

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 882**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2012 E 12723681 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2556246**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica bajo condiciones de englamiento**

30 Prioridad:

07.06.2011 DE 102011077129

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

01.04.2015

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

JEPSEN, TORSTEN

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 532 882 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 funcionamiento de una instalación de energía eólica bajo condiciones de engelamiento.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica correspondiente, como también un parque eólica con varias instalaciones de energía eólica.

10 En general se conocen procedimientos para el funcionamiento de una instalación de energía eólica y la presente solicitud parte en particular de una instalación de energía eólica según la fig. 1, que presenta una góndola con rotor y palas de rotor en un buje, estando montada la góndola de forma giratoria sobre una torre. Durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica, el viento actúa sobre las palas de rotor y de este modo genera un movimiento giratorio que genera energía eléctrica en la góndola mediante un generador. En particular se parte de instalaciones de energía eólica con palas de rotor con un ángulo de pala de rotor ajustable, así denominado instalaciones de
15 energía eólica regulada por ángulo de paso.

20 En los lugares de establecimiento de las instalaciones de energía eólica, en los que también pueden aparecer temperaturas alrededor del punto de congelación, existe el peligro de que se cubra de hielo la instalación de energía eólica, en particular las palas de rotor. En las palas de rotor de las instalaciones de energía eólica, por consiguiente con fenómenos climáticos determinados, se puede producir la formación de hielo, escarcha o depósitos de nieve. En general las condiciones previas son una humedad del aire elevada o lluvia o caída de nieve con temperaturas poco por debajo del punto de congelación. Las temperaturas de engelamiento más frecuentes se sitúan en este caso en el rango de -1 °C hasta -4 °C. Por encima de +1 °C y por debajo de -7 °C no aparece habitualmente un engelamiento. En el caso de temperaturas menores es demasiado baja la humedad del aire disponible en el aire.

25 Mientras que los depósitos de hielo y escarcha pueden alcanzar espesores de los que se puede presuponer una amenaza para personas y cosas en caso de desprendimiento, los depósitos de nieve suelta que se acumulan al caer nieve en las zonas sin importancia en general de la pala de rotor, como por ejemplo en la brida, no representan normalmente un peligro.

30 En instalaciones de energía eólica es problemático en particular el peligro por un lanzamiento de hielo o desprendimiento de hielo. Durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica con palas de rotor congeladas se puede producir una amenaza del entorno más próximo por el lanzamiento de trozos de hielo. En el caso de parada de una instalación de energía eólica, la amenaza por el desprendimiento de trozos de nieve y hielo de la instalación de energía eólica no se diferencia esencialmente de la amenaza por parte de otros edificios elevados.

35 Un procedimiento para el funcionamiento de la instalación de energía eólica teniendo en cuenta la posibilidad de un engelamiento se describe en la publicación de solicitud de patente alemana DE 103 23 785 A1. Allí los parámetros de funcionamiento, como por ejemplo la potencia de la instalación de energía eólica en función de una condición de entorno como la velocidad del viento, se comparan con valores de consigna que aparecen con la velocidad de viento correspondiente. A partir de las desviaciones entre el parámetro de funcionamiento detectado y el parámetro de funcionamiento previsto se puede inferir sobre una acumulación de hielo y se pueden iniciar medidas de protección correspondientes, en particular a ello pertenece la parada de la instalación de energía eólica.

45 Este modo de proceder se basa en el conocimiento de que una acumulación de hielo en las palas de rotor influye en la aerodinámica de las palas y por consiguiente del rotor, por lo que se producen desviaciones en el comportamiento de la instalación. Éstas se pueden identificar y evaluar mediante la comparación descrita de parámetros de funcionamiento.

50 En este caso es problemático que este tipo de formulación presupone un funcionamiento lo más estacionario posible, estable y lo más uniforme posible de la instalación de energía eólica.

55 Pero en el caso de viento flojo, que se supone aproximadamente con velocidades por debajo de 3 ó 4 m/s, no existen con frecuencia condiciones ideales semejantes. En el caso de viento fuerte, que se supone la mayoría de las veces con velocidades de viento desde 20 m/s ó 25 m/s, no es suficiente con frecuencia la sensibilidad de los procedimientos conocidos semejantes. Correspondientemente las evaluaciones de acumulación de hielo eventuales no son muy fiables o incluso imposibles.

Un problema similar se produce cuando la instalación de energía eólica se detiene, ya que en la parada no se pueden comparar los parámetros de funcionamiento de forma razonable con parámetros de funcionamiento predeterminados. En este caso la instalación de energía eólica se puede detener por motivos muy diferentes. A ello pertenece una parada debido a viento demasiado débil, una parada debida a viento demasiado fuerte, una parada con finalidades de mantenimiento y también una parada debida a un fallo de red de la red de distribución eléctrica conectada en la que se alimenta la instalación de energía eólica y de la que la instalación de energía eólica toma energía para el mantenimiento de su gestión del funcionamiento. Por lo demás también entra en consideración una parada de la instalación de energía eólica debido a una acumulación de hielo identificada.

- 10 Por el documento AU 2009 339 713 A1 se conoce además un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, en el que se mide la cantidad de hielo formado en las palas de rotor. Si la cantidad de hielo formado, que se mide por ejemplo a través de la deformación de la pala de rotor, excede un primer valor límite, la instalación de energía eólica pasa al funcionamiento de marcha en vacío con velocidad de rotación claramente reducida. Si se sobrepasa un segundo valor límite para la cantidad de hielo formado, la instalación de energía eólica para completamente. La parada de la instalación de energía eólica se realiza después de la aparición de un evento concreto, a saber una detección de una acumulación de hielo en las palas de rotor.

La presente invención tiene por consiguiente el objetivo de direccionar al menos uno de los problemas arriba mencionados. En particular se debe mejorar una identificación de la acumulación de hielo o identificación de hielo, de modo que también se pueda realizar una identificación de la acumulación de hielo fuera de un rango de identificación seguro actualmente de una instalación de energía eólica. Pero al menos se debe encontrar una realización alternativa.

Por consiguiente según la invención se propone un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica según la reivindicación 1.

Luego se toma por base una instalación de energía eólica con una góndola con un generador eléctrico para la generación de corriente eléctrica y un rotor aerodinámico acoplado con el generador con una o varias palas de rotor.

- 30 Una instalación de energía eólica semejante se hace funcionar de modo y manera conocidos en principio, girándose a saber el rotor cuando se puede excluir de forma segura una acumulación de hielo en las palas de rotor. Éste es en particular el caso cuando la temperatura ambiente es alta, en particular claramente por encima de +2 °C. Pero también en el caso de temperaturas bajas alrededor del punto de congelación se excluye una acumulación de hielo cuando los parámetros de funcionamiento durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica presentan el respectivo valor a esperar. Esto significa en particular que en el rango de carga parcial, cuando no está a disposición suficiente viento para el funcionamiento de la instalación de energía eólica con la potencia nominal, la potencia generada por la instalación de energía eólica se corresponde con la potencia esperada con la velocidad del viento predominante. En el rango de plena carga, cuando entonces la instalación de energía se puede hacer funcionar con la potencia nominal debido al viento predominante, esto significa que en el caso de una instalación de energía eólica regulada por ángulo de paso el ángulo de pala de rotor ajustado se corresponde con el ángulo de pala de rotor a esperar con la velocidad del viento predominante.

Si por el contrario se identifica una acumulación de hielo en las palas de rotor, entonces se para la instalación de energía eólica. Una acumulación de hielo se identifica, por ejemplo, porque en presencia de una temperatura ambiente que hace posible una acumulación de hielo, a saber en particular con una temperatura ambiente por debajo de +2 °C, están presentes desviaciones entre la potencia real y la esperada o desviaciones entre el ángulo de pala de rotor real y el esperado que permiten inferir sobre una acumulación de hielo. En el rango de carga parcial éste es el caso habitualmente cuando la potencia real se sitúa claramente por debajo de la potencia esperada, ya que se debe partir de que la acumulación de hielo disminuye el rendimiento de la instalación de energía eólica. Es decir, la relación de la potencia eléctrica generada por la instalación de energía eólica respecto a la potencia proporcionada con el viento predominante. Otro método de identificación de una acumulación de hielo es, por ejemplo, la supervisión de la frecuencia propia de la pala de rotor durante el funcionamiento. Esto también se basa sobre condiciones previas que no siempre están presentes suficientemente. Todavía se conocen otros procedimientos que pueden chocar igualmente con sus límites. A ello pertenece, para nombrar otro ejemplo, un procedimiento óptico que se puede usar difícilmente en caso de niebla o por las noches.

Cuando no se ha identificado una acumulación de hielo, pero es a esperar, como no a excluir, se propone parar la instalación de energía eólica de forma retrasada temporalmente. Arriba se ha descrito cuando se idéntica una acumulación de hielo. Es a esperar en particular cuando la temperatura ambiente se sitúa por debajo de una

temperatura límite, en particular por debajo de +2 °C. Con +2 °C no se debería formar hielo, pero para excluir los riesgos por una no identificación o no consideración de una acumulación de hielo posible, se propone tomar por base éste valor relativamente elevado de +2 °C. De este modo también se tiene en cuenta que pueden aparecer inseguridades de medición, ya que la medición de temperatura no se realiza directamente en el lugar potencial del
5 engelamiento y también ya que mediante las condiciones de circulación se influye en la temperatura. Alternativamente también se puede adoptar otro valor, en particular un valor límite de +1 °C ó +3 °C ó +4 °C.

Según la invención se ha identificado que una parada de la instalación de energía eólica en el caso de una
10 acumulación de hielo no identificada, pero a esperar o no a excluir, aumenta la seguridad para las personas y cosas en la zona de la instalación de energía eólica, quedando proporcionalmente bajas las pérdidas de rendimiento que se producen, medido sobre la potencia anual de la instalación de energía eólica. Esto se debe en particular a que una parada semejante se realiza con velocidades de viento muy elevada, pero que aparecen raramente, o aparecen con velocidades de viento muy bajas, con las que de todos modos se puede producir poco rendimiento.

15 Según la invención también se ha identificado además que sólo con grosores de hielo más espesos se produce un lanzamiento de trozos de hielo individuales y por ello no se debe realizar inmediatamente una parada o impedimento de un re arranque de la instalación de energía eólica y mejor dicho se puede realizar de forma retrasada temporalmente. De este modo las pérdidas de rendimiento eventuales se disminuyen, ocasionalmente se disminuyen de forma significativa.

20 En este caso la parada de la instalación de energía eólica y el impedimento de un re arranque se pueden efectuar bajos las mismas condiciones previas. Un impedimento retrasado temporalmente de un re arranque de la instalación de energía eólica puede significar en este caso que una instalación de energía eólica parada, debido al retraso temporal, no se entorpece en primer lugar en el re arranque. Entonces arranca de nuevo y eventualmente llega
25 entonces, dentro del retraso temporal, a un punto de trabajo en el que es posible identificar de forma segura una acumulación de hielo, en particular de forma más segura que en la parada. Si a este respecto se llega a identificar de forma segura que no existe una acumulación de hielo, este retraso temporal conduce como resultado a que la instalación de energía eólica haya arrancado de nuevo y trabaje normalmente y aporte un rendimiento correspondiente. Sin retraso temporal hubiera existido el peligro de que la instalación no arrancara, no se
30 identificase una ausencia de hielo y la instalación permanecería por consiguiente en primer lugar de forma duradera en parada.

En la presente solicitud se debe entender bajo parada de una instalación de energía eólica – si no se clarifica otra cosa, que ésta para el rotor, en todo caso deja de funcionar con funcionamiento a baja velocidad. No obstante, el
35 sistema de gestión de funcionamiento queda en este caso en funcionamiento, excepto si se juntan otras perturbaciones, como por ejemplo un fallo de red, que impidan un mantenimiento del sistema de gestión del funcionamiento. En el caso de fallo de red se almacenan los datos de estado hasta el retorno de la red.

El retraso temporal arranca desde el instante o tiene en cuenta este instante en el que fue a esperar una
40 acumulación de hielo o no se pudo excluir. En particular el retraso temporal puede comenzar en el momento cuando la temperatura ambiente cae por debajo de una temperatura límite.

Adicionalmente o alternativamente se propone que una instalación de energía eólica parada arranque de nuevo de forma retrasada temporalmente cuando se ha suprimido de nuevo una condición de parada – por ejemplo debido a
45 la proyección de sombras, debido a una supervisión de vibraciones o también manualmente como por ejemplo para el mantenimiento – que ha conducido a la parada de la instalación de energía eólica, y no se ha identificado una acumulación de hielo, ni es a esperar o ni se excluye. El retraso temporal comienza en el instante o se tiene en cuenta un instante semejante en el que existe la condición de que no se ha identificado una acumulación de hielo o no es a esperar. Esto puede significar que antes de este instante fue a esperar o incluso estuvo presente una
50 acumulación de hielo. Pero también puede significar que antes de este instante no estuvo claro que tipo de situación existía. El retraso temporal se propone por consiguiente para tener en cuenta que, aunque no se ha identificado o no es a esperar una acumulación de hielo, podría estar presente hielo residual. Ocasionalmente las condiciones observadas indican sólo que no es a esperar la formación de una acumulación de hielo o que a través de la presencia de una acumulación de hielo no se pueden hacer afirmaciones o sólo con dificultades. En particular existe
55 una condición semejante cuando la temperatura ambiente se sitúa por encima, en particular ligeramente por encima de una temperatura límite, como por ejemplo 2 °C. Con una temperatura mayor, en particular sobre 2 °C no se debe contar con una formación de hielo. Pero si existió una acumulación de hielo hasta poco antes, ésta posiblemente todavía puede estar presente al menos en una parte. En particular para este caso el retraso temporal conduce a que se pueden descongelar los restos eventuales de la acumulación de hielo.

Según la invención se realiza además la parada o el impedimento del re arranque de la instalación de energía eólica y también o alternativamente la autorización del re arranque de la instalación de energía eólica en función de un indicador de sospecha de hielo. El indicador de sospecha de hielo, que también se puede designar de forma sencilla como indicador, constituye una medida de la probabilidad de una acumulación de hielo y se determina o modifica correspondientemente. El indicador de sospecha de hielo se determina o modifica en este caso de modo que puede dar una indicación sobre una probabilidad o se usa entonces sin que deba representar un valor de probabilidad en el sentido matemático. A continuación se explica el indicador de sospecha de hielo en particular de modo que un valor grande indica una probabilidad elevada de una acumulación de hielo y un valor bajo indica una probabilidad baja de una acumulación de hielo. El especialista puede prever y convertir esto también a la inversa mediante la enseñanza según la invención.

El indicador de sospecha de hielo se determina según la invención en función de los parámetros de funcionamiento y/o en función de las condiciones ambientales y también se puede modificar en función de éstas. Preferentemente se tiene en cuenta el tiempo. Por consiguiente es favorable cuando el indicador de sospecha de hielo se modifica de modo que depende de valores anteriores y de cuan lejos datan estos y/o cuanto han durado estos.

El indicador de sospecha de hielo está configurado según la invención como un contador. Bajo esto se encuentra en particular una realización en la que el indicador de sospecha de hielo está realizado como una variable implementada en un ordenador que puede aumentar o disminuir a voluntad su valor en el fondo dentro de límites predeterminados.

Un indicador de sospecha de hielo modifica su valor en una primera dirección, en particular éste se aumenta cuando las condiciones ambientales y/o condiciones de funcionamiento de la instalación de energía eólica favorecen una acumulación de hielo y/o indican una acumulación de hielo, en particular cuando la temperatura ambiente se sitúa por debajo de una temperatura límite. Esta modificación se realiza en particular en función del tiempo, de modo que el valor se modifica sucesivamente o continuamente con tiempo creciente. Cuando entonces en particular la temperatura ambiente se sitúa por debajo de una temperatura límite como +2 °C, este valor siempre sigue aumentando con el tiempo hasta que ha alcanzado un valor tan elevado que puede estar almacenado como valor límite y se puede designar como valor límite de parada, con el que la instalación de energía eólica se para o con el que se impide la instalación de energía eólica en un re arranque. Si la instalación de energía eólica se sitúa, por ejemplo, en un estado en el que debido a valores pasados se debe partir de que no existe una acumulación de hielo y cambia la situación total a condiciones bajas las que ya no se puede excluir una acumulación de hielo, entonces el contador comienza a aumentar lentamente. Hasta que ha alcanzado el valor límite de parada – si lo alcanza en realidad – pasa un tiempo que también depende de la rapidez del aumento de este contador.

Adicionalmente o alternativamente el contador modifica sus valores en una segunda dirección, en particular éstos se disminuyen cuando las condiciones ambientales o condiciones de funcionamiento de la instalación de energía eólica indican o favorecen que no exista o se reduzca una acumulación de hielo, en particular cuando la temperatura ambiente se sitúa por encima de la temperatura límite.

Si entonces, por ejemplo, existe una situación en la que se debe partir de una acumulación de hielo o se ha detectado ésta, o no está clara la situación, y se modifica la situación a una situación en la que se puede excluir una acumulación de hielo o al menos una aparición de la acumulación de hielo, entonces se disminuye el valor del indicador de sospecha de hielo, es decir el valor del contador, gradualmente con el tiempo. Se reduce hasta que se alcanza un valor límite de contador inferior, en particular, un valor límite de re arranque.

Los procesos arriba descritos del aumento o disminución del indicador de sospecha de hielo pueden durar algunas horas hasta 10 horas o incluso más. En este tiempo se puede modificar una situación, que indica la posibilidad de una formación de hielo y tiene como consecuencia un aumento del contador, a una situación en la que se puede partir de una disminución de una acumulación de hielo, en particular de un deshelado o en la que existen valores seguros que permiten excluir una acumulación de hielo. El valor del indicador de sospecha de hielo o del contador se disminuye de nuevo en este caso. Asimismo se puede producir una situación inversa en la que el contador se incrementa de nuevo. Por consiguiente, de forma condicionada por la situación se modifica la dirección en la que se modifica el valor del indicador de sospecha de hielo. De este modo se tiene en cuenta respectivamente la situación anterior. Preferentemente se usa entonces uno y el mismo contador para el aumento y disminución.

Según la invención se realiza una modificación del valor, es decir, del valor del indicador de sospecha de hielo como contador, con una velocidad dependiente de las condiciones ambientales y/o condiciones de funcionamiento de la

instalación de energía eólica. Luego el valor no se aumenta o disminuye siempre igual con el tiempo, sino que también tiene en cuenta un punto de vista diferenciado de las presentes condiciones.

5 En este caso se aumenta el valor más lentamente con viento flojo predominante, es decir, en particular viento con velocidades por debajo de 4 m/s, que con viento fuerte predominante, a saber en particular con velocidades de viento por encima de 20 m/s, cuando se hace funcionar la instalación. Esto se basa en el conocimiento de que, en el caso de velocidades de afluencia muy elevadas en la pala de rotor, condicionado por el funcionamiento de la instalación con velocidades de viento elevadas, se puede formar más rápidamente una acumulación de hielo y por consiguiente debería ser más corto el tiempo hasta que se pare la instalación de energía eólica. Esto se puede tener
10 en cuenta mediante el aumento más rápido del valor del indicador de sospecha de hielo, que por consiguiente alcanza rápidamente un valor límite de parada. Pero también existe la posibilidad de realizar un retraso temporal mayor con viento flojo predominante de otra manera que mediante el indicador de sospecha de hielo como contador, como por ejemplo, mediante una tabla de referencia o tabla de consulta.

15 Según la invención adicionalmente o alternativamente también se efectúa un aumento del valor del indicador de sospecha de hielo más lentamente que en el caso de funcionamiento de la instalación con viento fuerte predominante, cuando la instalación de energía eólica se ha parado debido a una parada automática de la instalación, como en la desconexión por proyección de sombras o ausencia de viento, o con parada manual de la instalación, como por ejemplo para el mantenimiento, independientemente de la velocidad del viento predominante.

20 Otra forma de realización según la invención propone disminuir adicionalmente o alternativamente el valor del indicador de sospecha de hielo como contador cada vez más lentamente cuanto menor sea la temperatura ambiente, en particular disminuir el valor de forma proporcional a una integral que se forma por el tiempo sobre una diferencia de la temperatura ambiente respecto a la temperatura límite.

25 Por ello se produce un retraso temporal que es menor cuanto mayor sea la temperatura ambiente. Con otras palabras, la instalación de energía eólica puede arrancar de nuevo antes tanto más caliente esté. Dejar arrancar de nuevo la instalación de energía eólica con un retraso temporal más bajo cuanto mayor sea la temperatura ambiente también se puede aplicar al contrario que mediante el uso del indicador de sospecha de hielo como contador. Por
30 ejemplo, puede estar prevista una tabla, una así denominada tabla de consulta, que prepara los valores de retraso temporal para temperaturas ambiente determinadas.

Otra forma de realización se caracteriza porque la instalación de energía eólica está acoplada con una red eléctrica y en caso de un fallo de red se para la instalación de energía eólica y en caso de retorno de la red, cuando
35 se ha corregido el fallo de red, se realiza un arranque de la instalación de energía eólica en función de una temperatura de medición que depende de la temperatura ambiente en caso de fallo de red y de la temperatura ambiente en caso de retorno de la red. Aquí se basa en la idea de que durante la duración del fallo de red, a saber del comienzo del fallo de red hasta el retorno de la red, no existen o sólo de forma limitada informaciones de los parámetros de funcionamiento o condiciones ambientales, en particular de la temperatura ambiente. Para poder
40 estimar mejor la posibilidad de una acumulación de hielo tras el final del fallo de red, se pone de base un valor de temperatura para la temperatura ambiente que depende de la temperatura en caso del retorno de la red, es decir la temperatura actual, y la última temperatura ambiente detectada antes o al comienzo del fallo de red.

Preferentemente se calcula la temperatura de medición como valor medio a partir de la temperatura ambiente al
45 comienzo del fallo de red y la temperatura ambiente en caso de retorno de la red, cuando el fallo de red no es superior a un primer tiempo de fallo, en particular no superior a dos horas. Aquí se basa en el conocimiento de que la temperatura ambiente no se modifica demasiado rápido y en el caso de tiempos de fallo pequeños una observación de la temperatura ambiente antes y después del fallo de red ya puede proporcionar informaciones razonables de la probabilidad de una acumulación de hielo. Si, por ejemplo, la temperatura ambiente en caso de
50 retorno de la red es de 2 °C, es probable una acumulación de hielo cuando la temperatura ambiente al comienzo del fallo de red se situó claramente por debajo, sin embargo, es improbable una acumulación de hielo cuando la temperatura ambiente al comienzo del fallo de red se situó claramente por encima.

Es favorable prever un valor de seguridad de temperatura, en el caso de fallo de red más largo, para la
55 determinación de la temperatura de medición que se puede designar también como temperatura calculada. Entonces se propone disminuir en 2 K la temperatura de medición en el caso de fallo de red más largo, en particular en el caso de fallo de red por encima de dos horas.

Según una forma de realización, la instalación de energía eólica está dispuesta en un parque eólica y se para

cuando al menos otra instalación de energía eólica de este parque eólico se para debido a la acumulación de hielo o sospecha de acumulación de hielo. Esto se basa en el conocimiento de que las instalaciones de energía eólica se comportan de forma similar en cualquier caso respecto a la acumulación de hielo en el mismo parque, ya que en particular los parámetros ambiente, como temperatura ambiente, humedad del aire y velocidad del viento son similares. Pero esto también se basa en el conocimiento de que una acumulación de hielo de una instalación de energía eólica en el parque no debe indicar obligatoriamente que también todas las otras instalaciones de energía eólica en el parque presenten una acumulación de hielo, pero que es elevada la probabilidad de una acumulación de hielo en las restantes instalaciones de energía eólica del mismo parque. Por consiguiente los pronósticos erróneos sólo se deberían producir raramente y con ello apenas repercuten en el rendimiento total de la instalación de energía eólica durante el año, pudiéndose aumentar ocasionalmente significadamente la seguridad, a saber el impedimento de un desprendimiento de hielo.

Preferentemente una instalación de energía eólica, que se ha parado debido a una acumulación de hielo identificada o sospecha de ella, orienta su góndola de modo que se respeta una distancia lo mayor posible respecto a las zonas en peligro por caída de hielo, en particular respecto a vías de circulación y objetos. Entonces no sólo se disminuye el peligro por desprendimiento de hielo, sino también el peligro por caída de hielo pura, según puede aparecer en principio también en otros edificios elevados.

Preferentemente se usa una instalación de energía eólica que presenta un sensor de viento calentable para la medición de la velocidad del viento y lo calienta al menos en el caso de una sospecha de acumulación de hielo. Por ejemplo, se puede usar un así denominado anemómetro por ultrasonidos. Por consiguiente, para el caso de una formación de hielo que puede parecer no sólo en las palas de rotor, sino por ejemplo también en el anemómetro, también se debe ocupar de una medición fiable además de la velocidad del viento. Correspondientemente también se pueden aplicar entonces además identificaciones de acumulación de hielo que necesitan una velocidad de viento fiable.

Preferentemente se propone usar un sensor de hielo que mide directamente una acumulación de hielo en la instalación de energía eólica, en particular en una o varias de las palas de rotor. Una medición semejante puede complementar las identificaciones de hielo arriba descritas. Se debe tener en cuenta que el uso de un sensor de hielo condiciona en primer lugar los costes de inversión correspondientes. Éstos se pueden amortiguar eventualmente rápidamente, cuando debido a una afirmación inequívoca de un sensor de hielo semejante sobre que no existe una acumulación de hielo se puede hacer funcionar la instalación de energía eólica aunque se tuviera que parar de lo contrario por precaución.

Preferentemente en un parque eólico puede estar previsto equipar sólo alguna o una de las instalaciones de energía eólica con un sensor de hielo semejante y transferir los conocimientos obtenidos por él sobre una acumulación de uso a otras instalaciones de energía eólica en el parque, que no disponen de un sensor de hielo. De este modo se pueden dividir los costes de un sensor de hielo entre varias instalaciones. Preferentemente se evalúan, en particular almacenan, los conocimientos obtenidos mediante un sensor de hielo sobre una acumulación de hielo junto con las respectivas condiciones ambientales y/o de funcionamiento predominantes de la instalación de energía eólica correspondiente, para mejorar una predicción de una acumulación de hielo, en particular individualizar para la instalación de energía eólica correspondiente. Una identificación de la acumulación de hielo se puede adaptar respectivamente por consiguiente al tipo de instalación y lugar de establecimiento, en particular mediante un programa adaptativo correspondiente.

La invención se explica a continuación más en detalle a modo de ejemplo mediante los ejemplos de realización en referencia a las figuras adjuntas.

Fig. 1: muestra una instalación de energía eólica en una representación en perspectiva.

Fig. 2: muestra el desarrollo de un indicador de sospecha de hielo para diferentes velocidades de viento.

Fig. 3: muestra el desarrollo de un indicador de sospecha de hielo para dos temperaturas ambiente diferentes.

Fig. 4 ilustra el desarrollo de un indicador de sospecha de hielo de una forma de realización en función de un desarrollo de temperatura a modo de ejemplo.

La fig. 1 muestra una instalación de energía eólica 1 con una góndola 2, un rotor 6 aerodinámico, con palas de rotor 4, con un buje 5 y una torre 6.

En la fig. 2 está aplicado el desarrollo del indicador de sospecha de hielo, a saber su valor, respecto al tiempo para dos ejemplos. Luego se diferencia entre velocidades de viento predominantes que se pueden designar como viento fuerte, por un lado, y aquellas que se pueden designar como viento flojo, por otro lado. La fig. 2 se refiere en ambos ejemplos al caso de que la instalación de energía eólica está en funcionamiento y el rotor de la instalación de energía eólica se gira, es decir, la instalación no está parada. En el instante $t_1 = 0$ se produce un evento que desencadena un incremento del indicador de sospecha de hielo. Esto puede ser, por ejemplo, que la temperatura ambiente baja por debajo de una temperatura límite. Pero, también entra en consideración, por ejemplo, que la temperatura ya se sitúa por debajo de la temperatura límite y la velocidad del viento predominante cae a un valor de modo que se debe partir de una situación de viento flojo, o que la velocidad del viento predominante aumenta a un valor que se debe partir de una situación de viento fuerte.

No se llega al valor del indicador de sospecha de hielo antes del instante t_1 . Éste puede presentar, por ejemplo, el valor 0 o al indicador de sospecha de hielo sólo se le asigna en general un valor en el instante t_1 .

El valor inicial del indicador de sospecha de hielo también se puede ver como un valor que conduce al re arranque de la instalación de energía eólica en otro caso. Pero no se llega a ello en el caso mostrado en la fig. 2, de modo que el valor “arranque” sólo está mostrado entre paréntesis.

En cualquier caso en el instante t_1 está presente una condición debido a la que se aumenta el indicador de sospecha de hielo de forma continua con el tiempo. El aumento se realiza para viento fuerte predominante más rápidamente que para viento flojo predominante. Por consiguiente el indicador de sospecha de hielo con viento fuerte predominante ya alcanza en el instante t_2 un valor con el que se para la instalación de energía eólica. Este valor está caracterizado en la fig. 2 por la línea horizontal a trazos y designada con parada. En el ejemplo el indicador de sospecha de hielo con viento fuerte predominante alcanza el criterio para la parada de la instalación de energía eólica después de 2 horas. En el caso de viento flojo el criterio para la parada de la instalación de energía sólo se alcanza en el instante t_3 que es de 10 horas en el ejemplo.

La fig. 2 es una representación simplificada que parte esencialmente de que las condiciones de entorno predominantes son esencialmente estacionarias.

La fig. 3 muestra igualmente dos desarrollos a modo de ejemplo del indicador de sospecha de hielo, pero para la situación de que la instalación de energía eólica está parada. En el instante t_1 , que se indica simplificando como 0, existen criterios que conducen a que el indicador de sospecha de hielo se disminuya. Aquí tampoco se depende en primer lugar de su valor inicial y se puede corresponder con el caso en el que la instalación se ha parado, por lo que en la ordenada “parada” está representado entre paréntesis. La disminución, que se puede designar también como decrecimiento, del indicador de sospecha de hielo depende de una diferencia de temperatura, a saber la temperatura ambiente actual respecto a una temperatura límite, debiendo ser mayor la temperatura ambiente que la temperatura límite. Esta diferencia de temperatura está indicada en la fig. 3 como ΔT . La representación se basa en suposición de que existen relaciones estacionarias, en particular que en este caso la diferencia de temperatura ΔT es constante en 3 K y en otro caso es constante en 1 K.

El valor del indicador de sospecha de hielo se disminuye según la fig. 3 conforme a la integral de la diferencia de temperatura respecto al tiempo. En los ejemplos mostrados de la fig. 3, la diferencia de temperatura es por consiguiente un valor de temperatura constante, a saber 3 K en un caso o 1 K en el otro caso, que se integra respecto al tiempo. Por consiguiente, en el caso de la diferencia de temperatura mayor de 3 K, el indicador de sospecha de hielo ya alcanza en el instante t_2 el valor con el que la instalación se arranca de nuevo, lo que está indicado por la palabra “arranque”. En el ejemplo mostrado la instalación se arranca de nuevo por consiguiente después de 2 horas.

En el caso la diferencia de temperatura menor de sólo 1 K, el indicador de sospecha de hielo sólo alcanza en T_3 el valor con el que la instalación se puede arrancar de nuevo. Dado que la diferencia de temperatura aquí sólo es de un tercio del primer ejemplo, T_3 se alcanza después de 6 horas.

En los desarrollos mostrados se usa una constante de tiempo de integración que depende de la situación de viento predominante. Esta constante de tiempo de integración es mayor con viento fuerte predominante, en el ejemplo mostrado a saber en el factor 3, que con viento flojo predominante. Correspondientemente el indicador de sospecha de hielo alcanza en el caso de viento fuerte tres veces más rápido el valor con el que la instalación arranca de nuevo. Estos valores están indicados como $t_2' = 40$ minutos para una diferencia de temperatura $\Delta T = 3$ K o $t_3' = 2$ horas

para una diferencia de temperatura de $\Delta T = 1 \text{ K}$ en la fig. 3.

Según la fig. 4 en un ejemplo se ilustra como la temperatura ambiente influye en el desarrollo del indicador de sospecha de hielo de una forma de realización. Para ello la fig. 4 muestra en la representación superior el desarrollo del indicador de sospecha de hielo, partiéndose en primer lugar de una instalación que opera en un rango de identificación de hielo inseguro. La representación también es válida según el sentido cuando la instalación está parada. La representación inferior muestra un desarrollo ficticio de la temperatura ambiente. El desarrollo mostrado de la temperatura ambiente se ha seleccionado con la finalidad de una ilustración y no se pretende que se pueda corresponder con un desarrollo de temperatura real posible de una temperatura ambiente.

10 En el presente ejemplo se toma por base una temperatura límite de $T_c = 2 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura real es en primer lugar de aproximadamente $4 \text{ }^\circ\text{C}$ y por ello se sitúa por encima de la temperatura límite. Dado que el indicador de sospecha de hielo todavía no todavía no está puesto en primer lugar o presenta un valor de arranque y la instalación de energía eólica está en funcionamiento y se gira su rotor, la temperatura no tiene ningún efecto en primer lugar sobre el desarrollo mostrado del indicador de sospecha de hielo.

En el instante t_1 la temperatura alcanza el valor de la temperatura límite y sigue cayendo. Por consiguiente existe básicamente el peligro de una acumulación de hielo y el indicador de sospecha de hielo comienza por ello a ascender desde el instante t_1 .

20 En el instante t_2 la temperatura está por debajo de la temperatura límite y ahora asciende de nuevo. Pero, en primer lugar esto no tiene ninguna influencia en el desarrollo del indicador de sospecha de hielo y sigue ascendiendo.

En el instante t_3 la temperatura sobrepasa la temperatura límite y sigue ascendiendo de forma continua. El indicador de sospecha de hielo no sigue ascendiendo por ello desde el instante t_3 dado que ya no se puede partir más de una acumulación de hielo o la aparición de una acumulación de hielo. Mejor dicho ahora el indicador de sospecha de hielo se disminuye de nuevo. Dado que la temperatura y por consiguiente también la diferencia de temperatura asciende se produce una integral aquí en base a un desarrollo de segundo orden.

30 En el instante t_4 la temperatura presenta un valor claramente por encima de la temperatura límite y mantiene este valor en primer lugar. Correspondiente se produce una disminución del indicador de sospecha de hielo como tramo lineal.

En el instante t_5 la temperatura baja de forma continua y correspondientemente el indicador de sospecha de hielo sólo se disminuye cada vez más lentamente.

En el instante t_6 la temperatura alcanza de nuevo la temperatura límite y sigue bajando. Por consiguiente desde el instante t_6 se aumenta de nuevo el indicador de sospecha de hielo.

40 En el instante t_7 se aumenta la temperatura de nuevo, pero permanece por debajo de la temperatura límite. El indicador de sospecha de hielo se sigue aumentando por consiguiente de forma invariable.

En el instante t_8 la temperatura está todavía por debajo de la temperatura límite. Pero el indicador de sospecha de hielo ha alcanzado el valor que conduce a la parada de la instalación de energía eólica. Esto se caracteriza en la ordenada con el término "parada".

En el instante t_8 sigue ascendiendo la temperatura, pero en primer lugar queda por debajo de la temperatura límite. Dado que la instalación ya está parada el indicador de sospecha de hielo no se modifica, lo que está mostrado en la fig. 4 en el tramo superior por un valor constante.

50 En el instante t_9 la temperatura ha alcanzado el valor límite de temperatura y sigue ascendiendo. El indicador de sospecha de hielo se reduce ahora de nuevo, pero la instalación permanece parada. Si el indicador de sospecha de hielo se sigue reduciendo ahora hasta que alcanza el valor de arranque, que está dibujado poco por debajo de la abscisa, puede arrancar de nuevo, pero lo que ya no está representado en la fig. 4.

55 Expresado de forma simplificada, en las fig. 4 se unifican los modos de funcionamiento para el aumento del indicador de sospecha de hielo según a fig. 2 y para la disminución del indicador de sospecha de hielo según la fig. 3. Por consiguiente se unifican estas relaciones de la fig. 4, lo que se corresponde con una forma de realización. Pero básicamente también se pueden usar de forma separada entre sí las relaciones o modos de funcionamiento de

la fig. 2, por un lado, y de la fig. 3, por otro lado.

Por consiguiente según una forma de realización es posible extender una identificación de hielo o identificación de la acumulación de hielo alrededor de un estado de funcionamiento que se puede designar como sospecha de hielo.

- 5 Para ello se deben detectar en particular las situaciones de funcionamiento en las que no se identificaría de forma segura un engelamiento que parece eventualmente. Básicamente se realiza una identificación de la acumulación de hielo por supervisión de las curvas características de funcionamiento de la instalación de energía eólica y con ello puede estar limitado al rango de funcionamiento de la instalación de energía eólica con generación de potencia. Cuando la instalación de energía eólica no genera energía, tampoco es posible un reglaje con las curvas características de funcionamiento o el campo característico. La identificación de la acumulación de hielo puede funcionar por consiguiente sólo de forma limitada bajo condiciones determinadas. Estas condiciones limitantes se tienen en cuenta ahora. Pertenecen a ello:

15 - Viento flojo: aquí no es posible la identificación de hielo de forma segura durante el funcionamiento con velocidades de viento muy bajas, en particular por debajo de aprox. 3 a 4 m/s, mediante supervisión de las curvas características de funcionamiento.

20 - Viento fuerte: durante el funcionamiento con velocidades de viento elevadas por encima de aprox. 20 a 25 m/s disminuye la sensibilidad del procedimiento de identificación actual y/o con frecuencia no se puede identificar mediante las presentes experiencias de funcionamiento.

- Parada de la instalación con instalación lista para funcionar

25 - Fallo de red

Por consiguiente el rango de identificación actual de la identificación de la acumulación de hielo durante el funcionamiento, que también se puede designar como rango de identificación seguro, está limitado teniendo en cuenta un margen de seguridad a velocidades de viento entre aproximadamente 4 m/s y 20 m/s.

30 Los tiempos de permanencia con temperaturas bajas, a saber temperaturas ambientes por debajo de +2 °C, aumentan la sospecha de engelamiento. Por el contrario, con temperaturas sobre +2 °C se reduce de nuevo la sospecha de engelamiento. Asimismo la sospecha de engelamiento se puede reducir durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica en el rango de identificación seguro de la identificación de la acumulación de hielo.

35 Los procedimientos propuestos son en particular un procedimiento que propone menos una identificación de hielo segura, sino mejor dicho tener en cuenta la posibilidad de una aparición de hielo.

40 Preferentemente para el funcionamiento con velocidades de viento por debajo de 4 m/s se parte de que sólo dentro de 10 horas se podría haber formado un espesor de hielo crítico. Correspondientemente esto se tiene en cuenta en la tabla 1 siguiente bajo el modo I.

Para el funcionamiento con viento fuerte, debido a las velocidades de afluencia más elevadas a la pala de rotor, se parte de que ya dentro de 2 horas se podría haber formado una capa de hielo crítica. Estas relaciones se tienen en cuenta correspondientemente en la tabla siguiente como modo II.

45 En el caso de una parada automática de la instalación, según se realiza por ejemplo debido a una desconexión por proyección de sombras o viento bajo, o en el caso de una parada manual de la instalación, como por ejemplo con finalidades de mantenimiento, se parte de que dentro de 10 horas se podría haber formado un espesor de capa de hielo crítico. Correspondientemente esto también se tiene en cuenta según la tabla siguiente bajo el modo I.

50 En el caso de fallo de red con frecuencia no se pueden detectar datos de viento y temperatura por el control de la instalación. Pero están presentes los últimos datos antes del fallo de red y los datos en caso de retorno de la red. Los presentes recuentos del contador de la identificación de la acumulación de hielo, en particular el valor del indicador de sospecha de hielo, se conservan igualmente. Los tiempos con el fallo de red se tienen en cuenta en 55 función de su duración como sigue.

Los tiempos de fallo de red hasta 2 horas se tienen en cuenta con el valor medio a partir de la temperatura al comienzo del fallo de red y la temperatura en caso de retorno de la red conforme al modo I según se describe abajo en la tabla. Por consiguiente con este valor medio de temperatura, que también se ha designado como temperatura

de determinación, se incrementa o aumenta un indicador de sospecha de hielo cuando este valor medio de temperatura se sitúa por debajo de una temperatura límite. Si se sitúa sobre esta temperatura límite, el indicador de sospecha de hielo se disminuye correspondientemente. Esto se realiza correspondientemente para la duración del tiempo de fallo de red como tiempo tomado por base.

- 5 Los tiempos de fallo de red entre 2 y 10 horas se tienen en cuenta, para cubrir las bajadas de temperatura temporales, con el valor medio a partir de la temperatura al comienzo del fallo de red y la temperatura en caso de retorno de la red, menos 2 K conforme al modo I descrito abajo en la tabla siguiente.
- 10 Con tiempos de fallo de red, por ejemplo, por encima de 10 horas se parte de que no es posible una afirmación fiable sobre el periodo de tiempo anterior. Por ello, teniendo en cuenta un margen de seguridad, con todas las temperaturas por debajo de +5 °C en caso de retorno de la red se parte de una sospecha de engelamiento. La instalación de energía eólica permanece parada por consiguiente en primer lugar hasta que se puede excluir un engelamiento.
- 15 La conversión para el modo I descrito y el modo II descrito se realiza a través de un contador que también se puede designar como indicador de sospecha de hielo o como contador de sospecha y que se incrementa con sospecha de engelamiento y se decremanta de nuevo sin sospecha de engelamiento. En este caso conforme a la situación de sospecha se diferencian los tiempos entre el modo I y el modo II.
- 20 En el caso de funcionamiento de 30 minutos sin identificación de hielo en el rango de identificación seguro de la identificación de la acumulación de hielo, es decir, en el caso de una identificación usando un procedimiento de curvas de potencia en el que la curva de potencia medida se compara con una a esperar, se reduce la sospecha de engelamiento. Si entonces existe una identificación segura son suficientes 30 minutos, independientemente del modo usado.
- 25

Según una forma de realización, con temperaturas exteriores sobre +2 °C se suma o integra la diferencia que sobrepasa +2 °C de la temperatura exterior actual respecto al tiempo. Un rearranque se realiza entonces sólo después del desarrollo de una integral de tiempo de la diferencia de temperatura. Así un rearranque se realiza por ejemplo con 360 °C min. Esto puede significar, por ejemplo, que un rearranque se realiza después de 6 horas con una temperatura ambiente de +3 °C o después de 2 horas con una temperatura ambiente de +5 °C. En modo II se realiza el rearranque para este caso ya después de 120 °C min.

- 30

	Modo I / duración	Modo II / duración
Sospecha de engelamiento (incrementar)	600 min	120 min
Funcionamiento en rango de identificación seguro (decrementar)	30 min	30 min
Integral de tiempo de la diferencia de temperatura para la temperatura exterior > 2 °C (decrementar)	360 °Cmin	120 °Cmin

- 35 Los tiempos expuestos en la tabla anterior se corresponden con aquellos para una constitución de sospecha o disminución de sospecha completa. Los estadios intermedios se valoran correspondientemente de forma proporcional.

- 40 En la transición del funcionamiento de la instalación de energía eólica con rotor operativo a la parada y a la inversa se transfieren o mantienen correspondientemente los recuentos del contador para la identificación de la acumulación de hielo y para la sospecha de engelamiento. Por consiguiente se debe garantizar que las instalaciones de energía eólica también se paren en el caso de un tiempo de permanencia más largo fuera de un rango de identificación considerado como seguro de la identificación de la acumulación de hielo habitual debido al estado de engelamiento inseguro con sospecha de engelamiento o se pueda impedir el reinicio automático. Bajo un tiempo de permanencia más largo semejante se encuentra, por ejemplo, un tiempo de permanencia de 10 horas o más con condiciones de viento predominantes por debajo de 4 m/s, o un tiempo de permanencia de 2 horas o más con velocidades de viento predominantes por encima de 20 m/s.
- 45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica (1) con una góndola (2) con un generador eléctrico para la generación de corriente eléctrica y un rotor (3) aerodinámico acoplado con el generador con una o varias palas de rotor (4), que comprende las etapas
- 5 - funcionamiento de la instalación de energía eólica (1) cuando se puede excluir de forma segura una acumulación de hielo en las palas de rotor (4), y
- 10 - parada de la instalación de energía eólica (1) cuando se identifica una acumulación de hielo en las palas de rotor (4), y
- parada retrasada temporalmente o impedimento de un re arranque de la instalación de energía eólica (1) cuando no se ha identificado una acumulación de hielo, pero es a esperar o no se puede excluir, en el que el retraso de tiempo comienza desde el instante en que fue a esperar la acumulación de hielo, y/o
- 15 - autorización del re arranque retrasada temporalmente de la instalación de energía eólica (1) cuando una condición de parada, que ha conducido a la parada de la instalación de energía eólica (1), se ha suprimido de nuevo, y no se ha identificado una acumulación de hielo y no es a esperar una acumulación de hielo o la formación de una acumulación de hielo, en el que el retraso de tiempo comienza desde el instante en que no se ha identificado la acumulación de hielo y no fue a esperar,
- 20
- caracterizado porque**
- 25 - la parada o impedimento del re arranque de la instalación de energía eólica (1) y/o la autorización del re arranque de la instalación de energía eólica (1) se realiza en función de un indicador de sospecha de hielo que se determina o modifica como medida de la probabilidad de una acumulación de hielo, estando configurado el indicador de sospecha de hielo como un contador, y
- 30 - modificando su valor en una primera dirección, en particular aumentando, cuando las condiciones ambientales y/o condiciones de funcionamiento de la instalación de energía eólica (1) favorecen una acumulación de hielo y/o indican una acumulación de hielo, en particular cuando la temperatura ambiente se sitúa por debajo de una temperatura límite, y/o
- 35 - modificando su valor en una segunda dirección, en particular disminuyendo, cuando las condiciones ambientales o condiciones de funcionamiento de la instalación de energía eólica (1) indican y/o favorecen que una acumulación de hielo no exista o se reduzca, en particular, cuando la temperatura ambiente se sitúa por encima de la temperatura límite, y
- 40 la temperatura límite se sitúa poco por encima del punto de congelación, en particular la temperatura está en el rango de 1 a 4 °C preferentemente aproximadamente 2 °C,
- realizándose una modificación del valor del indicador de sospecha de hielo con una velocidad dependiente de las condiciones ambientales y/o condiciones de funcionamiento de la instalación de energía eólica (1), en particular
- 45 **porque**
- el valor se aumenta con viento flojo predominante más lentamente que con viento fuerte predominante cuando la instalación está en funcionamiento y/o **porque**
- 50 - la instalación de energía eólica (1) se para con viento flojo predominante después de un retraso de tiempo más largo que con viento fuerte predominante y/o **porque**
- el valor se disminuye más lentamente cuanto menor es la temperatura ambiente, en particular **porque** el valor es proporcional a una integral del tiempo sobre la diferencia de la temperatura ambiente respecto a la temperatura límite y/o **porque**
- 55 - el retraso de tiempo después del que arranca de nuevo la instalación de energía eólica (1) es menor cuanto mayor es la temperatura ambiente.

2. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la instalación de energía eólica (1) está acoplada con una red eléctrica y en caso de un fallo de red se para la instalación de energía eólica y en caso de retorno de la red se realiza un rearranque de la instalación de energía eólica en función de la temperatura de medición que depende de la temperatura ambiente al comienzo del fallo de red y de la temperatura ambiente en caso de retorno de la red.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque**
- la temperatura de medición se calcula como valor medio a partir de la temperatura ambiente al comienzo del fallo de red y la temperatura ambiente en caso de retorno de la red, cuando el fallo de red no es superior a un primer tiempo de fallo, en particular no superior a 2 horas, y/o
 - la temperatura de medición se calcula como valor medio a partir de la temperatura ambiente al comienzo del fallo de red y la temperatura ambiente en caso de retorno de la red menos un valor de seguridad de temperatura, en particular de 2 Kelvin, cuando el fallo de red fue más largo que el primer tiempo de fallo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la instalación de energía eólica está dispuesta en un parque eólico y se para cuando al menos otra instalación de energía eólica de este parque eólico se para debido a una acumulación de hielo o sospecha de acumulación de hielo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la instalación de energía eólica (1) parada debido a una acumulación de hielo identificada o sospecha de acumulación de hielo orienta su góndola (2) de modo que se respeta una distancia lo mayor posible respecto a las zonas puestas en peligro por caída de hielo.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la instalación de energía eólica (1) presenta un sensor de viento calentable, en particular un anemómetro por ultrasonidos, para la medición de la velocidad del viento y **porque** el sensor de viento se calienta cuando se ha identificado una acumulación de hielo y/o cuando no se puede excluir una acumulación de hielo.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la instalación de energía eólica (1) presenta un sensor de hielo y se detecta una acumulación de hielo por medición directa con la ayuda del sensor de hielo.
8. Instalación de energía eólica (1) con una góndola (2) con un generador eléctrico para la generación de corriente eléctrica y un rotor (3) aerodinámico acoplado con el generador con una o varias palas de rotor (4), en la que la instalación de energía eólica está preparada para el funcionamiento con un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.
9. Parque eólico con al menos una instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 8.

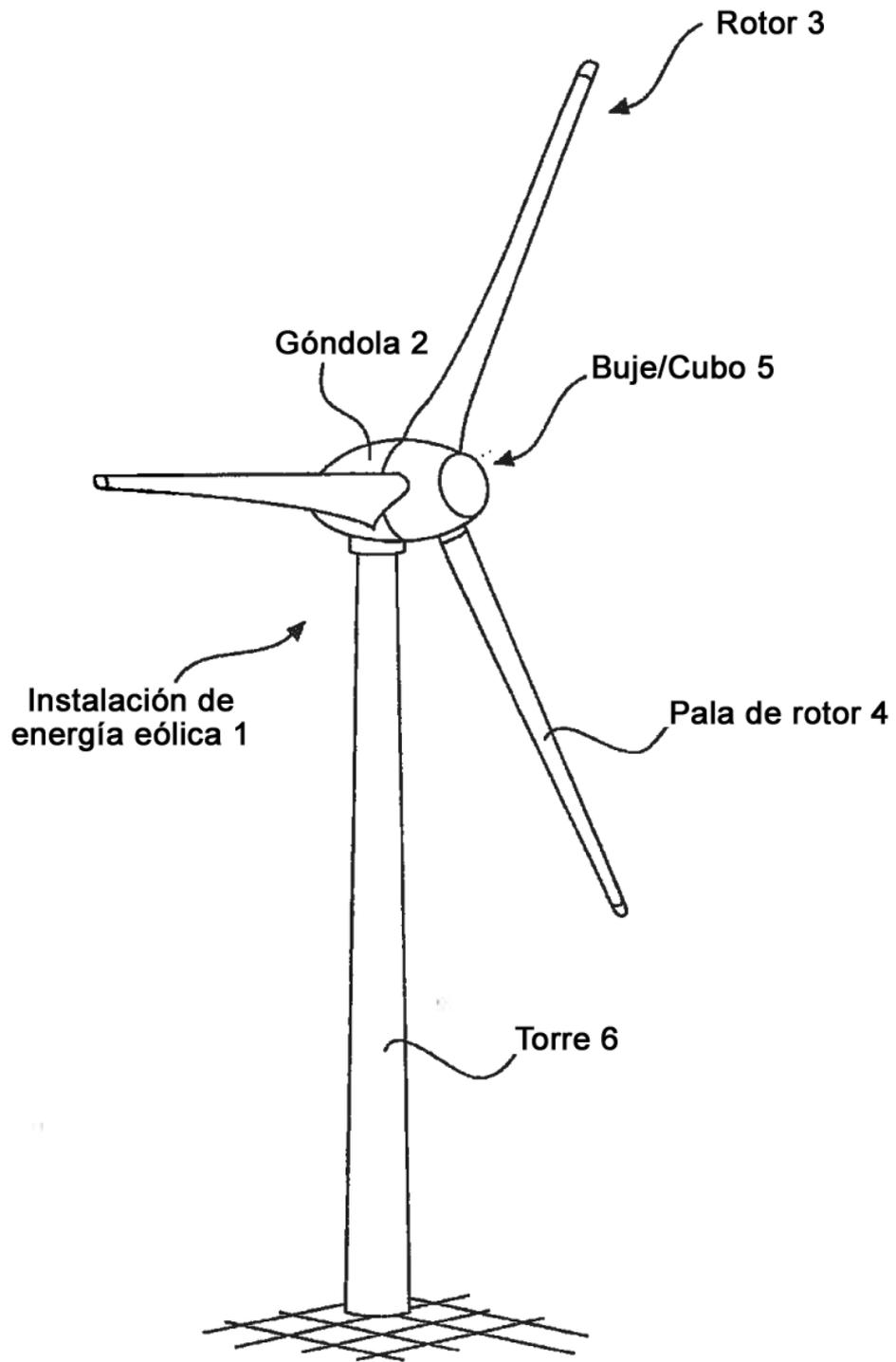


Fig. 1

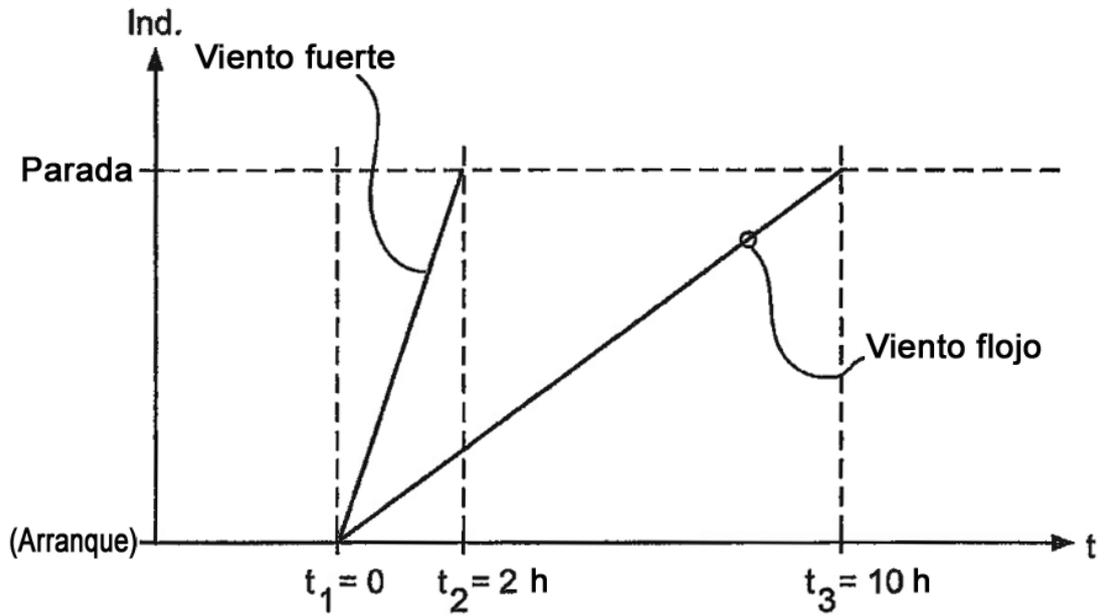


Fig. 2

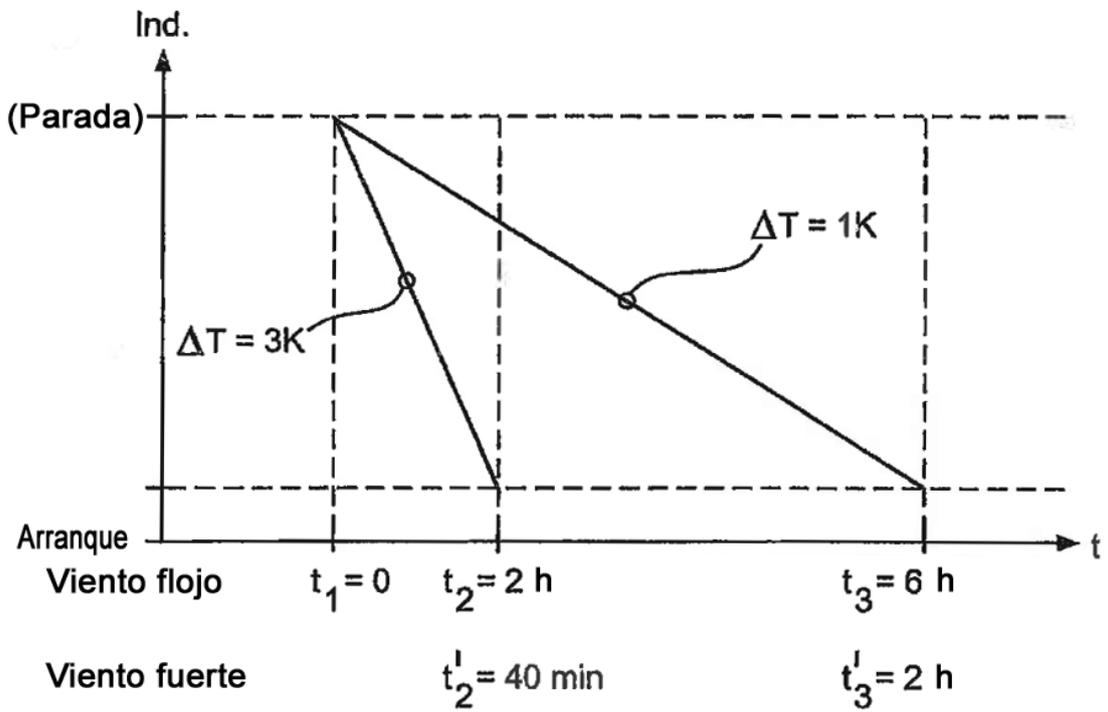


Fig. 3

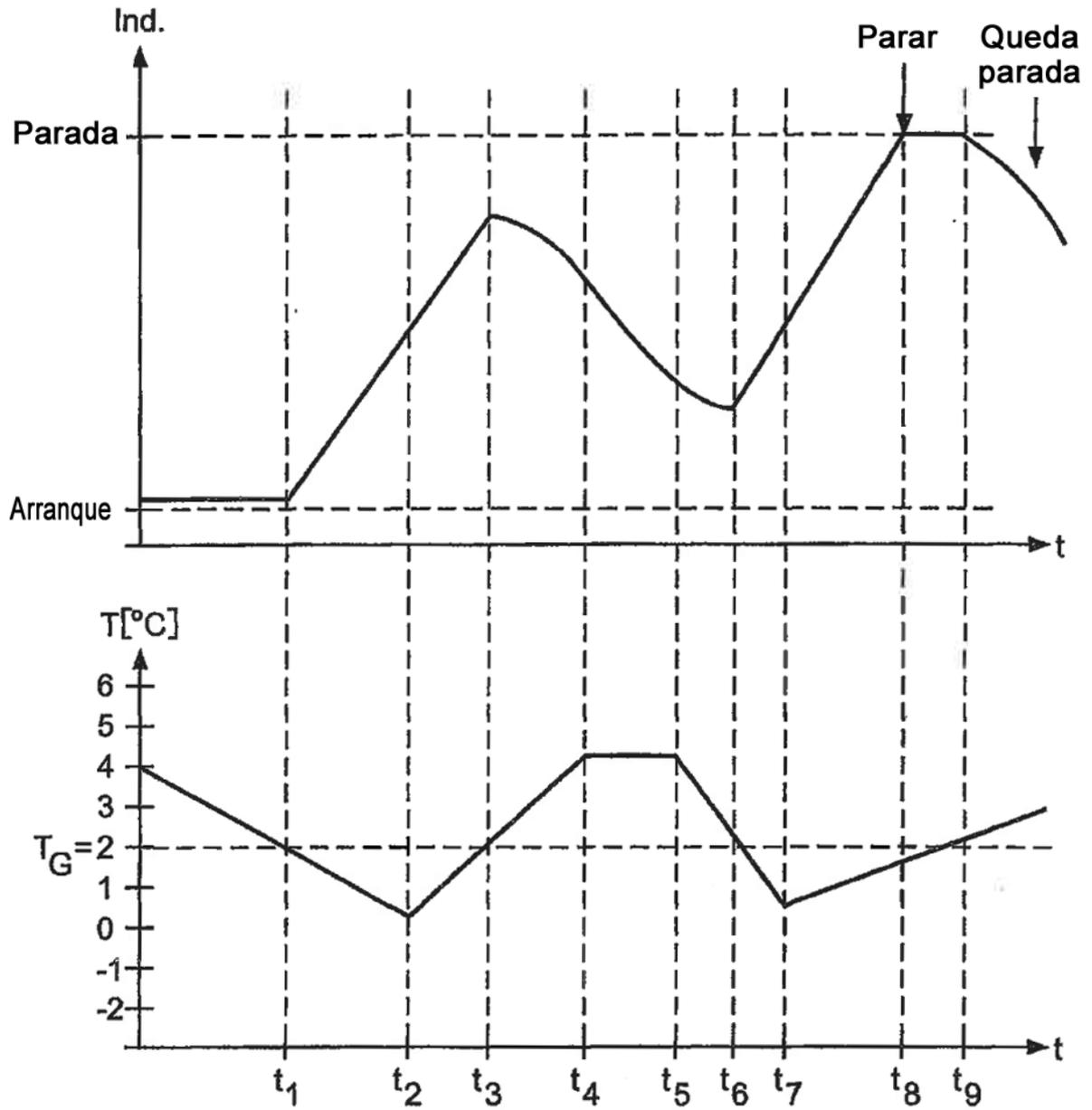


Fig. 4