

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 995**

51 Int. Cl.:  
**B64D 15/20** (2006.01)  
**F03D 11/00** (2006.01)  
**G08B 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07734696 .3**  
96 Fecha de presentación: **29.05.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2029428**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA DETECTAR EL RIESGO DE LA FORMACIÓN DE HIELO EN LAS SUPERFICIES AERODINÁMICAS.**

30 Prioridad:  
**31.05.2006 IT TO20060400**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.02.2012**

73 Titular/es:  
**S.I.SV.EL. S.p.A. Societa' Italiana Per Lo Sviluppo, Dell' Elettronica**  
**Via Sestriere 100**  
**10060 None (TO), IT**

72 Inventor/es:  
**BATTISTI, Lorenzo**

74 Agente: **Curell Aguilá, Mireya**

ES 2 373 995 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 detectar el riesgo de la formación de hielo en las superficies aerodinámicas.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar y señalar el riesgo de formación de hielo en las superficies aerodinámicas, en particular en superficies de soporte de carga de máquinas de fluidos, por ejemplo las palas del rotor de sistemas de conversión de energía eólica (WECS).

10 La invención principalmente se aplica al campo de las WECS, en el que todavía no se ha solucionado el problema de la previsión de que ocurran condiciones que conduzcan a la formación de hielo en las palas de una turbina eólica. Esta previsión se utiliza con dos propósitos principales, esto es para la detección de las condiciones de la formación de hielo y la detención de la turbina eólica, o para la activación y desactivación de un sistema de anticongelación y de descongelación instalado en la turbina.

15 En el campo de la aeronáutica, se ha encontrado una solución para detectar las condiciones de la formación de hielo mediante la utilización de sensores del tipo Rosemount®. Un sensor de este tipo es un cilindro de metal pequeño para ser expuesto a las condiciones atmosféricas reales, el cual se cubre con hielo cuando existen las condiciones de formación de hielo, cambiando de ese modo su frecuencia de vibración y señalando que está ocurriendo la formación de hielo. El sensor se instala típicamente en el ala y es golpeado por el flujo de fluido dirigido contra el mismo, de modo que proporciona una indicación precisa de las condiciones reales de formación de hielo de la superficie supervisada.

20 El mismo sensor, cuando se utiliza en palas de turbinas eólicas, causa problemas considerables de desequilibrio del rotor debido a la masa del propio sensor. Cuando se instala en superficies fijas de WECS, por ejemplo en la góndola de una turbina eólica, proporciona indicaciones no fiables sobre la ocurrencia real de la formación de hielo en las palas del rotor, debido a la diferencia que existe entre la velocidad relativa del flujo que envuelve las diferentes secciones de la pala y la velocidad absoluta del viento, detectada en una ubicación fija. En la práctica, el sensor instalado en la góndola puede indicar que no se está formando hielo, mientras está ocurriendo una formación de hielo importante en la pala. También, cuando el sensor del hielo inicia el envío de la señal de la formación de hielo, el rotor ya puede encontrarse en unas condiciones de formación de hielo duras. Las observaciones anteriores sobre el sensor del tipo Rosemount® también se aplican, en general, a cualquier sensor conocido que puede medir directamente la formación de hielo en superficies fijas de un WECS.

25 Los sistemas conocidos adoptan una estrategia para la detección de la presencia o el riesgo de la formación de hielo la cual se basa en la detección de los parámetros de la máquina y las condiciones atmosféricas. Por ejemplo, miden tanto las vibraciones de la torre y la temperatura ambiental como la salida de potencia y la temperatura ambiental, como se muestra en los documentos de patentes US 2005/276.696 y US nº 6.890.152. La lógica de las estrategias de este tipo consiste en deducir la ocurrencia del fenómeno de formación de hielo mediante la detección de un comportamiento anómalo de la turbina eólica, tal como mucha vibración o una caída en la salida de potencia, verificando al mismo tiempo los parámetros medioambientales, por ejemplo comprobando que la temperatura ambiente está por debajo de 0°C.

35 Los sistemas conocidos mencionados anteriormente tienen la principal desventaja que consiste en que no son fiables en predecir y detectar eficazmente la presencia de hielo, tan pronto como ocurre el fenómeno de la formación de hielo. De hecho, cuando se detecta la formación de hielo es el fenómeno puede estar ya tan avanzado que requiera que la turbina eólica se detenga a fin de evitar que se dañe; o también pueden aparecer condiciones en las que exista únicamente un riesgo remoto de formación de hielo, pero el sistema señale que la formación de hielo está a punto de ocurrir. Por ejemplo, cuando situaciones turbulentas o cambios de viento fuerte (las cuales son típicas en áreas montañosas) provocan un fenómeno de vibración anómala y se detecta una temperatura por debajo de 0°C, el sistema detendrá la turbina incluso aunque no existan condiciones de formación de hielo, puesto que el entorno de funcionamiento no es suficientemente húmedo.

40 Según los documentos US nº 5.005.015 y EP 1 466 827 para la detección de la presencia de agua o hielo son también conocidos sensores para ser aplicados directamente a las superficies aerodinámicas, en particular a álabes de motores. Estos sistemas únicamente pueden detectar la presencia o el grosor de agua o hielo que posiblemente esté presente en las superficies, pero no pueden prever la formación futura de hielo.

45 El documento EP 0 893 605 se refiere a un procedimiento para la identificación de estados diferentes de agua en la superficie de una estructura, sobre la cual ha sido colocado un elemento sensor compuesto de un material que transporta una oscilación acústica. También se refiere a disposiciones de sensores que se basan en un elemento de sensor de este tipo con el objetivo de la descongelación o la detección de la formación de hielo en superficies.

50 El documento WO 2005/020175 ilustra un procedimiento y un sistema para la detección de la formación de hielo o las condiciones incipientes de formación de hielo exteriores a un vehículo. En particular, un sensor de temperatura y un sensor del contenido de agua que detectan la temperatura y el contenido de agua de una corriente de aire están provistos y configurados para dirigir señales respectivas a un conjunto de procesamiento, que procesa los datos de

este tipo a fin de proporcionar aviso o señales de la condición incipiente de formación de hielo en el vehículo.

El objetivo de la presente invención consiste en resolver las desventajas mencionadas anteriormente de la técnica anterior proporcionando un procedimiento para la detección del riesgo de la formación de hielo en superficies aerodinámicas que puede prever realmente y eficazmente la ocurrencia de condiciones de agua o de la formación de hielo en superficies aerodinámicas, en particular en las palas que una turbina eólica. La invención también comprende un sistema para la implementación de dicho procedimiento.

Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un sistema el cual es simple, barato y absolutamente eficaz cualesquiera que sean las condiciones de funcionamiento de las superficies aerodinámicas en las cuales se vaya a detectar el riesgo de la formación de hielo.

Según la presente invención, dichos objetivos se consiguen a través de un procedimiento y un sistema para la detección del riesgo de la formación de hielo en superficies aerodinámicas provistos de las características como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

El sistema comprende un sensor de temperatura y un sensor para la detección de la presencia de agua o hielo, los cuales están instalados en la proximidad inmediata de la superficie aerodinámica en la cual se va a detectar el riesgo de la formación de hielo, a fin de detectar tanto la temperatura como la presencia de agua en la misma superficie. Para ello, partes de detección de los sensores respectivos están instaladas de tal modo que se pueden detectar las condiciones reales de la superficie aerodinámica supervisada.

La detección de la temperatura y de la presencia de agua obtenida directamente en la superficie concerniente permite supervisar el riesgo de la formación de hielo de una manera eficaz. Por ejemplo, cuando se detecta la presencia de gotas de agua junto con una temperatura por debajo de una temperatura crítica previamente establecida, esto es una temperatura a la cual se va a señalar el riesgo de la inminente formación de hielo (por ejemplo 3°C), el sistema según la invención puede señalar un peligro real de formación de hielo.

El sistema según la invención también puede verificar empíricamente si, en combinación con la temperatura real de la superficie, realmente se están formando gotas de agua en dicha superficie, determinando de ese modo si el riesgo de la formación de hielo es real o no. Por ejemplo, si existe una temperatura entre -1°C y 1°C y no se encuentra agua en la superficie supervisada, el sistema según la invención puede abstenerse de señalar el riesgo de formación de hielo, como por supuesto es el caso cuando la humedad del aire es muy baja.

De forma ventajosa, los sensores están dispuestos en la superficie aerodinámica que se va a supervisar en posiciones que corresponden a, o en los alrededores de, las áreas de la máxima presión del flujo de fluido, esto es aquellas áreas de la superficie aerodinámica en donde el riesgo de la formación de hielo es el más elevado. Por ejemplo, una posición de este tipo puede ser el borde de ataque de un ala o una superficie de la pala del rotor.

Adicionalmente, los sensores están dispuestos en la superficie aerodinámica próximos entre sí, de modo que se puedan detectar condiciones homólogas del flujo de fluido en ubicaciones muy próximas. Esto evita en gran medida las detecciones erróneas de la condición real del flujo de fluido que choca contra la superficie en un cierto punto. Desde este punto de vista, la solución ideal es utilizar un sensor el cual incluya las funciones para la detección de la presencia de agua o hielo así como las funciones para la medición de la temperatura de una misma superficie pequeña.

Los objetivos, características y ventajas adicionales de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de una forma de realización de la misma, proporcionada a título de ejemplo no limitativo haciendo referencia a la figura 1 adjunta, que es una vista en perspectiva del sistema según la invención aplicado a una sección o área clave de una pala de rotor.

En particular, la sección de la pala del rotor representada y designada mediante el número de referencia 5 es del tipo ilustrado en el documento WO 2004/36038 a nombre del mismo solicitante de la presente solicitud de patente. Dicha pala 5 está provista por lo tanto de orificios 12 en su superficie exterior 5S. Próximo al borde de ataque del perfil de la pala y del orificio 12 y en la superficie exterior de la pala 5S se encuentra un primer sensor meteorológico, en este caso un sensor de temperatura 20 y un segundo sensor meteorológico, en este caso un sensor para la detección de la presencia de agua o hielo 30, al que se hace referencia en adelante en la presente memoria como sensor de lluvia. Haciendo referencia a la dirección del flujo de fluido F que envuelve la pala 5, estos sensores 20, 30 están colocados aguas arriba del orificio 12, de modo que las lecturas respectivas no están afectadas por el flujo de fluido que sale del orificio.

El sensor de temperatura 20, por ejemplo un termopar, es un conjunto pequeño, ligero, de un tipo conocido, conformado como una placa delgada e instalado en una parte de detección 21, que está instalado de tal modo que intercepta el flujo de fluido que envuelve la superficie exterior 5S. El sensor está colocado aguas arriba del orificio 12 y está encolado o fijado de otro modo a la superficie exterior 5S. En el lado posterior, presenta una conexión eléctrica 22 que discurre a lo largo de la superficie interior de la pala 5 hasta un sistema de adquisición de datos

(DAS) no representado por motivos de simplicidad.

El sistema de adquisición de datos es de un tipo conocido y dispuesto de forma ventajosa, con fines inerciales, fuera de la pala del rotor, por ejemplo en la góndola del WECS y el sistema según la presente invención incluye unos medios conocidos para la transmisión de las señales detectadas por los sensores al DAS.

El sensor de lluvia 30, de un tipo similar a los instalados en los parabrisas de automóviles, está también encolado aguas arriba del orificio 12 e instalado con una conexión eléctrica respectiva 31 que discurre a lo largo de las paredes laterales del orificio y la superficie interior de la pala 5 hasta el DAS. Los sensores 20, 30 utilizados son conocidos y, una vez instalados en la superficie exterior 5S, sus superficies y dimensiones no afectan al flujo F contra dicha superficie.

El DAS puede procesar la información sobre la presencia o ausencia de agua enviada por el sensor de lluvia 30 y el valor de la temperatura de la superficie detectada por el sensor de temperatura 20 de modo que, cuando no se detectan gotas de agua en la superficie, no señalará el riesgo de formación de hielo. Por el contrario, cuando se detecta la presencia de agua junto con una temperatura por debajo de un valor crítico previamente establecido, por ejemplo 3°C, el DAS señalará el riesgo de formación de hielo o la inminente formación de hielo a un conjunto de control central.

Ventajosamente, el poco peso, la simplicidad y la fiabilidad de los sensores de lluvia y los sensores de temperatura conocidos permiten que sean utilizados fácilmente también en palas giratorias de turbinas eólicas, proporcionando así un sistema para la detección del riesgo de formación de hielo en superficies aerodinámicas el cual es simple, fiable y barato.

A diferencia de la técnica anterior, el sistema según la invención realiza una detección de un par de parámetros físicos, en particular temperatura y presencia de agua, directamente en las superficies afectadas por el riesgo de la formación de hielo, proporcionando de ese modo una medición a tiempo y precisa. Dichos parámetros, después de ser procesados por el DAS, permiten prever el riesgo real de formación de hielo de una manera eficaz. Por el contrario, según la técnica anterior el riesgo de la formación de hielo se prevé esencialmente sobre la base de parámetros los cuales no se miden en la superficie que se va a supervisar, porque son derivados y procesados por sensores a menudo colocados lejos de las superficies implicadas. Por lo tanto, las mediciones de este tipo son en muchos casos erróneas y no representan las condiciones reales de la superficie.

En resumen, el sistema para la detección del riesgo de la formación de hielo en superficies aerodinámicas según la invención permite señalar el riesgo de la formación de hielo y posiblemente activar un sistema anticongelación de forma muy precisa y eficazmente, sin el riesgo de que se haya producido la formación de hielo en las superficies aerodinámicas afectadas, manteniendo de ese modo la máquina supervisada siempre en las mejores condiciones de funcionamiento.

Puede apreciarse que un experto en la materia puede introducir muchos cambios al sistema para la detección del riesgo de la formación de hielo en superficies aerodinámicas, en particular en las superficies que soportan la carga de máquinas de fluidos, según la presente invención; de forma similar, resulta evidente que en la implementación práctica de la invención, los detalles ilustrados en este documento pueden tener diferentes formas o ser sustituidos con elementos técnicos equivalentes.

Por ejemplo, si el sistema se aplica a las palas de un rotor sin orificios, se pueden realizar orificios adecuados para encaminar las conexiones eléctricas de los sensores o para el alojamiento de los propios sensores, que en cualquier caso estarán configurados e instalados de modo que la parte de detección de los mismos se apoye sobre la superficie que se va a monitorizar.

También, cuando se utilizan sensores relativamente delgados, se pueden obtener orificios adecuados en la pala para el alojamiento de dicho sensores sin que afecte al flujo de fluido alrededor de la pala.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la detección del riesgo de la formación de hielo en superficies aerodinámicas (5S) envueltas por un flujo de fluido (F), tal como superficies de soporte de carga de máquinas de fluidos (5), que comprende las etapas que consisten en:
- la detección de la temperatura en la superficie aerodinámica (5S);
  - la detección de la presencia de agua en la superficie;
  - 10 - el procesamiento de los datos relativos a la temperatura y la presencia de agua;
  - cuando se encuentra agua presente sobre la superficie y la temperatura es inferior a un valor crítico previamente establecido, la generación de una señal relativa al riesgo de formación de hielo.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que las superficies aerodinámicas (5S) son las de un rotor de turbina eólica.
- 20 3. Sistema para la implementación del procedimiento según las reivindicaciones anteriores, que comprende una superficie aerodinámica (5S) que se va a monitorizar, un sensor de temperatura (20) colocado sobre la superficie aerodinámica (5S) para la detección de la temperatura de la superficie aerodinámica (5S), un sensor de lluvia (30) colocado sobre la superficie aerodinámica (5S) para la detección de la presencia de agua en la superficie aerodinámica (5S), un sistema de adquisición de datos conectado a dichos sensores (20, 30) que procesa la información sobre la presencia/ausencia de agua enviada por el sensor de lluvia (30) y el valor de la temperatura de la superficie detectada por el sensor de temperatura (20), en el que cuando los sensores (20, 30) detectan la presencia de agua y una temperatura inferior a un valor crítico previamente establecido, el sistema de adquisición de datos señala el riesgo de formación de hielo o la formación inminente de hielo a una unidad de control central.
- 25 4. Sistema según la reivindicación 3, en el que cuando no son detectadas gotas de agua sobre la superficie aerodinámica (5S) por el sensor de lluvia (30), el sistema de adquisición de datos no señalará el riesgo de formación de hielo.
- 30 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, en el que los sensores (20, 30) están dispuestos en las posiciones que corresponden a, o alrededor de, las zonas de presión máxima de la superficie aerodinámica (5S) que se va a monitorizar.
- 35 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el sensor de temperatura (20) presenta una parte de detección (21) colocada donde el flujo de fluido (F) envuelve la superficie aerodinámica (5S).
- 40 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que los sensores (20, 30) están dispuestos en la superficie aerodinámica (5S) próximos entre sí.
- 45 8. Sistema según la reivindicación 7, en el que los sensores (20, 30) son de un tipo constituido por placas pequeñas y están fijados a la superficie aerodinámica (5S).
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en el que dichos sensores de temperatura y de lluvia (20, 30) están incorporados en un sensor individual.
- 50 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicha superficie aerodinámica es la superficie exterior (5S) de una pala de rotor (5) y la máquina de fluidos es una turbina eólica.
- 55 11. Sistema según la reivindicación 10, en el que la pala es de un tipo perforado y los sensores (20, 30) están colocados aguas arriba de un orificio individual (12) con relación al flujo de fluido (F) que envuelve la superficie exterior (5S) de la pala (5).
12. Sistema según la reivindicación 10 u 11, en el que el sistema de adquisición de datos está dispuesto sobre la góndola de la turbina eólica, comprendiendo el sistema unos medios para la transmisión de señales detectadas por los sensores (20, 30) a la unidad de control central.

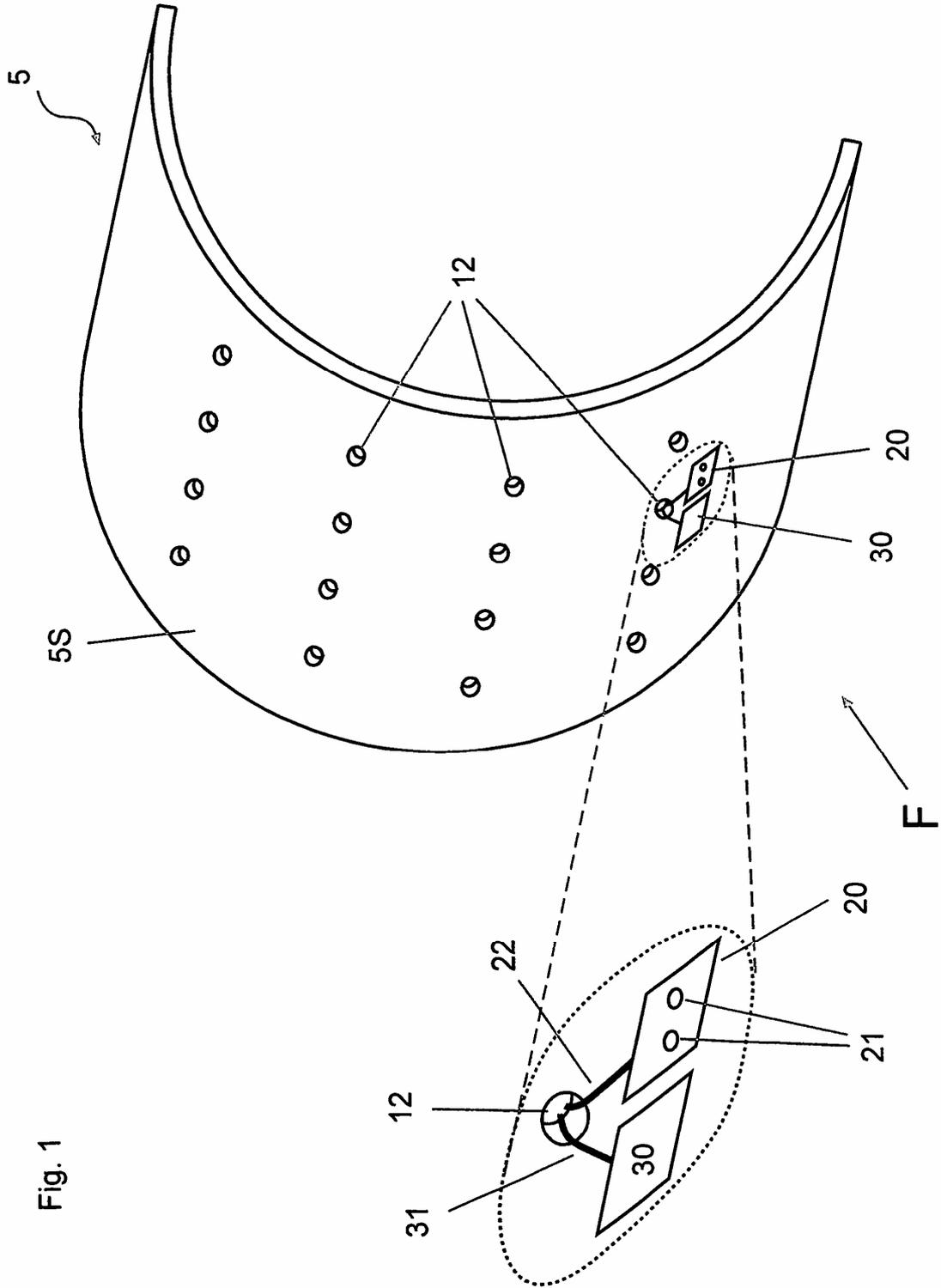


Fig. 1