de rotor a supervisar,
- facilitación de al menos un valor de un parámetro de funcionamiento y/o entorno,
- modificación del al menos un valor proporcionado de manera que el al menos un valor modificado se desvía de un valor efectivo del parámetro,
- evaluación de los datos de la pala de rotor y del al menos un valor modificado por el sistema de detección de hielo

55

en las palas de rotor, y

- examen de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor emite una advertencia.

5 La emisión de una advertencia se puede realizar de modo y manera diferentes. Por ejemplo, el sistema de detección de hielo en las palas de rotor puede poner a disposición en una salida una señal que adopta un valor predeterminado al determinar una formación de hielo. La señal se le puede transmitir, por ejemplo, a un control de la instalación de energía eólica o a un control de orden superior de un parque eólica. Le incumbe entonces al control de la instalación de energía eólica a al control de orden superior tomar medidas apropiadas, por ejemplo,  
10 desconectar la instalación de energía eólica. Igualmente es posible sólo protocolizar la advertencia en primer lugar.

Con el sistema de detección de hielo en las palas de rotor se supervisa al menos una pala de rotor. Preferiblemente se realiza una supervisión de todas las palas de rotor de la instalación de energía eólica en cuestión, dado que se produce una formación de hielo en general de forma uniforme en todas las palas de rotor. El sistema de detección  
15 de hielo en las palas de rotor puede detectar los datos de una o de cada pala de rotor con respectivamente al menos un sensor apropiado, que está dispuesto sobre o en la pala de rotor. En el caso de las magnitudes medidas detectadas por el sensor se puede tratar, por ejemplo, de una aceleración, una dilatación, un momento de flexión o un modo de flexión. Son concebibles otras magnitudes medidas a partir de las que se puede determinar igualmente una frecuencia propia de la pala de rotor.

20 Además, el procedimiento comprende una facilitación de al menos un valor de un parámetro de funcionamiento y/o entorno. Los parámetros de funcionamiento, que pueden ser relevantes para el procedimiento, son en particular una potencia activa de la instalación de energía eólica, una velocidad de giro de un rotor de la instalación de energía eólica o un ángulo de paso de las palas de rotor supervisadas. Los valores de estos parámetros de funcionamiento  
25 se pueden poner a disposición en particular por un control de la instalación de energía eólica, que también se designa como gestión del funcionamiento. El control de la instalación de energía eólica puede predeterminar los valores de estos parámetros de funcionamiento durante el control del funcionamiento de la instalación de energía eólica, por ejemplo, cuando la velocidad de giro del rotor se regula a un determinado valor de consigna de la velocidad de giro. Alternativamente los valores de los parámetros de funcionamiento se pueden medir con la ayuda  
30 de sensores apropiados. Ejemplos de los parámetros de entorno, que pueden ser relevantes para el procedimiento, son una temperatura de la pala de rotor, una temperatura del entorno, una velocidad del viento y una humedad del aire o intensidad de precipitación. Al contrario de los parámetros de funcionamiento mencionados no se puede influir en estos parámetros de entorno sin más por un control de la instalación de energía eólica. Por ello se detectan en general con sensores apropiados, por ejemplo, con un termómetro dispuesto en una superficie de la pala de rotor  
35 para la detección de una temperatura de la superficie de la pala de rotor o con un anemómetro para la detección de la velocidad del viento.

En el procedimiento se modifica al menos un valor puesto a disposición de un parámetro de funcionamiento y/o entorno, de modo que se desvía de un valor efectivo. El valor se modifica así con respecto al valor puesto a  
40 disposición que se corresponde con el valor efectivo. Para ello se puede añadir, por ejemplo, una compensación predeterminada o aplicar un factor de modificación. El resultado es un valor modificado que refleja las condiciones de funcionamiento que se desvían de forma consabida de las circunstancias efectivas.

El sistema de detección de hielo en las palas de rotor evalúa entonces los datos detectados de la pala de rotor y el al  
45 menos un valor modificado. Adicionalmente al al menos un valor modificado, el sistema de detección de hielo en las palas de rotor puede recurrir en este caso a otros valores puestos a disposición de parámetros de funcionamiento y/o entorno. Uno o varios de los parámetros evaluados se pueden haber modificado de la manera mencionada, mientras que igualmente se pueden evaluar uno o varios valores en la magnitud no modificada, puesta a disposición originalmente. Si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor constata durante la evaluación que los datos  
50 evaluados indican una formación de hielo en una pala de rotor, emite una advertencia.

En la última etapa del procedimiento se realiza una verificación de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor emite una advertencia. Ésta se puede realizar, por ejemplo, por un control de la instalación de energía eólica que está conectado con el sistema de detección de hielo en las palas de rotor, alternativamente por un control de  
55 orden superior, por ejemplo, de un parque eólico. Igualmente es posible que el sistema de detección de hielo en las palas de rotor realice el examen en un modo de test mismo.

Al contrario que en el método de examen expuesto al inicio, en la que en una pala de rotor se incorpora una masa adicional, el procedimiento según la invención no requiere ninguna modificación de las condiciones de

- funcionamiento efectivas de la pala de rotor. Se puede realizar durante el funcionamiento continuo de la instalación de energía eólica y es apropiado por consiguiente igualmente para un examen del funcionamiento del sistema de detección de hielo en las palas de rotor en su primera instalación, como también en trabajos de mantenimiento regulares. Se puede constatar de forma muy sencilla si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor reacciona respecto al al menos un valor modificado de una manera prevista, a saber mediante la emisión de una advertencia. La evaluación realizada por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor se realiza durante el procedimiento del modo y manera previstos para el modo de supervisión normal. En particular los datos de la pala de rotor eventualmente propensos a errores se procesan de forma no modificada. El examen se realiza bajo condiciones de uso reales y por ello es especialmente de gran valor informativo.
- 10 La modificación del al menos un valor puesto a disposición se puede referir en particular a un parámetro de funcionamiento y/o entorno, que tiene una influencia sobre el comportamiento dinámico de la pala de rotor. El comportamiento dinámico de la pala de rotor caracterizado por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor en base a los datos detectados se desvía entonces de la expectativa correspondiente al adoptar el valor modificado.
- 15 En este caso el sistema de detección de hielo en las palas de rotor debería emitir una advertencia de modo que se debe verificar de manera sencilla el funcionamiento correcto del sistema de detección de hielo en las palas de rotor.
- En una configuración la evaluación de los datos de la pala de rotor por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor comprende una determinación de una frecuencia propia real de la pala de rotor a supervisar. La frecuencia propia real es una magnitud de gran valor informativo, que caracteriza el comportamiento dinámico de la pala de rotor. Se puede determinar por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor, por ejemplo, mediante un análisis de Fourier a partir de datos de aceleración. La frecuencia propia de la pala de rotor se influye por una formación de hielo en la pala de rotor, que va acompañada con una modificación de las propiedades estructurales o aerodinámicas de la pala de rotor.
- 20
- 25 En una configuración la evaluación del al menos un valor modificado por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor comprende una determinación de una frecuencia propia esperada de la pala de rotor a supervisar. Para esta evaluación en el sistema de detección de hielo en las palas de rotor puede estar almacenada una norma de cálculo o una tabla en particular multidimensional sobre la dependencia entre la frecuencia propia y los parámetros de funcionamiento y/o entorno puestos a disposición. Estos datos se pueden haber determinado para cada tipo de pala de rotor o incluso para palas de rotor individuales en modelos de cálculo o alternativamente de forma experimental. Una comparación de la frecuencia propia real con frecuencia propia esperada da información luego de si el comportamiento dinámico efectivo de la pala de rotor se corresponde con el comportamiento dinámico según lo esperado de una pala de rotor sin hielo en las condiciones de funcionamiento y/o entorno correspondientes.
- 30
- 35 En una configuración el sistema de detección de hielo en las palas de rotor emite una advertencia si la frecuencia propia real es menor que la frecuencia propia esperada. Una reducción de la frecuencia propia indica una formación de hielo en la pala de rotor.
- 40 En una configuración el al menos un valor comprende un parámetro de funcionamiento que se pone a disposición por un control de la instalación de energía eólica. Muchos parámetros de funcionamiento que influyen en el comportamiento dinámico de la pala de rotor son requeridos por el control de la instalación de energía eólica y están presentes en el control de la instalación de energía eólica. Por ello se pueden poner a disposición de forma especialmente sencilla por el control de la instalación de energía eólica.
- 45 En una configuración el al menos un valor comprende un parámetro de entorno que se pone a disposición por un sensor dispuesto en o sobre la pala de rotor. En el caso del parámetro de entorno se puede tratar, por ejemplo, de una temperatura de la pala de rotor, en particular en una superficie aerodinámica de la pala de rotor o en el interior de la pala de rotor. De esta manera se pueden evaluar de forma dirigida, por ejemplo, parámetros determinantes para una formación de hielo.
- 50
- 55 En una configuración el al menos un valor comprende una temperatura medida y el al menos un valor modificado comprende una temperatura modificada que es más baja que la temperatura medida. Por ejemplo, durante la modificación del valor de la temperatura medida se puede poner una compensación en el rango de 0,5° a 50°. En el caso de la temperatura medida se puede tratar de una temperatura superficial en la pala de rotor o de una temperatura en el interior de la pala de rotor. Debido a las elasticidades de los componentes en función de la temperatura ascienden las frecuencias propias de la pala de rotor con bajas temperaturas. La modificación mencionada conduce así a un valor modificado de la frecuencia propia que es mayor que el valor real de la frecuencia propia. La diferencia negativa entre la frecuencia propia real y la frecuencia propia esperada de la pala de

rotor se valora como una formación de hielo en la pala de rotor y el sistema de detección de hielo en las palas de rotor debería emitir una advertencia en el caso de funcionamiento correcto.

- 5 En una configuración el al menos un valor comprende una velocidad del viento real y una potencia activa real y el al menos un valor modificado comprende una velocidad del viento modificada que es mayor que la velocidad del viento medida y una potencia activa modificada que es mayor que la potencia activa real. Esta configuración se basa en el reconocimiento de que la frecuencia propia de una pala de rotor asciende igualmente bajo sollicitaciones según aparecen en el caso de velocidad del viento elevada y potencia activa elevada. Esto se puede atribuir a una pretensión aumentada de la pala de rotor debido a las sollicitaciones mecánicas. En el caso de esta modificación de los valores puestos a disposición, la frecuencia propia real también es más baja que la frecuencia propia esperada, de modo que se parte de una formación de hielo en la pala de rotor. En el caso de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor que funciona de forma correcta, esta valoración debería conducir a la emisión de una advertencia.
- 10
- 15 En una configuración la velocidad del viento modificada y la potencia activa modificada se corresponden con una curva característica de potencia de la instalación de energía eólica. La curva característica de potencia indica la relación entre la velocidad del viento y la potencia activa de la instalación de energía eólica. El par de valores modificado de la velocidad del viento y potencia activa se corresponde por ello con un punto de trabajo de la instalación de energía eólica que también se produce en la realidad, de modo que el examen del sistema de detección de hielo en las palas de rotor se efectúa bajo condiciones realistas.
- 20

En una configuración el examen de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor emite una advertencia se realiza por el control de la instalación de energía eólica. En este caso la instalación de energía eólica puede examinar el funcionamiento correcto del mismo sistema de detección de hielo en las palas de rotor.

- 25 En una configuración la modificación del al menos un valor se realiza por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor. En este caso el procedimiento se realiza sin tener que efectuar las modificaciones profundas en el control de la instalación de energía eólica. Es suficiente poner el sistema de detección de hielo en las palas de rotor en el modo de test en el que se realiza el procedimiento.
- 30
- En una configuración la modificación del al menos un valor se realiza por un control de la instalación de energía eólica. En este caso al sistema de detección de hielo en las palas de rotor se le transmiten los valores ya modificados por el control de la instalación de energía eólica para la realización del procedimiento. Entonces no se requiere una intervención en el sistema de detección de hielo en las palas de rotor, sino que una instalación de energía eólica adaptada correspondientemente puede realizar el procedimiento con un sistema de detección de hielo en las palas de rotor convencional.
- 35

El objetivo arriba mencionado se resuelve igualmente mediante el sistema de detección de hielo en las palas de rotor para una instalación de energía eólica con las características de la reivindicación 13. El sistema de detección de hielo en las palas de rotor tiene

- un sensor para la disposición sobre o en una pala de rotor a supervisar,
  - una interfaz para la lectura de los valores de al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno, y
  - un dispositivo de evaluación para la evaluación de los datos detectados con el sensor y de valores leídos a través de la interfaz, en el que el dispositivo de evaluación está configurado para emitir una advertencia en el caso de signo de una formación de hielo en la pala de rotor a supervisar, en el que
  - el sistema de detección de hielo en las palas de rotor presenta un dispositivo para la modificación de al menos un valor leído a través de la interfaz, de manera que el al menos un valor modificado se desvía del valor real del parámetro y está configurado para poner a disposición del dispositivo de evaluación en un modo de examen el al menos un valor modificado para la evaluación.
- 50
- 55 El sistema de detección de hielo en las palas de rotor está configurado en particular para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12. La interfaz puede ser una interfaz de hardware o una interfaz de software. Con la lectura de los valores se considera cualquier forma de transferencia de datos hacia el sistema de detección de hielo en las palas de rotor. El dispositivo para la modificación se puede realizar asimismo como el dispositivo de evaluación totalmente o parcialmente en forma de software.

Respecto a la características y ventajas del sistema de detección de hielo en las palas de rotor se remite a las explicaciones anteriores del procedimiento, que son válidas correspondientemente.

5 El objetivo arriba mencionado se resuelve igualmente mediante la instalación de energía eólica con las características de la reivindicación 15. La instalación de energía eólica tiene:

- una pala de rotor,

10 • un sistema de detección de hielo en las palas de rotor que presenta un sensor dispuesto en o sobre la pala de rotor, una interfaz para la lectura de los valores de al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno y un dispositivo de evaluación para la evaluación de los datos detectados con el sensor y de los valores leídos a través de la interfaz, en el que el dispositivo de evaluación está configurado para emitir una advertencia en el caso de signo de una formación de hielo en la pala de rotor a supervisar, y

15

- un control de la instalación de energía eólica que está conectado con la interfaz y está configurado para poner a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor valores del al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno, en el que el control de la instalación de energía eólica

20 • presenta un dispositivo para la modificación de al menos un valor de un parámetro de funcionamiento y/o entorno de manera que el al menos un valor modificado se desvía de un valor efectivo del parámetro,

- está configurado para poner a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor en un modo de examen el al menos un valor modificado para la evaluación, y

25

- está configurado para examinar si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor emite una advertencia después de la evaluación del al menos un valor modificado.

La instalación de energía eólica está configurada en particular para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12.

30

Respecto a las características y ventajas de la instalación de energía eólica se remite a las explicaciones anteriores del procedimiento y del sistema de detección de hielo en las palas de rotor, que son válidas correspondientemente.

35 La invención se explica más en detalle a continuación por los ejemplos de realización representados en las figuras. Muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de una instalación de energía eólica con un control de la instalación de energía eólica y un sistema de detección de hielo en las palas de rotor,

40

Fig. 2 otra representación esquemática de una instalación de energía eólica con un control de la instalación de energía eólica y un sistema de detección de hielo en las palas de rotor,

Fig. 3 un diagrama respecto a la dependencia entre la frecuencia propia de una pala de rotor y su masa,

45

Fig. 4 un diagrama respecto a la dependencia entre la frecuencia de una pala de rotor y su temperatura,

Fig. 5 un diagrama respecto a la dependencia entre la frecuencia propia de una pala de rotor y una velocidad del viento y una potencia activa.

50

La figura 1 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica 28 con un control de la instalación de energía eólica 10 y un sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12. El control de la instalación de energía eólica 10 controla el funcionamiento de la instalación de energía eólica 28. También se puede designar como gestión central del funcionamiento.

55

El sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 comprende una interfaz 14 a través de la que se ponen a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 valores de diferentes parámetros de funcionamiento y entorno por parte del control de la instalación de energía eólica 10. En el ejemplo éstos son una velocidad del viento real, una potencia activa real de la instalación de energía eólica, una velocidad de giro real de

un rotor de la instalación de energía eólica y un ángulo de paso real de las palas de rotor supervisadas de la instalación de energía eólica. Estos valores se leen por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 a través de la interfaz 14.

- 5 El dispositivo de selección 16 permite una selección de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 se debe usar en el modo normal para la supervisión de una pala de rotor o en un modo de test para el examen del funcionamiento correcto del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12.

En el modo normal se le suministran los valores leídos a través de la interfaz 14 de forma no modificada al dispositivo de evaluación 18 del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12. El dispositivo de evaluación 18 puede estar dispuesto, por ejemplo, en una góndola de la instalación de energía eólica, así como el control de la instalación de energía eólica 10. Alternativamente el dispositivo de evaluación 18 también puede estar alojado en un rotor, en particular, en la pala de rotor a supervisar de la instalación de energía eólica 28.

- 15 El dispositivo de evaluación 18 está conectado con al menos un sensor 20 dispuesto sobre la pala de rotor a supervisar, que pone a disposición del dispositivo de evaluación 18 los datos de aceleración.

El dispositivo de evaluación 18 evalúa los parámetros de funcionamiento y entorno, así como los datos de aceleración, determinando en base a los datos de aceleración 20 una frecuencia propia actual de la pala de rotor supervisada y en base a los parámetros de funcionamiento y entorno una frecuencia propia esperada de la pala de rotor. Si la evaluación proporciona indicaciones de una formación de hielo en la pala de rotor, en particular si la frecuencia propia real es menor en más de una medida predeterminada que la frecuencia propia esperada, el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 emite una advertencia que se le transmite al control de la instalación de energía eólica 10, según se indica por la flecha 22.

Si con el dispositivo de selección 16 se selecciona un modo de test para el examen del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12, se usa el dispositivo para la modificación 24 del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12. Éste agrega una compensación 26 al menos a un parámetro de funcionamiento y/o entorno puesto a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 a través de la interfaz 14. El valor modificado de esta manera se le transmite luego al dispositivo de evaluación 18 y se evalúa por éste de la manera ya explicada.

El control de las palas de rotor de la instalación de energía eólica 10 examina en el modo de test si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 emite una advertencia debido a la modificación del al menos un valor.

En el ejemplo de realización de la figura 1, el control de la instalación de energía eólica 10 está configurado para activar el modo de test del sistema de detección de hielo en las palas de rotor a través de la interfaz 14 y el dispositivo de selección 16. Además, se puede reaccionar de forma adecuada a las advertencias del sistema de detección de hielo en las palas de rotor que se deben atribuir al modo de test. Por lo demás no se diferencia de un control de la instalación de energía eólica convencional.

En el ejemplo de realización de la figura 2 se usa un sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 que se parece al sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 de la fig. 1 en relación a la interfaz 14, el dispositivo de evaluación 18 y el sensor de aceleración 20.

El dispositivo para la modificación 24 se corresponde igualmente al dispositivo para la modificación 24 de la figura 1, no obstante, no está integrado en el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12, sino en el control de la instalación de energía eólica 10. Esto es válido correspondientemente para el dispositivo de selección 16 que sirve para la activación del modo de test. Los valores de los parámetros de funcionamiento y/o entorno están a disposición en el control de la instalación de energía eólica 10, según está indicado por la caja 30. En el modo de test se le transmiten entonces los valores ya modificados al sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 a través de la interfaz 14.

Mediante los diagramas de las figuras 3 a 5 se explica la dependencia entre la frecuencia propia y diferentes parámetros. La figura 3 muestra la dependencia entre la frecuencia propia de una pala de rotor de la instalación de energía eólica y su masa. Se reconoce que la frecuencia propia se vuelve menor con masa creciente. Relativamente lejos a la izquierda está trazada a modo de ejemplo la masa de una pala de rotor en su estado de partida, sin formación de hielo. A esta masa se le asocia una frecuencia propia  $f_{libre}$  relativamente grande. Más a la derecha está trazada la masa de la misma pala de rotor con hielo, a la que se le asocia una frecuencia propia  $f_{hielo}$  claramente más baja.

En la invención el sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12 evalúa los datos de aceleración obtenidos por el sensor de aceleración 20 y en base a ello determina la frecuencia propia actual de la pala de rotor supervisada.

5

La figura 4 representa la dependencia entre la frecuencia propia de la pala de rotor y una temperatura de pala. En el caso de una temperatura medida  $T_{real}$ , la pala de rotor presenta una frecuencia propia  $f_{real}$ . Se reconoce que la frecuencia propia de la pala de rotor disminuye con temperatura creciente. En un ejemplo de realización de la invención se modifica el valor de la temperatura medida  $T_{real}$ , en tanto que se añade una compensación negativa al valor medido. Este valor modificado  $T_{mod}$  se evalúa luego conjuntamente con otros parámetros de funcionamiento y entorno no modificados por parte del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12. Esta evaluación conduce a una frecuencia propia esperada  $f_{esperada}$ , que es esencialmente más elevada que la frecuencia propia  $f_{real}$  presente efectivamente con la temperatura medida  $T_{real}$ . A partir de la diferencia negativa entre  $f_{real}$  y  $f_{esperada}$ , el dispositivo de evaluación infiere sobre un aumento de masa y por consiguiente sobre la acumulación de hielo que se confirma con una advertencia.

10

15

La fig. 5 ilustra la dependencia entre la frecuencia propia y una sollicitación mecánica, que se describe por el parámetro de entorno de la velocidad del viento  $v_{viento}$  y el parámetro de funcionamiento de potencia activa P. Se reconoce que la frecuencia propia aumenta con sollicitación mecánica creciente. En este ejemplo de realización de la invención, el valor de la velocidad del viento  $v_{real}$  o la potencia activa real  $P_{real}$  se modifica en tanto que se añade una compensación positiva a los valores reales medidos. Este valor modificado  $v_{mod}$  o  $P_{mod}$  se evalúa luego conjuntamente con otros parámetros de funcionamiento y entorno no modificados por parte del sistema de detección de hielo en las palas de rotor 12. Esta evaluación conduce a una frecuencia propia esperada  $f_{esperada}$ , que es esencialmente más elevada que la frecuencia propia real  $f_{real}$  calculada a partir de los datos de aceleración en el caso de la velocidad del viento  $v_{real}$  o potencia activa  $P_{real}$  presente efectivamente. A partir de la diferencia negativa entre  $f_{real}$  y  $f_{esperada}$ , el dispositivo de evaluación infiere sobre un aumento de masa y por consiguiente sobre la acumulación de hielo que se confirma con una advertencia.

20

25

**Lista de referencias usadas:**

30

10	Control de la instalación de energía eólica
12	Sistema de detección de hielo en las palas de rotor
14	Interfaz
16	Dispositivo de selección
35 18	Dispositivo de evaluación
20	Sensor de aceleración
22	Flecha
24	Dispositivo para la modificación
26	Compensación
40 28	Instalación de energía eólica
30	Caja

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el examen de un sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) para una instalación de energía eólica (28), en el que el sistema de detección de hielos en las palas de rotor (12) está configurado para emitir una advertencia en el caso de una formación de hielo o deterioro de una pala de rotor supervisada, y el procedimiento presenta las etapas siguientes:
- detección de datos de una pala de rotor a supervisar,
- 10 • facilitación de al menos un valor de un parámetro de funcionamiento y/o entorno,
- modificación del al menos un valor proporcionado de manera que el al menos un valor modificado se desvía de un valor efectivo del parámetro,
- 15 • evaluación de los datos y del al menos un valor modificado por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12), y
- examen de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) emite una advertencia.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la evaluación de los datos por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) comprende una determinación de una frecuencia propia real de la pala de rotor a supervisar.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la evaluación del al menos un valor modificado por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) comprende una determinación de una frecuencia propia esperada de la pala de rotor a supervisar.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 2 y 3, **caracterizado porque** el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) emite una advertencia si la frecuencia propia real es menor que la frecuencia propia esperada.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el al menos un valor comprende un parámetro de funcionamiento que se pone a disposición por un control de la instalación de energía eólica (10).
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el al menos un valor comprende un parámetro de entorno que se pone a disposición por un sensor dispuesto en o sobre la pala de rotor.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el al menos un valor comprende una temperatura real medida y el al menos un valor modificado comprende una temperatura modificada que es más baja que la temperatura medida.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el al menos un valor comprende una velocidad del viento real medida y una potencia activa real y el al menos un valor modificado comprende una velocidad del viento modificada, que es mayor que la velocidad del viento real medida, y una potencia activa modificada que es mayor que la potencia activa real.
- 45 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la velocidad del viento modificada y la potencia activa modificada se corresponden con una curva característica de potencia de la instalación de energía eólica (28).
- 50 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el examen de si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) emite una advertencia se realiza por un control de la instalación de energía eólica (10).
- 55 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la modificación del al menos un valor se realiza por el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la modificación del al

menos un valor se realiza por el control de la instalación de energía eólica (10).

13. Sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) para una instalación de energía eólica (28)  
con

5

- un sensor (20) para la disposición sobre o en una pala de rotor a supervisar,
- una interfaz (14) para la lectura de los valores de al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno, y

10 • un dispositivo de evaluación (18) para la evaluación de los datos detectados con el sensor (20) y de valores leídos a través de la interfaz (14), en el que el dispositivo de evaluación (18) está configurado para emitir una advertencia en el caso de signo de una formación de hielo en la pala de rotor a supervisar, **caracterizado porque**

15 • el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) presenta un dispositivo para la modificación (24) de al menos un valor leído a través de la interfaz (14), de manera que el al menos un valor modificado se desvía del valor efectivo del parámetro, y está configurado para poner a disposición del dispositivo de evaluación (18) en un modo de examen el al menos un valor modificado para la evaluación.

14. Instalación de energía eólica (28) con un sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12)  
20 según la reivindicación 13.

15. Instalación de energía eólica (28) con

25

- una pala de rotor,

30 • un sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) que presenta un sensor (20) dispuesto en o sobre la pala de rotor, una interfaz (14) para la recepción de valores de al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno y un dispositivo de evaluación (18) para la evaluación de los datos detectados con el sensor (20) y de los valores recibidos a través de la interfaz (14), en el que el dispositivo de evaluación (18) está configurado para emitir una advertencia en el caso de signo de una formación de hielo en la pala de rotor a supervisar, y

35 • un control de la instalación de energía eólica (10) que está conectado con la interfaz (10) y está configurado para poner a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) valores del al menos un parámetro de funcionamiento y/o entorno, **caracterizada porque** el control de la instalación de energía eólica (10)

35

- presenta un dispositivo para la modificación (24) de al menos un valor de un parámetro de funcionamiento y/o entorno de manera que el al menos un valor modificado se desvía de un valor efectivo del parámetro,

40 • está configurado para poner a disposición del sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) durante un modo de examen el al menos un valor modificado para la evaluación, y

- está configurado para examinar si el sistema de detección de hielo en las palas de rotor (12) emite una advertencia después de la evaluación del al menos un valor modificado.

Fig. 1

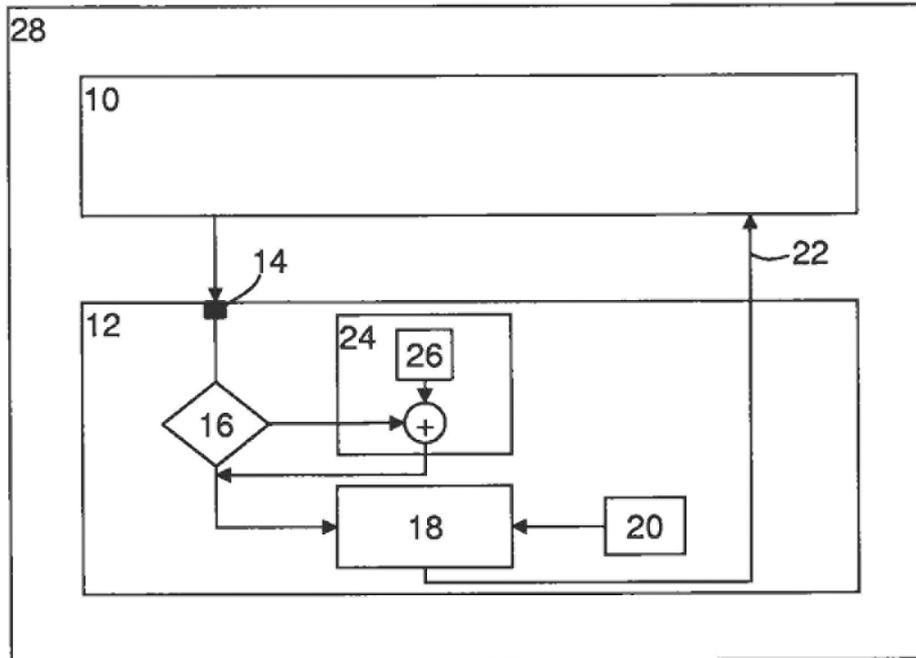


Fig. 2

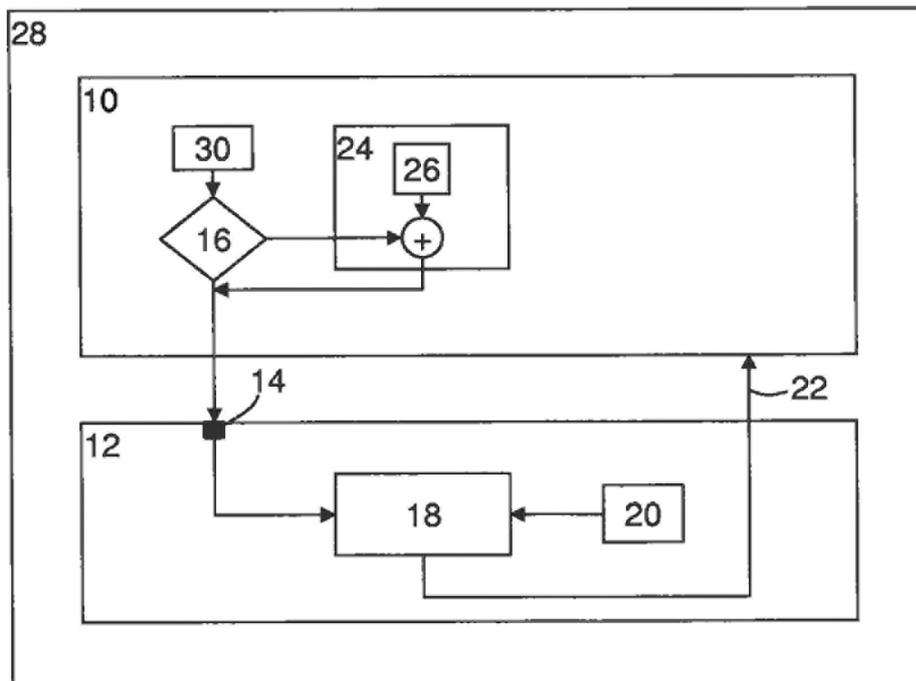


Fig. 3

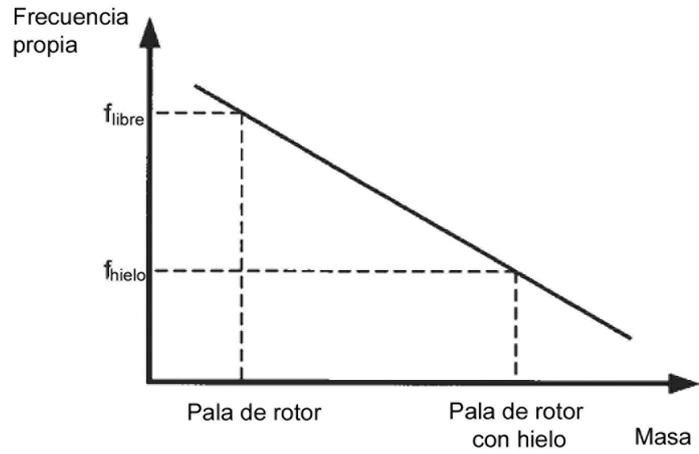


Fig. 4

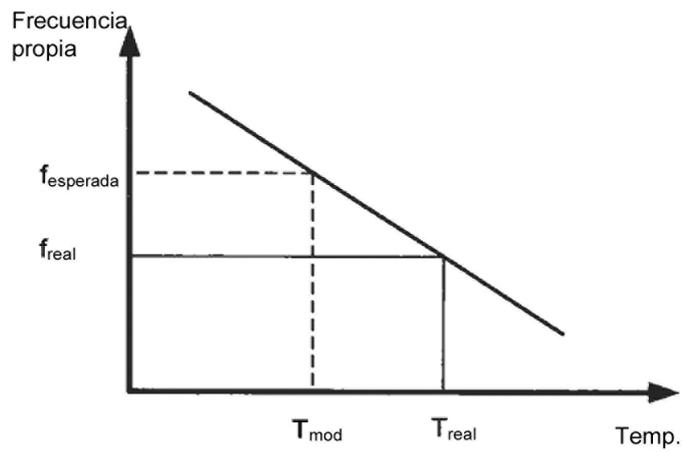


Fig. 5

