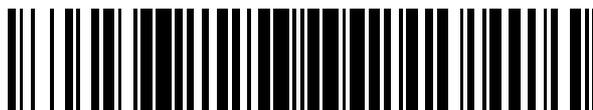


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 993**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/04** (2006.01)

**G05B 19/042** (2006.01)

**G05B 21/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2016 PCT/DK2016/050309**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2017 WO17054825**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2016 E 16774620 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3356671**

54 Título: **Sistema de control de reacción rápida para turbina eólica**

30 Prioridad:

**28.09.2015 DK 201570612**

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

**18.05.2020**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**HAMMERUM, KELD;  
KJÆR, MARTIN ANSBJERG;  
THOMSEN, JESPER SANDBERG;  
HERBSLEB, EIK y  
HOVGAARD, TOBIAS GYBEL**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 760 993 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**

Sistema de control de reacción rápida para turbina eólica

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere al control de una turbina eólica, y en particular se refiere a controlar usando más controladores cuando al menos algunos de los controladores funcionan a frecuencias de muestra diferentes.

**10 Antecedentes de la invención**

Las turbinas eólicas modernas se controlan y se regulan de manera continua con el propósito de garantizar extracción de potencia del viento óptima en las condiciones climáticas y de viento actuales, asegurando al mismo tiempo que las cargas sobre los diferentes componentes de la turbina eólica se mantienen dentro de límites aceptables en cualquier momento, y respetando al mismo tiempo cualquier restricción de funcionamiento establecida externamente. Para lograr esto, se recopilan y se monitorizan un número de parámetros por los controladores en una turbina eólica, tales como, por ejemplo, la velocidad y dirección del viento actuales, la velocidad de rotación del rotor, el ángulo de paso de cada pala, el ángulo de guiñada, información sobre el sistema de red, y parámetros medidos (por ejemplo, tensiones o vibraciones) de sensores colocados, por ejemplo, en las palas, la góndola o en la torre. Asimismo, pueden recibirse comandos externos por medio de una red de comunicación. Basándose en esta y siguiendo alguna estrategia de control, se determinan los parámetros de control óptimos de la turbina con el fin de realizarse de manera óptima en las condiciones dadas.

La estructura de controlador de una turbina eólica puede implementarse de varias maneras. En un tipo de sistema de control, se utilizan un número de unidades controladoras, donde cada unidad controladora está a cargo de determinadas tareas de funcionamiento, variando desde el control directo de un subsistema dado para cálculos de punto de referencia basándose en un número de entradas. En tal sistema, la naturaleza y complejidad de las diversas tareas de control son muy diversas, y a menudo también las capacidades computacionales de las unidades controladoras son bastante diversas. Como consecuencia, determinada(s) unidad(es) de controlador pueden actuar como cuellos de botella y restringir otros controladores en su capacidad para soportar reacciones rápidas a una condición de cambio. El documento EP 2 375 064 A2 es un ejemplo de control de una turbina eólica utilizando varios controladores que funcionan a diferentes frecuencias.

Es con respecto a estos antecedentes que se ha elaborado la invención.

**35 Sumario de la invención**

Sería ventajoso lograr el control de una turbina eólica que es capaz de soportar una reacción rápida a una condición de cambio, incluso en una situación donde una o más unidades o procesos funcionan como un paso más lento que el tiempo de reacción deseado. También sería ventajoso lograr el control de una turbina eólica que es capaz de soportar una velocidad de reacción, o respuesta, más rápida que determinadas unidades de cálculo son capaces de enviar, al mismo tiempo que se garantiza que la turbina eólica funciona dentro de límites de seguridad.

En consecuencia, en un primer aspecto, se proporciona un sistema de control para una turbina eólica, el sistema de control comprende al menos dos unidades controladoras:

un primer controlador dispuesto para determinar un valor de funcionamiento de un subsistema del sistema de control, estando el primer controlador dispuesto para funcionar a una primera frecuencia de muestra; y

un segundo controlador para hacer funcionar el subsistema, estando la segunda unidad controladora dispuesta para funcionar a una segunda frecuencia de muestra, la segunda frecuencia de muestra es más alta que la primera frecuencia de muestra; en el que

estando el sistema de control dispuesto para recibir un valor de demanda para controlar el subsistema;

en el que el sistema de control está dispuesto de manera que el primer controlador y el segundo controlador reciben el valor de demanda simultáneamente;

en el que el segundo controlador determina un valor de diferencia entre el valor de demanda recibido por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador;

en el que el primer controlador basándose en el valor de demanda determina un valor de funcionamiento interno; y

en el que el segundo controlador recibe el valor de funcionamiento interno y establece el valor de funcionamiento como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia.

Realizaciones de la invención proporcionan un sistema de control que comprende al menos dos controladores, un primer controlador más lento a cargo de determinar un valor de funcionamiento de un subsistema basándose en el valor de demanda (por ejemplo, un punto de referencia externo), y un segundo controlador más rápido para el subsistema. En una realización, el controlador más rápido puede ser un controlador para el sistema eléctrico, por ejemplo el controlador de convertidor, y el controlador más lento puede ser el controlador general para toda la turbina eólica (también a veces se denomina controlador de producción) que controla las producciones y garantiza un funcionamiento seguro. El controlador general (primer controlador) puede funcionar a una velocidad de muestra más lenta ya que puede necesitar realizar un número mucho más alto de cálculos por muestra con el fin de garantizar que la turbina funciona dentro de los límites de funcionamiento de acuerdo con la estrategia de control de funcionamiento de la turbina, o la naturaleza de los cálculos puede ser más compleja en un controlador que en otros controladores. En realizaciones de la presente invención, la frecuencia de muestra más rápida del segundo controlador se utiliza para calcular un valor de diferencia entre el valor de demanda que se recibe por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador, y después añade este valor de diferencia al valor de funcionamiento interno, siendo el valor de funcionamiento tal como se determinó por el primer controlador. El valor de diferencia es la diferencia entre el valor de demanda como se muestrea con la frecuencia de muestra del primer controlador, y la muestra de valor de demanda con la frecuencia de muestra del segundo controlador. El valor de diferencia puede obtenerse en la realización después del tratamiento previo del valor de demanda en los respectivos controladores. El valor de funcionamiento para el subsistema se establece posteriormente como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia. De este modo, se garantiza que el nivel o valor estacionario del valor de funcionamiento se determina por el primer controlador, mientras que el tiempo de transición para alcanzar el valor estacionario se determina por el segundo controlador. Ya que el segundo controlador funciona a una frecuencia de muestra más alta, se reduce el tiempo para alcanzar el valor estacionario. De manera adicional, realizaciones de la invención pueden proporcionar una reacción rápida en la que se reduce el tiempo de reacción de la respuesta inicial. En conexión con las acciones de estabilización de red, por ejemplo, una respuesta inicial rápida es beneficiosa.

En un aspecto adicional, la invención también proporciona una turbina eólica que comprende el sistema de control según el primer aspecto de la invención.

En aún un aspecto adicional la invención también proporciona un método para controlar una turbina eólica según el primer aspecto de la invención. El método comprende:

recibir un valor de demanda para controlar un subsistema de la turbina eólica, recibiendo el valor de demanda simultáneo por el primer controlador y por el segundo controlador;

en el primer controlador:

determinar un valor de funcionamiento interno basándose en el valor de demanda;

en el segundo controlador:

determinar un valor de diferencia entre el valor de demanda recibido por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador;

determinar un valor de funcionamiento como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia; y

proporcionar el valor de funcionamiento al subsistema.

En aún otro aspecto, se proporciona un producto de programa informático que comprende código de software adaptado para controlar una turbina eólica cuando se ejecuta en un sistema de procesamiento de datos. El producto de programa informático puede proporcionarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones para provocar un sistema de procesamiento de datos, por ejemplo en forma de un controlador, para llevar a cabo la instrucción cuando se carga sobre el sistema de procesamiento de datos.

En general, los diversos aspectos de la invención pueden combinarse y acoplarse de cualquier manera posible dentro del alcance de la invención. Este y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención serán evidentes a partir de, y dilucidados con referencia a, las realizaciones descritas de aquí en adelante en el presente documento.

## 60 Breve descripción de los dibujos

Se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos, en los que

la figura 1 ilustra, en una vista en perspectiva esquemática, un ejemplo de una turbina eólica;

65

la figura 2 ilustra esquemáticamente un primer controlador y un segundo controlador en una realización general;

la figura 3 ilustra elementos de una realización del sistema de controlador; y

la figura 4 ilustra valores de ejemplo en diversas posiciones en la realización ilustrada en la figura 3.

### Descripción de realizaciones

La figura 1 ilustra, en una vista en perspectiva esquemática, un ejemplo de una turbina eólica 1. La turbina eólica 1 incluye una torre 2, una góndola 3 dispuestas en la punta de la torre, y un rotor 4 acoplado de manera operativa a un generador (no mostrado) alojado dentro de la góndola 3. Además del generador, la góndola aloja varios componentes requeridos para convertir energía eólica en energía eléctrica y diversos componentes necesarios para hacer funcionar, controlar y optimizar la realización de la turbina eólica. El rotor 4 de turbina eólica incluye un buje central 5 y una pluralidad de palas 6 que se sobresalen hacia fuera desde el buje central. En la realización ilustrada, el rotor 4 incluye tres palas 6, pero el número puede variar.

La turbina eólica 1 puede estar incluida entre una colección de otras turbinas eólicas que pertenecen a una planta de potencia eólica, también denominada granja eólica o parque eólico, que sirve como una planta de generación de potencia conectada por líneas de transmisión con una red de potencia. La red de potencia generalmente consiste en una red de estaciones de potencia, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas por una red de líneas de transmisión que transmiten la potencia a cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de empresas de suministro eléctrico.

La turbina ilustrada esquemáticamente muestra elementos de un sistema de control distribuido, que comprende un controlador general 10 a cargo del funcionamiento general de la turbina eólica dentro de los límites de parámetro de funcionamiento según la estrategia de control de funcionamiento de la turbina. El controlador general a veces también se denomina controlador de producción. La figura además ilustra un número de unidades controladoras de subsistema. El controlador de subsistema 20 puede ser, por ejemplo, un controlador eléctrico para hacer funcionar un subsistema eléctrico de la turbina eólica, tales como el controlador de convertidor o un controlador de generador. El controlador de subsistema 7 puede ser, por ejemplo, un controlador de rotor para hacer funcionar el sistema de paso de las palas. El controlador de subsistema 8 puede ser, por ejemplo, un controlador de red para controlar la conexión de la turbina eólica a una red de comunicación. El controlador de red puede estar, por ejemplo, a cargo de la conexión de una red de comunicación de turbina interna 9 con una red de comunicación de turbina externa 11, de manera que la turbina puede estar en conectividad comunicativa con un sistema SCADA o un controlador de planta de potencia (PPC) u otros sistemas externos.

El sistema de control distribuido se muestra con ubicaciones específicas de las diversas unidades controladoras. Esto debe entenderse solamente como un ejemplo. El diseño específico del sistema de controlador puede proporcionarse de cualquier manera posible.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una realización general del sistema de control de la presente invención, que comprende una primera unidad controladora 10 y una segunda unidad controladora 20.

En la realización ilustrada, el primer controlador recibe un valor de demanda V1 basándose en que está programado para determinar un valor de funcionamiento OV para el subsistema. El controlador general puede utilizar en la determinación del valor de funcionamiento un número de entradas 12, por ejemplo, entradas de sensor, otros valores de controlador, valores de tablas de consulta, valores determinados en línea, etc.

El primer controlador se dispone para funcionar a una primera frecuencia de muestra y el segundo controlador se dispone para funcionar a una segunda frecuencia de muestra, siendo la segunda frecuencia de muestra más alta que la primera frecuencia de muestra. Como un ejemplo, la primera frecuencia de muestra puede ser una frecuencia entre 1 Hz y 50 Hz, tales como 5 Hz, 10 Hz, 25 Hz o cualquier otra frecuencia de muestra específica, y la segunda frecuencia de muestra puede ser una frecuencia entre 75 Hz y 250 Hz, tales como 100 Hz y 150 Hz o cualquier otra frecuencia de muestra específica. Se pueden utilizar frecuencias de muestra diferentes, más bajas o más altas.

En realizaciones, la frecuencia de muestra puede relacionarse con el número de muestras por tiempo que se calculan por la unidad de control dada. Una frecuencia de muestra de 10 Hz puede, por lo tanto, referirse a que los valores calculados del controlador dado se actualizan cada 100 milisegundos.

Tal como se muestra en la figura 2, un valor de demanda V1 para controlar el subsistema se recibe por el primer controlador y el segundo controlador simultáneamente. El primer controlador funciona a una frecuencia de muestra más baja, así que el valor de demanda gestionado por el primer controlador se retarda con respecto al valor de demanda gestionado por el segundo controlador. Este retardo se utiliza para determinar un valor de diferencia V4 entre el valor de demanda que se recibe por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador. La tarea del primer controlador es calcular el valor de funcionamiento del subsistema. En una etapa intermedia, este valor de funcionamiento se determina como un valor de funcionamiento interno V5. El valor de funcionamiento OV se establece como la suma del valor de funcionamiento interno V5 y el

valor de diferencia V4.

La figura 3 y la figura 4 ilustran elementos de una realización de ejemplo de la presente invención. La figura 3 ilustra elementos del sistema de controlador y la figura 4 ilustra valores de ejemplo del sistema de control de la figura 3.

En una realización de ejemplo, el primer controlador 10 es el controlador de turbina eólica general que recibe el valor de demanda V1 en forma de un punto de referencia externo para una potencia de salida requerida, y el segundo controlador 20 es el controlador de convertidor que está a cargo de proporcionar la potencia de salida requerida por el controlador general. Mientras que se utiliza esta realización de ejemplo para la discusión de las figuras 3 y 4, la invención no se limita a esta situación. La primera y la segunda unidades controladoras pueden ser cualquier unidad controladora relevante de la turbina eólica dentro del alcance de la presente invención. Con lo dicho, seleccionar dos controladores como el controlador de turbina general y el controlador de convertidor es, sin embargo, una realización importante, ya que el controlador de convertidor puede funcionar a una frecuencia de muestra más alta que el controlador general, y por lo tanto, el controlador general puede ser un elemento limitador con el fin de proporcionar soporte de red rápido. En realizaciones adicionales, el valor de funcionamiento puede proporcionar externamente puntos de referencia seleccionados del grupo de: una referencia de potencia, una referencia de par de fuerzas o una referencia de velocidad, sin embargo, el valor de funcionamiento no está limitado a estos ejemplos.

En la realización ilustrada, una nueva potencia de salida más baja se requiere en el tiempo t1 (figura 4). Este es el valor de demanda V1, es la potencia de salida que se requiere que se descienda desde un valor actual requerido durante un primer periodo P1 a un nuevo valor requerido para un segundo periodo P2. Entre los dos periodos, está presente un periodo de transición PT. Una ventaja de realizaciones de la presente invención es que el primer controlador puede ponerse a cargo de garantizar que el valor de demanda es un punto de funcionamiento permitido para el subsistema para garantizar un funcionamiento seguro, mientras la velocidad del segundo controlador puede utilizarse para hacer el periodo de transición más corto y/o la respuesta inicial más rápida.

En la realización ilustrada, el valor de demanda V1 se proporciona primero a una unidad de computación 21 para modificar el valor de demanda. Tal modificación puede, por ejemplo, ser límites de saturación 22, es decir, una limitación en tamaño absoluto del valor de demanda y límites de velocidad 23, es decir, una limitación del cambio del valor de demanda. El límite de saturación puede garantizar que la turbina solo funcionará dentro de una potencia de salida máxima y mínima predefinida (u otros valores de funcionamiento). Por ejemplo, si el valor de demanda requiere más potencia que la potencia nominal de la turbina, el valor de demanda se limita al valor de potencia nominal de la turbina, o si el valor de demanda requiere una potencia más baja que la potencia de funcionamiento mínima de la turbina eólica, el valor de demanda se limita por arriba a la potencia mínima. La limitación de velocidad puede garantizar que cargas durante la transición al valor de demanda se mantienen por debajo de un determinado nivel de carga.

Debido a la saturación 22 y limitación de velocidad 23 y posiblemente a otras modificaciones, el valor de demanda se modifica desde V1 hasta V2, y como resultado de la frecuencia de muestra limitada, la señal V2 se retarda con respecto al tiempo t1. La pendiente refleja las limitaciones impuestas por la unidad de computación de límite de velocidad 23.

La señal modificada V2 se introduce en la unidad de computación general 200 con el fin de calcular un valor de funcionamiento interno V5, es decir, con el fin de calcular el punto de referencia que debe proporcionarse al controlador de convertidor. El valor de funcionamiento interno V5 podría utilizarse como el valor de funcionamiento actual, ya que el valor de funcionamiento interno V5 es el valor de funcionamiento calculado por el controlador general 200 para hacer funcionar el convertidor a la luz del punto de referencia de potencia externa y la estrategia de funcionamiento general. Este valor puede utilizarse directamente por el controlador de convertidor con el fin de entregar la potencia de salida requerida.

En realizaciones de la presente invención, puede obtenerse una reacción más rápida de lo que sería posible usando el valor de funcionamiento interno como valor de funcionamiento. Esto se obtiene estableciendo el valor de funcionamiento OV al valor V6 en lugar de al valor V5, es decir, añadiendo el valor de diferencia V4 al valor de funcionamiento interno V5.

En la realización ilustrada, el valor de diferencia se obtiene incluyendo una unidad de computación 24 también en el segundo controlador 20 para realizar modificaciones en el valor de demanda para transformar el valor de demanda V1 en V3. Puede ser ventajoso para programar las unidades de cómputo 21, 24 realizar las mismas modificaciones en el valor de demanda. Esto puede garantizarse mediante la utilización de las mismas unidades de cómputo que se alimentan por los mismos establecimientos de parámetro 27, 28. Mediante el uso de las mismas unidades de cómputo 21, 24 en los dos controladores, las señales V2 y V3 pueden restarse fácilmente para proporcionar el valor de diferencia V4. En otras realizaciones, las unidades de modificaciones pueden omitirse o implementarse de una manera diferente con el fin de llegar a un valor de diferencia. En la realización ilustrada, la única diferencia entre los dos valores V2 y V3 es que el retardo de V3 es más corto que el retardo de V2 debido a la frecuencia de muestra más alta.

El primer controlador puede, en realizaciones, implementarse utilizando diferentes tipos de algoritmo de control. En una realización, el primer controlador se implementa como, o puede incluir, un elemento de controlador de retroalimentación de bucle de control. Es decir, la unidad de computación 200 puede comprender un controlador PI o PID o cualquier otro controlador de tal tipo.

5 En una realización, el primer controlador se implementa como un MIMO (múltiples entradas, múltiples salidas). En una realización importante, el controlador MIMO se implementa como una rutina de control predictivo por modelo (MPC). Es decir, la unidad de computación 200 puede comprender un controlador MIMO general, tal como un controlador MPC. En realizaciones adicionales, la unidad de computación 200 puede también combinar elementos de controlador de retroalimentación de bucle de control con elementos de control MIMO o MPC.

10 Un controlador de control predictivo por modelo (MPC) es un algoritmo de control multivariante que utiliza una función de coste de optimización  $J$  con respecto a un horizonte de predicción regresiva para calcular los movimientos de control óptimos. El cálculo de optimización puede ser computacionalmente pesado, y el primer controlador puede, por esta razón, funcionar a una frecuencia de muestra más baja.

15 Mientras el valor de funcionamiento se establece de manera general como la suma del valor de funcionamiento interno  $V5$  y la señal de diferencia  $V4$ , puede existir una situación donde el valor de funcionamiento debe establecerse de manera diferente, por ejemplo en una situación de un error de guiñada alto, ráfagas, componentes con una temperatura alta, u otras situaciones críticas.

20 En una realización, el primer controlador puede disponerse además para emitir un valor de limitación 30 para proporcionar un valor mínimo, un valor máximo, o un valor permitido del valor de funcionamiento. En esta situación, el segundo controlador se dispone para garantizar que el valor de funcionamiento no exceda el valor de limitación. La turbina eólica o elementos de la turbina eólica pueden estar en un estado de funcionamiento donde es importante garantizar que la turbina o elementos solo funcionan con valores permitidos.

25 Como una alternativa o en adición a esto, en una realización, el primer controlador puede disponerse además para emitir una señal de sobrecarga 29 de manera que el valor de funcionamiento  $OV$  se establece igual al valor de funcionamiento interno  $V5$ . Es decir, el controlador general decide que no se permiten cambios rápidos. Como un ejemplo, una señal de sobrecarga puede emitirse en una situación donde la potencia disponible debido a la baja velocidad del viento está por debajo de la potencia requerida y la turbina eólica por lo tanto no necesita tomar muestras rápido, y el funcionamiento interno puede utilizarse directamente para hacer funcionar el subsistema.

30 Realizaciones de la invención de un método para controlar una turbina eólica se divulgan con referencia a la figura 2. En realizaciones, el método puede comprender recibir un valor de demanda  $V1$  para controlar un subsistema de la turbina eólica, recibiendo el valor de demanda de manera simultánea por el primer controlador 10 y por el segundo controlador 20. En el primer controlador un valor de funcionamiento interno  $V5$  se determina basándose en el valor de demanda, mientras que en el segundo controlador un valor de diferencia  $V4$  se determina entre el valor de demanda  $V1$  que se recibe por el segundo controlador y el valor de demanda  $V2$  recibido por medio del primer controlador al segundo controlador. El valor de funcionamiento  $OV$  se determina como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia. El valor de funcionamiento se proporciona como el valor de funcionamiento para controlar el subsistema.

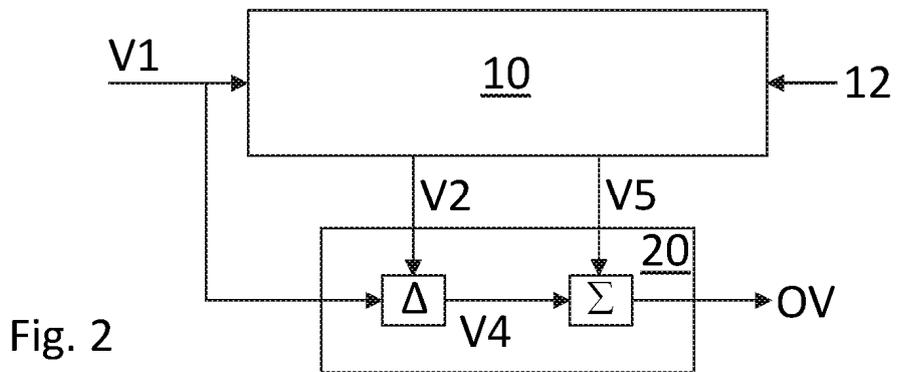
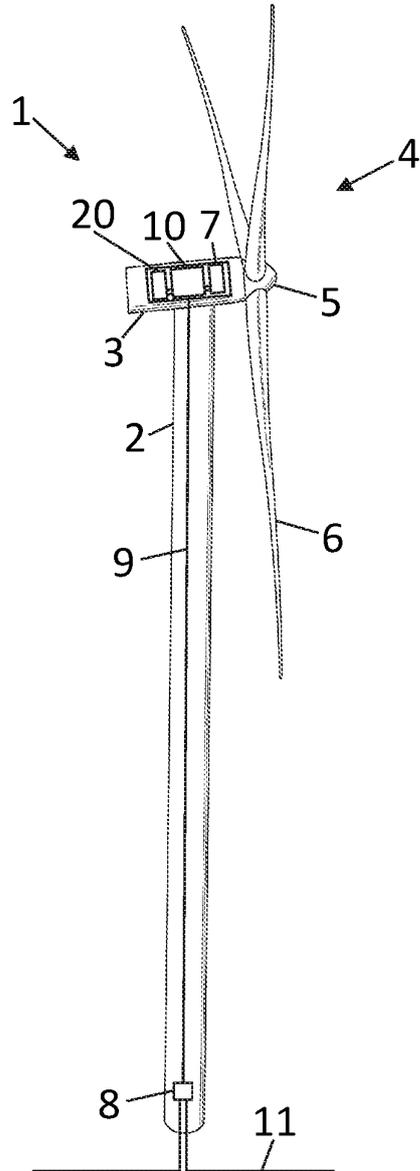
35 40 45 En la divulgación se hace referencia al valor, parámetro y señal. Debe entenderse que en un sistema complejo tales como una turbina eólica, configuraciones, puntos de referencia, comandos, instrucciones, etc. pueden proporcionarse de muchas maneras y formas tanto digital como analógicamente, una persona experta entenderá la forma correcta de proporcionar configuraciones relevantes, puntos de referencia, comandos, instrucciones, etc. en una implementación de funcionamiento de realizaciones de la presente invención.

50 55 Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con las realizaciones específicas, no debe interpretarse como que esté limitada de ninguna manera a los ejemplos presentados. La invención puede implementarse por cualquier medio adecuado; y el alcance de la presente invención debe interpretarse a la luz del conjunto de reivindicaciones adjunto. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como que limite el alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de control para una turbina eólica, comprendiendo el sistema de control al menos dos unidades controladoras:
  - 5 un primer controlador dispuesto para determinar un valor de funcionamiento de un subsistema del sistema de control, estando el primer controlador dispuesto para funcionar a una primera frecuencia de muestra; y
  - 10 un segundo controlador para hacer funcionar el subsistema, estando la segunda unidad controladora dispuesta para funcionar a una segunda frecuencia de muestra, siendo la segunda frecuencia de muestra más alta que la primera frecuencia de muestra; en el que
  - el sistema de control está dispuesto para recibir un valor de demanda para controlar el subsistema;
  - 15 en el que el sistema de control se caracteriza por estar dispuesto de manera que el primer controlador y el segundo controlador reciben el valor de demanda simultáneamente;
  - en el que el segundo controlador determina un valor de diferencia entre el valor de demanda que se recibe por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador;
  - 20 en el que el primer controlador basándose en el valor de demanda determina un valor de funcionamiento interno; y
  - 25 en el que el segundo controlador recibe el valor de funcionamiento interno y establece el valor de funcionamiento como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia.
2. El sistema de control según la reivindicación 1, en el que el al menos el primer y/o segundo controlador comprenden una o más unidades de cómputo para modificar el valor de demanda antes de determinar el valor de diferencia.
3. El sistema de control según la reivindicación 2, en el que la una o más unidades de cómputo están programadas para realizar modificaciones iguales en el valor de demanda.
- 35 4. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, en el que la una o más unidades de cómputo realizan una limitación del valor de demanda, incluyendo una limitación en tamaño absoluto del valor de demanda y/o una limitación del cambio del valor de demanda.
- 40 5. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer controlador comprende una unidad controladora que se implementa como un controlador de retroalimentación de bucle de control.
6. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer controlador comprende una unidad controladora que se implementa como controlador predictivo por modelo (MPC).
- 45 7. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor de funcionamiento es un punto de referencia proporcionado externamente seleccionado del grupo de: una referencia de potencia, una referencia de par de fuerzas o una referencia de velocidad.
- 50 8. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer controlador está dispuesto además para emitir un valor de limitación para proporcionar un valor mínimo, un valor máximo, o un intervalo permitido del valor de funcionamiento, y en el que el segundo controlador está dispuesto para garantizar que el valor de funcionamiento no supera el valor de limitación.
- 55 9. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer controlador está dispuesto además para emitir una señal de sobrecarga de manera que el valor de funcionamiento está establecido igual al parámetro de funcionamiento interno.
- 60 10. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer controlador es un controlador general a cargo de hacer funcionar la turbina eólica dentro de los límites de parámetro.
11. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo controlador es un controlador eléctrico para hacer funcionar un subsistema eléctrico de la turbina eólica.
- 65 12. Una turbina eólica que comprende el sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

13. Un método para controlar una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un primer controlador dispuesto para determinar un valor de funcionamiento de un subsistema, estando el primer controlador dispuesto para funcionar a una primera frecuencia de muestra, y un segundo controlador para hacer funcionar el subsistema, estando el segundo controlador dispuesto para funcionar a una segunda frecuencia de muestra, siendo la segunda frecuencia de muestra más alta que la primera frecuencia de muestra
- 5
- el método está caracterizado por
- 10 recibir un valor de demanda para controlar un subsistema de la turbina eólica, recibándose el valor de demanda de manera simultánea por el primer controlador y por el segundo controlador;
- en el primer controlador:
- 15 determinar un valor de funcionamiento interno basándose en el valor de demanda;
- en el segundo controlador:
- 20 determinar un valor de diferencia entre el valor de demanda que se recibe por el segundo controlador y el valor de demanda recibido por medio del primer controlador al segundo controlador;
- determinar un valor de funcionamiento como la suma del valor de funcionamiento interno y el valor de diferencia; y
- 25 proporcionar el valor de funcionamiento al subsistema.
14. Un producto de programa informático que comprende código de software adaptado para controlar una turbina eólica cuando se ejecuta en un sistema de procesamiento de datos, estando el producto de programa informático adaptado para realizar el método según la reivindicación 13.
- 30



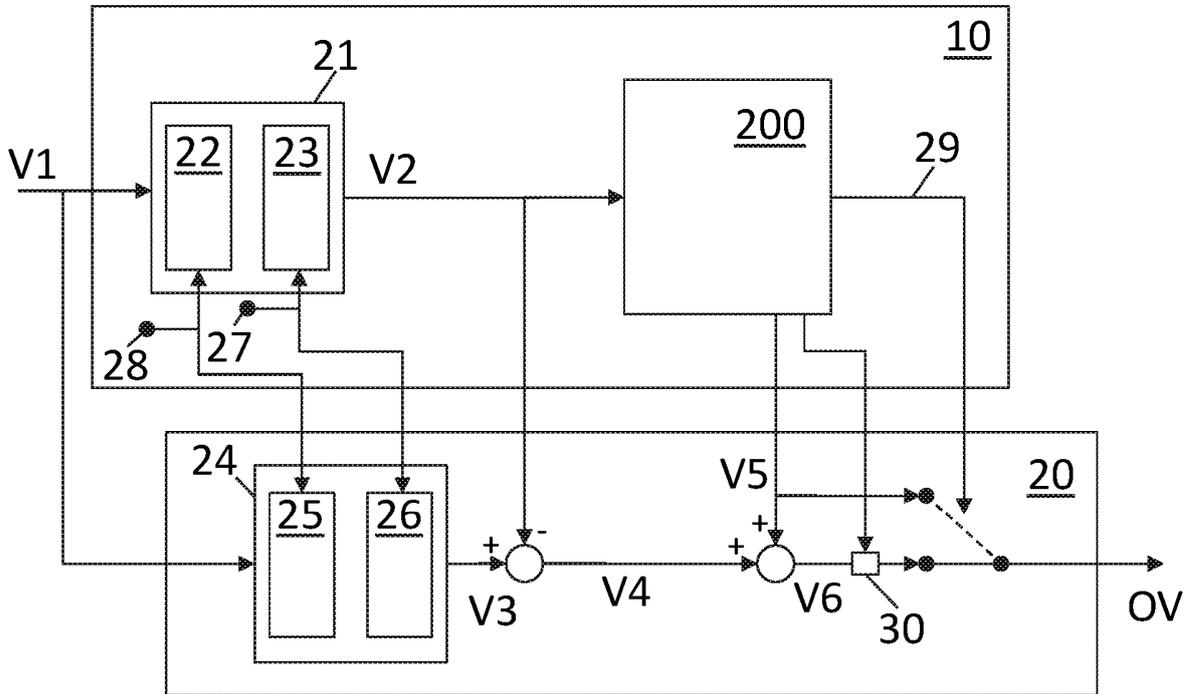


Fig. 3

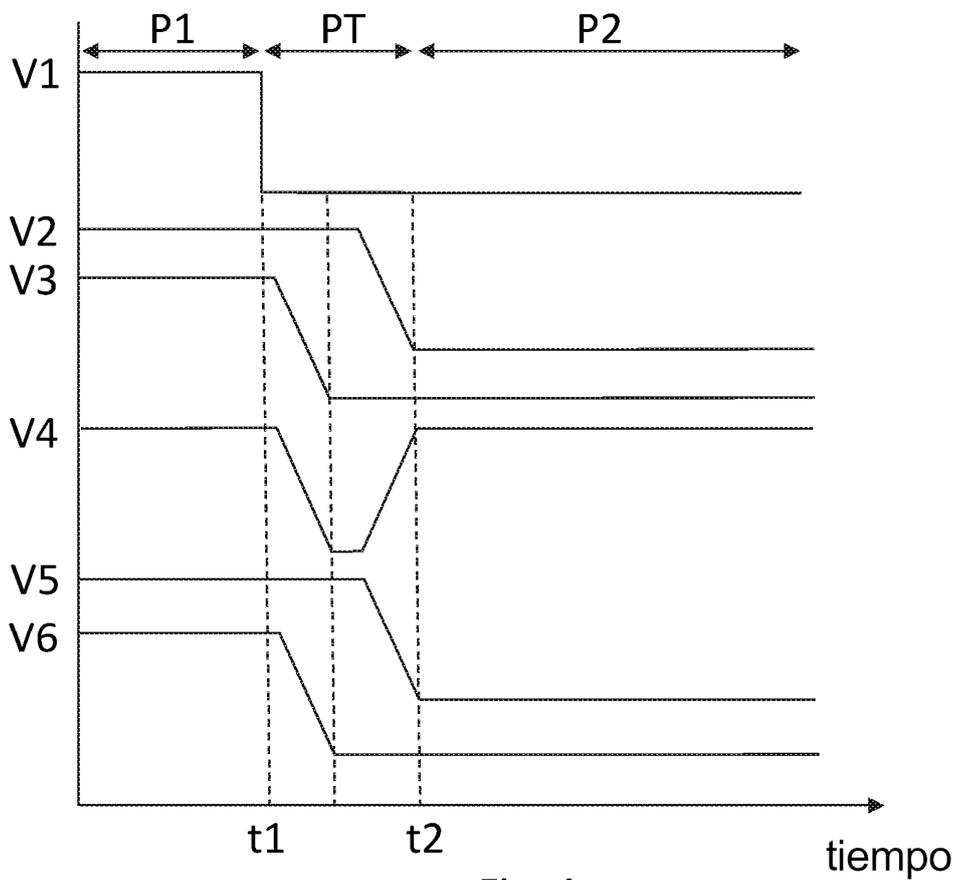


Fig. 4