

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 918**

51 Int. Cl.:
F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09012655 .8**
96 Fecha de presentación: **06.10.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2309122**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Método para controlar una turbina eólica a cargas térmicas elevadas**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2012

73 Titular/es:
**Siemens Aktiengesellschaft
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**Gundtoft, Soeren y
Stiesdal, Henrik**

74 Agente/Representante:
Zuazo Araluze, Alexander

ES 2 381 918 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

Método para controlar una turbina eólica a cargas térmicas elevadas

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para controlar una temperatura de un componente de una turbina eólica, un dispositivo de control para controlar una temperatura de un componente de una turbina eólica, una turbina eólica y un programa informático para controlar la temperatura de un componente de una turbina eólica.

10

Antecedentes de la técnica

Los componentes convencionales de turbinas eólicas tales como máquinas eléctricas, convertidores de potencia, cajas de llaves y etc. necesitan enfriarse con el fin de disipar el calor generado durante el funcionamiento. Los sistemas de enfriamiento deben diseñarse para generar una potencia de enfriamiento que mantenga la temperatura de los componentes de turbina eólica que van a enfriarse por debajo de una temperatura de componente máxima predefinida.

15

La presente praxis de diseño de sistemas de enfriamiento para turbinas eólicas se basa en una temperatura de aire ambiente permisible máxima específicamente definida que puede ser, por ejemplo, 35°C ó 40°C. El sistema de enfriamiento está diseñado para mantener la temperatura de componentes relevantes por debajo de una temperatura de componente máxima predefinida incluso en salida de potencia máxima en la que el aumento de la disipación de calor como resultado de pérdidas mecánicas y eléctricas está en su máximo.

20

Si se supera la temperatura de aire ambiente permisible máxima y la turbina está trabajando en la salida de potencia máxima en la que el aumento de la disipación de calor como resultado de pérdidas mecánicas y eléctricas está en su máximo, el sistema de enfriamiento quizás no pueda mantener la temperatura del componente en una temperatura de componente máxima predefinida. En esta situación se requiere una respuesta adecuada.

25

El documento EP 1 918 581 A2 usa la temperatura de aire ambiente descrita anteriormente como entrada de control. Si la temperatura de aire ambiente supera la temperatura de aire ambiente permisible máxima definida la turbina eólica se apaga con el fin de enfriarse y evitar el recalentamiento de los componentes. Parámetros adicionales, tales como la temperatura de los propios componentes o la capacidad del sistema de enfriamiento no se tienen en consideración.

30

35

Además de la temperatura de aire ambiente, la temperatura de los componentes también puede verse afectada por la cantidad de potencia de salida generada del componente, la velocidad de viento, la capacidad de enfriamiento del sistema de enfriamiento y una variedad de otros parámetros, tales como una obstrucción de enfriadores por polvo o insectos, etc. En sistemas de enfriamiento convencionales estos parámetros no se tomaron suficientemente en consideración con el fin de proporcionar un enfriamiento apropiado para los componentes de las turbinas eólicas.

40

Los documentos WO2009/076955, WO2005/015012, US2106557, DE 334 2583 y JP59150982 dan a conocer turbinas eólicas en las que se controla la temperatura de un componente controlando la potencia del rotor de la turbina eólica.

45

El documento WO 2007/051464 da a conocer una turbina eólica en la que se controla la temperatura de un componente mediante un sistema de enfriamiento.

50

Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención mantener una salida de potencia apropiada de una turbina eólica en condiciones de alta temperatura.

50

Este objetivo puede resolverse mediante un método de control de la temperatura de un componente de una turbina eólica según la reivindicación 1, mediante un dispositivo de control para controlar una temperatura de un componente de la turbina eólica según la reivindicación 10, mediante una turbina eólica según la reivindicación 11 y mediante un programa informático para controlar una temperatura de un componente de una turbina eólica según la reivindicación 12.

55

Según una primera realización a modo de ejemplo se describe el método para controlar una temperatura de un componente de una turbina eólica. El método comprende definir una temperatura de punto de referencia del componente de la turbina eólica. Además, se determina la temperatura real del componente. La temperatura de punto de referencia definida y la temperatura real determinada se comparan entre sí. A continuación, según el método, se controla la temperatura real del componente controlando la potencia de salida de la turbina eólica basándose en el resultado de la comparación de la temperatura de punto de referencia definida y la temperatura real determinada, de modo que la temperatura real del componente se mantiene por debajo de la temperatura de punto

60

65

de referencia del componente.

Además, el control de la temperatura real del componente comprende el control de una potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento mediante una señal de control de enfriamiento. La señal de control de enfriamiento es indicativa de la temperatura real del componente. Mediante la presente realización a modo de ejemplo además del control de la salida de potencia también se usa el control de una potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento para enfriar el componente. Por tanto, se proporciona una señal de control de enfriamiento que es indicativa de la temperatura real del componente. Por ejemplo, el valor de la señal de control de enfriamiento puede definirse en un intervalo entre 0 y 1, en el que el valor 0 puede definir que el sistema de enfriamiento está apagado y el valor 1 puede definir que el sistema de enfriamiento trabaja a su capacidad de enfriamiento máxima. Por ejemplo, si la señal de control de enfriamiento es del 0,1, puede generarse el 10% de la potencia de enfriamiento.

El control de la potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento se lleva a cabo mediante la señal de control de enfriamiento hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima. El control de la potencia de salida de la turbina eólica se lleva a cabo, si el sistema de enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima y si la temperatura de componente real supera un valor de temperatura predeterminado. Por tanto, puede proporcionarse un sistema de enfriamiento global con dos niveles de enfriamiento. En un primer nivel, la salida de potencia puede ser constante además cuando la temperatura ambiente puede ser variable y en particular aumente,, de modo que el sistema de enfriamiento puede enfriar el componente controlando sólo la potencia de enfriamiento o la señal de control de enfriamiento respectivamente. Cuando se alcanza la potencia de salida máxima y la temperatura ambiente se alta, de modo que la temperatura de componente supera un valor de temperatura predeterminado (por ejemplo, la temperatura de punto de referencia del componente), la temperatura real del componente se controla adicionalmente al sistema de enfriamiento, controlando la potencia de salida del componente. Por tanto, puede proporcionarse un sistema de control y enfriamiento flexible que puede adaptarse a diferentes niveles de funcionamiento para proporcionar la potencia de enfriamiento apropiada y al mismo tiempo para proporcionar la máxima potencia de salida posible con respecto a la temperatura de componente.

Según una realización a modo de ejemplo adicional, se describe un dispositivo de control para controlar la temperatura del componente de la turbina eólica. El dispositivo de control comprende una unidad de entrada para definir una temperatura de punto de referencia del componente de la turbina eólica. Además, el dispositivo de control comprende una unidad de determinación para determinar la temperatura real del componente. El dispositivo de control comprende además una unidad de comparación para comparar la temperatura de punto de referencia definida y la temperatura real determinada. Además, el dispositivo de control comprende una unidad de control que controla la temperatura real del componente, controlando la potencia de salida de la turbina eólica basándose en el resultado de la comparación de la temperatura de punto de referencia definida y la temperatura real determinada, de modo que la temperatura real del componente se mantiene por debajo de la temperatura de punto de referencia del componente.

El control de la temperatura real del componente comprende además el control de una potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento mediante una señal de control de enfriamiento. La señal de control de enfriamiento es indicativa de la temperatura real del componente.

El control de la potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento se lleva a cabo mediante la señal de control de enfriamiento hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima. El control de la potencia de salida de la turbina eólica se lleva a cabo, si el sistema de enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima y si la temperatura de componente real supera un valor de temperatura predeterminado.

Según una realización a modo de ejemplo adicional de la presente invención se describe una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un dispositivo de control y un componente descritos anteriormente.

Además, se describe un programa informático para controlar una temperatura del componente de una turbina eólica, en el que un programa informático, cuando está ejecutándose por un procesador de datos, se adapta para controlar el método descrito anteriormente.

Mediante el método descrito, puede medirse (permanentemente) una temperatura real del componente de la turbina eólica y compararse con una temperatura de punto de referencia predefinida del componente. Cuando la temperatura real del componente alcanza o supera la temperatura de punto de referencia, la potencia de salida de la turbina eólica se reduce, de modo que la temperatura real se mantiene por debajo de la temperatura de punto de referencia. Puesto que la temperatura de componente está normalmente relacionada con la salida de potencia de la turbina eólica, cuando se reduce la potencia de salida de la turbina eólica o en particular del propio componente, la temperatura del componente también puede reducirse.

Por tanto, el control de la temperatura de un componente de una turbina es según la presente invención independiente de la temperatura ambiente. El control de la temperatura del componente puede ser directamente dependiente de la temperatura del componente. Por tanto, tomando la temperatura del componente como parámetro de entrada para el método de control puede proporcionarse un método de control apropiado. En particular, la

temperatura del componente es indicativa de una variedad de otros parámetros, tales como la generación de potencia, la velocidad de viento, la capacidad de enfriamiento del sistema de enfriamiento y/o una obstrucción en los enfriadores por polvo o insectos.

5 Reduciendo la potencia de salida de la turbina de una manera controlada debido a la temperatura de componente, la turbina eólica con sus componentes podrá manejar condiciones de entorno extremas, por ejemplo temperaturas de ambiente elevadas. Esto contrasta con las turbinas eólicas convencionales, en las que la generación de potencia de la turbina eólica se apaga cuando la temperatura ambiente supera un punto de referencia predeterminado para evitar un recalentamiento de un componente, o cuando se supera el límite de temperatura de componente. Por
10 tanto, turbinas eólicas que están controladas por el sistema de control descrito según la presente invención pueden producir de manera eficaz potencia de salida también cuando se instalan en lugares cálidos en los que existen ambientes de alta temperatura. En sistemas convencionales, cuando existe temperatura ambiente elevada, las turbinas deben apagarse incluso con velocidades de viento elevadas, ya que no es posible un control definido de la temperatura de componente. Con la presente invención la producción de potencia puede adaptarse a la temperatura
15 de componente y por tanto la turbina eólica puede producir al menos una potencia de salida reducida y puede por tanto usar la energía eólica incluso en lugares calientes.

Según una realización a modo de ejemplo adicional, puede definirse una potencia de salida permisible máxima de la turbina eólica. Además, se determina la potencia de salida real. La potencia de salida permisible definida y la
20 potencia de salida real determinada se comparan entre sí. La potencia de salida real puede controlarse adicionalmente teniendo en cuenta el resultado de la comparación de la potencia de salida permisible definida y la potencia de salida real determinada, de modo que la potencia de salida real se mantiene por debajo de la potencia de salida permisible máxima. Por tanto, mediante la realización a modo de ejemplo la potencia de salida puede controlarse según la temperatura real del componente por un lado y según una potencia de salida permisible
25 máxima por el otro lado. Por tanto, mediante la presente invención puede proporcionarse un sistema de control global que proporciona una producción de potencia eficaz con respecto a la potencia de salida permisible máxima y la temperatura de punto de referencia del componente.

Según una realización a modo de ejemplo adicional, pueden seleccionarse los componentes de uno del grupo que
30 consiste en generadores de la turbina eólica y engranajes de la turbina eólica. En particular, los componentes de generación de potencia, tales como el generador y los subcomponentes, tales como los engranajes de la turbina eólica, aumentan su temperatura de componente cuando se produce una cantidad superior de potencia de salida. Por tanto, cuando se regula la potencia de salida debido a la temperatura de componente real esto puede afectar la temperatura del generador y del engranaje de la turbina eólica.

Según una realización a modo de ejemplo adicional, puede controlarse la potencia de salida de la turbina eólica haciendo girar una pala de rotor de la turbina eólica. Hacer girar una pala de rotor significa hacer rotar la pala de rotor mediante un accionador alrededor de un eje longitudinal de la pala de rotor, de modo que la pala de rotor puede hacerse rotar a una primera posición para transferir la energía eólica y energía mecánica o a una segunda
40 posición en la que el viento pasa la pala de rotor de modo que no se transfiere energía eólica en energía mecánica mediante la pala de rotor. Esto puede ser un control de potencia de salida eficaz que no necesita, por ejemplo una , mecánica de freno de fricción adicional. Además, haciendo girar la pala de rotor, puede lograrse un control exacto de la potencia de salida, y por tanto un control exacto de la temperatura del componente.

Según una realización a modo de ejemplo adicional, puede generarse una señal de control de potencia para controlar el funcionamiento del componente. La señal de control de potencia es indicativa del resultado de la comparación de la temperatura real determinada y la temperatura de punto de referencia definida. La señal de control de potencia puede comprender en particular un valor de control para controlar la producción de potencia del componente. Por ejemplo, la señal de potencia puede ser un valor en el intervalo entre 0 y 1, en la que el valor 0 conlleva un apagado de la producción de potencia del componente y el valor 1 conlleva una producción de potencia máxima del componente. Por ejemplo, un valor 0,1 ó 0,2 proporciona una producción de potencia del 10% ó 20% del componente. El valor de la señal de control de potencia puede determinarse mediante la comparación entre la temperatura real y la temperatura de punto de referencia. En particular, si la temperatura de componente real supera la temperatura de punto de referencia, la señal de control cambia su valor desde 1 hasta 0,9 de modo que sólo el
55 90% de potencia de salida se genera mediante el componente. Si la generación de potencia del 90% es suficiente para reducir la temperatura de componente real por debajo de la temperatura de punto de referencia, la señal de control de potencia puede mantenerse en 0,9. Si la temperatura real del componente permanece todavía por encima de la temperatura de punto de referencia, la señal de control de potencia puede reducirse de nuevo hasta que se establezca un valor de la señal de control de potencia en el que la temperatura de componente real se encuentre por debajo de la temperatura de punto de referencia. Por tanto, se logra una reducción controlada de la potencia de salida y puede determinarse el valor permisible máximo, es decir en el que la temperatura de componente real es igual o menor que la temperatura de punto de referencia, de modo que siempre puede generarse la potencia de salida máxima con respecto a la temperatura de componente. En sistemas convencionales la potencia de salida del componente se reduce a cero hasta, por ejemplo, que la temperatura ambiente se reduzca de nuevo por debajo de una determinada temperatura de punto de referencia de la temperatura ambiente. Esto conlleva una pérdida de
60 producción de potencia, en la que mediante la presente realización a modo de ejemplo incluso a temperaturas

ambiente y temperaturas de componente elevadas la producción de potencia todavía es posible, al menos con una producción de potencia reducida.

5 Según una realización a modo de ejemplo adicional, la potencia de salida de la turbina eólica se controla cuando (por ejemplo, no hasta entonces) la temperatura de componente real ha diferido de la temperatura de punto de referencia durante un periodo de tiempo predefinido. Según la realización descrita, la temperatura real del componente puede estar por encima o por debajo de la temperatura de punto de referencia predefinida durante un periodo de tiempo predefinido. Por ejemplo, cuando la velocidad de viento cambia rápidamente, también la potencia de salida del componente cambia rápidamente y también así la temperatura del componente cambia rápidamente y oscila. Por tanto, cuando la temperatura del componente supera sólo durante un periodo de tiempo corto la temperatura de punto de referencia, puede no ser necesario reducir la potencia de salida del componente para reducir la temperatura de componente ya que los daños del componente debido a, por ejemplo, un recalentamiento pueden no afectar drásticamente la vida útil o la calidad del componente. Por tanto, puede no ser necesaria una acción de manera precipitada del control y reducción de la potencia de salida. En particular, porque puede ser posible que en el periodo de tiempo predefinido la temperatura del componente ya cumpla con la temperatura de punto de referencia nuevamente, de modo que puede no ser necesario un cambio rápido de la potencia de salida. Por tanto, si se espera un determinado periodo de tiempo, pueden reducirse los cambios innecesarios de la potencia de salida, de modo que la generación de potencia global puede no verse apenas afectada por el sistema de control.

20 Según una realización a modo de ejemplo adicional, la temperatura de punto de referencia se define mediante una temperatura de componente permisible máxima menos un valor de temperatura de seguridad predeterminado. La temperatura de componente permisible máxima puede definir la temperatura que al superarse dicha temperatura de componente permisible máxima puede conllevar un fallo del componente y por tanto de la turbina eólica. Cuando se define la temperatura de punto de referencia por debajo de una determinada temperatura de componente permisible máxima con la diferencia del valor de temperatura de seguridad predeterminado, puede reducirse el riesgo de recalentamiento.

30 Según una realización a modo de ejemplo adicional, la determinación de la temperatura real del componente comprende medir una temperatura de fluido de enfriamiento del sistema de enfriamiento, en el que la temperatura de fluido de enfriamiento es indicativa de la temperatura real del componente. El fluido de enfriamiento puede fluir generalmente en un circuito de enfriamiento hacia el componente que va a enfriarse y hacia un intercambiador de calor. Si el fluido de enfriamiento pasa al componente, se absorbe calor mediante el fluido de enfriamiento, de modo que el componente se enfría. Cuando se pasa el intercambiador de calor, el fluido de enfriamiento se enfría nuevamente. A partir de la temperatura del fluido de enfriamiento tras pasar el componente, puede determinarse la temperatura de componente. Cuanto más se calienta el componente, más se calienta el fluido de enfriamiento. Midiendo la temperatura del fluido de enfriamiento ya no es necesario dotar de un sensor de temperatura a cada componente. Además, si por el circuito de enfriamiento pasa una pluralidad de componentes que van a enfriarse, la temperatura del fluido de enfriamiento medida tras pasar los componentes puede ser indicativa para la temperatura promedio de cada componente.

40 Según una realización a modo de ejemplo adicional, la temperatura real del componente se mantiene constante controlando la potencia de enfriamiento del sistema de enfriamiento mediante la señal de control de enfriamiento hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima. Luego, la temperatura real del componente se mantiene constante controlando la potencia de salida de la turbina eólica si el sistema de enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima. Mantener la temperatura del componente constante puede alargar la vida útil del componente, ya que no se produce ninguna expansión térmica de alteración que pueda conllevar una fatiga del material. Para mantener la temperatura del componente constante, puede proporcionarse un termostato que controla el sistema de enfriamiento y la potencia de salida con respecto a la temperatura de componente.

50 En resumen, la invención hace posible que trabaje una turbina eólica en situaciones en las que la temperatura del componente, tal como un engranaje o el generador, alcanza un límite de temperatura operativa máxima definida. Esto puede ocurrir cuando el sistema de enfriamiento está trabajando a capacidad completa y la temperatura ambiente es elevada. La potencia de salida de la turbina eólica se reduce por el presente documento, en lugar de apagar la turbina eólica, con el fin de mantener la temperatura del componente a o por debajo de una temperatura de punto de referencia definida del componente o mantener la temperatura del componente constante a la temperatura de punto de referencia definida.

60 Una situación de este tipo puede ocurrir fácilmente en lugares en los que las temperaturas ambiente elevadas y altas velocidades de viento se presentan al mismo tiempo. Debido al peso, el tamaño y los costes de grandes sistemas de enfriamiento puede no ser posible hacer frente a todas las clases de temperaturas ambiente. Por tanto, usando el dispositivo y método de control de temperatura de la invención se vuelve posible mantener la turbina trabajando (al menos bajo generación reducida de potencia de salida) incluso cuando las temperaturas ambiente elevadas y altas velocidades de viento se presentan al mismo tiempo. En sistemas de control de temperatura convencionales las turbinas eólicas pueden tener que apagarse cuando la temperatura ambiente supera una determinada temperatura predefinida, de modo que el apagado da como resultado la pérdida total de producción de salida de potencia en el periodo de parada. Mediante el presente sistema de control es posible mantener que la turbina trabaje al menos con

una producción de potencia mínima.

Además, la invención hace posible diseñar un sistema de enfriamiento y turbina eólica de coste optimizado ya que el tamaño del sistema de enfriamiento puede reducirse considerablemente diseñando el sistema de enfriamiento para una temperatura ambiente que es inferior a la temperatura de lugar máxima. Sin embargo, el sistema todavía podría manejar temperaturas extremas puesto que es posible controlar la temperatura de los componentes (el generador, engranaje) reduciendo la potencia de salida de la turbina de una manera controlada. En otras palabras, el enfriamiento de los componentes no se proporciona de manera exclusiva controlando el sistema de enfriamiento sino también controlando la generación de potencia.

Además, los análisis mostraron que las turbinas en lugares calientes funcionan con la combinación de temperatura elevada y alta velocidad de viento al mismo tiempo durante periodos de tiempo relativamente cortos durante una estación, de modo que el diseño de sistemas de enfriamiento grandes y caros puede ser innecesario y un control de la potencia de salida para las estaciones de temperatura elevada sería más eficaz.

Los componentes (generación de potencia) en turbinas eólicas modernas, en particular los generadores y los engranajes, son componentes grandes que comprenden muchas toneladas de peso y la constante de tiempo térmico es relativamente larga lo que da una buena oportunidad de reaccionar en temperaturas crecientes del generador. Midiendo la temperatura del componente se hace posible aprovechar la constante de larga duración (por ejemplo, el periodo de tiempo predefinido tal como se describió anteriormente) ya que la temperatura ambiente podría descender o el viento podría tranquilizarse antes que la temperatura del componente haya alcanzado su temperatura operativa máxima (por ejemplo, la temperatura de punto de referencia). De esta forma, la constante de larga duración (periodo de tiempo predefinido) se espera antes que se vuelva necesario reducir la potencia de salida de la turbina eólica, lo que sólo es posible si la temperatura del propio componente se mide. En comparación midiendo sólo la temperatura ambiente tal como se describe en el documento EP 1 918 581 A2 esto no es posible ya que la temperatura del componente no es un parámetro de entrada para el sistema de control.

Además, la invención puede tener en cuenta cambios de clima futuros. En la actualidad, las turbinas se diseñan normalmente para una vida útil de 20 años pero los cambios de clima actuales hacen difícil predecir las temperaturas futuras, en particular las temperaturas ambiente, y las velocidades de viento en lugares debido al hecho de que se observan grandes cambios de temperatura desde una estación a otra. Los 20 años a este respecto es un largo tiempo. En algunas zonas del mundo los periodos cálidos, secos y ventosos se vuelven más frecuentes y una turbina con el método de control de la invención puede resistir estos cambios, en particular los cambios en la temperatura ambiente, ya que la temperatura de componente puede controlarse, incluso cuando el sistema de enfriamiento es un diseño de pequeño tamaño y por tanto está trabajando a su capacidad de enfriamiento máxima. Por ejemplo, en turbinas eólicas convencionales, si por ejemplo la temperatura ambiente se predefine demasiado baja, en 20 años las turbinas eólicas convencionales no trabajarían durante un largo periodo de tiempo del año ya que la temperatura ambiente siempre superaría la temperatura ambiente predefinida de modo que la turbinas eólicas se apagarían frecuentemente, de modo que las turbinas eólicas convencionales estarían paradas durante un largo periodo de tiempo al año.

Además, la presente invención hace posible que trabaje la turbina eólica incluso en situaciones en las que la capacidad del sistema de enfriamiento se degrada debido a una obstrucción de un filtro debido a insectos, polvo, etc. Esto sólo es posible cuando se usa la temperatura del propio componente como entrada para la estrategia de control y el control de la temperatura de componente además del sistema de enfriamiento mediante el control de la potencia de salida. En una situación de obstrucción de filtro sería posible mantener la turbina trabajando incluso si se reduce la capacidad del sistema de enfriamiento.

Los análisis estadísticos de lugares de funcionamiento de turbina eólica muestran que las turbinas deben funcionar en una combinación de temperatura elevada y altas velocidades de viento al mismo tiempo durante tiempos relativamente cortos por año. Por tanto, el beneficio del uso del método de enfriamiento puede usarse para o bien reducir la capacidad de enfriamiento requerida del sistema de enfriamiento y reduciendo así los costes de la turbina o bien aumentar la producción de energía de manera anular debido a la adaptación de la potencia de salida con respecto a la temperatura de componente sin necesitar sistemas de enfriamiento sobredimensionados.

Tal como se usa en el presente documento, la referencia a un programa informático está prevista para ser equivalente a una referencia de un elemento de programa y/o a un medio legible por ordenador que contiene instrucciones para controlar un sistema informático que coordina el rendimiento del método descrito anteriormente.

El programa informático puede implementarse mediante un código de instrucción legible por ordenador en cualquier lenguaje de programación adecuado, tal como, por ejemplo, JAVA, C++, y puede almacenarse en un medio legible por ordenador (disco extraíble, memoria volátil o no volátil, memoria/procesador integrado, etc.). El código de instrucción puede funcionar para programar un ordenador o cualquier otro dispositivo programable para llevar a cabo las funciones previstas. El programa informático puede estar disponible desde una red, tal como la *World Wide Web*, desde la que puede descargarse.

La invención puede realizarse por medio de un programa informático respectivamente software. Sin embargo, la invención también puede realizarse por medio de uno o más circuitos electrónicos específicos respectivamente hardware. Además, la invención también puede realizarse de una forma híbrida, es decir en una combinación de módulos de software y módulos de hardware.

5 Debe observarse que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes temas. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a las reivindicaciones de tipo aparato mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a las reivindicaciones de tipo método. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá a partir de la descripción anterior y la siguiente que, a menos que se notifique otra cosa, además de cualquier combinación de características pertenecientes a un tipo de tema también cualquier combinación entre características referentes a diferentes temas, en particular entre características de las reivindicaciones de tipo aparato y características de las reivindicaciones de tipo método se considera que deben darse a conocer con esta aplicación.

15 **Breve descripción de los dibujos**

Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de la realización que va a describirse a continuación en el presente documento y se explican con referencia a los ejemplos de la realización. La invención se describirá en más detalle a continuación en el presente documento con referencia a ejemplos de realización pero a los que no se limita la invención.

La figura 1 ilustra una vista esquemática de una disposición de un componente de turbina según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

25 la figura 2 ilustra un diagrama de un ciclo de enfriamiento de un sistema de enfriamiento según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

la figura 3 ilustra un diagrama de enfriamiento de un control de enfriamiento controlando la potencia de salida según una realización a modo de ejemplo de la invención;

30 la figura 4 muestra una vista esquemática de un ciclo de control de enfriamiento controlando la potencia de salida según una realización a modo de ejemplo de la presente invención; y

35 la figura 5 muestra una vista esquemática de diferentes estados de enfriamiento en diferentes condiciones de enfriamiento según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

Descripción detallada

40 Las ilustraciones en los dibujos son esquemáticas. Se observa que en diferentes figuras, se proporcionan elementos similares o idénticos con los mismos símbolos de referencia.

La figura 1 muestra un dispositivo 100 de control para controlar una temperatura de un componente 101 de una turbina eólica. El dispositivo 100 de control comprende una unidad de entrada para definir una temperatura de punto de referencia T_c , referencia del componente 101 de la turbina eólica. Además, el dispositivo 100 de control comprende una unidad de determinación para determinar la temperatura real T_c del componente 101. El dispositivo 100 de control comprende una unidad de comparación para comparar la temperatura de punto de referencia definida T_c , referencia con la temperatura real determinada T_c . Además, la unidad 100 de control comprende una unidad de control para controlar la temperatura real T_c del componente 101 controlando la potencia de salida P de la turbina eólica basándose en el resultado de la comparación de la temperatura de punto de referencia definida T_c , referencia con la temperatura real determinada T_c , de modo que la temperatura real T_c del componente 101 se mantiene por debajo de o constante a la temperatura de punto de referencia T_c , referencia del componente 101.

55 Tal como puede observarse en la figura 1, un controlador 102 de componente puede recibir como parámetros de entrada la temperatura de punto de referencia definida T_c , referencia y la temperatura real T_c del componente 101. La temperatura real T_c del componente 101 puede controlarse controlando la potencia de salida P de la turbina eólica, de modo que la temperatura real T_c del componente 101 se mantiene por debajo de la temperatura de punto de referencia T_c , referencia del componente 101. Tal como puede observarse a partir de la figura 1, el controlador 102 de componente puede producir una señal de control de potencia u_P , por ejemplo mediante una comparación de la temperatura de punto de referencia definida T_c , referencia y la temperatura real T_c del componente 101, para controlar el funcionamiento del componente 101 y por tanto la temperatura del componente 101.

65 El componente 101 puede comprender, por ejemplo, un generador de una turbina eólica, un engranaje de una turbina eólica u otros componentes en los que la generación de potencia afecta su temperatura de componente. Tal como puede extraerse a partir de la figura 1, la velocidad de viento V y la temperatura ambiente T_a pueden influenciar la temperatura T_c del componente 101 directa o indirectamente (indirectamente debido a cambio de temperatura debido a una producción de potencia). Además, también otros valores pueden influenciar la temperatura

real Tc del componente 101, tal como partículas de polvo u otros elementos de bloqueo que bloquean los enfriadores por ejemplo.

Además, tal como puede extraerse a partir de la figura 1, puede proporcionarse un sistema 103 de enfriamiento que puede controlarse por el controlador 104 de sistema de enfriamiento. El sistema 103 de enfriamiento puede proporcionar una potencia de enfriamiento definida Q que puede enfriar la temperatura de componente real Tc del componente 101.

La potencia de enfriamiento Q del sistema 103 de enfriamiento puede definirse mediante la fórmula:

$$Q = UA \cdot (Tc - Ta)$$

en la que UA es el tamaño térmico del sistema de enfriamiento, Tc la temperatura de componente y Ta la temperatura ambiente del aire circundante u otros medios de enfriamiento.

Los sistemas de enfriamiento convencionales de turbinas eólicas se diseñan basándose en una temperatura ambiente permisible máxima predefinida Ta que es típica en el intervalo entre 35°C a 40°C.

Para una turbina que trabaja en carga completa, se define una potencia de enfriamiento máxima Qmax teniendo en cuenta la temperatura ambiente máxima predefinida Ta, max. Este parámetro de entrada induce un elevado tamaño térmico requerido UA del sistema de enfriamiento que se muestra en la siguiente formula:

$$UA = Q / (Tc - Ta)$$

Por tanto, para una alta temperatura ambiente predefinida y una alta potencia de enfriamiento requerida Q, debe proporcionarse un sistema 103 de enfriamiento de gran dimensión, de modo que los costes de inversión del sistema 103 de enfriamiento son elevados en particular cuando la temperatura ambiente Ta se aproxima al valor de la temperatura de componente Tc.

Además, para turbinas eólicas más eficaces y de alta eficacia las temperaturas Tc en los componentes 101 deben mantenerse tan bajas como sea posible con el fin de lograr bajas pérdidas, tales como pérdidas de corriente eléctrica en los conductores eléctricos en los componentes 101, por ejemplo en el generador. Además, para generadores modernos con imanes permanentes la temperatura de imán debe mantenerse baja para una alta eficiencia frente a fallos, normalmente la temperatura magnética no debe superarse Tc, max = 60°C a 80°C. Por tanto, hoy en día existe una demanda de espacios de baja temperatura (definido por Tc - Ta).

Por consiguiente, existe una demanda de grandes sistemas de enfriamiento con grandes radiadores, de modo que un sistema de enfriamiento grande debe instalarse en las góndolas de las turbinas eólicas, de modo que también aumentan los costes de las turbinas eólicas.

Como ejemplo, en un primer ejemplo la temperatura ambiente máxima definida Ta, max se define en 35°C y la temperatura de componente máxima Tc, max o la temperatura de punto de referencia Tc, referencia se define en 60°C. En un segundo ejemplo la temperatura ambiente máxima definida Ta, max se aumenta desde 35°C hasta 40°C y por tanto el tamaño térmico requerido UA del sistema 103 de enfriamiento debe aumentarse en el 25%:

$$(Tc, \max1 - Ta, \max1) : (Tc, \max2 - Ta, \max2) = (60 - 35) : (60 - 40) = 1,25 = 25\%$$

Hasta ahora, el problema se ha resuelto usando sistemas 103 de enfriamiento relativamente grandes, de modo que puede proporcionarse una alta potencia de enfriamiento máxima Qmax del sistema 103 de enfriamiento. La temperatura Tc de los componentes 101 depende, por ejemplo, de la potencia de salida P, la velocidad de viento V, la potencia de enfriamiento Q, la temperatura ambiente Ta, la presión de aire ambiente o una obstrucción de los enfriadores del sistema 103 de enfriamiento por polvo o insectos.

En la fase de diseño de un sistema 103 de enfriamiento el tamaño térmico UA del sistema 103 de enfriamiento se define, por tanto, por:

$$UA = Q_{max} / (T_{c, max} - T_a, max),$$

5 en la que la potencia de enfriamiento máxima Q_{max} define la máxima capacidad de enfriamiento requerida normalmente a carga completa respectivamente bajo la generación de la potencia de salida permisible máxima P_{max} y la temperatura ambiente predefinida máxima T_a, max .

Por motivos de seguridad, las prácticas más comunes son apagar la turbina eólica si la temperatura en el componente supera los límites predeterminados, es decir cuando $T_c > T_{c, max}$.

10 Esto puede, en particular, producirse si la temperatura ambiente T_a es alta y al mismo tiempo la turbina eólica trabaja a carga completa, por ejemplo, en altas velocidades de viento V . Entonces, si la turbina eólica se apaga debido a temperaturas ambiente elevadas T_a .

15 Ya que mediante métodos de enfriamiento convencionales, sólo la temperatura de aire ambiente T_a se toma como referencia para apagar la turbina eólica, aunque el aire ambiente T_a no dice nada sobre la temperatura T_c de los componentes 101, la capacidad de la potencia de enfriamiento Q del sistema 103 de enfriamiento y adicionalmente la constante de tiempo térmico del componente 101, es decir el tiempo para calentar o enfriar el componente 101 en determinadas temperaturas ambiente T_a .

20 La figura 2 muestra el proceso de enfriamiento en un diagrama. En un eje la señal de control de enfriamiento u_Q se define mediante un intervalo entre el valor 0 y el valor 1, en el que el valor 0 define que el sistema 103 de enfriamiento está apagado y el valor 1 define que el sistema 103 de enfriamiento trabaja con la potencia de enfriamiento máxima Q_{max} . El sistema 103 de enfriamiento puede arrancar para producir la potencia de enfriamiento Q cuando se mide una determinada temperatura de componente T_{c1} . Mediante una temperatura T_{c2}
25 se produce la potencia de enfriamiento máxima Q_{max} del sistema 103 de enfriamiento y la señal de control de enfriamiento u_Q tiene el valor 1. Cuando la temperatura de componente real T_c aumente adicionalmente hasta una temperatura de componente permisible máxima $T_{c, max}$, la turbina falla y debe apagarse.

30 La figura 3 muestra un ciclo de enfriamiento a modo de ejemplo según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. Cuando se alcanza una determinada temperatura de componente T_{c2} , se requiere la potencia de enfriamiento máxima y total Q_{max} del sistema 103 de enfriamiento. Mediante la presente invención, puede definirse una determinada temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$ del componente 101. La potencia de salida P puede controlarse y en particular reducirse hasta que la temperatura T_c del componente 101 se encuentre por debajo de la temperatura de punto de referencia predefinida $T_{c, referencia}$.

35 La temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$ del componente 101 puede definirse mediante un valor predefinido por debajo de la temperatura de componente permisible máxima $T_{c, max}$ del componente con el fin de evitar que se rebase la temperatura de componente permisible máxima $T_{c, max}$ lo que podría provocar fallos en los componentes 101. Por tanto, la temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$ puede definirse mediante:
40

$$T_{c, referencia} = T_{c, max} - dT_{c, s}$$

45 en la que $dT_{c, s}$ puede definir un determinado valor de temperatura de seguridad, de modo que la temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$ se define mediante una cantidad predefinida por debajo de la temperatura de componente permisible máxima $T_{c, max}$.

El valor de temperatura de seguridad $dT_{c, s}$ puede definirse, por ejemplo, por 10°C, 5°C ó por de 2°C a 4°C.

50 La figura 4 muestra esquemáticamente un procedimiento de enfriamiento según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 4, se define una temperatura de punto de referencia predefinida $T_{c, referencia}$ y puede compararse con la temperatura de componente real T_c . Basándose en esta comparación, el controlador 102 de componente genera una señal de control de potencia u_P que controla el componente 101, en particular la potencia de salida P del componente 101. La señal de control de potencia u_P puede definirse por un valor entre 0 y 1, en el que el valor 0 puede indicar no generación de potencia de salida P y el
55 valor 1 puede indicar la generación del 100% de potencia de salida P_{max} . En determinadas secuencias se consigue una medición adicional de la temperatura de componente T_c y de nuevo se compara con la temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$. Si la temperatura de componente se encuentra, por ejemplo, por debajo de la temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$, el controlador 102 de componente puede aumentar la generación de potencia de salida P del componente 101. En un ciclo de medición adicional, la temperatura de componente real T_c se
60 compara de nuevo con la temperatura de punto de referencia $T_{c, referencia}$ y una señal de control de potencia u_P adicional se genera mediante el controlador 102 de componente. Por tanto, la producción de potencia de la potencia

5 de salida P puede adaptarse permanentemente a la temperatura de componente real T_c , de modo que siempre puede generarse un óptimo de potencia de salida P sin rebasar los valores para la temperatura de componente permisible máxima T_c, \max o la temperatura de punto de referencia $T_c, \text{referencia}$. En otras palabras, mediante el método reivindicado de control de la temperatura de un componente 101 siempre puede lograrse una producción de potencia óptima sin la necesidad de apagar la producción de potencia completa de la turbina eólica.

10 Comparado con sistemas convencionales, mediante la presente invención la producción de potencia se reduce sólo un poco cuando una temperatura ambiente elevada T_a y una alta generación de potencia de potencia de salida P se presentan al mismo tiempo, de modo que no se rebasa la temperatura de componente permisible máxima T_c, \max .

15 En sistemas convencionales, debido a temperaturas ambiente elevadas T_a y debido a una alta producción de potencia, la turbina se apagaría hasta que la temperatura ambiente T_a se encontrase por debajo de valores predefinidos.

20 Mediante la presente invención la temperatura de componente T_c se controla controlando la potencia de salida P. Los cálculos han mostrado que sólo una pequeña reducción de potencia de la potencia de salida P da una temperatura relativamente elevada de componente T_c disminuida.

25 En particular, las turbinas eólicas funcionan en circunstancias externas bastante dinámicas, tales como la temperatura ambiente T_a y velocidades de viento V. Además, cada componente 101 comprende una constante de tiempo térmico, que describe el tiempo que tarda el componente 101 en adaptarse a la temperatura ambiente T_a . En otras palabras, la constante de tiempo térmico define una velocidad, cómo de rápido un componente 101 puede calentarse o enfriarse. Por tanto, puede definirse un periodo de tiempo predefinido en el que el método permite que la temperatura de componente real T_c supere o difiera de la temperatura de punto de referencia definida $T_c, \text{referencia}$ hasta que se inicie un control de la potencia de salida P.

30 La figura 5 muestra cuatro estados a modo de ejemplo de procedimientos de enfriamiento de una turbina eólica. Al principio, la temperatura de componente T_c puede medirse durante una baja potencia de salida P y un sistema 103 de enfriamiento apagado. Cuando la temperatura de componente T_c supera una primera temperatura de componente definida T_{c1} , se activa el sistema de enfriamiento. En el estado 2, existe una producción de potencia baja o media, en la que la potencia de enfriamiento Q puede ser variable dependiendo de la temperatura de componente T_c . Cuando la temperatura del componente T_c se encuentra por debajo de la primera temperatura de componente T_{c1} durante un determinado periodo de tiempo predefinido dT_{c1} , el sistema 103 de enfriamiento se apaga de nuevo. En el estado 3, el sistema de enfriamiento produce una potencia de enfriamiento Q hasta que se necesite una potencia de enfriamiento máxima Q_{\max} . Si se alcanza la potencia de enfriamiento máxima Q_{\max} del sistema, la potencia de salida P es alta y la temperatura de componente T_c supera una segunda temperatura de componente predefinida T_{c2} , se inicia el estado 4.

35 En el estado 4, se produce la potencia de enfriamiento máxima Q_{\max} , en la que el enfriamiento del componente se controla mediante el ajuste de la producción de potencia P.

40 En turbinas eólicas convencionales, en la fase 4 la turbina eólica se apaga con el fin de enfriar los componentes, dependiendo el apagado del componente de la temperatura ambiente T_a .

45 En el estado 4, según la presente invención, se mide la temperatura de componente T_c y la potencia de salida P se ajusta con respecto a la temperatura de componente T_c . Cuando la temperatura de componente T_c se encuentra por debajo de la segunda temperatura de componente T_{c2} durante un determinado tiempo predefinido dT_c , el procedimiento en el estado 3 se inicia de nuevo. Si la temperatura de componente T_c supera incluso con una potencia de salida P controlada una temperatura de componente máxima predefinida T_{\max} , el componente 101 respectivamente la turbina eólica puede apagarse con el fin de proporcionar un recalentamiento.

50 Debe observarse que la expresión “que comprende/comprendiendo” no excluye otros elementos o etapas y “un” o “una” no excluye una pluralidad. Además, pueden combinarse elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. También debe observarse que signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitativos del alcance de las reivindicaciones.

Lista de signos de referencia

	100	dispositivo de control
	101	componente
5	102	controlador de componente
	103	sistema de enfriamiento
	104	controlador de sistema de enfriamiento
	Tc	temperatura del componente
10	Tc, referencia	temperatura de punto de referencia del componente
	Tc, max	temperatura de componente permisible máxima
	dTc, s	valor de temperatura de seguridad
	Ta	temperatura ambiente
	Ta, max	temperatura ambiente máxima
15	P	potencia de salida
	Pmax	potencia de salida permisible máxima
	uP	señal de control de potencia
20	uQ	señal de control de enfriamiento
	Q	potencia de enfriamiento
	Qmax	potencia de enfriamiento máxima del sistema
25	V	velocidad de viento.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar una temperatura de un componente (101) de una turbina eólica, comprendiendo el método
- 5 definir una temperatura de punto de referencia (T_c , referencia) del componente (101) de la turbina eólica,
determinar la temperatura real (T_c) del componente (101),
10 comparar la temperatura de punto de referencia definida (T_c , referencia) y la temperatura real determinada (T_c),
y
controlar la temperatura real (T_c) del componente (101)
15 controlando la potencia de salida (P) de la turbina eólica basándose en el resultado de la comparación de la
temperatura de punto de referencia definida (T_c , referencia) y la temperatura real determinada (T_c),
caracterizado porque controlar la temperatura real (T_c) del componente comprende además
controlar una potencia de enfriamiento (Q) de un sistema (103) de enfriamiento mediante una señal de control de
20 enfriamiento (u_Q),
en el que la señal de control de enfriamiento (u_Q) es indicativo de la temperatura real (T_c) del componente (101),
en el que el control de la potencia de enfriamiento (Q) del sistema (103) de enfriamiento mediante la señal de
control de enfriamiento (u_Q) se lleva a cabo hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima (Q ,
25 max), y
en el que el control de la potencia de salida (P) de la turbina eólica se lleva a cabo si el sistema (103) de
enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima (Q , max).
- 30 2. Método según la reivindicación 1, que comprende además
definir una potencia de salida permisible máxima (P , max) de la turbina eólica,
determinar la potencia de salida real (P),
35 comparar la potencia de salida permisible definida (P , max) y la potencia de salida real determinada (P), y
en el que el control de la potencia de salida real (P) comprende además tener en cuenta el resultado de la
comparación de la potencia de salida permisible definida (P , max) y la potencia de salida real determinada (P).
- 40 3. Método según la reivindicación 1 ó 2,
en el que el componente (101) se selecciona de uno del grupo que consiste en un generador de la turbina eólica
y un engranaje de la turbina eólica.
- 45 4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el control de la potencia de salida (P) de la turbina
eólica comprende hacer girar una pala de rotor de la turbina eólica.
- 50 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el control de la potencia de salida (P) de la turbina
eólica comprende
generar una señal de control de potencia (u_P) para controlar el funcionamiento del componente (101),
en el que la señal de control de potencia (u_P) es indicativa para el resultado de la comparación de la temperatura
55 real determinada (T_c) y la temperatura de punto de referencia determinada (T_c , referencia).
6. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el control de la potencia de salida (P) de la turbina
eólica se lleva a cabo cuando la temperatura real (T_c) ha diferido de la temperatura de punto de referencia (T_c ,
referencia) durante un periodo de tiempo predefinido.
- 60 7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6,
en el que la temperatura de punto de referencia (T_c , referencia) se define mediante una temperatura de
componente permisible máxima (T_{max}) menos un valor de temperatura de seguridad predeterminado (dT_c , s).
- 65 8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7,

en el que la determinación de la temperatura real (T_c) del componente (101) comprende medir una temperatura de fluido de enfriamiento del sistema (103) de enfriamiento,

5 en el que la temperatura de fluido de enfriamiento es indicativa de la temperatura real (T_c) del componente (101).

9. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8,

10 en el que la temperatura real (T_c) del componente (101) se mantiene constante controlando la potencia de enfriamiento (Q) del sistema (103) de enfriamiento mediante la señal de control de enfriamiento (u_Q) hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima (Q, \max), y

15 en el que la temperatura real (T_c) del componente (101) se mantiene constante controlando la potencia de salida (P) de la turbina eólica si el sistema (103) de enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima (Q, \max).

10. Dispositivo de control para controlar una temperatura de un componente (101) de una turbina eólica, comprendiendo el dispositivo de control

20 una unidad de entrada para definir una temperatura de punto de referencia (T_c , referencia) del componente (101) de la turbina eólica,

una unidad de determinación para determinar la temperatura real (T_c) del componente (101),

25 una unidad de comparación para la temperatura de punto de referencia definida (T_c , referencia) y la temperatura real determinada (T_c), y

30 una unidad de control que controla la temperatura real (T_c) del componente (101) controlando la potencia de salida (P) de la turbina eólica basándose en el resultado de la comparación de la temperatura de punto de referencia definida (T_c , referencia) y la temperatura real determinada (T_c) y caracterizado porque la unidad de control controla adicionalmente la temperatura real (T_c) del componente (101) controlando una potencia de enfriamiento (Q) de un sistema (103) de enfriamiento mediante una señal de control de enfriamiento (u_Q),

35 en el que la señal de control de enfriamiento (u_Q) es indicativa de la temperatura real (T_c) del componente (101),

en el que el control de la potencia de enfriamiento (Q) del sistema (103) de enfriamiento mediante la señal de control de enfriamiento (u_Q) se lleva a cabo hasta que se alcance una potencia de enfriamiento máxima (Q, \max), y

40 en el que el control de la potencia de salida (P) de la turbina eólica se lleva a cabo si el sistema (103) de enfriamiento funciona con una potencia de enfriamiento máxima (Q, \max).

11. Turbina eólica que comprende

45 un dispositivo de control según la reivindicación 10, y

un componente (101),

50 en el que el dispositivo de control está adaptado para controlar la temperatura del componente (101).

12. Programa informático para controlar una temperatura de un componente (101) de una turbina eólica, el programa informático, cuando está ejecutándose por un procesador de datos, se adapta para controlar el método tal como se expone en una cualquiera de 1 a 9.

FIG 1

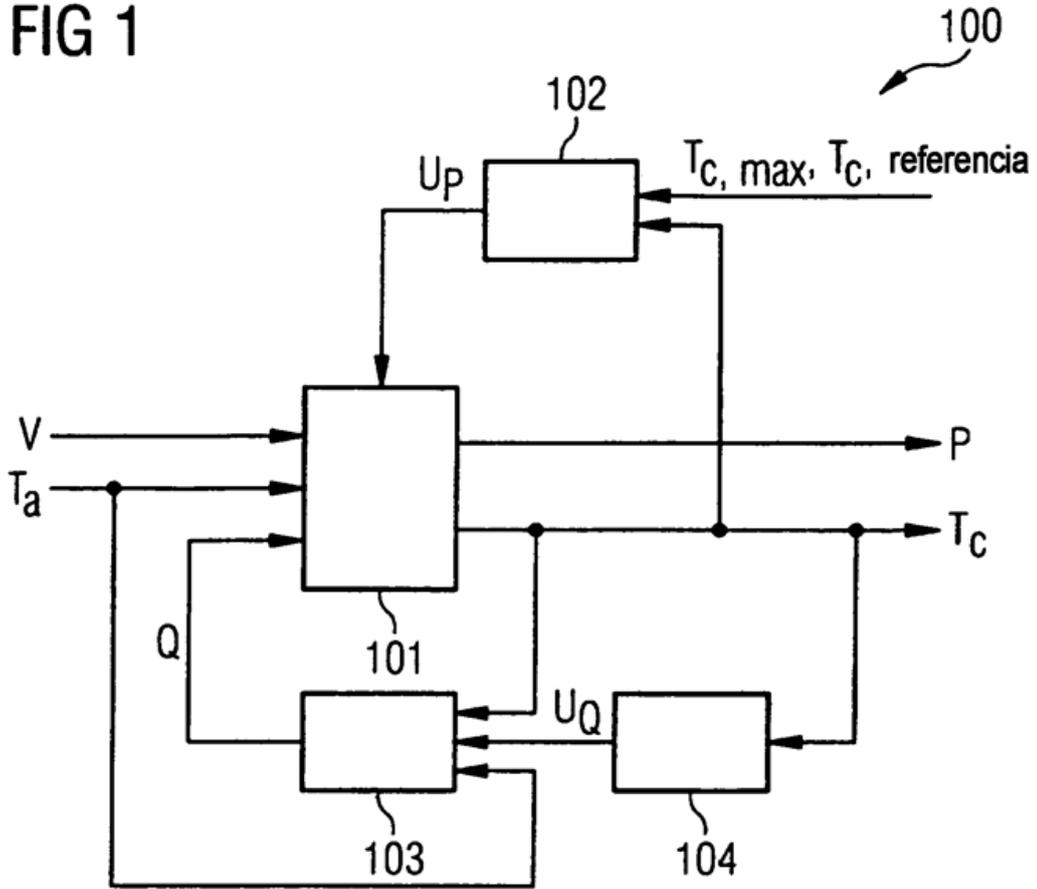


FIG 2

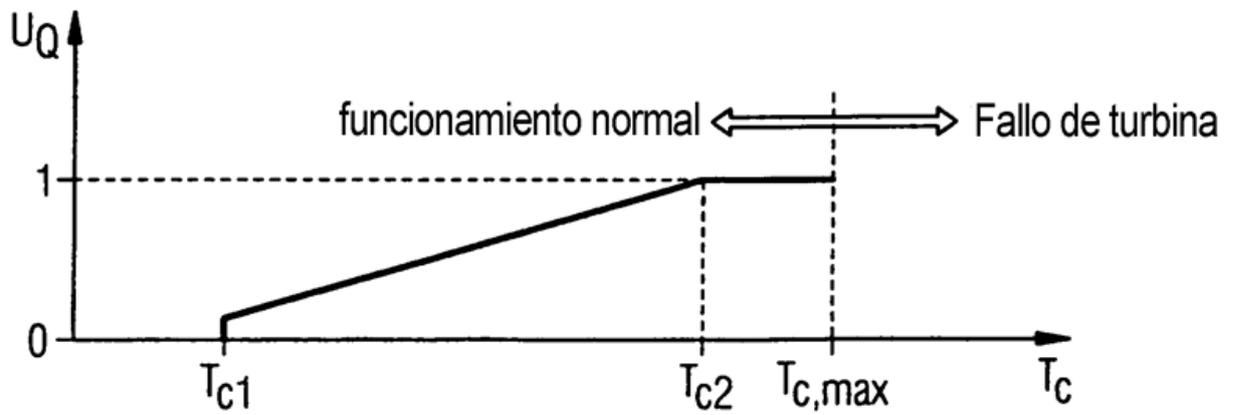


FIG 3

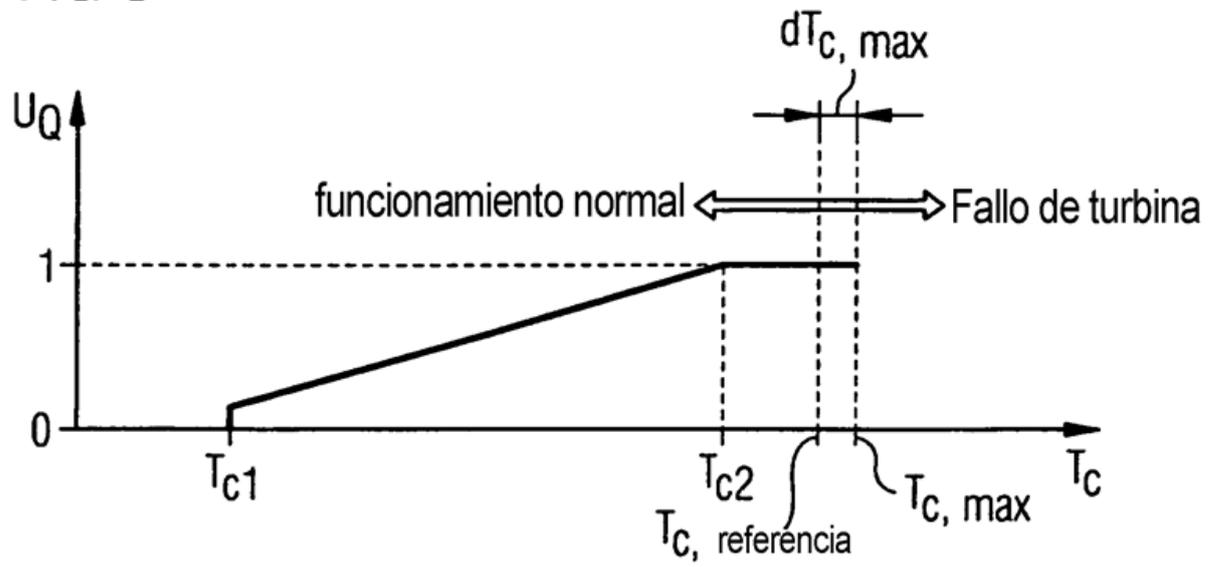


FIG 4

