

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 981**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2007** **E 07020720 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012** **EP 2053239**

54 Título: **Método para controlar turbinas eólicas en una planta eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
01.03.2013

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

EGEDAL, PER

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 396 981 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 turbinas eólicas en una planta eólica.

5 La invención se refiere a un método para controlar las velocidades de rotación de turbinas eólicas, y a una unidad maestra de control de turbina eólica, a una unidad esclava de control de turbina eólica, a un dispositivo de control de turbina eólica, a un módulo de control de luz de señalización y a una turbina eólica para ello.

10 En disposiciones de turbinas eólicas en un parque de turbinas eólicas, a menudo las condiciones de flujo del viento para turbinas eólicas individuales no difieren de manera significativa. Esto es particularmente cierto para parques de turbinas eólicas *offshore*, donde normalmente la turbulencia es muy baja. Por consiguiente, las diferencias de velocidad de rotación del rotor entre turbinas eólicas individuales son bajas, y, al mismo tiempo, la velocidad de rotación del rotor de cada turbina eólica individual es relativamente constante.

15 Para controlar las velocidades de rotación del rotor de una turbina eólica, se conocen dos enfoques principales en la técnica. El primero es el frenado, ya sea con medios eléctricos o mecánicos. El segundo es modificar el paso de pala, es decir, aumentar o disminuir el ángulo de ataque, es decir el ángulo con el que el viento golpea las palas de rotor. Esto se realiza normalmente con actuadores hidráulicos o eléctricos.

20 A pesar de condiciones del flujo de viento relativamente uniformes y los medios para el control de la rotación conocidos en la técnica, los parques de turbinas eólicas de eje horizontal requieren una cantidad importante de medición y procesamiento de datos para aplicaciones que dependen de los ángulos de acimut de las turbinas eólicas, siendo el ángulo de acimut el ángulo de rotación del rotor alrededor del eje perpendicular al plano de las palas de rotor. Para cada aplicación de este tipo, cada ángulo de acimut individual se mide y se somete a cálculos
25 específicos de la aplicación, que pueden a su vez llevar a una carga computacional importante y a una complejidad de control relativamente alta.

El documento WO 01/97359 A1 describe un método y un dispositivo para estabilizar la potencia generada por grupos de turbinas eólicas generadoras. El método y el dispositivo pretenden, en general, desplazar los ángulos de
30 fase de rotores giratorios de turbinas eólicas, o grupos de turbinas eólicas, unos respecto a otros. En caso de que las turbinas eólicas de un parque eólico estén agrupadas en diferentes grupos de turbinas eólicas, pueden sincronizarse las turbinas eólicas de un grupo. Sin embargo, se introducen desplazamientos de fase entre los grupos de turbinas eólicas de una planta eólica para evitar que se produzcan denominados ángulos de fase de singularidad de diferentes grupos de turbinas eólicas al mismo tiempo.

35 Los documentos DE 101 64 524 A1 y WO 2007/068254 A1 describen luces de advertencia en la punta de las palas de un rotor de turbina eólica.

40 El documento EP 1 835 293 A1 describe un método para determinar al menos un parámetro de rotación de un rotor de turbina eólica basándose en variaciones en las fuerzas centrífugas efectivas medidas debido a la influencia gravitacional.

45 El artículo "Obstacle Markings on Wind Turbines for Save Aviation and Marine Navigation" de Björn Montgomerie, memorando FOI, Agencia de Investigación de Defensa Suiza SE, número 979 (1 de agosto de 2008), páginas 1 a 10, describe la iluminación de una turbina eólica en el punto más alto. Se proporcionan luces en la punta de las palas que se someten a un ciclo de encendido/apagado.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para controlar las velocidades de rotación de turbinas eólicas con objeto de reducir la cantidad de medición y procesamiento de datos para aplicaciones que dependen del
50 ángulo de acimut de la turbinas eólicas, así como una unidad maestra de control de turbina eólica, una unidad esclava de control de turbina eólica, un dispositivo de control de turbina eólica, un módulo de control de luz de señalización y una turbina eólica para ello. Este objeto se consigue mediante el contenido de las reivindicaciones 1, 16, 19, 21, 29 y 31.

55 La invención según la reivindicación 1 enseña un método para controlar las velocidades de rotación de turbinas eólicas, que comprende las etapas de: determinar la velocidad de rotación del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica; determinar el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera y la segunda turbina eólica; calcular un valor de control de velocidad para al menos la primera turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor que se han determinado; ajustar la velocidad de rotación del
60 rotor de al menos la primera turbina eólica según su valor de control de velocidad, calculándose el valor de control de velocidad de manera que el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera turbina eólica es igual al ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica o de manera que el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera turbina es igual a módulo[(360 grados) dividido por (el número de palas)] del ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica de la segunda turbina eólica tras el ajuste de velocidad. Un segundo valor de control de
65 velocidad se calcula para la segunda turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor que se han determinado, y la velocidad de rotación del rotor de la segunda turbina eólica se

ajusta según su valor de control de velocidad. Calcular el valor de control de velocidad comprende determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio de las velocidades de rotación del rotor.

5 Por tanto, todos los rotores en un parque de turbinas eólicas pueden sincronizarse a un valor objetivo seleccionado específicamente con fines de optimización. En este caso, el valor objetivo se selecciona específicamente para ser el valor medio de las velocidades de rotación del rotor, o un valor que se calcula basándose en este valor medio y es el resultado de cálculos adicionales.

10 Al calcular el valor de control de velocidad basándose en velocidades de rotación del rotor y ángulos de acimut actuales de la manera especificada, pueden usarse medios de control de la rotación del estado de la técnica para ajustar la velocidad de rotación de cada turbina eólica individual de manera que, durante una fase de transición, las velocidades de rotor y ángulos de acimut individuales convergen hasta que los rotores están en sincronía. (Dos rotores están en sincronía si alguna de las puntas de las palas de un primer rotor está en una posición superior al mismo tiempo que alguna de las puntas de las palas de un segundo rotor. En este estado, los ángulos de acimut de los rotores se consideran iguales).

15 Para esta invención, la velocidad de rotación objetivo y el valor de acimut objetivo que ha de alcanzarse en el estado de sincronización pueden seleccionarse específicamente, o pueden ser la velocidad de rotación y el acimut de una de las turbinas en el parque de turbinas eólicas. Pueden calcularse varios valores de control de velocidad individuales, cada uno para una turbina eólica de un grupo de primeras turbinas eólicas que ajustan todas individualmente su velocidad y acimut para estar en sincronía con la segunda turbina eólica.

20 En el caso de valores de velocidad de rotación objetivo y valores de acimut objetivo seleccionados específicamente, los valores pueden seleccionarse de manera que se minimice la fase de transición de convergencia, o según otros criterios de optimización. En este caso, la velocidad de rotación y el acimut de la (al menos una) primera turbina eólica se ajusta con ayuda de un valor de control de velocidad calculado de manera adecuada, de modo que se cumplan los criterios de sincronización, y la invención entonces puede implementarse de manera que un segundo valor de control de velocidad se calcula para la segunda turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor que se han determinado, y la velocidad de rotación del rotor de la segunda turbina eólica se ajusta según su valor de control de velocidad.

25 De esta manera, la invención proporciona una velocidad de rotación del rotor y un ángulo de acimut del rotor generalmente uniformes para todas las turbinas eólicas así controladas en un parque de turbinas eólicas. Esto reduce la complejidad para aplicaciones que dependen de los ángulos de acimut de los rotores, puesto que, con la presente invención, basta con sólo determinar y procesar un ángulo de acimut. Por tanto, la medición y la complejidad computacional se reducen drásticamente para tales aplicaciones.

Esta invención puede aplicarse tanto a turbinas eólicas de eje horizontal como a turbinas eólicas de eje vertical.

40 Realizaciones adicionales de este aspecto de la invención pueden caracterizarse por las características proporcionadas en las reivindicaciones que hacen referencia a la reivindicación 1.

45 El método puede implementarse además de manera que determinar el valor de velocidad de rotor sincronizada comprende calcular un valor medio de los valores de control de velocidad y sumar el valor medio de los valores de control de velocidad al valor medio de las velocidades de rotación del rotor. Esta realización puede incluir aplicar un coeficiente de ganancia al valor medio de los valores de control de velocidad antes de la suma. Esta suma del valor medio (modificado en la ganancia) de los valores de control de velocidad proporciona un lazo de realimentación que garantiza que el valor medio de los valores de control de velocidad generado en el método para todas las turbinas eólicas es de o próximo a cero.

50 En una realización, calcular el valor de control de velocidad comprende comparar el valor de velocidad de rotor sincronizada con la velocidad de rotación del rotor determinada, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad. Una realización de este tipo también puede desarrollarse porque calcular el valor de control de velocidad comprende procesar por PI (procesamiento por ganancia proporcional e integración) el valor de diferencia de velocidad, obteniendo así un primer valor de desviación de velocidad. Por tanto, en lugar de generar el valor de control de velocidad en forma de un valor de referencia absoluto al que las turbinas eólicas individuales ajustan la velocidad de su rotor, el valor de control de velocidad se proporciona como valor de desviación, y las turbinas eólicas individuales pueden sumar este valor de desviación al valor de punto de ajuste de velocidad almacenado en su unidad de control local. Por tanto, no sólo se minimiza el valor de control de velocidad, sino que la invención también se integra bien con tipos muy establecidos de turbinas eólicas con control de rotación a bordo.

55 En realizaciones del método, calcular el valor de control de velocidad puede incluir determinar un valor de ángulo de acimut sincronizado basándose en integrar el valor de velocidad sincronizada. Por tanto, en realizaciones del método, calcular el valor de control de velocidad puede incluir comparar el valor de ángulo de acimut sincronizado con el ángulo de acimut del rotor determinado, obteniendo así un valor de diferencia de ángulo. Si el método se implementa de manera que calcular el valor de control de velocidad comprende procesar por PI el valor de diferencia

de ángulo, obteniendo así un segundo valor de desviación de velocidad, el método puede realizarse para calcular el valor de control de velocidad que comprende sumar el primer y el segundo valor de desviación de velocidad.

5 En algunas realizaciones, el valor de control de velocidad se suma a un valor de punto de ajuste de velocidad almacenado en la turbina eólica.

10 En una realización del método, adecuada para turbinas eólicas de eje horizontal en particular, una luz de señalización, ubicada en la punta de una pala de la turbina eólica, se activa cuando la pala está aproximadamente en una posición superior. Ubicar la luz de señalización de aviación en el extremo de las puntas de pala, en lugar de en la parte superior de la góndola, donde la luz de señalización de aviación puede interferir con mediciones de flujo de aire, la realización por tanto permite reducir la interferencia de medición, y también permite indicar la altura máxima de la turbina eólica de manera más precisa.

15 Se reducen los esfuerzos de cálculo para determinar el siguiente instante en el que la luz de señalización ha de activarse en realizaciones de la presente invención en las que un valor de tiempo de parpadeo sincronizado se calcula basándose en el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado. Tal como apreciará un experto en la técnica, esto se posibilita específicamente por la sincronización proporcionada por la presente invención. Por tanto, la luz de señalización puede activarse cuando un reloj en una turbina eólica alcanza el valor de tiempo de parpadeo sincronizado, pudiendo implementarse el valor de tiempo para que comprenda una marca de fecha y hora.

20 La invención según la reivindicación 16 proporciona una unidad maestra de control de turbina eólica para su uso con el método, que comprende una interfaz de comunicación y una unidad de procesamiento de señales, estando la interfaz de comunicación configurada para recibir una velocidad de rotación del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio de las velocidades de rotación del rotor; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de ángulo de acimut sincronizado basándose en integrar el valor de velocidad de rotor sincronizada; y estando la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado a través de un enlace de comunicación.

25 A diferencia de una configuración con un dispositivo de control central, esta unidad maestra de control de turbina está diseñada para trabajar con una pluralidad de unidades de control esclavas en una configuración maestro/esclavo.

30 En una configuración de este tipo, determinadas partes del método no se llevan a cabo en un nodo central (el maestro, en una configuración maestro/esclavo) sino en una pluralidad de nodos periféricos (esclavos), cuyo número puede, aunque no tiene que, corresponder inmediatamente al número de turbinas eólicas controladas. De esta manera, se mejora la escalabilidad y las posibilidades de mantenimiento del sistema global de una manera significativa en comparación con un enfoque centralizado.

35 Realizaciones de este aspecto de la invención pueden comprender las características proporcionadas en las reivindicaciones que remiten a la reivindicación 16, así como configuraciones adicionales para llevar a cabo el método y sus realizaciones, tal como se explica.

40 En una realización de la unidad maestra, la interfaz de comunicación está configurada además para recibir valores de control de velocidad de al menos la primera y la segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación. Por tanto, la unidad de procesamiento de señales puede configurarse para sumar un valor medio de los valores de control de velocidad al valor de velocidad de rotor sincronizada.

45 La invención según la reivindicación 19 proporciona una unidad esclava de control de turbina eólica para su uso con la unidad maestra de control de turbina eólica, que comprende una interfaz de comunicación y una unidad de procesamiento de señales, estando la interfaz de comunicación configurada para recibir un valor de velocidad de rotor sincronizada y un valor de ángulo de acimut sincronizado a través de un enlace de comunicación; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para obtener un ángulo de acimut del rotor y una velocidad de rotación del rotor; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para comparar el valor de velocidad de rotor sincronizada con la velocidad de rotación del rotor, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para comparar el valor de ángulo de acimut sincronizado con el ángulo de acimut del rotor, obteniendo así un valor de diferencia de ángulo; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de control de velocidad basándose en el valor de diferencia de velocidad y el valor de diferencia de ángulo; y estando la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de control de velocidad y la velocidad de rotación del rotor a través de un enlace de comunicación.

50 Realizaciones de este aspecto de la invención pueden comprender las características proporcionadas en las reivindicaciones que remiten a la reivindicación 19, así como configuraciones adicionales para llevar a cabo el método y sus realizaciones, tal como se explica.

Por tanto, la unidad esclava de control de turbina eólica puede implementarse de manera que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en procesar por PI el valor de diferencia de velocidad, obteniendo así un primer valor de desviación de velocidad, y procesar por PI el valor de diferencia de ángulo, obteniendo así un segundo valor de desviación de velocidad, y sumar el primer y el segundo valor de desviación.

La invención según la reivindicación 21 proporciona un dispositivo de control de turbina eólica para su uso con el método de la invención, que comprende una interfaz de comunicación y una unidad de procesamiento de señales, estando la interfaz de comunicación configurada para recibir una velocidad de rotación del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación; estando la interfaz de comunicación configurada para recibir un ángulo de acimut del rotor de una primera y una segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de control de velocidad para la primera turbina eólica y al menos un primer valor de control de velocidad para la segunda turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y velocidades de rotación del rotor; estando la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de control de velocidad y el segundo valor de control de velocidad a través de un enlace de comunicación; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular el valor de control de velocidad de manera que el ángulo de acimut del rotor de la primera turbina eólica y el ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica convergen, y estando la unidad de procesamiento de señales configurada para determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio de las velocidades de rotación del rotor.

De nuevo, realizaciones de este aspecto de la invención pueden comprender las características proporcionadas en las reivindicaciones que remiten a la reivindicación 21, así como configuraciones adicionales para llevar a cabo el método y sus realizaciones, tal como se explica.

La invención según la reivindicación 29 proporciona un módulo de control de luz de señalización para su uso con la unidad maestra de control de turbina eólica y/o para su uso con el dispositivo de control de turbina eólica, que comprende una interfaz de comunicación y una unidad de procesamiento de señales, estando la interfaz de comunicación configurada para recibir un valor de velocidad de rotor sincronizada y un valor de ángulo de acimut sincronizado; estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de tiempo de parpadeo sincronizado que especifica el momento en el que la punta de una pala del rotor de una turbina eólica conectada está en la posición superior, basándose en el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado; estando la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de tiempo de parpadeo sincronizado a través de una línea de comunicación. De nuevo, el valor de tiempo de parpadeo sincronizado puede implementarse para que comprenda una marca de fecha y hora.

La invención según la reivindicación 31 proporciona una turbina eólica para su uso con el método, que comprende un rotor, una interfaz de comunicación y una unidad esclava de control de turbina eólica.

Realizaciones de este aspecto de la invención pueden comprender las características proporcionadas en las reivindicaciones que remiten a la reivindicación 31, así como configuraciones adicionales para llevar a cabo el método y sus realizaciones, e interactuar con la unidad maestra de control, tal como se explica.

Una realización de la turbina eólica puede comprender además una pala de rotor, un luz de señalización ubicada en la punta de la pala, y un reloj, en la que la interfaz de comunicación está configurada para recibir un valor de tiempo de parpadeo sincronizado y la unidad de control local está configurada para activar la luz de señalización cuando un reloj en una turbina eólica alcanza el valor de tiempo de parpadeo sincronizado.

La invención y sus realizaciones se explican en más detalle a continuación, utilizando las siguientes figuras:

la figura 1 muestra una vista global esquemática de una primera realización de la invención, utilizando un dispositivo de control de turbina eólica central y turbinas eólicas asociadas;

la figura 2 muestra una realización del dispositivo de control de turbina eólica central de la figura 1;

la figura 3 muestra una vista global esquemática de una segunda realización de la invención, utilizando una unidad maestra de control de turbina eólica y unidades esclavas de control de turbina eólica asociadas ubicadas en turbinas eólicas;

la figura 4 muestra una realización de la unidad maestra de control de turbina eólica de la figura 3;

la figura 5 muestra una realización de la unidad esclava de control de turbina eólica de la figura 3;

la figura 6 muestra una vista global esquemática de una tercera realización de la invención, con un módulo de control de luz de señalización y turbinas eólicas asociadas, y

la figura 7 muestra una vista en parte esquemática detallada de una turbina eólica en relación a un aspecto adicional de la invención.

La figura 1 muestra una vista global esquemática de una primera realización de la invención, utilizando un dispositivo 100 de control de turbina eólica central y turbinas 120, 140, 160 eólicas conectadas.

Las turbinas 120, 140, 160 eólicas representan el parque de turbinas eólicas para el que las pala de rotor de las turbinas eólicas han de mantenerse en sincronía. El dispositivo 100 de control de turbina eólica central puede estar ubicado en un sitio de control central, o en cualquiera de las turbinas eólicas.

El dispositivo 100 de control de turbina eólica central comprende la interfaz 102 de comunicación y la unidad 104 de procesamiento de señales. La interfaz 102 de comunicación, al igual que las otras interfaces de comunicación que se describen con respecto a las realizaciones que se describen en esta solicitud de patente, puede adoptar cualquier forma, desde simples medios de entrada/salida como un pin de entrada de procesador, o un bus, o formas más avanzadas, como interfaces serie, o redes informáticas, inalámbricas o por cable. La unidad 104 de procesamiento de señales, al igual que las otras unidades de procesamiento de señales utilizadas en realizaciones de la invención, puede implementarse también de diversas formas, que comprenden conjuntos de circuitos analógicos y/o digitales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o procesadores de propósito general programados. Las señales pueden incluir cualquier forma de valor analógico o digital. Sin embargo, con las presentes realizaciones, la unidad 104 de procesamiento de señales, y los componentes de la misma, normalmente procesan valores numéricos binarios.

Las interfaces de comunicación de turbinas 120, 140, 160 eólicas (mostradas en la figura 7; 702) y la interfaz 102 de comunicación del dispositivo 100 de control de turbina eólica central se comunican a través del enlace 106 de comunicación.

El dispositivo 100 de control de turbina eólica central determina la velocidad de rotación del rotor y el ángulo de acimut del rotor de cada turbina eólica individual recibiendo esos valores de las turbinas 120, 140, 160 a través del enlace 106 de comunicación y la interfaz 102 de comunicación. Entonces, el dispositivo 100 de control calcula un valor de control de velocidad para cada turbina eólica individual y envía los valores a las turbinas eólicas, usando de nuevo el enlace 106 de comunicación y la interfaz 102 de comunicación.

Cada una de las turbinas 120, 140, 160 eólicas ajusta la velocidad de su rotor según el valor de control de velocidad recibido con ayuda de medios de control locales ubicados en la turbina eólica individual. El valor de control de velocidad puede ser un valor absoluto, o, como en el presente caso, el valor de control de velocidad es un valor de desviación que se suma a un valor de punto de ajuste de velocidad individual almacenado en la turbina eólica. En este caso, cada turbina eólica ajusta la velocidad de su rotor al valor de punto de ajuste modificado por el valor de desviación.

El dispositivo 100 de control de turbina eólica calcula el valor de control de velocidad de manera que, tras un periodo de transición en el que los ángulos de acimut del rotor de las turbinas eólicas convergen, los ángulos de acimut del rotor se sincronizan de manera que las puntas de las palas de rotor de las turbinas eólicas están todas en la posición superior al mismo tiempo, y los rotores giran con la misma velocidad. Debido a la naturaleza del proceso, tal como apreciará un experto en la técnica, "el mismo ángulo de acimut" y "la misma velocidad de rotación" también incluyen intervalos de pequeñas variaciones próximas a cero.

La figura 2 muestra una realización del dispositivo de control de turbina eólica central tal como se describe con referencia a la figura 1. La arquitectura de control que se muestra actualmente mediante componentes funcionales, cada uno de los cuales ejecuta una etapa de método, el experto en la técnica reconocerá que estos componentes funcionales pueden implementarse utilizando componentes analógicos y/o digitales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o procesadores de propósito general programados que ejecutan mediante algoritmos las etapas de método respectivamente. Por tanto, los componentes funcionales y las correspondientes etapas de método se denominan de manera intercambiable a continuación en el presente documento. Con las presentes realizaciones, la unidad de procesamiento de señales está configurada para implementar los componentes funcionales o etapas de método de manera apropiada.

En la etapa indicada por el componente funcional 200, se determina la velocidad de rotación del rotor. Al mismo tiempo, en la etapa 202, se determina el ángulo de acimut del rotor. En la presente realización, esto se implementa por la recepción de los valores a través de una interfaz de comunicación.

Después, en la etapa 204, se calcula el valor medio de las velocidades de rotación actuales de todas las turbinas eólicas. Además, en la etapa 206, se calcula un valor medio de los valores de control de velocidad generados individuales (valores de control de desviación de velocidad) para todas las turbinas eólicas, habiéndose capturado los valores de control en la salida del dispositivo de control. Posteriormente, la salida de la etapa/componente 206 se multiplica entonces por un coeficiente de ganancia en la etapa 208 y se suma entonces al valor medio resultante de la etapa 204, en la etapa 210. Por tanto, como resultado de la etapa 210, se obtiene el valor de velocidad de rotación

del rotor sincronizada. Como resultado del lazo de realimentación que se proporciona sumando el valor de control de velocidad medio multiplicado por el factor de ganancia, se proporciona que el valor medio de todos los valores de control de velocidad es de o próximo a cero.

5 En la etapa 212, el valor de velocidad de rotor sincronizada se compara con el valor de velocidad de rotor real de cada turbina eólica individual, obteniendo así un valor de error de velocidad, o valor de diferencia de velocidad, para cada turbina. Sometiendo este valor de diferencia de velocidad a procesamiento por PI en la etapa 214 (ya sea realizado por un controlador de PI o por simulación algorítmica), el valor de diferencia se minimiza y se formula en un primer valor de desviación de velocidad para cada turbina.

10 Integrando el valor de velocidad de rotación del rotor sincronizada en la etapa 216, se obtiene el ángulo de acimut del rotor sincronizado. Después se compara el valor de ángulo de acimut sincronizado con el valor de ángulo de acimut real de cada turbina eólica individual en la etapa 218, obteniendo así un valor de error de acimut, o valor de diferencia de acimut, para cada turbina. Sometiendo este valor de diferencia de acimut a procesamiento por PI en la etapa 220 (de nuevo, ya sea realizado por un controlador de PI o por simulación algorítmica), se minimiza el valor de diferencia y se formula en un segundo valor de desviación de velocidad para cada turbina.

15 El valor de control de velocidad para cada turbina individual se obtiene entonces sumando los valores de desviación de velocidad primero y segundo (o señales) en la etapa 222. El valor de control de velocidad para una turbina se suma al valor de punto de ajuste de velocidad almacenado en la respectiva turbina eólica, y esa turbina ajusta entonces la velocidad de su rotor según el nuevo punto de ajuste. Durante una fase de transición, las velocidades de rotor y los ángulos de acimut individuales convergen hasta que están en sincronía de manera que todas las puntas de las palas están en una posición superior al mismo tiempo.

25 La figura 3 muestra una vista global esquemática de una segunda realización de la invención, utilizando una unidad maestra de control de turbina eólica y unidades esclavas de control de turbina eólica asociadas ubicadas en las turbinas eólicas.

30 A diferencia de una configuración con un dispositivo de control central, esta unidad maestra de control de turbina está diseñada para trabajar con una pluralidad de unidades de control esclavas en una configuración maestro/esclavo. La unidad 300 de control maestra comprende la interfaz 302 de comunicación y la unidad 304 de procesamiento de señales, para las que se aplica de manera correspondiente la descripción dada con referencia a las figuras 1 y 2. Sin embargo, la unidad 300 de control maestra recibe las velocidades de rotación del rotor individuales desde las turbinas eólicas así como los valores de control de velocidad individuales, y calcula, a partir de estos valores, el valor de ángulo de acimut sincronizado y el valor de velocidad de rotor sincronizada, y distribuye (por ejemplo, difunde) ambos a las unidades 320, 340, 360 esclavas de control de turbina eólica conectadas a través de la línea 306 de comunicación. La unidad maestra de control de turbina eólica puede estar ubicada en una estación de control central o en cualquiera de las turbinas eólicas.

40 Las unidades 320, 340, 360 esclavas de control de turbina eólica, comprenden cada una interfaces 322, 342, 362 de comunicación para recibir el valor de ángulo de acimut sincronizado y el valor de velocidad de rotor sincronizada desde la unidad 300 maestra de control de turbina eólica a través de la línea 306 de comunicación. Las unidades 320, 340, 360 esclavas comprenden además unidades 324, 344, 364 de procesamiento de señales, respectivamente, para realizar el procesamiento de datos. Las unidades esclavas pueden estar ubicadas en las turbinas eólicas, o en nodos de control subsidiarios, particularmente en realizaciones en las que se controla más de una turbina eólica por una unidad esclava.

50 En la configuración de esta realización, determinadas partes del procesamiento de datos de control que se ha descrito con referencia a la figura 2 se mueven desde el nodo central a una pluralidad de nodos periféricos, cuyo número puede, aunque no tiene que, corresponder inmediatamente al número de turbinas eólicas controladas. De esta manera, se mejora la escalabilidad y las posibilidades de mantenimiento del sistema global de una manera significativa en comparación con un enfoque centralizado.

55 La distribución de las etapas de procesamiento que se han descrito con referencia a la figura 2 se describe ahora en más detalle con referencia a las figuras 4 y 5.

La figura 4 muestra una realización de la unidad maestra de control de turbina eólica según se describe con referencia la figura 3.

60 Las velocidades de rotación del rotor individuales (etapa 401) y los valores de control de velocidad (es decir, valores de desviación de velocidad, etapa 401) se reciben por la unidad maestra de control a través de su interfaz de comunicación y la línea de comunicación.

65 En la etapa 404, se calcula el valor medio de las velocidades de rotor individual actuales de todas las turbinas eólicas. Además, en la etapa 406, se calcula un valor medio de los valores de control de velocidad individuales para las turbinas eólicas. La salida de la etapa/componente 406 se multiplica entonces por un coeficiente de ganancia en

la etapa 408 y después se suma al valor medio resultante de la etapa 404, en la etapa 410. Por tanto, como resultado de la etapa 410, se obtiene el valor de velocidad de rotación del rotor sincronizada. Como resultado de sumar el valor de control de velocidad medio multiplicado por el factor de ganancia, se proporciona que el valor medio de todos los valores de control de velocidad es de o próximo a cero. Integrando el valor de velocidad de rotación del rotor sincronizada en la etapa 416, se obtiene el ángulo de acimut del rotor sincronizado.

Después, el valor de ángulo de acimut sincronizado y el valor de velocidad de rotor sincronizada así calculados se envían a las unidades 320, 340, 360 esclavas de control de turbina eólica a través de la interfaz 302 de comunicación y la línea de 306 comunicación.

Ahora se describe un procesamiento de datos de control subsiguiente en cada una de las unidades esclavas con referencia a la figura 5, que muestra una realización de la unidad esclava de control de turbina eólica según se describe con referencia a la figura 3.

En la etapa 500, la unidad esclava de control de turbina eólica determina la velocidad de rotación de la turbina eólica conectada, o bien recopilando el valor de medición o bien recibiendo el valor desde una unidad de control local en la turbina eólica. (En el caso de que esté conectada una pluralidad de turbinas eólicas, se procesa una pluralidad de velocidades de rotación y se generan varias desviaciones de velocidad, respectivamente, según se describe con referencia a la figura 2). Asimismo, la unidad esclava de control determina el (los) ángulo(s) de acimut del rotor.

Además, la unidad esclava de control recibe el valor de ángulo de acimut sincronizado (etapa 503) y el valor de velocidad de rotor sincronizada (etapa 501) desde la unidad maestra de control de turbina eólica.

En la etapa 512, el valor de velocidad de rotor sincronizada se compara con el valor de velocidad de rotor real de la turbina eólica, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad. Sometiendo este valor de diferencia de velocidad a procesamiento por PI en la etapa 514 (tal como se describió anteriormente), se minimiza el valor de diferencia y se formula en un primer valor de desviación de velocidad.

Además el valor de ángulo de acimut sincronizado se compara con el valor de ángulo de acimut real de cada turbina eólica individual en la etapa 518, obteniendo así un valor de diferencia de acimut. Sometiendo este valor de diferencia de acimut a procesamiento por PI en la etapa 520, se minimiza el valor de diferencia y se formula en un segundo valor de desviación de velocidad para cada turbina.

El valor de control de velocidad se obtiene entonces sumando el primer y el segundo valor de desviación de velocidad (o señales) en la etapa 522. El valor de control de velocidad se transmite entonces a la unidad de control local de la turbina que lo suma al valor de punto de ajuste de velocidad almacenado, de modo que la unidad de control local se ajusta entonces a la velocidad de rotor de la turbina según el nuevo punto de ajuste.

Además, la velocidad de rotación del rotor (etapa 523) y el valor de control de velocidad (etapa 525) se envían a la unidad maestra de control de turbina eólica por la unidad esclava de control de turbina eólica.

La figura 6 muestra una vista global esquemática de una tercera realización de la invención, con un módulo de control de luz de señalización y turbinas eólicas asociadas.

Dado que, con el uso de la presente invención, todas las velocidades de rotor y ángulos de acimut individuales de las turbinas eólicas en un parque de turbinas eólicas están en sincronía, de manera que toda las puntas de la palas están en una posición superior al mismo tiempo, la unidad de control de luz de señalización según se describe con referencia a esta figura puede combinarse con las realizaciones de la presente invención.

La unidad 600 de control de luz de señalización comprende una interfaz 602 de comunicación y una unidad 604 de procesamiento de señales, que comparten los tipos generales de implementación que se describieron anteriormente. La unidad 600 de control, que puede integrarse en cualquiera del dispositivo de control de turbina eólica, la unidad maestra de control de turbina eólica y las unidades esclavas de control de turbina eólica, recibe el valor de ángulo de acimut sincronizado y el valor de velocidad de rotor sincronizada como entradas y predice un valor de tiempo en el que ha de activarse una luz de señalización.

En esta aplicación, la luz de señalización ha de activarse en el momento en el que las puntas de la palas de todas las turbinas 620, 640, 660 eólicas sincronizadas están en una posición superior. Esto posibilita posicionar la luz de señalización de aviación en el extremo de las puntas de las palas, en lugar de en la parte superior de la góndola, donde la luz de señalización de aviación puede interferir con mediciones de flujo de aire.

Al posibilitar que la luz de señalización de aviación se sitúe en la punta de la pala, la realización por tanto permite reducir la interferencia de medición, y por tanto permite indicar la altura máxima de la turbina eólica de manera más precisa.

Por consiguiente, la unidad 600 de control calcula el valor de tiempo de parpadeo sincronizado como valor del

momento en el que las puntas de la palas están en una posición superior. Las unidades 625, 645, 665 de control local en las turbinas eólicas reciben el valor de tiempo de parpadeo sincronizado transmitido por la unidad 600 de control y, cuando el tiempo indicado por el reloj 629, 649, 669 es igual al valor de tiempo de parpadeo sincronizado, activan la luz de señalización de aviación.

5 El valor de tiempo de parpadeo sincronizado puede ser un valor de tiempo relativo, en forma de un valor de inicio de cuenta atrás, o como en esta realización un valor de tiempo absoluto (marca de fecha y hora). El valor de tiempo absoluto puede recibirse, por ejemplo, desde un reloj en tiempo real o un módulo de GPS en la turbina.

10 La figura 7 muestra una vista en parte esquemática detallada de una turbina eólica para su uso con una realización de este tipo.

La turbina 700 eólica comprende un rotor 707 con una o más palas 713. Se muestra con tres palas, puesto que los rotores de tres palas son los más comunes. Sin embargo, la invención también puede aplicarse a cualquier otro tipo de rotor como, por ejemplo, rotores de dos palas. En el extremo de una o más palas 713 se sitúan luces 711, 711', 711" de señalización de aviación.

La turbina 700 eólica comprende además la interfaz 702 de comunicación para recibir el valor de tiempo de parpadeo sincronizado, un reloj 709 y una unidad 705 de control local para comparar el valor de tiempo de parpadeo sincronizado con el valor de tiempo suministrado desde el reloj 709.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar las velocidades de rotación de turbinas eólicas, que comprende las etapas de:
 - 5 - determinar (200) la velocidad de rotación del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica;
 - determinar (202) el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera y la segunda turbina eólica;
 - 10 - calcular (204 - 222) un primer valor de control de velocidad para la primera turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor que se han determinado y un segundo valor de control de velocidad para la segunda turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor que se han determinado;
 - 15 - ajustar la velocidad de rotación del rotor de al menos la primera turbina eólica según el valor de control de velocidad y la velocidad de rotación del rotor de la segunda turbina eólica según el segundo valor de control de velocidad,

20 en el que los valores de control de velocidad se calculan de manera que llevan a un ajuste de las turbinas eólicas primera y segunda de manera que el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera turbina eólica es igual al ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica o el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera turbina es igual a módulo[(360 grados) dividido por (número de palas)] del ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica tras el ajuste de velocidad,

25 caracterizado porque

 calcular el valor de control de velocidad comprende determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio (204) de las velocidades de rotación del rotor.

- 30 2. Método según la reivindicación 1, en el que determinar el valor de velocidad de rotor sincronizada comprende calcular un valor medio (206) de los valores de control de velocidad y sumar (210) el valor medio de los valores de control de velocidad al valor medio de las velocidades de rotación del rotor.
- 35 3. Método según la reivindicación 2, en el que determinar el valor de velocidad de rotor sincronizada comprende además multiplicar el valor medio (206) de los valores de control de velocidad por un coeficiente de ganancia antes de sumar (210) el valor medio de los valores de control de velocidad al valor medio de las velocidades de rotación del rotor.
- 40 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que calcular el valor de control de velocidad comprende comparar (212) el valor de velocidad de rotor sincronizada con la velocidad de rotación del rotor determinada, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad.
- 45 5. Método según la reivindicación 4, en el que calcular los valores de control de velocidad se basa en la diferencia de las velocidades de rotación del rotor de las turbinas eólicas primera y segunda respecto del valor de velocidad de rotor sincronizada.
- 50 6. Método según la reivindicación 5, en el que calcular el valor de control de velocidad comprende procesar por PI (214) el valor de diferencia de velocidad, obteniendo así un primer valor de desviación de velocidad.
- 55 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que calcular el valor de control de velocidad incluye determinar un valor de ángulo de acimut sincronizado basándose en integrar (216) el valor de velocidad sincronizada.
- 60 8. Método según la reivindicación 7, en el que calcular el valor de control de velocidad incluye comparar (218) el valor de ángulo de acimut sincronizado con el ángulo de acimut del rotor determinado, obteniendo así un valor de diferencia de ángulo.
- 9. Método según la reivindicación 8, en el que calcular el valor de control de velocidad comprende procesar por PI (220) el valor de diferencia de ángulo, obteniendo así un segundo valor de desviación de velocidad.
- 10. Método según las reivindicaciones 6 y 8, en el que calcular el valor de control de velocidad comprende sumar (222) el primer y el segundo valor de desviación de velocidad.

11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6, 8 ó 10, en el que el valor de control de velocidad se suma a un valor de punto de ajuste de velocidad almacenado en la turbina eólica.
- 5 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que una luz de señalización, ubicada en la punta de la pala de una turbina eólica, se activa cuando la pala está aproximadamente en una posición superior.
13. Método según las reivindicaciones 7 y 12, en el que se calcula un valor de tiempo de parpadeo sincronizado basándose en el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado.
- 10 14. Método según la reivindicación 13, en el que la luz de señalización se activa cuando un reloj en una turbina eólica alcanza el valor de tiempo de parpadeo sincronizado.
- 15 15. Método según la reivindicación 13 ó 14, en el que el valor de tiempo de parpadeo comprende una marca de fecha y hora.
- 20 16. Unidad (300) maestra de control de turbina eólica para su uso con el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende una interfaz (302) de comunicación y una unidad (304) de procesamiento de señales,
estando
 - la interfaz de comunicación configurada para recibir una velocidad de rotación del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica a través de un enlace (306) de comunicación;
 - 25 - la unidad de procesamiento de señales configurada para determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio de las velocidades de rotación del rotor;
 - 30 - la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de ángulo de acimut sincronizado basándose en integrar el valor de velocidad de rotor sincronizada;
 - la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado a través de un enlace de comunicación.
- 35 17. Unidad maestra de control de turbina eólica según la reivindicación 16, en la que la interfaz de comunicación está configurada además para recibir valores de control de velocidad de al menos la primera y la segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación.
- 40 18. Unidad maestra de control de turbina eólica según la reivindicación 16 ó 17, en la que la unidad de procesamiento de señales está configurada para sumar un valor medio de los valores de control de velocidad al valor de velocidad de rotor sincronizada.
- 45 19. Unidad (320, 340, 360) esclava de control de turbina eólica para su uso con una unidad (300) maestra de control de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, que comprende una interfaz (322, 342, 362) de comunicación y una unidad (324, 344, 364) de procesamiento de señales,
estando
 - 50 - la interfaz de comunicación configurada para recibir un valor de velocidad de rotor sincronizada y un valor de ángulo de acimut sincronizado a través de un enlace de comunicación (306);
 - la unidad de procesamiento de señales configurada para obtener un ángulo de acimut del rotor y una velocidad de rotación del rotor;
 - 55 - la unidad de procesamiento de señales configurada para comparar el valor de velocidad de rotor sincronizada con la velocidad de rotación del rotor, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad;
 - la unidad de procesamiento de señales configurada para comparar el valor de ángulo de acimut sincronizado con el ángulo de acimut del rotor, obteniendo así un valor de diferencia de ángulo;
 - 60 - la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de control de velocidad basándose en el valor de diferencia de velocidad y el valor de diferencia de ángulo;

- la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de control de velocidad y la velocidad de rotación del rotor a través de un enlace de comunicación.

20. Unidad esclava de control de turbina eólica según la reivindicación 19, en la que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en procesar por PI del valor de diferencia de velocidad, obteniendo así un primer valor de desviación de velocidad, y procesar por PI el valor de diferencia de ángulo, obteniendo así un segundo valor de desviación de velocidad, y sumar el primer y el segundo valor de desviación.

21. Dispositivo (100) de control de turbina eólica para su uso con el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende una interfaz (102) de comunicación y una unidad (104) de procesamiento de señales,

estando

- la interfaz de comunicación configurada para recibir una velocidad de rotación del rotor de al menos una primera (120, 140, 700) y una segunda (160, 700) turbina eólica a través de un enlace de comunicación (106);

- la interfaz de comunicación configurada para recibir un ángulo de acimut del rotor de al menos una primera y una segunda turbina eólica a través de un enlace de comunicación;

- la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular un valor de control de velocidad para al menos la primera turbina eólica y al menos un segundo valor de control de velocidad para al menos la segunda turbina eólica, basándose en los ángulos de acimut del rotor y las velocidades de rotación del rotor;

- la interfaz de comunicación configurada para enviar el valor de control de velocidad y el segundo valor de control de velocidad a través de un enlace de comunicación,

estando la unidad de procesamiento de señales configurada para calcular el valor de control de velocidad que permite ajustar las turbinas eólicas primera y segunda de manera que el ángulo de acimut del rotor de al menos la primera turbina eólica y el ángulo de acimut del rotor de la segunda turbina eólica convergen,

y estando

la unidad de procesamiento de señales configurada para determinar un valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en un valor medio de las velocidades de rotación del rotor y calcular el valor de control de velocidad basándose en comparar el valor de velocidad de rotor sincronizada con la velocidad de rotación del rotor determinada, obteniendo así un valor de diferencia de velocidad.

22. Dispositivo de control de turbina eólica según la reivindicación 21, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular los valores de control de velocidad basándose en la diferencia de las velocidades de rotación del rotor de las turbinas eólicas primera y segunda respecto del valor de velocidad de rotor sincronizada.

23. Dispositivo de control de turbina eólica según la reivindicación 21 o la reivindicación 22, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para determinar el valor de velocidad de rotor sincronizada basándose en calcular un valor medio de los valores de control de velocidad y sumar el valor medio de los valores de control de velocidad al valor medio de las velocidades de rotación del rotor.

24. Dispositivo de control de turbina eólica según la reivindicación 23, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en procesar por PI el valor de diferencia de velocidad, obteniendo así un primer valor de desviación de velocidad.

25. Dispositivo de control de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 24, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en determinar un valor de ángulo de acimut sincronizado con ayuda de integrar el valor de velocidad sincronizada.

26. Dispositivo de control de turbina eólica según la reivindicación 25, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en comparar el valor de ángulo de acimut sincronizado con el ángulo de acimut del rotor determinado, obteniendo así un valor de

diferencia de ángulo.

27. Dispositivo de control de turbina eólica según la reivindicación 26, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en procesar por PI el valor de diferencia de ángulo, obteniendo así un segundo valor de desviación de velocidad.

28. Dispositivo de control de turbina eólica según las reivindicaciones 24 y 26, en el que la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular el valor de control de velocidad basándose en sumar el primer y el segundo valor de desviación de velocidad.

29. Módulo (600) de control de luz de señalización para su uso con una unidad (300) maestra de control de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18 y/o para su uso con un dispositivo (100) de control de turbina eólica según las reivindicaciones 21 y 25, que comprende una interfaz (602) de comunicación y una unidad (604) de procesamiento de señales,

caracterizado porque

- la interfaz de comunicación está configurada para recibir un valor de velocidad de rotor sincronizada y un valor de ángulo de acimut sincronizado;

- la unidad de procesamiento de señales está configurada para calcular un valor de tiempo de parpadeo sincronizado que especifica el momento en el que la punta de una pala (713) de rotor de una turbina (620, 640, 660, 700) eólica conectada está en la posición superior, basándose en el valor de velocidad de rotor sincronizada y el valor de ángulo de acimut sincronizado;

- la interfaz de comunicación está configurada para enviar el valor de tiempo de parpadeo sincronizado a través de una línea de comunicación.

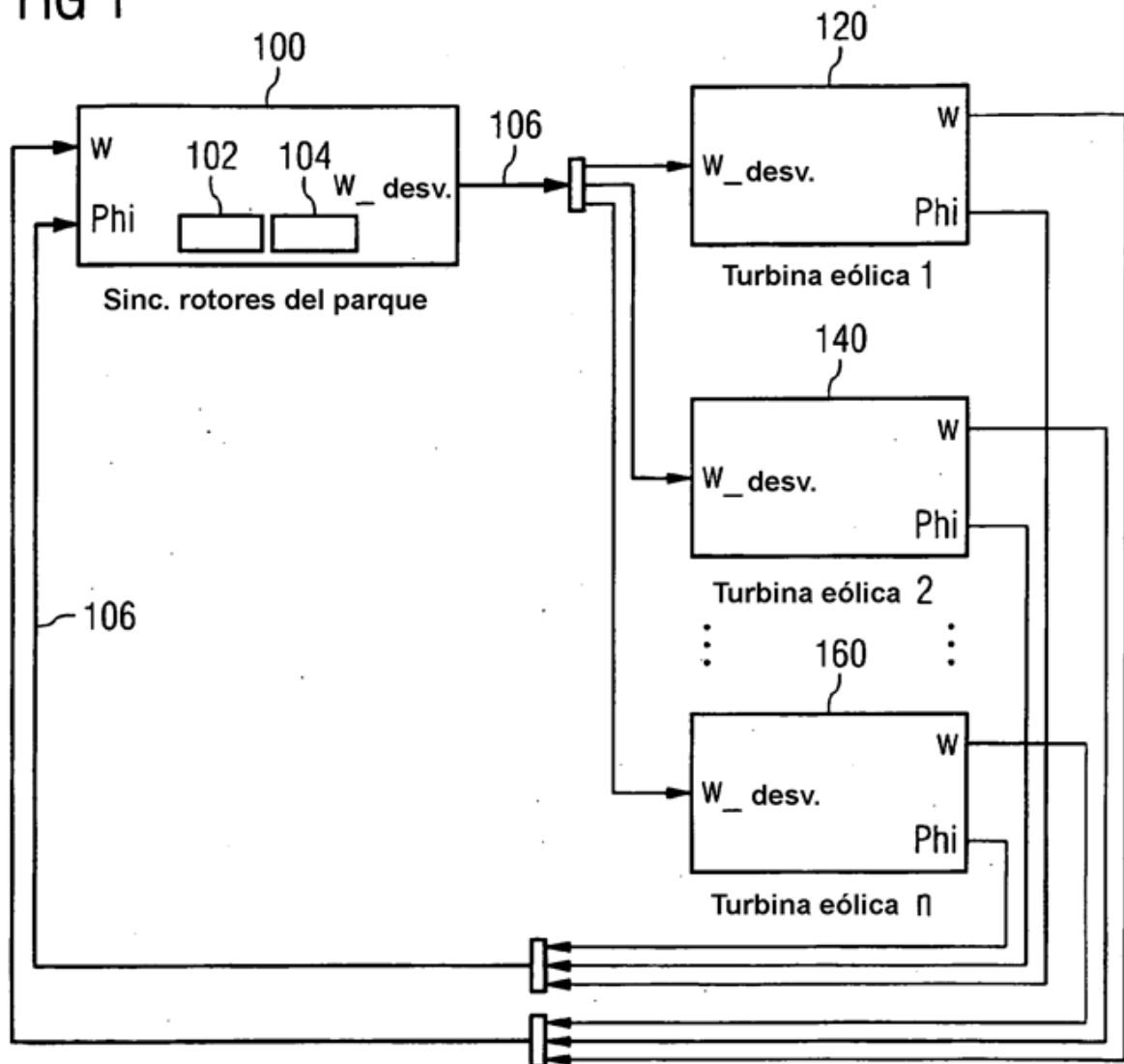
30. Módulo de control de luz de señalización según la reivindicación 29, en el que el valor de tiempo de parpadeo sincronizado comprende una marca de fecha y hora.

31. Turbina (700) eólica para su uso con el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende un rotor (707), una interfaz (702) de comunicación y una unidad (320, 340, 360) esclava de control de turbina eólica según la reivindicación 19 o la reivindicación 20.

32. Turbina eólica según la reivindicación 31, que comprende además una pala (713) de rotor, una luz de señalización ubicada en la punta (711) de la pala, y un reloj (709), en la que la interfaz de comunicación está configurada para recibir un valor de tiempo de parpadeo sincronizado y la unidad de control local está configurada para activar la luz de señalización cuando un reloj en una turbina eólica alcanza el valor de tiempo de parpadeo sincronizado.

33. Turbina eólica según la reivindicación 32, en la que el valor de tiempo de parpadeo sincronizado comprende una marca de fecha y hora.

FIG 1



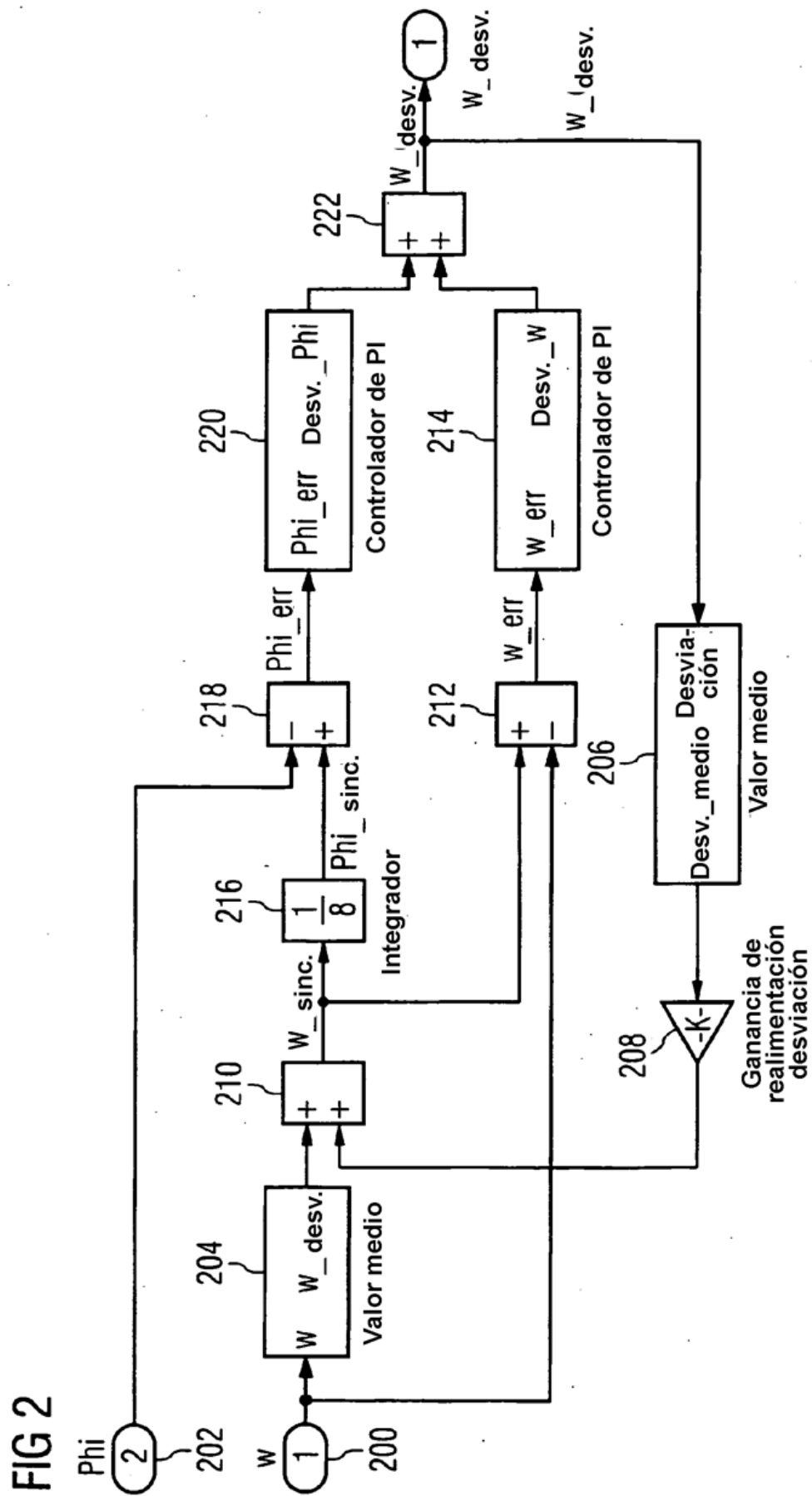


FIG 3

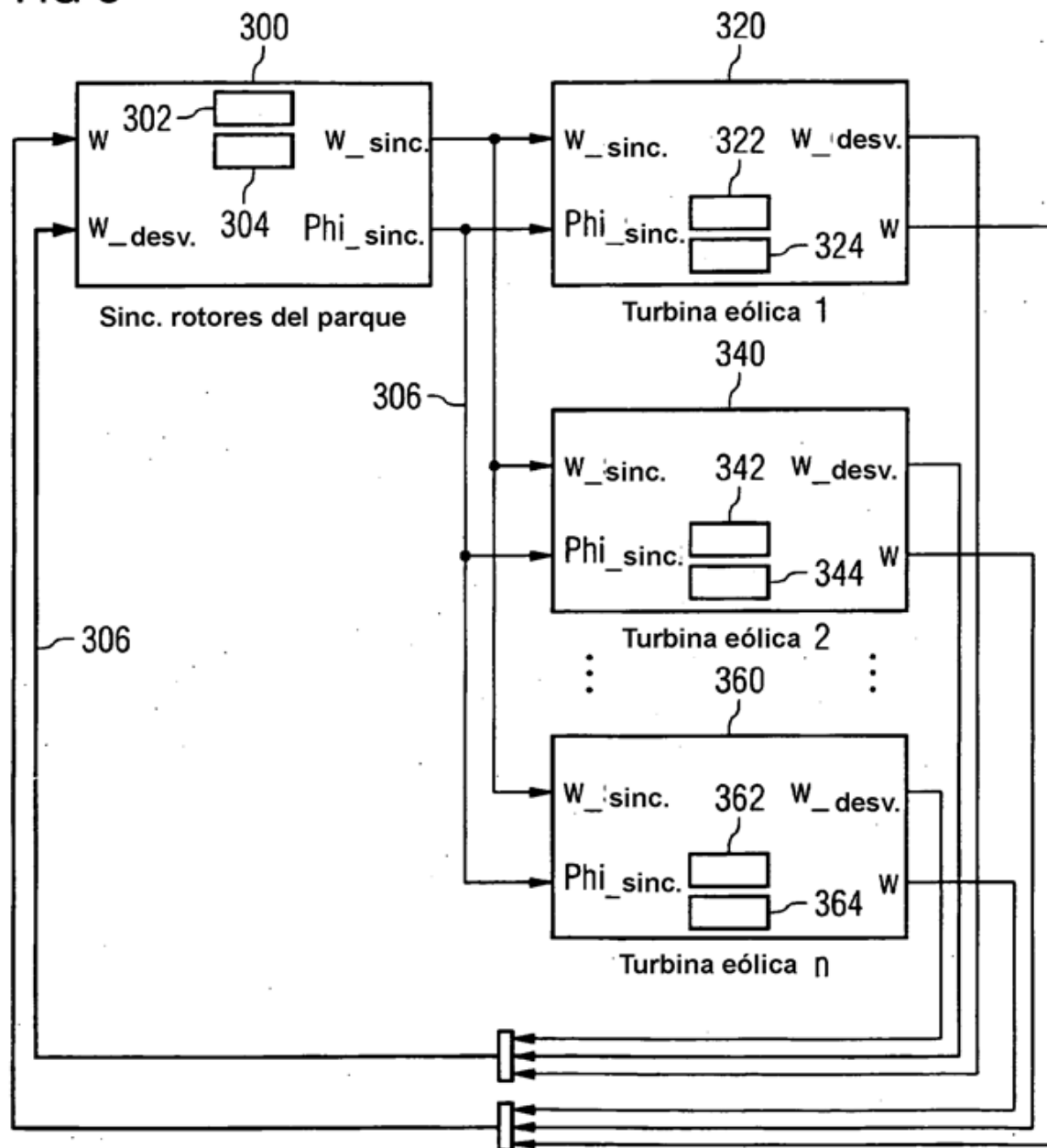


FIG 4

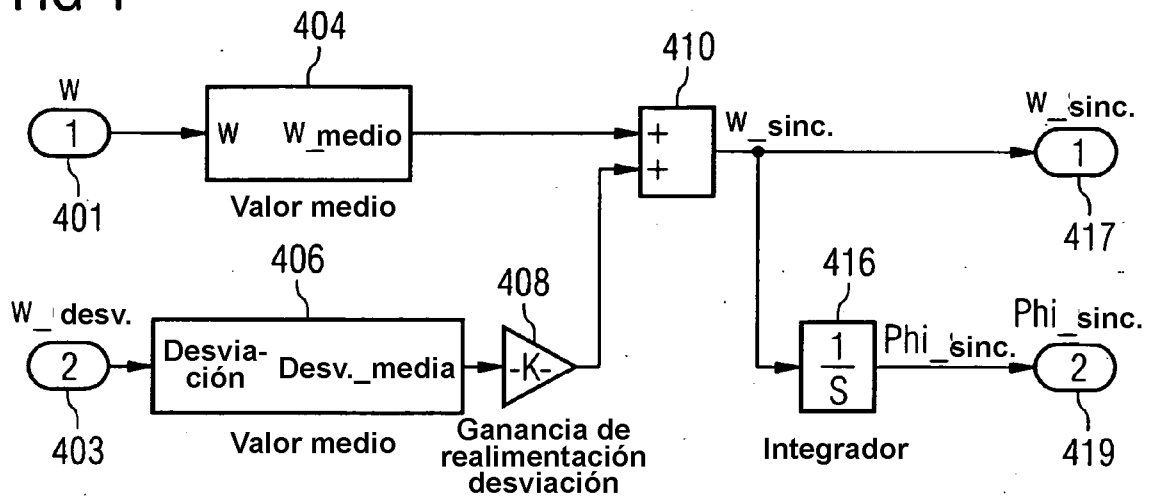


FIG 5

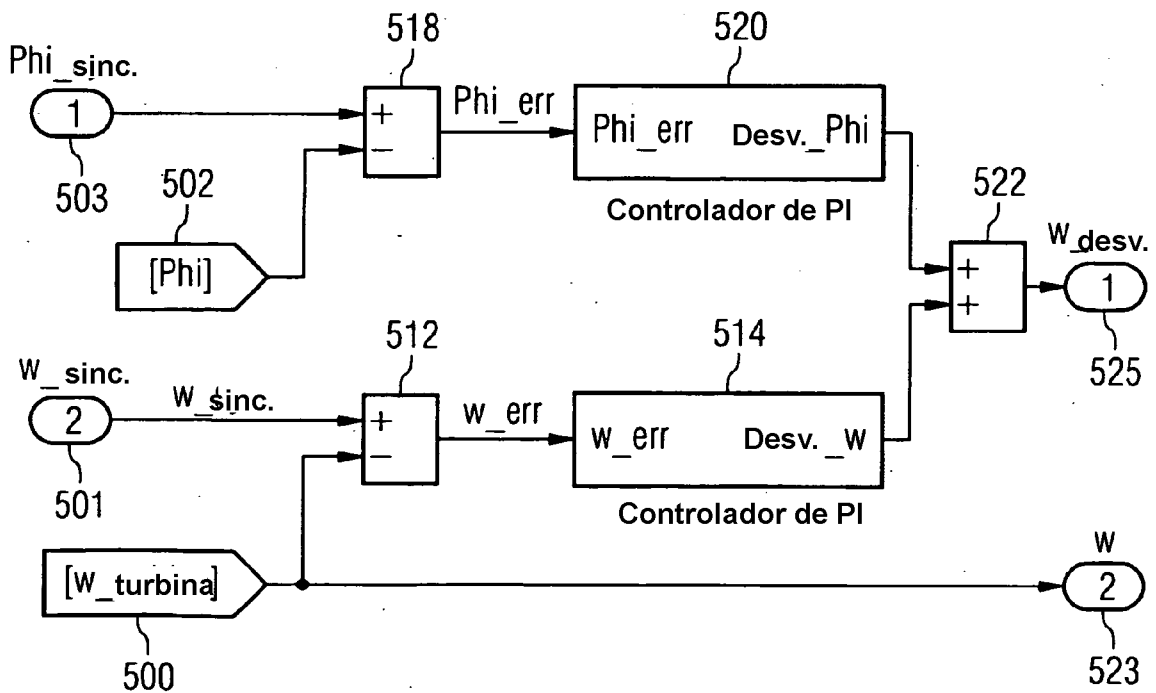


FIG 6

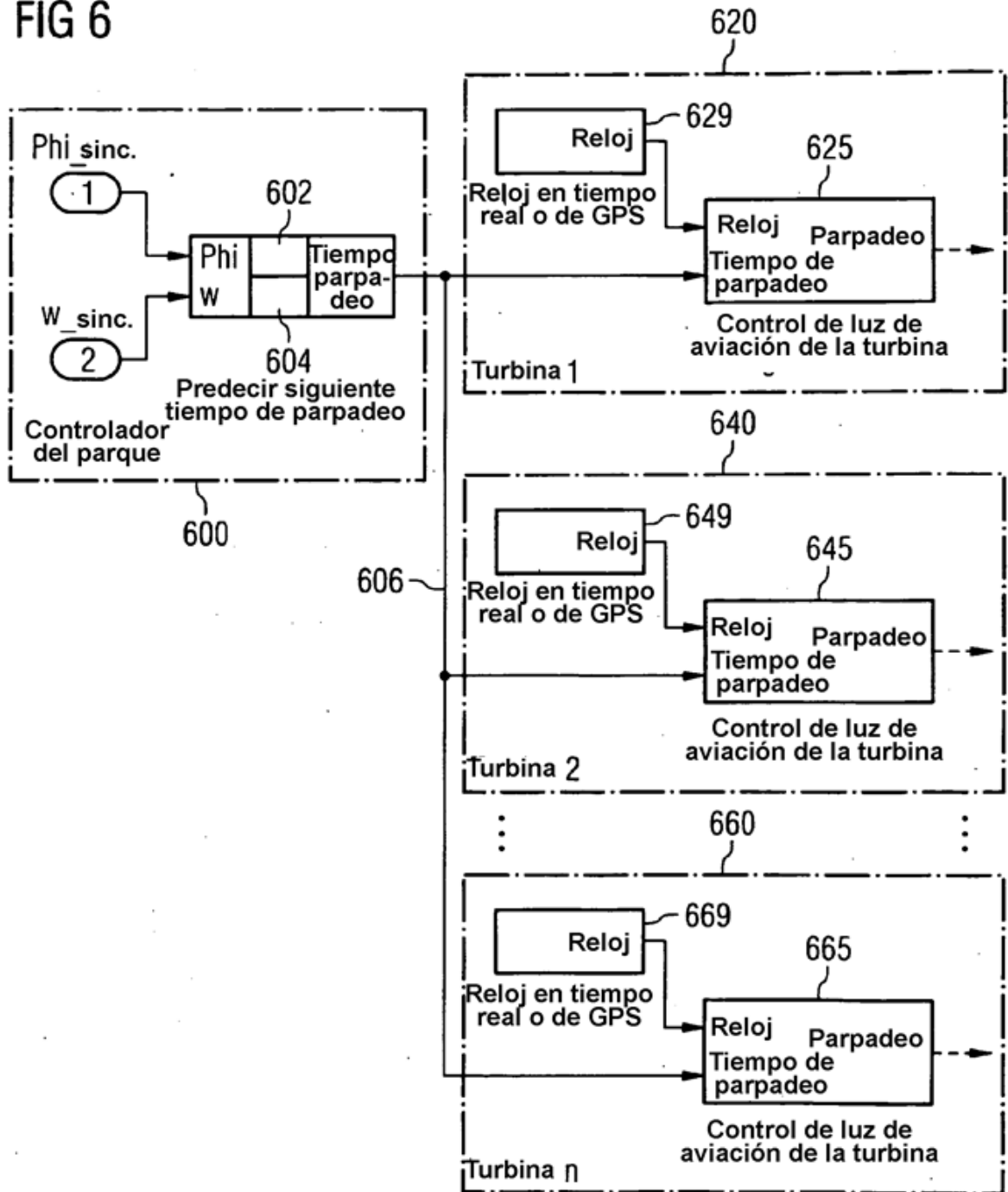


FIG 7

