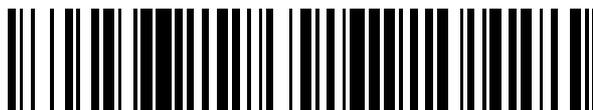


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 248**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2007** **E 07110582 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 1873396**

54 Título: **Procedimiento para operar un sistema de energía eólica**

30 Prioridad:

30.06.2006 US 428035

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

01.07.2020

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

SCHELLINGS, VINCENT

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 770 248 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 operar un sistema de energía eólica

5 La presente invención se refiere, en general, a un sistema de energía eólica y a un procedimiento para operar el mismo.

10 El funcionamiento de los sistemas de energía eólica modernos implica fuertes presiones económicas. A menudo, los productores de sistemas de energía eólica deben garantizar el rendimiento energético de un sistema de energía eólica. Si el rendimiento de un sistema de energía eólica en funcionamiento resulta ser inferior al valor de rendimiento prometido, los productores deben pagar altas sanciones contractuales a los operadores del sistema de energía eólica.

15 Por lo tanto, es típico que los sistemas de energía eólica funcionen de manera que pueda esperarse un rendimiento elevado. Para hacer esto, la multitud de parámetros para el funcionamiento de un sistema de energía eólica, que pueden establecerse y regularse al poner en funcionamiento el sistema de energía eólica, se establece a los valores que se espera que proporcionen un rendimiento máximo. Sin embargo, a pesar de esta configuración, la experiencia muestra que los sistemas de energía eólica a menudo todavía funcionan de manera insuficiente.

20 DE 10 2004 056254 se refiere a un procedimiento para optimizar el funcionamiento de parques eólicos.

WO 2004/111446 describe un procedimiento e instalación para extraer energía de un fluido que fluye utilizando un parque de turbinas.

25 DE 10 2004 056255 se refiere a un procedimiento para optimizar parámetros de funcionamiento en parques eólicos.

EP 1 666 723 describe un dispositivo de control del ángulo de inclinación de las palas y un aerogenerador.

30 WO 2004/104412 se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica.

EP 1 612 414 se refiere a un procedimiento y un aparato para reducir desviaciones, cargas y/o velocidad de rotación máxima de las palas del rotor.

35 Varios aspectos y realizaciones de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se presenta el procedimiento de funcionamiento de un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1.

40 Por lo tanto, después de un cierto período de aprendizaje, el sistema de energía eólica funciona en modo óptimo. En consecuencia, el rendimiento promedio anual puede ser significativamente mayor.

Típicamente, los resultados repetidos de medición de parámetros de rendimiento se comparan con los resultados de medición de parámetros de rendimiento para determinar si la modificación del parámetro de funcionamiento dio lugar a un parámetro de rendimiento mayor. Si es así, el controlador detecta que la optimización fue exitosa. Es decir, el funcionamiento del sistema de energía eólica puede continuar con este parámetro de funcionamiento, o el parámetro de funcionamiento puede mejorarse todavía más en otro bucle de optimización. Si no, es decir, si el parámetro de rendimiento disminuyó cuando el sistema de energía eólica funcionaba con el valor optimizado del parámetro de funcionamiento, el controlador de autoaprendizaje detecta que la optimización no fue exitosa. En este caso, el procedimiento de la presente invención se repite donde puede considerarse el resultado de la optimización fallida al calcular los parámetros de funcionamiento optimizados. También es típico que el procedimiento de la presente invención pueda repetirse a intervalos de tiempo específicos. Por ejemplo, pueden realizarse cambios de parámetros de funcionamiento en distintos intervalos de tiempo, tales como 10 minutos o más, por ejemplo, un mes. Intervalos de tiempo típicos para repetir el procedimiento son entre 30 y 120 minutos. De acuerdo con otras realizaciones, el procedimiento se inicia repetidamente cuando se observa una disminución de un parámetro de rendimiento.

55 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se presenta un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 5.

60 El sistema de energía eólica puede tener una unidad de sensor para medir por lo menos un parámetro de rendimiento del sistema de energía eólica, una unidad de sensor para medir por lo menos un parámetro de estado, uno o más actuadores para regular por lo menos una parte regulable del sistema de energía eólica y un controlador de autoaprendizaje. El controlador de autoaprendizaje está conectado a por lo menos una unidad de sensor y por lo menos a un actuador y recibe datos de medición de por lo menos una unidad de sensor. Además, el controlador de

autoaprendizaje puede realizar cálculos de optimización en base a los datos de medición y envía señales de instrucciones al por lo menos un actuador en base al resultado de los cálculos de optimización para la regulación de por lo menos una parte regulable del sistema de energía eólica. Las señales de instrucción pueden ser tales que el por lo menos un parámetro de rendimiento esté optimizado.

5 De acuerdo con realizaciones típicas, la unidad de sensor para medir por lo menos un parámetro de rendimiento puede ser un dispositivo de medición de corriente, un dispositivo de medición de potencia, o un dispositivo de medición de vibración. Además, la unidad de sensor para medir por lo menos un parámetro de estado puede ser un dispositivo de medición de viento, un dispositivo de medición de posición de acimut, un transductor de desplazamiento, un dispositivo de medición de dirección del viento, un dispositivo de medición de temperatura, un dispositivo de medición de presión y un dispositivo de medición de la densidad del aire. Además, de acuerdo con realizaciones típicas, el actuador puede ser un dispositivo de inclinación de las palas, un dispositivo de accionamiento de la góndola, control del generador, un control del convertidor, o un controlador principal.

15 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se presenta un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 6.

Es posible utilizar el procedimiento de varios aspectos de la presente invención en cualquier sistema de energía eólica. Además, un controlador de autoaprendizaje de acuerdo con diversos aspectos de la presente invención también puede utilizarse en sistemas de energía eólica existentes para mejorar el rendimiento de los sistemas de energía eólica. Para hacer esto, el controlador de autoaprendizaje de acuerdo con diversos aspectos de la presente invención puede instalarse como un paquete de actualización en los sistemas de energía eólica existentes.

Otros aspectos, ventajas y características de la presente invención son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los cuales:

25 La figura 1 es una vista esquemática de un aerogenerador que tiene un controlador de autoaprendizaje de acuerdo con una realización de la presente invención.

30 La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención.

La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención.

35 La figura 5 es una vista esquemática de una realización de la presente invención con una pluralidad de sistemas de energía eólica.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra aspectos y detalles de la presente invención.

40 La figura 7 es un diagrama de flujo de una realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención.

La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra aspectos y detalles de la presente invención.

45 La figura 9 es un diagrama que muestra varias curvas de potencia.

Se hará referencia en detalle ahora a las diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Cada ejemplo se da a modo de explicación de la invención, y no pretende ser una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden utilizarse en o junto con otras realizaciones para producir otra realización. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

55 La figura 1 es una vista esquemática de un aerogenerador. El aerogenerador 100 incluye una torre 110 en la cual va montada una góndola de la máquina 120 en su extremo superior. La góndola aloja un tren de transmisión al cual está conectado un generador eléctrico principal (no mostrado). En un extremo lateral de la góndola de la máquina 120 va montado un buje 130 que lleva tres palas del rotor 140. Las palas del rotor 140 pueden ajustarse mediante un dispositivo de inclinación de las palas que típicamente se encuentran alojados en el interior del buje 130. Las palas del rotor 140 deben estar correctamente instaladas y alineadas. Típicamente, éstas se alinean de manera que a bajas velocidades del viento las palas quedan colocadas en la posición aerodinámica de 0 grados. En el interior de la góndola puede disponerse un controlador de autoaprendizaje 200. Alternativamente, éste puede disponerse en el interior de la torre, por ejemplo, integrado en un armario de control junto con otros dispositivos eléctricos.

60 La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención. Un controlador de autoaprendizaje 200 va conectado a un sensor 215 a través de una conexión del sensor 210. El sensor mide por lo

menos un parámetro de rendimiento del sistema de energía eólica, tal como la salida de potencia real. La información acerca del resultado de estas mediciones se transmite a través de la conexión de sensor 210 al controlador de autoaprendizaje. El controlador de autoaprendizaje está conectado, además, al actuador 225 a través de la conexión del actuador 220. El actuador 225 acciona una parte regulable del sistema de energía eólica. En una realización de ejemplo de la presente invención, el actuador es el dispositivo de inclinación de las palas que controla el ángulo de inclinación de las palas del rotor. El controlador de autoaprendizaje 200 está conectado, además, a un sensor de parámetro de estado 202 a través de la conexión de sensor de parámetro de estado 205. Un sensor de parámetro de estado puede ser un dispositivo de medición del viento, un dispositivo de medición de la posición acimutal, un transductor de desplazamiento, un dispositivo de medición de la dirección del viento, un dispositivo de medición de la temperatura, un dispositivo de medición de la presión o un dispositivo de medición de la densidad del aire.

La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención. Además de los elementos ya descritos respecto a la figura 2, una base de datos 235 está conectada, a través de la conexión de base de datos 230, al controlador de autoaprendizaje 200. La base de datos puede utilizarse de varias maneras. Típicamente, los datos de los cálculos de optimización se almacenan en la base de datos. Es decir, los resultados de los cálculos de optimización, así como los datos de entrada respectivos, tales como los valores respectivos de los parámetros de funcionamiento, los parámetros de estado, etc., pueden almacenarse en la base de datos.

En una realización, en la base de datos se almacenan parámetros del sitio. Los parámetros del sitio se definirán aquí como parámetros del sistema de energía eólica que no varían con el tiempo. Típicamente, los parámetros del sitio pueden incluir información sobre la altura de la torre del sistema de energía eólica, la ubicación del sistema de energía eólica, la altitud de la ubicación, y/o la temperatura media anual. La ubicación del sistema de energía eólica es relevante para la optimización del parámetro de rendimiento, tal como la curva de potencia o la potencia. Por ejemplo, la ubicación del parámetro del sitio del sistema de energía eólica puede establecerse en diferentes valores dependiendo de si el sistema de energía eólica se encuentra situado en un terreno montañoso, en un campo plano, en alta mar, en tierra, como un sistema de energía eólica independiente, o en medio de un parque eólico. Típicamente, los parámetros del sitio se establecen junto con la instalación del sistema de energía eólica.

Información adicional almacenada en la base de datos puede ser información histórica. Típicamente, los datos históricos incluyen una multitud de valores de parámetros de funcionamiento y los respectivos parámetros de rendimiento. El término "parámetro de funcionamiento" debe entenderse aquí como un parámetro que puede establecerse y que indica a un actuador de una parte ajustable del sistema de energía eólica qué acción debe realizar el actuador. Por ejemplo, el accionamiento de la góndola es responsable de girar la góndola de manera que las palas del rotor se extiendan perpendicularmente a la dirección del viento. Cuando cambia la dirección del viento, debe regularse la orientación de la góndola. Para hacer esto, debe cambiarse el parámetro de funcionamiento de la posición de la góndola. Al recibir instrucciones del parámetro de funcionamiento ajustado de la posición de la góndola, el dispositivo de accionamiento de la góndola mueve la góndola a la orientación correcta. Además de la posición de la góndola, los parámetros de funcionamiento típicos son el ángulo de inclinación de las palas del rotor, la curva de demanda de par, las revoluciones por minuto (rpm), la relación de velocidad de la punta, las cargas en varios elementos del sistema de energía eólica, la posición azimutal, o los niveles de vibración.

De acuerdo con diversos aspectos de la presente invención, en la base de datos se almacenan datos históricos sobre parámetros de rendimiento. El término "parámetro de rendimiento" debe entenderse como cualquier parámetro que esté correlacionado con la salida del sistema de energía eólica. Típicamente, la curva de potencia es uno de los parámetros de rendimiento. La curva de potencia indica la potencia de salida del sistema de energía eólica frente a la velocidad del viento. Otros ejemplos de parámetros de rendimiento típicos son energía, potencia, corriente, nivel de vibración, cargas en los componentes y temperatura de los componentes. Ejemplos de componentes del sistema de energía eólica son la torre, las palas, el generador, los dispositivos de accionamientos, etc. Realizaciones típicas de la presente invención permiten optimizar un parámetro de rendimiento del sistema de energía eólica o varios parámetros de rendimiento del sistema de energía eólica al mismo tiempo. Tal como será claro a través de los ejemplos que se dan, algunos parámetros del sistema de energía eólica pueden ser tanto parámetros de rendimiento como parámetros de funcionamiento. Por ejemplo, el nivel de vibración puede ser un parámetro de funcionamiento para optimizar la producción de energía del sistema de energía eólica. En otras realizaciones, el nivel de vibración puede ser el parámetro de rendimiento que tiene que optimizarse, ya que una reducción del nivel de vibración resulta en una vida útil más larga y, en consecuencia, una mayor proporción de energía producida por costes de instalación y mantenimiento.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, en la base de datos pueden almacenarse parámetros de estado. El término "parámetro de estado" se entenderá aquí como cualquier parámetro relacionado con el entorno del sistema de energía eólica que varía con el tiempo. Por ejemplo, parámetros de estado típicos son velocidad del viento, dirección del viento, intensidad de turbulencias, temperatura, presión del aire o número de días desde la

última lluvia. Debe entenderse que todos los tipos de parámetros descritos anteriormente pueden almacenarse en la base de datos, sin bien no es necesario almacenarlos todos para realizar aspectos de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra aspectos y detalles de la presente invención. Además de los elementos ya mostrados en las figuras 2 y 3, un reloj 245 está conectado al controlador de autoaprendizaje 200 a través de la conexión de reloj 240. En una realización, el reloj proporciona al controlador de autoaprendizaje el tiempo real. De acuerdo con otra realización, el reloj proporciona al controlador de autoaprendizaje la hora del día, el día, el día de la semana, el mes y/o la estación. Estos parámetros de tiempo pueden ser útiles para optimizar el funcionamiento del sistema de energía eólica por diferentes razones. Por ejemplo, la estación puede ser un parámetro de tiempo interesante ya que la lluvia en otoño e invierno limpia las palas y, como tal, podría mejorar el rendimiento energético y la curva de potencia del sistema de energía eólica. Otro ejemplo es la hora del día. El funcionamiento del sistema de energía eólica podría estar limitado por las regulaciones legales de ruido que permiten un menor nivel de ruido durante la noche que durante el día. En este caso, es importante cumplir con los requisitos legales de ruido y, al mismo tiempo, optimizar el rendimiento energético del sistema de energía eólica.

La figura 5 es una vista esquemática de una pluralidad de sistemas de energía eólica de acuerdo con la presente invención. Los sistemas de energía eólica están conectados entre sí mediante unas conexiones de datos 300. Es posible, aunque no necesario, que cada sistema de energía eólica esté vinculado entre sí. La conexión de datos puede ser una red arbitraria que permita el intercambio de información entre varios sistemas de energía eólica. En particular, las conexiones de datos pueden ser conexiones por cable o conexiones inalámbricas para transmitir datos entre los sistemas de energía eólica. Las conexiones de datos están vinculadas directa o indirectamente a los controladores 200 de cada sistema de energía eólica. Al calcular los valores optimizados de los parámetros de funcionamiento, el controlador de autoaprendizaje también puede basar su cálculo de optimización en la información proporcionada por otros sistemas de energía eólica y transmitida a través de la conexión de datos 300. Por motivos de simplicidad, los "valores optimizados de los parámetros de funcionamiento" se denominarán a continuación "parámetros de funcionamiento optimizados". Típicamente, los sistemas de energía eólica del mismo tipo están vinculados entre sí de esta manera. Al hacer esto, la optimización puede basarse en amplios datos de experiencia. La combinación de experiencia puede realizarse, por ejemplo, a nivel de parque eólico, o almacenando los datos de todos los sistemas de energía eólica del mismo tipo en todo el mundo. En este último caso, no es necesario que haya una conexión directa o indirecta entre todos los sistemas de energía eólica. Por ejemplo, es posible que los datos obtenidos en un sistema de energía eólica durante un período específico de tiempo, tal como medio año o un año, ya estén almacenados en la base de datos de otro sistema de energía eólica cuando este último está instalado. Además, es posible seleccionar un sistema de energía eólica como estación de control central que reúna los datos de todos los sistemas de energía eólica conectados, y que proporcione a los otros sistemas de energía eólica estos datos y/o datos ya analizados y evaluados.

De acuerdo con una realización típica de la presente invención, el sistema de energía eólica comprende una base de datos para proporcionar los datos históricos. De acuerdo con los datos históricos, se calculan los parámetros de funcionamiento optimizados. De acuerdo con otra realización típica de la presente invención, el sistema de energía eólica está vinculado a una base de datos que no forma parte del sistema de energía eólica. Por ejemplo, el sistema de energía eólica podría estar conectado a una base de datos central que reúna los datos de todos los sistemas de energía eólica que estén conectados a la base de datos central. La base de datos central puede proporcionar también datos históricos y/o datos adicionales ya analizados y evaluados a otros sistemas de energía eólica. En este caso, es posible que el propio sistema de energía eólica no comprenda una base de datos. La base de datos central puede estar conectada a 10, 50, 100 o incluso más sistemas de energía eólica. La base de datos central puede comprender una unidad de procesamiento (no mostrada) para evaluar todos los datos recibidos por los sistemas de energía eólica. La base de datos central no debe encontrarse necesariamente en un sistema de energía eólica, sino que también podría ser una base de datos independiente, por ejemplo, en el sitio del fabricante.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra aspectos y detalles de la presente invención. En la etapa 400, se establece por lo menos un parámetro de funcionamiento del sistema de energía eólica. El valor en que se establece el parámetro de funcionamiento puede tomarse de la base de datos o haberse calculado antes como parámetro de funcionamiento optimizado de acuerdo con una realización del procedimiento de la presente invención. Por ejemplo, el parámetro de funcionamiento en cuestión podría ser el número de revoluciones por minuto.

En la etapa 410 se mide uno o más parámetros de rendimiento del sistema de energía eólica. Por ejemplo, podría medirse la potencia de salida del sistema de energía eólica. Tanto el valor del por lo menos un parámetro de funcionamiento que se estableció en la etapa 400 como parámetro de rendimiento medido de la etapa 410 se envían al controlador de autoaprendizaje. En la etapa 415 se mide uno o más parámetros de estado del sistema de energía eólica. Por ejemplo, podría medirse la velocidad real del viento, la intensidad de turbulencias, la dirección del viento, la presión del aire, o la temperatura. El valor del por lo menos un parámetro de funcionamiento que se estableció en la etapa 400, el parámetro de rendimiento medido de la etapa 410, los parámetros de estado medidos, y los datos históricos 418 se envían al controlador de autoaprendizaje. En base a estos valores, en particular, los datos

históricos y el resultado de las mediciones, el controlador de autoaprendizaje calcula uno o más parámetros de funcionamiento optimizados en la etapa 420. Para hacer esto, es típico que el controlador de autoaprendizaje base su cálculo en información adicional, tal como el valor real de otros parámetros de funcionamiento, parámetros de tiempo, parámetros del sitio, o parámetros de estado. Por ejemplo, aparte del resultado de la medición del parámetro de rendimiento, como la salida de energía en el generador, el cálculo de la optimización podría basarse en la estación, el estado del tiempo, es decir, si llueve o hace sol, la altura de la torre, la altura real velocidad del viento, y la intensidad de turbulencias medido durante las últimas dos horas.

En la etapa 430, el uno o más parámetros de funcionamiento en cuestión se restablecen a los parámetros de funcionamiento optimizados tal como se han calculado en la etapa 420. Estableciendo los parámetros de funcionamiento a los parámetros de funcionamiento optimizados, se mejora el rendimiento energético del sistema de energía eólica. Por lo tanto, en el ejemplo que se ha dado anteriormente, se aumenta la salida de energía en el generador. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el funcionamiento del sistema de energía eólica prosigue con dicho parámetro de funcionamiento optimizado durante un período de tiempo tal como 1 minuto, 10 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora o más. De acuerdo con otras realizaciones de la presente invención, el parámetro de funcionamiento optimizado es un punto de partida para otros bucles de optimización. Esto se explicará a título de ejemplo respecto a las figuras 7 y 8.

De acuerdo con realizaciones típicas de la presente invención, el funcionamiento del sistema de energía eólica no reacciona instantáneamente sobre parámetros de condiciones variables. El controlador de autoaprendizaje puede utilizar una base de datos histórica para determinar su configuración de parámetros óptima. Como tal, reacciona indirectamente sobre los parámetros de estado.

La figura 7 es un diagrama de flujo de una realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención. Al igual que en la realización descrita respecto a la figura 6, la etapa 400 se refiere a la configuración de por lo menos un parámetro de funcionamiento, la etapa 410 se refiere a la medición de por lo menos un parámetro de rendimiento, la etapa 415 se refiere a la medición de por lo menos un parámetro de estado, la etapa 418 se refiere a la provisión de datos históricos, la etapa 420 se refiere al cálculo de por lo menos un parámetro de funcionamiento optimizado, y la etapa 430 se refiere al restablecimiento del por lo menos un parámetro de funcionamiento al uno o más parámetros de funcionamiento optimizados tal como se calcula en la etapa de cálculo 420. Por motivos de simplicidad, la etapa 410 y la etapa 415 se muestran en un cuadro. En todas las realizaciones de la presente invención, los parámetros de estado y los parámetros de estado pueden medirse al mismo tiempo o uno después del otro. Es posible medir el parámetro de rendimiento antes de la medición del parámetro de estado. También es posible medir el parámetro de estado antes de la medición del parámetro de estado. Es típico que los datos históricos se envíen constantemente al controlador de autoaprendizaje, y el controlador de autoaprendizaje recupere datos históricos siempre que sea necesario para los cálculos. Además de estas etapas, en la etapa 440, el uno o más parámetros de funcionamiento optimizados calculados se transmiten a uno o más actuadores con cada actuador conectado a una parte ajustable del sistema de energía eólica. Ejemplos de actuadores y sus respectivas partes ajustables son: dispositivo de inclinación y palas del rotor; dispositivo de accionamiento de góndola y góndola; activador de freno y freno; y control y generador de campo magnético. Los actuadores, como los dispositivos de inclinación de las palas, ajustan las respectivas partes ajustables del sistema de energía eólica, tales como las palas del rotor, al parámetro de funcionamiento optimizado.

En la etapa 450 se mide uno o más parámetros de rendimiento. Típicamente, los parámetros medidos en la etapa 450 son idénticos a los medidos en la etapa 410. En la etapa 460, el controlador de autoaprendizaje compara los resultados de la medición de la etapa 410 y los resultados de la medición de la etapa 450. Además, o alternativamente, los valores medidos también se comparan con datos históricos almacenados en la base de datos y recuperados de la misma. En el caso de que el parámetro de rendimiento empeore cuando el sistema de energía eólica funcione con uno o más parámetros de funcionamiento optimizados, el controlador de autoaprendizaje puede utilizar esta información para un cálculo repetido en una etapa repetida 420. Más detalladamente, de acuerdo con una realización típica, el bucle 468 es obligatorio cuando no puede detectarse un aumento en el parámetro de rendimiento en la etapa 460. Típicamente, el parámetro de rendimiento se optimiza si puede aumentarse cuando el sistema de energía eólica funciona con el valor optimizado del parámetro de funcionamiento. Además, el parámetro de rendimiento también se optimiza si ya no puede aumentarse, pero permanece en un nivel elevado dadas las circunstancias reales.

Además, en la etapa 465, el uno o más parámetros de funcionamiento, tal como se establecen, se almacenan en una base de datos junto con el resultado de las mediciones de parámetros de rendimiento para su posterior recuperación y comparación. Dependiendo del resultado del resultado de comparación recogido en la etapa 460, en esta etapa se detiene la optimización tal como se indica mediante el número de referencia 470 en la figura 7, o se continúa el ciclo de optimización. En este caso, tal como se indica en la línea 468 de la figura 7, el procedimiento se repite desde la etapa 420. Es decir, se calcula nuevamente uno o más parámetros de funcionamiento optimizados nuevos tal como se ha descrito respecto a la etapa 420. Esas etapas adicionales ya descritas se repiten tantas

5 veces como sea necesario y/o significativo. Dado que la optimización de los parámetros de funcionamiento puede depender en gran medida de los parámetros de estado real, es posible que el ciclo de optimización tal como se describe no se detenga nunca durante el funcionamiento del sistema de energía eólica. Por otra parte, de acuerdo con otras realizaciones, el número de bucles en el procedimiento de la presente invención, tal como el procedimiento descrito respecto a la figura 7, puede restringirse a un número determinado de bucles de repetición, tal como 5. Alternativamente, el procedimiento puede detenerse procediendo a la etapa 470 en lugar de comenzar el ciclo nuevamente cuando la comparación de la etapa 460 produce una mejora nula o insignificante del parámetro de rendimiento. Además, la realización del procedimiento de la presente invención puede repetirse en intervalos de tiempo distintos, tales como 10 minutos, 30 minutos, 1 hora o 1 día.

10 La figura 8 ilustra aspectos y detalles del procedimiento de acuerdo con la presente invención. En la etapa 500, se mide uno o más parámetros de rendimiento. En la etapa 520, el control de autoaprendizaje calcula uno o más parámetros de funcionamiento optimizados en función del resultado de la medición recibido en la etapa 500 y, además, de los datos recuperados de la base de datos en la etapa 510. A los actuadores relevantes se envían instrucciones para restablecer sus respectivos parámetros de funcionamiento a los parámetros de funcionamiento optimizados calculados en la etapa 530. En la etapa 540 se miden nuevamente los parámetros de rendimiento que ya se han medido en la etapa 500. En esta etapa, es posible que los parámetros de rendimiento medidos en la etapa 540 se comparen con parámetros de rendimiento históricos de la base de datos. En la etapa 560, los parámetros de rendimiento medidos junto con los parámetros de funcionamiento optimizados calculados en la etapa 520 se almacenan en la base de datos para su posterior recuperación. En esta etapa, el procedimiento puede detenerse tal como se indica por el número de referencia 570. Alternativamente, en realizaciones típicas, el procedimiento continúa con la etapa 510 o la etapa 520. Si el procedimiento continúa con la etapa 520, también es posible que la información sobre los parámetros de rendimiento medidos se almacene en alguna memoria temporal, tal como una memoria de acceso aleatorio.

25 La figura 9 es un diagrama de ejemplo de tres curvas de potencia 610, 620 y 630. El eje x 600 representa la velocidad del viento, mientras que el eje y 605 representa la potencia de salida del sistema de energía eólica. La curva de potencia 610 muestra la curva de potencia de un sistema de energía eólica conocido en la técnica. Después de ejecutar una realización del procedimiento de la presente invención, es posible variar la curva de potencia a valores de rendimiento mejores y más elevados, tal como indica la curva de potencia 620. La curva de potencia 630 se refiere a una mejora adicional de la curva de potencia del parámetro de rendimiento. Por ejemplo, la mejora de la curva de potencia 610 a la curva de potencia 620 puede lograrse llevando a cabo una realización del procedimiento de la presente invención repetidamente durante 10 días. La mejora adicional de la curva de potencia 630 podría basarse en la realización de una realización del procedimiento de la presente invención durante un mes. Esto se debe al hecho de que cuanto más experiencia y datos históricos se recopilen, mejor será el cálculo de la optimización.

40 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, y también para permitir que cualquier experto en la materia lleve a cabo y utilice la invención. Si bien la invención se ha descrito en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la materia reconocerán que la invención puede ponerse en práctica con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones. Especialmente, las características mutuamente no exclusivas de las realizaciones descritas anteriormente pueden combinarse entre sí. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurren a los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar un sistema de energía eólica (100), que comprende las etapas de:

5 ajustar (400) por lo menos un parámetro de funcionamiento del sistema de energía eólica a un valor, en el que el por lo menos un parámetro de funcionamiento es uno o más seleccionados del grupo que consiste en ángulo de inclinación, curva de demanda de par, velocidad de rotación, relación de velocidad de la punta, cargas en componentes, posición azimutal, y nivel de vibraciones;
 10 medir (410) por lo menos un parámetro de rendimiento del sistema de energía eólica, obteniéndose así resultados de medición de parámetros de rendimiento, en el que el por lo menos un parámetro de rendimiento se selecciona del grupo que consiste en la curva de potencia (610, 620, 630), nivel de vibraciones, cargas en componentes, y temperatura de componentes;
 15 medir (415) por lo menos un parámetro de estado, obteniéndose así resultados de medición de parámetros de estado, en el que el por lo menos un parámetro de estado es uno o más seleccionados del grupo que consiste en la velocidad del viento, la intensidad de turbulencias, dirección del viento, presión del aire, temperatura, y el número de días desde la última lluvia;
 20 recuperar (418) datos históricos de una base de datos;
 recibir datos de otros sistemas de energía eólica aparte del sistema de energía eólica;
 calcular (420) por lo menos un valor optimizado de por lo menos un parámetro de funcionamiento en base al resultado de la medición de por lo menos un parámetro de rendimiento, el resultado de la medición de por lo menos un parámetro de estado, los datos históricos y los datos de otros sistemas de energía eólica;
 restablecer (430) el por lo menos un parámetro de funcionamiento al por lo menos un valor optimizado del por lo menos un parámetro de funcionamiento;
 25 transmitir (440) dicho por lo menos un valor optimizado del por lo menos a un parámetro de funcionamiento a uno o más actuadores, estando conectado cada actuador a una parte regulable del sistema de aerogenerador, en el que el uno o más actuadores y sus respectivas partes regulables se seleccionan del dispositivo de accionamiento y palas del rotor; dispositivo de accionamiento de la góndola y góndola; activador de freno y freno; y control y generador de campo magnético;
 30 medición repetida (450) del parámetro de rendimiento del sistema de energía eólica, obteniéndose así resultados de medición de parámetros de rendimiento repetidos;
 comparar (460) los resultados de medición de parámetros de rendimiento con los resultados de la medición de parámetros de rendimiento repetidos; y
 almacenar (465) datos del cálculo en la base de datos, que comprende los valores del uno o más parámetros de funcionamiento y las respectivas mediciones de parámetros de rendimiento.

35 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el valor optimizado se optimiza respecto al por lo menos un parámetro de rendimiento.

40 3. procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el restablecimiento (430) es tal que el parámetro de rendimiento se optimiza.

45 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que comprende, además, la etapa de:
 determinar por lo menos un parámetro de sitio y/o determinar un parámetro de tiempo; en el que el cálculo de por lo menos un valor optimizado del por lo menos un parámetro de funcionamiento se basa, además, en el resultado de determinar por lo menos el parámetro del sitio y/o determinar el parámetro de tiempo.

50 5. Sistema de energía eólica (100) configurado para realizar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

6. Parque eólico, que incluye por lo menos dos sistemas de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 5 y una conexión entre los por lo menos dos sistemas de energía eólica, incluyendo la conexión una conexión de datos para intercambiar los datos.

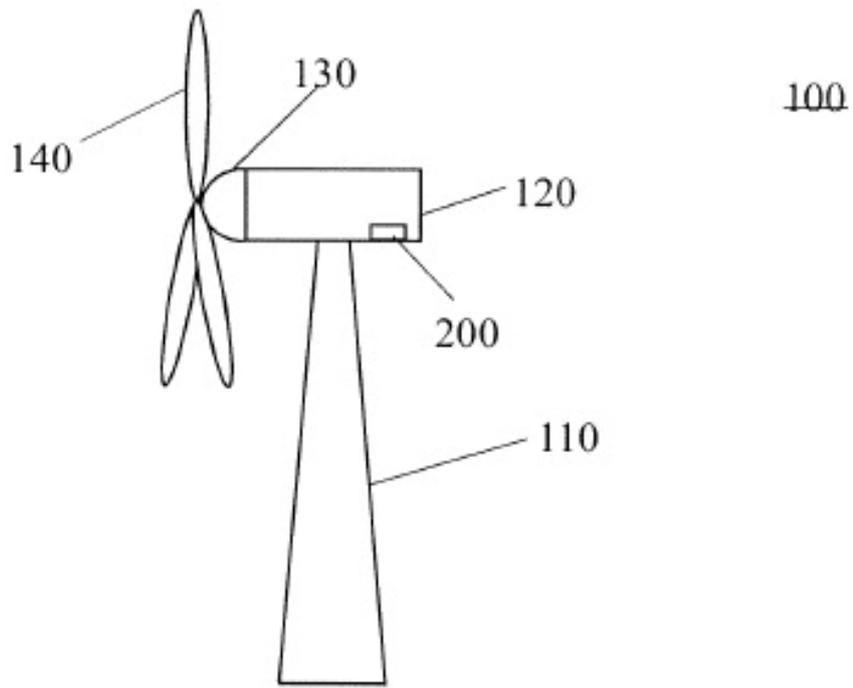


Fig. 1

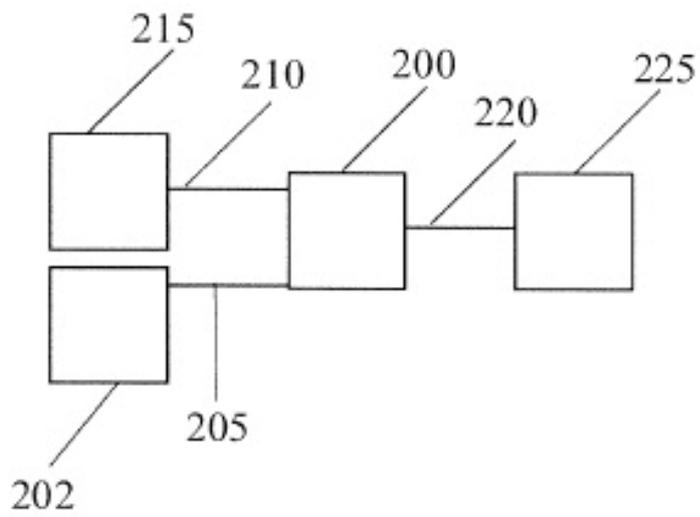


Fig. 2

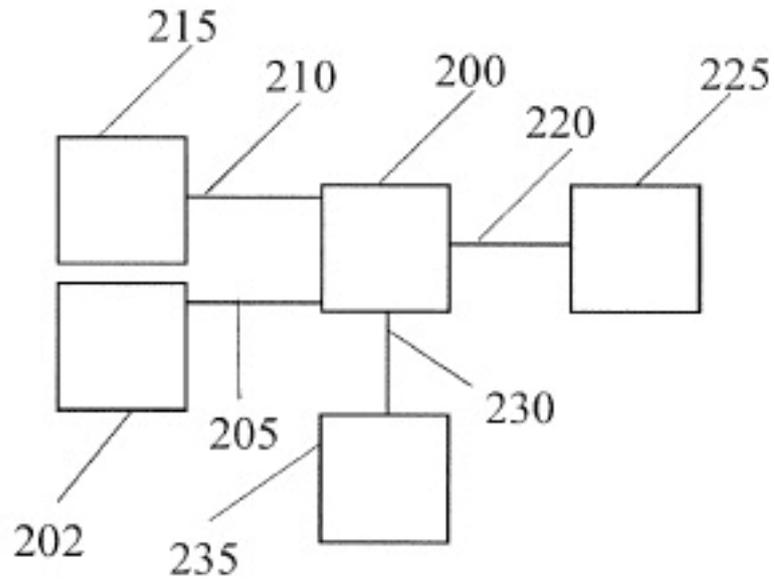


Fig. 3

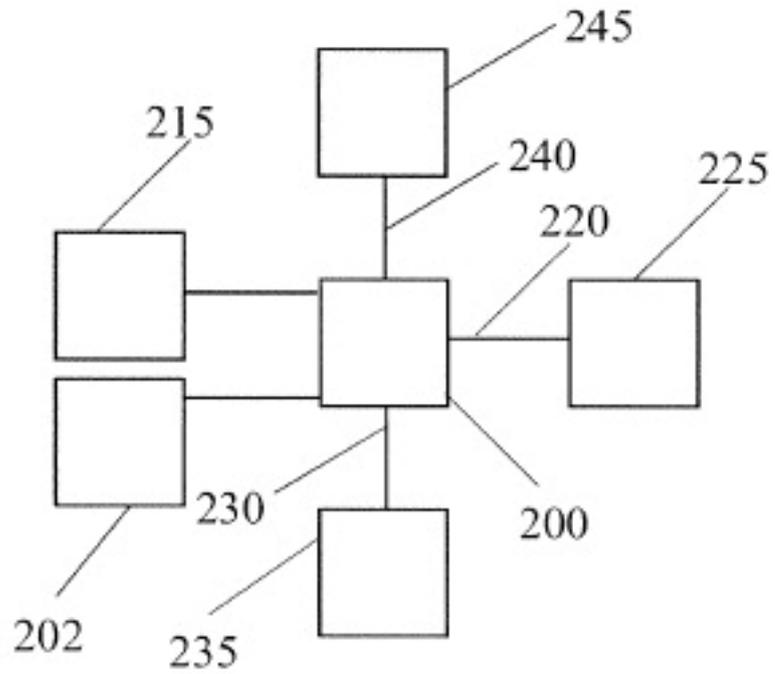


Fig. 4

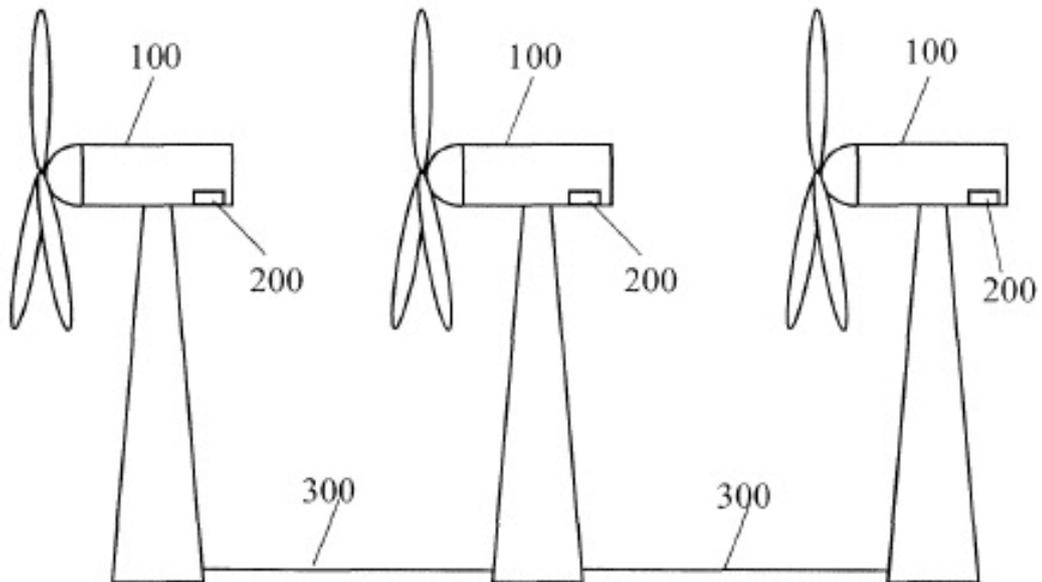


Fig. 5

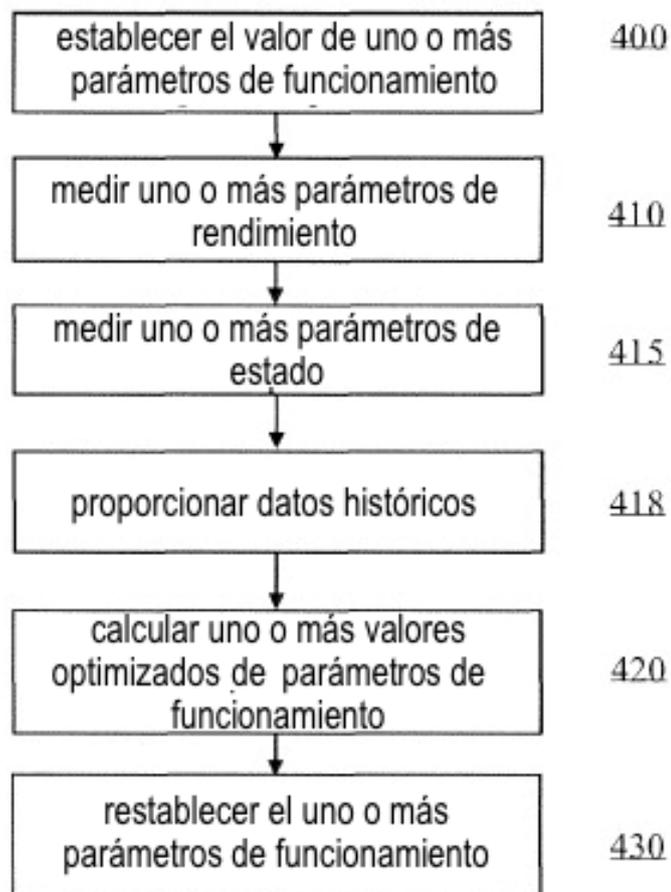


Fig. 6

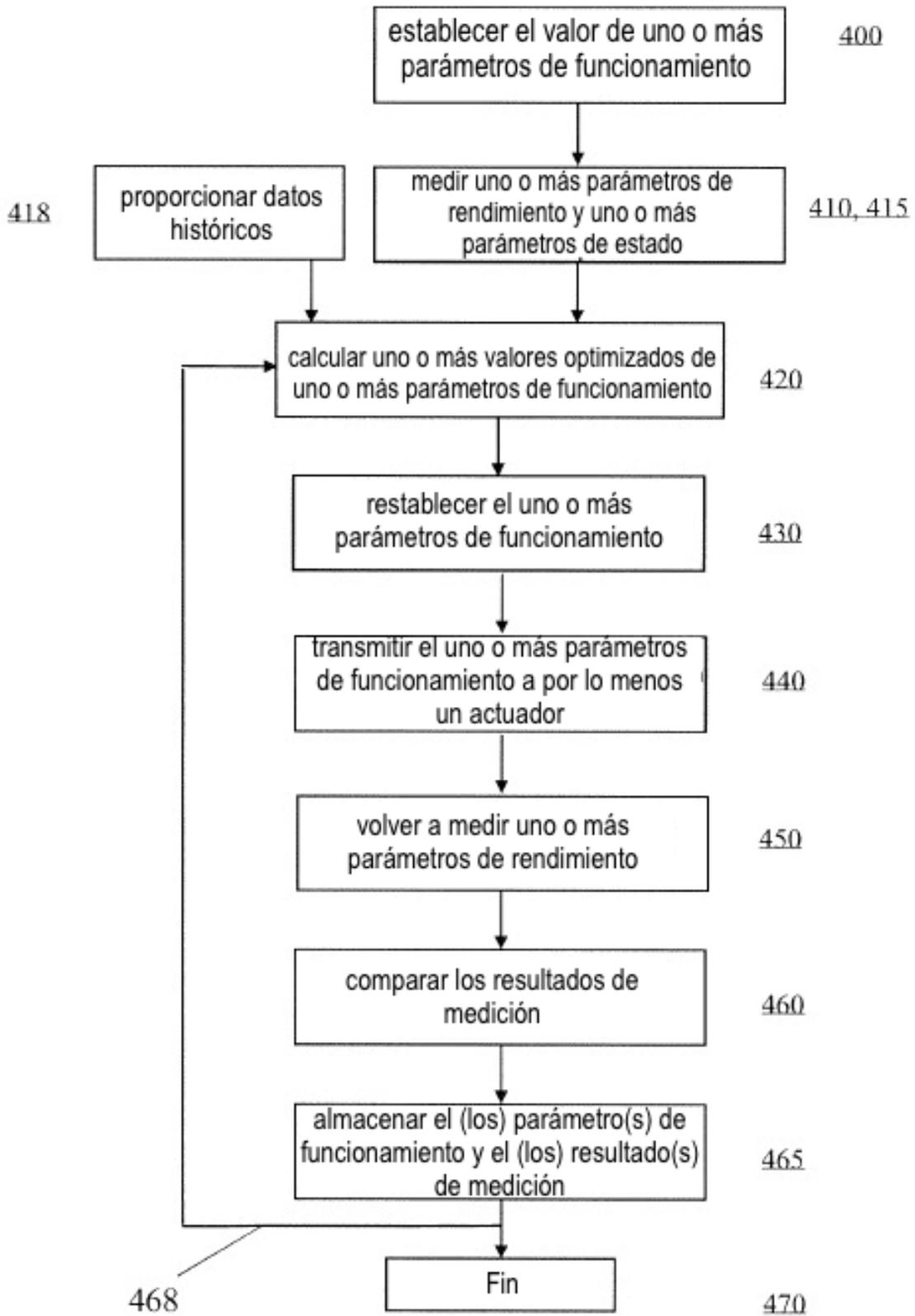


Fig. 7

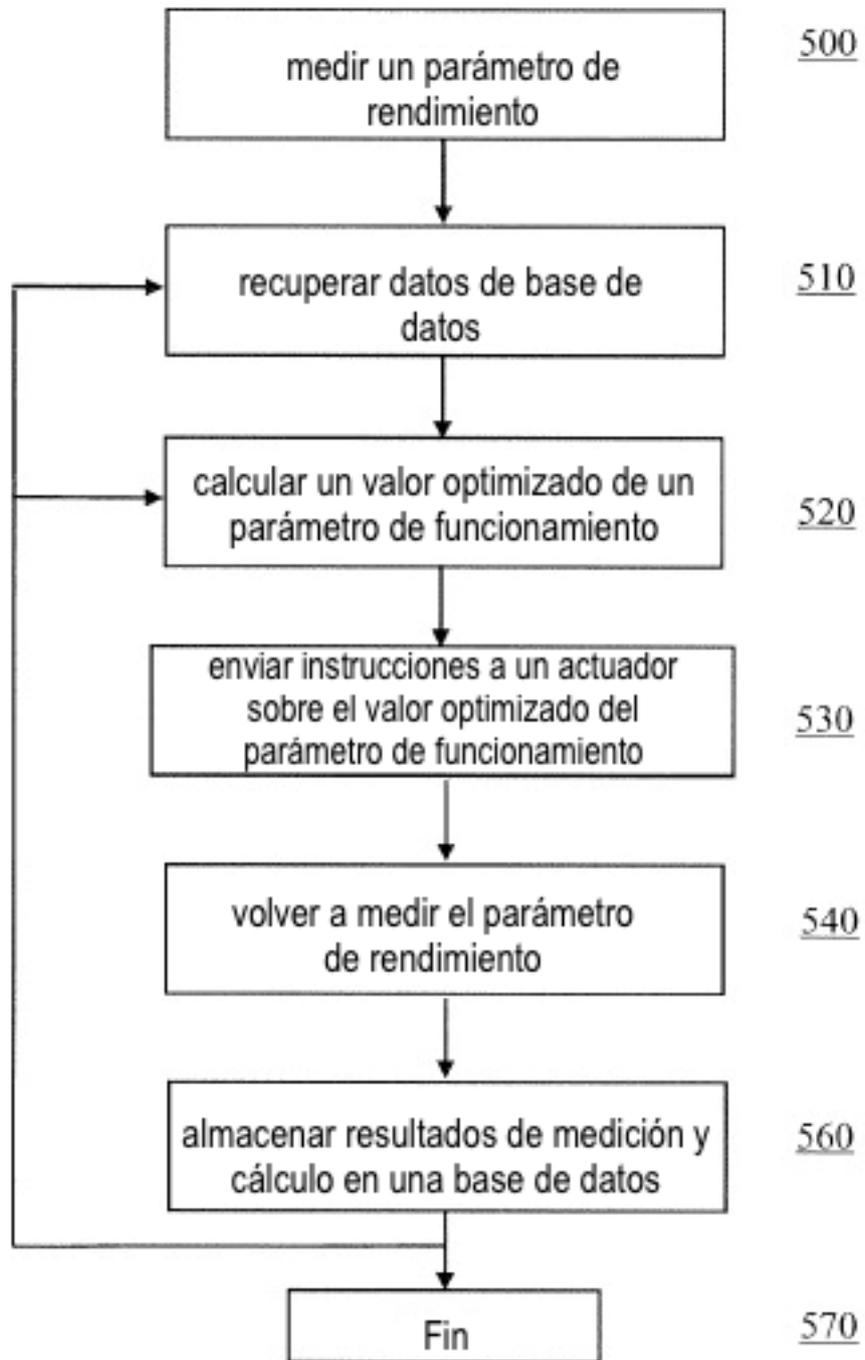


Fig. 8

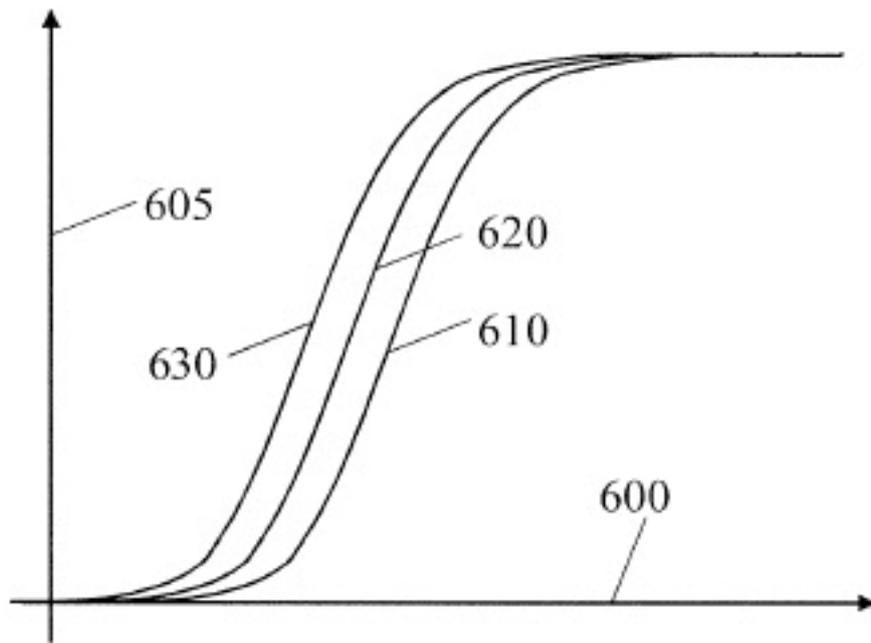


Fig. 9

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

- 10
- DE 102004056254 [0004]
 - WO 2004111446 A [0005]
 - DE 102004056255 [0006]
 - EP 1666723 A [0007]
 - WO 2004104412 A [0008]
 - EP 1612414 A [0009]