

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 991 965**

(51) Int. Cl.:

F03D 7/00 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2021 PCT/CN2021/099410**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2022 WO22048228**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2021 E 21863297 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024 EP 4194684**

(54) Título: **Método y aparato de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica**

(30) Prioridad:

01.09.2020 CN 202010903660

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2024

(73) Titular/es:

GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.
(100.0%)
107 Shanghai Road Economic & Technological
Development Zone
Urumqi, Xinjiang 830026, CN

(72) Inventor/es:

KANG, WEIXIN;
ZHOU, GUILIN;
ZHANG, PENGFEI y
HUANG, XIAOFANG

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 991 965 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).

DESCRIPCION

Método y aparato de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica

5 CAMPO TECNICO

La presente divulgación se relaciona generalmente con el campo de las tecnologías de generación de potencia eólica, y más particularmente con un método de control de carga y un aparato de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica.

10 ANTECEDENTES

Uno de los principales objetivos de controlar la turbina eólica es reducir la carga del sistema y asegurar que opera de forma segura. Un valor de carga de cada componente estructural clave del sistema de generador de turbina eólica es la base más directa para determinar si se va a realizar un control de reducción de carga.

15 En un proceso de simulación, los parámetros de un controlador se ajustan a menudo de acuerdo con la secuencia temporal de carga para conseguir el control de carga de cada componente del sistema de generador de turbina eólica. En la operación real del sistema generador de turbina eólica, a menudo es requerida la instalación de un sensor de carga para obtener información de carga en tiempo real, pero dicho sensor de carga es muy caro de instalar, mantener y reemplazar, y no puede ser ampliamente utilizado en la actualidad. Una estrategia de control relativamente conservadora suele ser adoptada por un sistema de generador de turbina eólica actual sin el sensor de carga para asegurar que el sistema de generador de turbina eólica sea operado con seguridad. Sin embargo, correspondientemente no puede ser asegurado un rendimiento óptimo de generación de potencia para el sistema de generador de la turbina eólica.

25 Esto es, desde que un sensor de carga físico es caro e instalar y mantener el sensor de carga físico es difícil, el sensor de carga no puede instalarse para todos los sistemas de generador de turbina eólica operando en el sitio, y desde entonces no se puede conseguir monitorizar la carga en tiempo real. Sin embargo, el valor de carga de cada componente estructural clave determina si se requiere el control de reducción de carga y la extensión en la que se requiere ajustar un parámetro de control. Por lo tanto, en ausencia de datos de carga en tiempo real, sólo puede ser adoptada la estrategia de control conservadora, y no puede ser conseguida una capacidad óptima de generación de potencia.

30 En adición, es difícil obtener datos precisos y en tiempo real del recurso eólico para el sistema de generador de la turbina eólica in situ, porque los anemómetros de cabina y los medidores de dirección del viento instalados comúnmente en el sistema generador de la turbina eólica pueden ser perturbados por la rotación de los impulsores, resultando en una medición inexacta de la velocidad y dirección del viento. Mientras tanto, actualmente no hay ningún aparato de medición aplicable para medir otros parámetros de recursos eólicos, tales como la cizalladura del viento, el ángulo de entrada y similares. Si se utilizan parámetros de recursos eólicos en el sitio para inferir la carga, la inferencia puede estar limitada por la precisión de la detección y la característica de tiempo real de los parámetros de recursos eólicos.

40 El documento D1 (EP 2 302 206 A1) divulga un método para seleccionar una medida de reducción de carga para operar una máquina generadora de potencia, en particular una turbina eólica. El método incluye determinar una carga mecánica que actúa sobre un componente estructural de la máquina generadora de potencia, y seleccionar la medida de reducción de carga de entre al menos dos medidas de reducción de carga predeterminadas basadas en la carga mecánica determinada. Además, es descrito un sistema de control de carga de máquina, la máquina generadora de potencia y un programa de computador, que son todos adaptados para llevar a cabo y/o para controlar el método de control de operación descrito anteriormente.

45 El documento D2 (EP 3 260 700 A1) divulga un método basado en computador para predecir datos de operación de una primera turbina eólica, dicho método incluye los pasos de adquirir primeras características de entrada para la primera turbina eólica durante una fase operacional; transmitir las primeras características de entrada a un sensor suave, en donde el sensor suave es entrenable durante una fase de entrenamiento por medio de características de entrada de entrenamiento y un valor objetivo adquirido para una turbina eólica de entrenamiento durante una fase de entrenamiento; predecir los datos de operación por el sensor suave por medio de las primeras características de entrada.

RESUMEN

55 El propósito de las realizaciones ejemplares de la presente divulgación es proporcionar un método de control de carga y un aparato de control de carga para un sistema generador de turbina eólica para superar al menos una de las deficiencias anteriores.

60 En un aspecto general, se proporciona un método de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica, y el método de control de carga incluye: obtener parámetros de características del sistema de generador de turbina eólica para la predicción de carga; obtener un valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica por la entrada de los parámetros de características obtenidos en un sensor de carga virtual; ajustar una estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica basada en el valor de estimación de carga obtenido, en el que los parámetros de características para la predicción de carga incluyen: un parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica, un parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, un parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica, y una bandera preestablecida; y la bandera preestablecida incluye una bandera de evento

- 5 preestablecida y/o una bandera de fallo preestablecida, en donde el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica incluye un valor de estimación de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de predicción de carga después de una duración predeterminada, y el paso de ajustar la estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica basado en el valor de estimación de carga obtenido incluye: controlar el sistema de generador de turbina eólica para que realice una estrategia de control de cierre o una estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica, en el que el paso de controlar el sistema de generador de turbina eólica para que realice la estrategia de control de cierre o la estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica incluye: comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de riesgo de carga; controlar el sistema para la turbina eólica para realizar la estrategia de control de cierre y enviar una señal de alarma bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de riesgo de carga; comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de advertencia de carga bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real es menos que el umbral de riesgo de carga, en el que el umbral de advertencia de carga es menos que el umbral de riesgo de carga;
- 10 15 comparar el valor de predicción de carga con el umbral de riesgo de carga Bajo una condición de que sea determinado que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga; controlar el sistema para la turbina eólica para que realice la estrategia de control de reducción de carga bajo una condición de que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga.
- 20 En otro aspecto general, es proporcionado un aparato de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica, y el aparato de control de carga incluye: un módulo de obtención de parámetros de características para obtener parámetros de características utilizados por un sistema de generador de turbina eólica para la predicción de carga; un módulo de estimación de carga para obtener un valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica por la entrada de los parámetros de características obtenidos en un sensor de carga virtual; un módulo de ajuste de estrategia de control para ajustar una estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica dentro del valor de estimación de carga obtenido, en el que los parámetros de características para la predicción de carga incluyen: un parámetro de configuración del sistema generador de la turbina eólica, un parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, un parámetro de operación del sistema generador de la turbina eólica, y una bandera preestablecida; y la bandera preestablecida incluye una bandera de evento preestablecida y/o una bandera de fallo preestablecida, en donde el valor de estimación de carga del sistema generador de la turbina eólica incluye un valor de estimación de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de predicción de carga después de una duración predeterminada, y el módulo de ajuste de la estrategia de control (103) está configurado además para: controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar una estrategia de control de cierre o una estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica, en el que controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de cierre o la estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica incluye: comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de riesgo de carga; controlar el sistema para la turbina eólica para que realice la estrategia de control de cierre y envíe una señal de alarma Bajo una condición de que el valor de estimación de carga en tiempo real no sea menos que el umbral de riesgo de carga; comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de advertencia de carga Bajo una condición de que el valor de estimación de carga en tiempo real sea menos que el umbral de riesgo de carga, en el que el umbral de advertencia de carga sea menos que el umbral de riesgo de carga; comparar el valor de predicción de carga con el umbral de riesgo de carga Bajo una condición de que sea determinado que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga; controlar el sistema para la turbina eólica para realizar la estrategia de control de reducción de carga Bajo una condición de que el valor de predicción de carga no sea menos que el umbral de riesgo de carga.
- 25 30 35 40 45 En otro aspecto general, un controlador es proporcionado, y el controlador incluye: un procesador; memoria para almacenar un programa de computador el cual, cuando es ejecutado por el procesador, implementa el anterior método de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica.
- 50 En otro aspecto general, un medio legible por computador que almacena un programa de computador es proporcionado, y el programa de computador, cuando es ejecutado por un procesador, implementa el método de control de carga anterior para el sistema de generador de turbina eólica.
- 55 60 El método de control de carga y el aparato de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica según las realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden utilizar un sensor de carga virtual entrenado para lograr la monitorización en tiempo real de la carga del sistema de generador de turbina eólica en el sitio, y pueden proporcionar una referencia de ajuste de la estrategia de control según la carga, a fin de garantizar la seguridad del sistema de generador de turbina eólica sin reducir el rendimiento de generación de potencia del sistema de generador de turbina eólica.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Los anteriores y otros propósitos, características y ventajas de las realizaciones ejemplares de la presente divulgación se harán más evidentes por la siguiente descripción detallada tomada en conjunción con los dibujos adjuntos que muestran, a modo de ejemplo, las realizaciones.

- La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un método de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica según una realización ejemplar de la presente divulgación.
- Las Fig. 2 muestra un diagrama de flujo del paso de entrenamiento de un sensor de carga virtual de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo del paso de obtención de datos de simulación de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 4 muestra una vista esquemática del entrenamiento de un sensor de carga virtual de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 5 muestra un diagrama de flujo del paso de ajustar una estrategia de control de un sistema de generador de turbina eólica basado en un valor de estimación de carga según una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 6 muestra un diagrama de bloques de un aparato de control de carga para un sistema generador de turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 7 muestra una vista esquemática de un aparato de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
- La Fig. 8 muestra un diagrama de bloques de un controlador de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

DESCRIPCION DETALLADA

Diversas realizaciones ejemplares se describirán ahora más detalladamente con referencia a los dibujos que acompañan, algunas de las realizaciones ejemplares se muestran en los dibujos que acompañan.

La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un método de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica según una realización ejemplar de la presente divulgación. El método puede ser realizado por un controlador central del sistema generador de la turbina eólica, o por un controlador a nivel de sitio de un parque eólico, o por un dispositivo informático (tal como un terminal y un servidor) o similares. El dispositivo de computación anterior se refiere a un dispositivo que tiene capacidad para calcular, procesar y almacenar datos, y el dispositivo de computación puede ser, por ejemplo, un PC (computador personal) o el servidor. El dispositivo computador puede referirse a uno o más dispositivos computadores. Opcionalmente, el servidor puede ser un servidor, o un clúster de servidores compuesto por varios servidores, y también puede ser una plataforma de computación en la nube o un centro de virtualización. En la presente solicitud, se da un ejemplo ilustrativo en el que el método es realizado por el controlador central del sistema generador de turbina eólica, y el método puede incluir los siguientes pasos:

Con referencia a la Fig. 1, en el paso S10, son obtenidos los parámetros de características utilizados por el sistema generador de la turbina eólica para la predicción de la carga. Por ejemplo, el controlador central puede recibir los parámetros de característica enviados por cada sensor, y puede también leer parámetros de característica locales prealmacenados, lo que no está limitado por la presente divulgación.

En un ejemplo, los parámetros de característica para la predicción de carga pueden incluir: un parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica, un parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, un parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica, y una bandera preestablecida. Como un ejemplo, la bandera preestablecida puede incluir una bandera de evento preestablecido y/o una bandera de fallo preestablecido.

En el paso S20, se obtiene un valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica por la entrada de los parámetros de característica obtenidos en un sensor de carga virtual. Por ejemplo, el controlador central obtiene los parámetros de característica y entonces introduce los parámetros de característica obtenidos en el sensor de carga virtual, y una salida del sensor de carga virtual es el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica.

En una realización ejemplar de la presente divulgación, se utiliza un sensor de carga virtual preentrenado para obtener, basado en los parámetros de característica, el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica para conseguir monitorizar en tiempo real la carga del sistema de generador de turbina eólica.

Un proceso para entrenar el sensor de carga virtual será descrito a continuación con referencia de la Fig. 2 a la Fig. 4.

La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo del paso de entrenamiento de un sensor de carga virtual de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

Como se muestra en la Fig. 2, en el paso S201, se obtienen datos de simulación del sistema de generador de turbina eólica en todas las condiciones de operación.

Por ejemplo, los datos de simulación del sistema de generador de turbina eólica en todas las condiciones de operación pueden obtenerse desde una base de datos de simulación.

Las Fig. 3 muestra un diagrama de flujo del paso de obtención de datos de simulación desde una realización ejemplar de la presente divulgación.

Como se muestra en la Fig. 3, en el paso S021, se configura una entrada de simulación. Por ejemplo, una muestra de parámetro de viento y el parámetro de control pueden ser configurados.

En un ejemplo preferido, con el fin de realizar una predicción más precisa de la carga del sensor de carga virtual, cuando se calculan los datos de simulación, se requiere que se realice una configuración de la muestra de parámetros eólicos que pueda envolver todas las condiciones posibles en el sitio para causar tantas condiciones de carga como sea posible. Específicamente, pueden ser analizadas todas las condiciones de parámetros eólicos en datos históricos y pueden ser diseñados límites de parámetros eólicos para determinar una envolvente máxima y una envolvente mínima de la muestra de parámetros eólicos, y la combinación es realizada y el muestreo es realizado dentro de este rango. En el presente documento, la muestra de parámetros eólicos puede ser obtenidos por el uso de diversos métodos de muestreo, por ejemplo, el muestreo de Monte Carlo y similares, que no se describen en detalle en el presente documento.

En adición, considerando que bajo la misma condición de recurso eólico, diferentes estrategias de control y parámetros de control pueden afectar a la carga, diferentes parámetros de control pueden ser configurados durante la simulación, de modo que se puedan introducir parámetros de características relacionadas con el control en el entrenamiento virtual del sensor de carga.

En el paso S022, la simulación es realizada por un software de simulación por el uso de la muestra de parámetros eólicos y el parámetro de control para obtener una base de datos de simulación con buena cobertura, es decir, los datos de simulación del sistema generador de la turbina eólica bajo todas las condiciones de operación se incluyen en la base de datos de simulación.

Por ejemplo, diversos tipos de software de simulación de dinámica de corriente para el sistema de generador de turbina eólica tienen modelos de alta fidelidad para componentes clave del sistema de generador de turbina eólica, de modo que diversos software de simulación existentes pueden ser utilizados para obtener los datos de simulación del sistema de generador de turbina eólica basados en la muestra de parámetro de viento y el parámetro de control. Como un ejemplo, el software de simulación puede incluir, pero no limitado a, Bladed, HAWC2, FAST, FLEX, y similares.

En el paso S023, los datos de simulación del sistema de generador de turbina eólica en todas las condiciones de operación se obtienen de la base de datos de simulación, es decir, una matriz de características y una matriz de objetivos se extraen de la base de datos de simulación.

Por ejemplo, los datos de simulación en la base de datos de simulación pueden incluir, pero no limitarse a: el parámetro de configuración del sistema generador de turbina eólica, el parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, el parámetro de operación del sistema generador de turbina eólica, y la bandera preestablecida, y componentes de carga (por ejemplo, un valor de carga en un momento actual y un valor de carga después de una duración predeterminada).

En el presente documento, el parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica puede incluir todos los datos de operación prácticamente obtenibles en el sitio desde el sistema de generador de turbina eólica.

Como un ejemplo, el parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica puede incluir pero no limitarse a: velocidad del generador, aceleración del generador, par, potencia, ángulo de paso, tasa de paso, aceleración de paso, aceleración de cabina (adelante-atrás y lado-lado) y otras variables que reflejan un estado de operación actual del sistema de generador de turbina eólica.

En el presente documento, pueden instalarse diferentes sensores en diferentes sistemas de generadores de turbina eólica en el sitio, y así los datos de operación obtenibles de los sistemas de generadores de turbina eólica pueden ser diferentes. Con el fin de realizar una aplicación más amplia del sensor de carga virtual entrenado, deben introducirse tantos datos de operación obtenibles en el sitio desde los sistemas de generador de turbina eólica como sea posible. Por ejemplo, algunos sistemas generadores de turbina eólica están configurados con un radar láser y pueden obtener información relativamente precisa sobre la velocidad del viento, y por lo tanto, la información sobre la velocidad del viento puede ser introducida en el entrenamiento del sensor de carga virtual, es decir, la información sobre la velocidad del viento puede ser introducida en el parámetro de operación obtenido por el software de simulación.

Considerando que la mayoría de los sistemas de generadores de turbina eólica no están equipados con el sensor de carga y están limitados por las condiciones de los recursos eólicos y similares, las cargas extremas bajo muchas condiciones especiales pueden no ser excitadas en una corta duración. Por ejemplo, es posible que las ráfagas extremas no ocurran in situ en un corto periodo de tiempo, y así puede ser difícil obtener las condiciones de carga causadas por las ráfagas. Basado en el método de simulación anterior, pueden ser obtenidos datos de simulación de alta fidelidad y cobertura completa, de modo que los datos para el entrenamiento del sensor de carga virtual pueden ser extraídos de los datos de simulación. En el presente documento, los datos de simulación para el entrenamiento pueden recopilarse en el sitio, de modo que el sensor de carga virtual entrenado de acuerdo con los datos de simulación pueda ser aplicado al sistema de generador de turbina eólica en el sitio.

En una realización ejemplar de la presente divulgación, se consideran los efectos de diferentes estrategias de control y parámetros de control cuando es calculada la base de datos de simulación, de modo que la base de datos de simulación tiene una cobertura relativamente buena, y puede ser posible introducir información de dimensión de control cuando es entrenado el sensor de carga virtual.

5

Con referencia a la Fig. 2, en el paso S202, la matriz de características y la matriz de objetivo se construyen basadas en los datos de simulación.

10 En el presente documento, la matriz de características se compone de los parámetros de características para la predicción de carga extraídos de los datos de simulación, y la matriz de objetivo se compone del valor de carga en tiempo real en el momento actual y el valor de carga después de la duración predeterminada extraída de los datos de simulación.

15 Por ejemplo, la matriz de características y la matriz de objetivo son construidas por el uso del parámetro de configuración, el parámetro de operación en cada paso de tiempo, la bandera preestablecida, el parámetro de control, el valor de carga en el momento actual y el valor de carga después de la duración predeterminada que se extraen de los datos de simulación.

20 En el paso S203, el sensor de carga virtual es entrenado por la utilización de la matriz de características como entrada del sensor virtual y la matriz de objetivo como salida del sensor de carga virtual.

20

La Fig. 4 muestra una vista esquemática del entrenamiento de un sensor de carga virtual de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

25 Como se muestra en la FIG. 4, la matriz de características es la entrada del sensor de carga virtual, y puede incluir: el parámetro de operación del sistema del generador de la turbina eólica, el parámetro de control, el parámetro de configuración y la bandera predeterminada. La matriz de objetivo es la salida del sensor de carga virtual y puede incluir: el valor de carga en el momento actual y el valor de carga después de la duración predeterminada.

30 En el presente documento, la matriz de características y la matriz de objetivo son construidas por la extracción, de acuerdo con un paso de tiempo determinado, de las variables anteriores a partir de los datos de simulación de temporización, respectivamente. Un grupo de datos extraídos en cada paso de tiempo determinado es una muestra de entrenamiento, es decir, un grupo de datos extraídos en cada paso de tiempo determinado compone una fila de la matriz de características y la matriz de objetivo. Como un ejemplo, el paso de tiempo determinado puede ser consistente con un paso de tiempo de operación de un controlador en el sitio, o puede establecerse como un múltiplo predeterminado del paso de tiempo de operación.

35

En un ejemplo, el parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica incluido en la matriz de características puede incluir pero no limitado a: velocidad nominal, potencia nominal, un ángulo de paso mínimo, etc.

40

En un ejemplo, el parámetro de configuración puede convertirse en una diferencia y añadirse dentro de la matriz de características, por ejemplo, la velocidad nominal puede referirse a una desviación de una velocidad nominal actual desde la velocidad nominal.

45

Un parámetro de control de una estrategia de reducción de carga incluido en la matriz de características puede referirse al parámetro de control utilizado en esta simulación, incluyendo principalmente un parámetro común de la estrategia de reducción de carga.

50

En un ejemplo, ciertos parámetros pueden ser cambiados cuando el parámetro de control es introducido dentro de la matriz de características. Por ejemplo, para un caso donde la estrategia de control es incrementar un valor de ángulo de paso, por ejemplo, el ángulo de paso se cambia de un ángulo de paso óptimo θ_1 a θ_2 , $\theta_2 > \theta_1$, y en este caso, un rango de un cambio de ángulo de paso es de interés, y así ($\theta_2 - \theta_1$) puede ser introducido como el parámetro de control dentro de la matriz de características.

55

Los parámetros de operación incluidos en la matriz de características son datos de operación que pueden obtenerse en el sitio y pueden extraerse de acuerdo con el paso de tiempo determinado. La tasa de paso obtenida en cada momento puede diferenciarse para obtener los parámetros de características que no pueden obtenerse directamente en el sitio, tales como la aceleración de paso y similares.

60

La bandera preestablecida incluida en la matriz de características puede incluir, pero no limitarse a, una bandera de sobre velocidad, una bandera de cierre normal y similares. Por ejemplo, cada bandera puede convertirse en una bandera 0/1 que es 0 en cada paso de tiempo determinado antes de ser activada y 1 en cada paso de tiempo determinado después de ser activada, y la bandera puede ser añadida a la matriz de características para permitir que el sensor de carga virtual contenga datos de operación relativamente completados del sistema de generador de turbina eólica, lo que es beneficioso para mejorar la precisión del sensor de carga virtual.

65

En la matriz de características utilizada para el entrenamiento del sensor de carga virtual, son considerados los datos de estado de operación en tiempo real y una bandera de fallo/evento del sistema de generador de la turbina eólica, con lo que se evita la utilización de los datos de recursos eólicos que no pueden ser medidos con precisión en el sitio en tiempo real.

5 Los componentes de carga incluidos en la matriz de objetivo pueden incluir, pero no estar limitados a: una carga en la raíz de la cuchilla (M_{xy}), una carga en el cubo fijo (M_y), una carga en la parte superior de la torre (M_{xy}), una carga en la parte inferior de la torre (M_{xy}) y otros componentes de carga que requieran ser monitorizados. Como un ejemplo, una longitud de la duración predeterminada puede ser seleccionada en conjunción con precisión de un valor de predicción de carga y una duración de ajuste requerida para controlar la reducción de carga.

10 La matriz de objetivo utilizada para el entrenamiento virtual del sensor de carga incluye un valor de carga para un periodo de tiempo en el futuro, lo que hace posible predecir el valor de carga, de modo que la reducción de carga y la advertencia temprana para posibles cargas peligrosas puedan realizarse por adelantado.

15 En un ejemplo, el sensor de carga virtual puede ser entrenado y construido por el uso de un algoritmo de red neuronal bien establecido en el campo del aprendizaje profundo, tal como una red neuronal cíclica, una red neuronal convolucional, y similares, y un método de utilización y un proceso de entrenamiento del algoritmo no son descritos en detalle en la presente divulgación. Se entiende que, la presente divulgación no se limita a esto, y otros algoritmos de aprendizaje de maquina y aprendizaje profundo pueden ser utilizados para construir el sensor de carga virtual.

20 En un ejemplo preferido, tras superar una evaluación de un conjunto de datos de simulación, es requerido además que el sensor de carga virtual se pruebe con un conjunto de datos medidos en el sitio y se corrija para eliminar una posible desviación entre un sistema de modelo de simulación y un sistema de turbina eólica real.

25 Por ejemplo, un sistema de generador de turbina eólica provisto de un sensor de carga físico en el parque eólico puede ser seleccionado, y un valor de medición de carga real del sistema de generador de turbina eólica recogido por el sensor de carga físico puede ser utilizado para corregir el sensor de carga virtual.

30 Refiriéndose de vuelta a la Fig. 1, en el paso S30, la estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica es ajustada basada en el valor de estimación de carga obtenido.

35 Como un ejemplo, el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica puede incluir un valor de estimación de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de predicción de carga después de una duración predeterminada. En este caso, el sistema de generador de turbina eólica puede ser controlado para realizar una estrategia de control de cierre o una estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica.

40 La Fig.5 muestra un diagrama de flujo del paso de ajustar una estrategia de control de un sistema de generador de turbina eólica basado en un valor de estimación de carga de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

Como se muestra en la Fig. 5, en el paso S301 es obtenido el valor de estimación de carga en tiempo real emitido por el sensor de carga virtual.

45 En el paso S302, el valor de estimación de carga en tiempo real es comparado con un umbral de riesgo de carga, es decir, se determina si el valor de estimación de carga en tiempo real es menos que el umbral de riesgo de carga.

En el presente documento, el umbral de riesgo de carga puede ser configurado de acuerdo con la precisión del sensor de carga virtual o un requerimiento en el sitio.

50 Bajo una condición de que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que (es decir, mayor que o equivalente a) el umbral de riesgo de carga es realizado el paso S303: controlar el sistema para la turbina eólica para realizar la estrategia de control de desconexión, y mientras tanto, puede enviarse una señal de alarma.

55 Bajo una condición de que el valor de estimación de carga en tiempo real sea menor que el umbral de riesgo de carga, se realiza el paso S304: comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de advertencia de carga, es decir, determinar si el valor de estimación de carga en tiempo real es menor que el umbral de advertencia de carga.

60 En el presente documento, el umbral de alerta de carga es menos que el umbral de riesgo de carga. Por ejemplo, el umbral de advertencia de carga puede ser establecido de acuerdo con la precisión del sensor de carga virtual o el requerimiento en el sitio.

65 Bajo una condición de que se determine que el valor de estimación de carga en tiempo real es menor que el umbral de advertencia de carga, se considera que no hay anomalía y, en este caso, es realizado el paso S307: continuar monitorizando la carga. Por ejemplo, los parámetros de característica utilizados por el sistema de generador de turbina eólica para la predicción de carga se obtienen continuamente, y el valor de estimación de carga se obtiene basado en el

- sensor de carga virtual para ajustar la estrategia de control.
- Bajo una condición de que se determina que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga, se realiza el paso S305: obtención del valor de predicción de carga emitido por el sensor de carga virtual.
- En el paso S306, el valor de predicción de carga se compara con el umbral de riesgo de carga, es decir, es determinado si el valor de predicción de carga es menor que el umbral de riesgo de carga.
- 10 Bajo una condición de que el valor de predicción de carga es menor que el umbral de riesgo de carga, se realiza el paso S307.
- Es decir, en este caso, se muestra que el valor de estimación de carga en tiempo real en el momento actual es mayor o equivalente al umbral de advertencia de carga, pero un valor de predicción de carga para un período de tiempo en el futuro es menor que el umbral de riesgo de carga, y de modo que se considera que puede existir una fluctuación de la carga o que una estrategia de control existente está funcionando, por lo que no se toma ninguna acción temporalmente, y se continúa monitorizando un cambio de carga.
- 15 Bajo una condición de que el valor de predicción de carga no sea menor que el umbral de riesgo de carga, el sistema generador de turbina eólica es controlado para realizar la estrategia de control de reducción de carga.
- 20 Es decir, bajo una condición en la que el valor de predicción de carga para el período de tiempo en el futuro es mayor o equivalente al umbral de riesgo de carga, se considera que la carga es demasiado grande y el sistema de generador de turbina eólica tiene un riesgo potencial, y así es requerido un intento de reducción de carga, es decir, es proporcionada una referencia rápida para ajustar la estrategia de control basada en un resultado de salida del sensor de carga virtual.
- 25 Por ejemplo, en el paso S308, se determina si existe una bandera preestablecida que indique un estado válido.
- 30 Como un ejemplo, la bandera preestablecida puede incluir una pluralidad de banderas, un valor de cada bandera incluye un primer valor y un segundo valor, el primer valor (por ejemplo, un valor de 1) representa que la bandera indica el estado válido, es decir, un evento indicado por la bandera ocurre, y el segundo valor (por ejemplo, un valor de 0) representa que la bandera indica un estado inválido, es decir, un evento indicado por la bandera no ocurre.
- 35 Por ejemplo, en el paso S308, puede determinarse si existe la bandera preestablecida que indica el estado válido por la detección de si existe la bandera preestablecida establecida en 1.
- 40 Bajo una condición de que exista la bandera preestablecida que indica el estado válido, se realiza el paso S309: determinar si se ha realizado el ajuste, es decir, determinar si se ha realizado un proceso de reducción de carga basado en la estrategia de control correspondiente a la bandera preestablecida.
- 45 Bajo una condición en la que el ajuste se ha realizado, es decir, el proceso de reducción de carga se ha llevado a cabo basado en la estrategia de control correspondiente a la bandera preestablecida, el flujo de ajuste regresa al paso S301 para continuar determinando, basado en el sensor de carga virtual, el valor de estimación de carga del sistema del generador de la turbina eólica para conseguir monitorizar la carga en tiempo real.
- 50 Bajo una condición de que no se haya realizado el ajuste, es decir, que no se haya realizado el proceso de reducción de carga basado en la estrategia de control correspondiente a la bandera preestablecida, es realizado el paso S310: determinar, basado en una estrategia de control correspondiente cuando ocurre un evento indicado por la bandera preestablecida, un parámetro de control ajustable.
- 55 Por ejemplo, un parámetro de control bajo la estrategia de control correspondiente cuando el evento indicado por la bandera preestablecida ocurre puede ser determinado como el parámetro de control ajustable, el parámetro de control ajustable puede ser determinado basado en un valor de carga objetivo después de la reducción de carga (un valor de carga objetivo esperado por la estrategia de control de reducción de carga), y el parámetro de control ajustable determinado puede ser utilizado para reemplazar un parámetro de control correspondiente de los parámetros de característica para la predicción de carga, de modo que un valor de estimación de carga puede ser re-determinado por la entrada de los parámetros de característica actualizados al sensor de carga virtual.
- 60 Opcionalmente, puede determinarse un valor óptimo del parámetro de control ajustable basado en el valor de carga objetivo después de la reducción de carga, y puede conseguirse un propósito de reducción de carga por la realización de una operación de reducción de carga. Sin embargo, la presente divulgación no se limita a esto, y el parámetro de control ajustable puede ser ajustado gradualmente por la repetición de la operación para conseguir un efecto de reducción de carga.
- 65 Bajo una condición de que la bandera preestablecida que indica el estado válido no existe, se realiza el paso S311: determinar si una duración en la que el valor de predicción de carga no es menor que el umbral de riesgo de carga es

mayor que un umbral de duración, y determinar si la carga es reducida en la duración.

5 Bajo una condición en la que la duración en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga no es mayor que el umbral de duración, y/o se determina que la carga es reducida en la duración, el flujo de ajuste regresa al paso S301 para continuar determinando, basado en el sensor de carga virtual, el valor de estimación de carga del sistema de la turbina eólica para conseguir monitorizar la carga en tiempo real.

10 Bajo una condición de que la duración en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga es mayor que el umbral de duración, y es determinado que la carga no es reducida en la duración, es realizado el paso S312: determinar un parámetro de control predefinido como el parámetro de control ajustable.

15 En un ejemplo, el parámetro de control predefinido puede referirse a un valor de tasa de paso, es decir, el valor de tasa de paso es determinado como el parámetro de control ajustable, y el valor de tasa de paso es determinado por el valor de carga objetivo después de la reducción de la carga, y el valor de tasa de paso determinado es utilizado para reemplazar un parámetro correspondiente de los parámetros de características para la predicción de la carga (es decir, un valor de tasa de paso anterior es reemplazado), de modo que el valor de estimación de la carga puede ser redeterminado por la entrada de los parámetros de características actualizados al sensor de carga virtual.

20 Opcionalmente, puede ser determinado un valor óptimo del valor de la tasa de paso basado en el valor de carga objetivo después de la reducción de carga, y puede ser conseguido un propósito de reducción de carga por la realización de una operación de reducción de carga. Sin embargo, la presente divulgación no se limita a esto, y el valor de la tasa de paso puede ser ajustada gradualmente por la repetición de la operación para conseguir el efecto de reducción de carga.

25 Porque la matriz de característica anterior para entrenar el sensor de carga virtual incluye el parámetro de control, un parámetro de control óptimo que satisface un requerimiento de carga puede ser encontrado rápidamente de acuerdo con diferentes parámetros de control en los pasos anteriores, proporcionando así una base para la reducción de carga.

30 La FIG. 6 muestra un diagrama de bloques de un aparato de control de carga para un sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

Como se muestra en La FIG. 6, un aparato de control de carga 100 para el sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación incluye: un módulo de obtención de parámetros de características 101, un módulo de estimación de carga 102, y un módulo de ajuste de estrategia de control 103.

35 Específicamente, el módulo de obtención de parámetros de características 101 está configurado para obtener los parámetros de características utilizados por el sistema generador de la turbina eólica para la predicción de carga.

40 En un ejemplo, los parámetros de características para la predicción de carga pueden incluir: el parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica, el parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, el parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica y la bandera preestablecida. Como un ejemplo, la bandera preestablecida puede incluir la bandera de evento preestablecido y/o la bandera de fallo preestablecido.

45 El módulo de estimación de carga 102 está configurado para obtener el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica por la entrada de los parámetros de característica obtenidos dentro del sensor de carga virtual;

En una realización ejemplar de la presente divulgación, el módulo de estimación de carga 102 está configurado para utilizar un sensor de carga virtual preentrenado para obtener, basado en los parámetros de característica, el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica para conseguir monitorizar en tiempo real la carga del sistema de generador de turbina eólica.

50 En un ejemplo, el aparato de control de carga 100 para el sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación incluye además: un módulo de entrenamiento 104 y un módulo de creación de base de datos de simulación 105.

55 Como se muestra en la Fig. 7, el módulo de construcción de la base de datos de simulación 105 puede construir cálculos de simulación de acuerdo con la muestra de parámetros eólicos y diferentes estrategias de control para obtener una base de datos de simulación con alta fidelidad y buena cobertura, y el módulo de entrenamiento 104 extrae el parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica, el parámetro de control, el parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica, la bandera preestablecida y los componentes de carga de la base de datos de simulación para el entrenamiento del sensor de carga virtual.

60 El módulo de entrenamiento 104 utiliza la matriz de características y la matriz de objetivos construidas sobre la base de los datos de simulación, y utiliza un algoritmo de aprendizaje profundo o un algoritmo de aprendizaje de maquina (por ejemplo, la red neuronal) para entrenar el sensor de carga virtual, y puede utilizar datos en el sitio del sensor de carga físico para corregir el sensor de carga virtual.

El módulo de estimación de carga 102 utiliza el sensor de carga virtual para monitorizar la carga cuando el sistema de generador de turbina eólica opera realmente, y puede obtener el valor de estimación de carga en tiempo real en el momento actual y el valor de predicción de carga después de la duración predeterminada.

- 5 El módulo de ajuste de la estrategia de control 103 está configurado para ajustar la estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica basado en el valor de estimación de carga obtenido.

Por ejemplo, el módulo de ajuste de la estrategia de control 103 puede determinar, basado en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica, y de acuerdo con el 10 umbral de advertencia de carga y el umbral de riesgo de carga preestablecidos, si se requiere control de reducción de carga o cierre.

Cuando el módulo de ajuste de la estrategia de control 103 determina que es requerido el control de reducción de carga, 15 puede ajustarse un parámetro de control de corriente de acuerdo con las recomendaciones para el ajuste de los parámetros de control proporcionadas por el módulo de ajuste de la estrategia de control 103, de modo que se controle el sistema generador de la turbina eólica.

Por ejemplo, el módulo de ajuste de la estrategia de control 103 puede comparar el valor de estimación de carga en tiempo 20 real con el umbral de riesgo de carga. Bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de riesgo de carga, el sistema para la turbina eólica se controla para realizar la estrategia de control de desconexión, y se envía la señal de alarma. Bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real es menos que el umbral de riesgo de carga, el valor de estimación de carga en tiempo real se compara con el umbral 25 de advertencia de carga. En el presente documento, el umbral de advertencia de carga es menos que el umbral de riesgo de carga.

Bajo una condición en la que es determinado que el valor de estimación de carga en tiempo real es menor que el umbral 30 de advertencia de carga se continúa monitorizando la carga. Bajo una condición de que es determinado que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga, el valor de predicción de carga es comparado con el umbral de riesgo de carga.

Bajo una condición en la que el valor de predicción de carga es menos que el umbral de riesgo de carga, se continúa 35 monitorizando la carga. Bajo una condición en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga, el sistema para la turbina eólica es controlado para realizar la estrategia de control de reducción de carga.

Por ejemplo, es determinado si la bandera preestablecida que indica el estado válido existe, y bajo una condición que la 40 bandera preestablecida que indica el estado válido existe, es determinado si el ajuste ha sido realizado. Bajo una condición en la que se ha realizado el ajuste, el valor de estimación de carga del sistema de generador de turbina eólica es determinado continuamente basado en el sensor de carga virtual para conseguir monitorizar la carga en tiempo real.

Bajo una condición en la que el ajuste no se ha realizado, el parámetro de control ajustable se determina basado en la 45 estrategia de control correspondiente cuando ocurre el evento indicado por la bandera preestablecida. Por ejemplo, el parámetro de control bajo la estrategia de control correspondiente cuando ocurre el evento indicado por la bandera preestablecida puede ser determinado como el parámetro de control ajustable, el parámetro de control ajustable puede ser determinado basado en el valor de carga objetivo después de la reducción (el valor de carga objetivo esperado por la estrategia de control de reducción de carga), y el parámetro de control ajustable determinado puede ser utilizado para reemplazar el parámetro de control correspondiente de los parámetros de características para la predicción de carga, de modo que el valor de estimación de carga puede ser re-determinado por la entrada de los parámetros de características actualizados al sensor de carga virtual.

Bajo una condición en la que la bandera preestablecida que indica el estado válido no existe, se determina si la duración 50 en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga es mayor que el umbral de duración, y se determina si la carga es reducida en la duración.

Bajo una condición en la que la duración en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo 55 de carga no es mayor que el umbral de duración, y/o se determina que la carga no es reducida en la duración, se continúa monitorizando la carga en tiempo real.

Bajo una condición en la que la duración en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo 60 de carga es mayor que el umbral de duración, y es determinado que la carga no es reducida en la duración, un parámetro de control predefinido es determinado como el parámetro de control ajustable.

En un ejemplo, el parámetro de control predefinido puede referirse al valor de la tasa de paso, es decir, el valor de la tasa 65 de paso es determinado como el parámetro de control ajustable, el valor de la tasa de paso es determinado por el valor de la carga objetivo después de la reducción de la carga, y el valor de la tasa de paso determinado es utilizado para reemplazar el parámetro correspondiente de los parámetros de características para la predicción de la carga, de modo que el valor de estimación de la carga puede ser re-determinado por la entrada de los parámetros de características

actualizados al sensor de carga virtual.

La Fig. 8 muestra un diagrama de bloques de un controlador de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

Como se muestra en la Fig. 8, un controlador 200 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación incluye: un procesador 201 y memoria 202.

Especificamente, la memoria 202 se utiliza para almacenar un programa de computador que, cuando se ejecuta por el procesador 201, implementa el método de control de carga anterior para el sistema de generador de turbina eólica.

En el presente documento, el método de control de carga para el sistema generador de turbina eólica mostrado en la Fig. 1 puede ser implementado en el procesador 201 mostrado en la Fig. 8. Es decir, los módulos mostrados en la Fig. 6 pueden ser implementados por un procesador de hardware de propósito general tal como un procesador de señal digital, una formación de puertas programable de campo, y similares, y pueden ser implementados por un procesador de hardware dedicado tal como un chip dedicado, y similares, y pueden ser implementados en forma de software enteramente por el programa de computador, por ejemplo, pueden ser implementados como módulos en el procesador 201 mostrado en la Fig. 8.

De acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, es proporcionado un medio legible por computador de almacenamiento que almacena un programa de computador. El medio de almacenamiento legible por computador almacena un programa de computador que, cuando es ejecutado por un procesador, causa que el procesador implemente el anterior método de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica. El medio de almacenamiento legible por computador es cualquier aparato de almacenamiento de datos que puede almacenar datos leídos por un sistema de computador. Ejemplos del medio de almacenamiento legible por computador incluyen: memoria de solo lectura, memoria de acceso aleatorio, un disco óptico de solo lectura, una cinta magnética, un disquete, un aparato de almacenamiento óptico de datos, y una onda portadora (tal como transmisión de datos a través de Internet por trayectorias de transmisión alámbricas o inalámbricas).

El método de control de carga y el aparato de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden sustituir al sensor de carga físico para monitorizar los datos de carga en tiempo real de los componentes estructurales clave del sistema de generador de turbina eólica que operan en el sitio, y pueden proporcionar una predicción de carga a corto plazo por adelantado, y así prejuzgar una tendencia de desarrollo de carga, controlar el sistema de generador de turbina eólica según el resultado prejuzgado, y maximizar la capacidad de generación de energía bajo la premisa de garantizar la seguridad del sistema de generador de turbina eólica.

En adición, el método de control de carga y el aparato de control de carga para el sistema generador de turbina eólica de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente divulgación están cercanos a las condiciones reales in situ, pueden monitorizar en tiempo real y predecir a corto plazo la carga en el sitio, y pueden proporcionar una referencia para ajustar el parámetro de control.

En adición, el sensor de carga virtual de acuerdo con la realización ejemplar de la presente divulgación no necesita distinguir las condiciones de funcionamiento del sistema de generador de turbina eólica, y toda la información a ser considerada (por ejemplo, un estado de funcionamiento actual del sistema de generador de turbina eólica, información de fallos/eventos, y similares.) ha sido incluido en la matriz de características utilizada cuando se entrena el modelo, es decir, la información ha sido internalizada en el sensor de carga virtual, que es más completo en lógica. Al mismo tiempo, los efectos de los parámetros de control sobre la carga también son consideradas en la matriz de características, de modo que el sensor de carga virtual puede obtener un valor de carga relativamente preciso cuando son utilizados diversos parámetros de control en el sistema del generador de la turbina eólica. También pueden ser proporcionadas las recomendaciones para el ajuste de los parámetros de control cuando la carga excede el umbral de advertencia de carga para conseguir una reducción rápida y precisa de la carga.

Mientras que la presente divulgación se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a sus realizaciones ejemplares, los expertos en la materia comprenderán que pueden realizarse diversos cambios en la forma y los detalles sin apartarse del ámbito de la presente divulgación tal como se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de carga para un sistema generador de turbina eólica, en el que el método de control de carga comprende:
- 5 obtener (S10) parámetros de características del sistema de generador de turbina eólica para la predicción de la carga;
- 10 obtener (S20) un valor de estimación de carga del sistema generador de la turbina eólica por la entrada de los parámetros de características obtenidos en un sensor de carga virtual;
- 15 ajustar (S30) una estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica basada en el valor de estimación de carga obtenido,
- 20 en el que los parámetros de característica para la predicción de carga comprenden: un parámetro de configuración del sistema de generador de turbina eólica, un parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, un parámetro de operación del sistema de generador de turbina eólica, y una bandera preestablecida; y
- 25 la bandera preestablecida comprende una bandera de evento preestablecido y/o una bandera de fallo preestablecido,
- 30 en el que el valor de estimación de carga del sistema de generador de la turbina eólica comprende un valor de estimación de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de predicción de carga después de una duración predeterminada,
- 35 el paso de ajustar (S30) la estrategia de control del sistema de generador de turbina eólica basado en el valor de estimación de carga obtenido comprende:
- 40 controlar el sistema del generador de la turbina eólica para realizar una estrategia de control de parada o una estrategia de control de reducción de la carga basada en el valor de estimación de la carga en tiempo real y el valor de predicción de la carga del sistema del generador de turbina eólica,
- 45 en el que el paso de controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de cierre o la estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema de generador de turbina eólica comprende:
- 50 comparar (S302) el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de riesgo de carga;
- 55 controlar (S303) el sistema de generador de la turbina eólica para realizar la estrategia de control de desconexión y enviar una señal de alarma bajo una condición de que el valor de estimación de carga en tiempo real no sea menos que el umbral de riesgo de carga; **caracterizado por**
- 60 comparar (S304) el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de advertencia de carga bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real es menos que el umbral de riesgo de carga, en el que el umbral de advertencia de carga es menos que el umbral de riesgo de carga;
- 65 comparar (S306) el valor de predicción de carga con el umbral de riesgo de carga bajo una condición en la que es determinado que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga;
- 70 controlar el sistema para controlar la turbina eólica para realizar la estrategia de control de reducción de carga bajo una condición en la que el valor de predicción de carga no es menos que el umbral de riesgo de carga.
2. El método de control de carga de acuerdo con la reivindicación 1, en el que comprende el paso de controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de reducción de carga comprende:
- 75 determinar (S308) si existe una bandera preestablecida que indica un estado válido;
- 80 determinar (S310), basado en una estrategia de control correspondiente cuando ocurre un evento indicado por la bandera preestablecida, un parámetro de control ajustable bajo una condición de que la bandera preestablecida que indica el estado válido existe;
- 85 determinar (S312) un parámetro de control predefinido como parámetro de control ajustable bajo una condición en la que la bandera preestablecida que indica el estado válido no existe;
- 90 redeterminar un valor de estimación de carga por el uso del parámetro de control ajustable determinado para reemplazar un parámetro de control correspondiente de los parámetros de características para la predicción de carga.
3. El método de control de carga según la reivindicación 1, en el que el sensor de carga virtual se entrena por:
- 95 obtener (S201) datos de simulación del sistema de generador de turbina eólica bajo todas las condiciones de operación;
- 100 construir (S202), basado en los datos de simulación, una matriz de características y una matriz de

objetivo, en el que la matriz de características se compone de los parámetros de características para la predicción de carga extraídos de los datos de simulación, y la matriz de objetivo se compone de un valor de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de carga después de una duración predeterminada extraída de los datos de simulación;

5 entrenar (S203) el sensor de carga virtual por la utilización de la matriz de características como entrada del sensor de carga virtual y la matriz de objetivo como salida del sensor de carga virtual.

4. El método de control de carga según la reivindicación 3, que comprende además:
corregir el sensor de carga virtual por un valor de medición de carga real del sistema de generador de
turbina eólica recogido por un sensor de carga físico.

5. Un aparato de control de carga (100) para un sistema generador de turbina eólica, en el que el aparato de control de carga comprende:

15 un módulo de obtención de parámetros de características (101) configurado para obtener parámetros de características utilizados por un sistema de generador de turbina eólica para la predicción de carga; un módulo de estimación de carga (102) configurado para obtener un valor de estimación de carga del sistema de generador de la turbina eólica por la entrada de los parámetros de características obtenidos en un sensor de carga virtual;

en un sensor de carga virtual, un módulo de ajuste de la estrategia de control (103) configurado para ajustar una estrategia de control del sistema generador de la turbina eólica basado en el valor de estimación de carga obtenido, en el que los parámetros de características para la predicción de carga comprenden: un parámetro de configuración del sistema generador de la turbina eólica, un parámetro de control correspondiente a la estrategia de control utilizada, un parámetro de operación del sistema generador de la turbina eólica, y una bandera preestablecida; y

una bandera preestablecida; y
la bandera preestablecida comprende una bandera de evento preestablecido y/o una bandera de fallo preestablecido,
en el que el valor de estimación de carga del sistema de generador de la turbina eólica comprende un valor de estimación de carga en tiempo real en un momento actual y un valor de predicción de carga después de una duración predeterminada,

30 el módulo de ajuste de la estrategia de control (103) está configurado además para:
controlar el sistema del generador de la turbina eólica para realizar una estrategia de control

35 de cierre o una estrategia de control de reducción de la carga basada en el valor de estimación
de la carga en tiempo real y el valor de predicción de la carga del sistema de generador de
turbina eólica,
en el que controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de

35 en el que controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de cierre o la estrategia de control de reducción de carga basada en el valor de estimación de carga en tiempo real y el valor de predicción de carga del sistema del generador de la turbina eólica comprende:

comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de riesgo de

40 comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de riesgo de carga; controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de

controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de cierre y enviar una señal de alarma bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real no sea menor que el umbral de riesgo de carga; **caracterizado por**

45 comparar el valor de estimación de carga en tiempo real con un umbral de advertencia de carga bajo una condición en la que el valor de estimación de carga en tiempo real es menos que el umbral de riesgo de carga, en el que el umbral de advertencia de carga es menor que el umbral de riesgo de carga;

50 comparar el valor de predicción de carga con el umbral de riesgo de carga bajo una condición en la que se determina que el valor de estimación de carga en tiempo real no es menos que el umbral de advertencia de carga;

controlar el sistema de generador de turbina eólica para realizar la estrategia de control de reducción de carga bajo una condición en la que el valor de predicción de carga no sea menor que el umbral de riesgo de carga.

55 6. Un controlador (200) que comprende:
un procesador (201);
una memoria (202) para almacenar un programa de computador que, cuando es ejecutado por el
procesador (201), implementa el método de control de carga para el sistema de generador de turbina
eólica, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
60

7. Un medio de almacenamiento legible por computador que almacena un programa de computador que, cuando es ejecutado por un procesador (201), implementa el método de control de carga para el sistema de generador de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

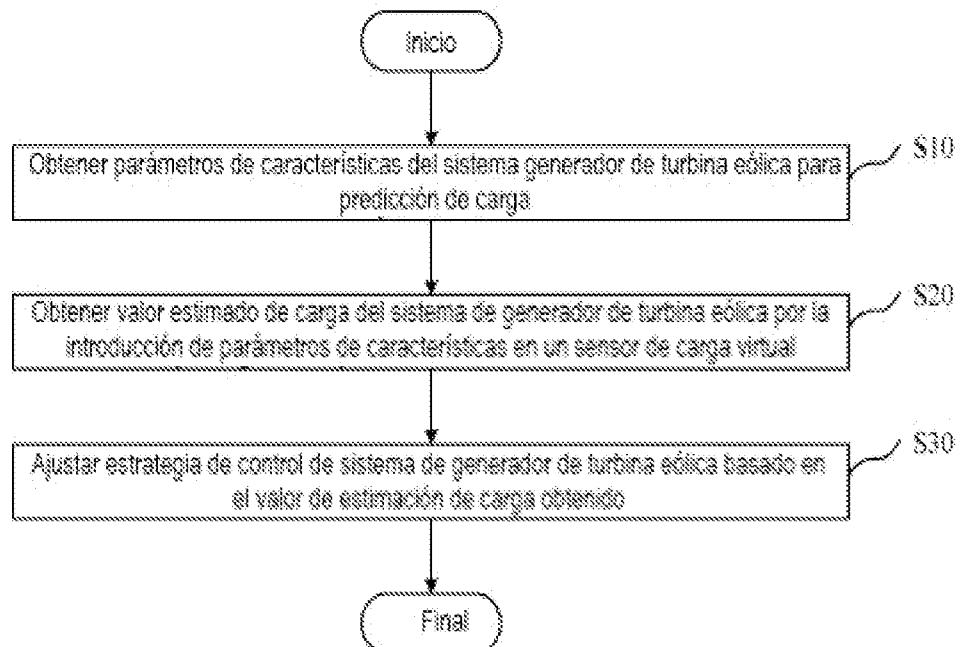


Fig. 1

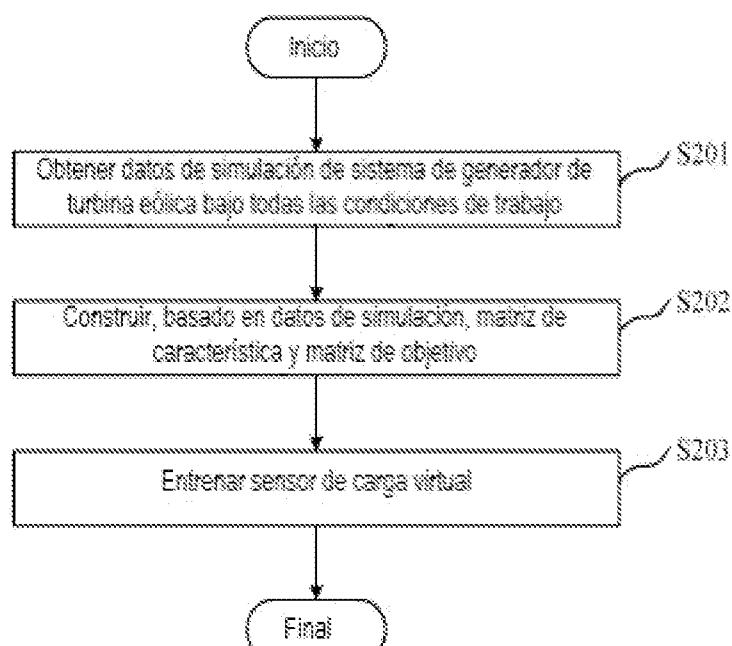


Fig. 2

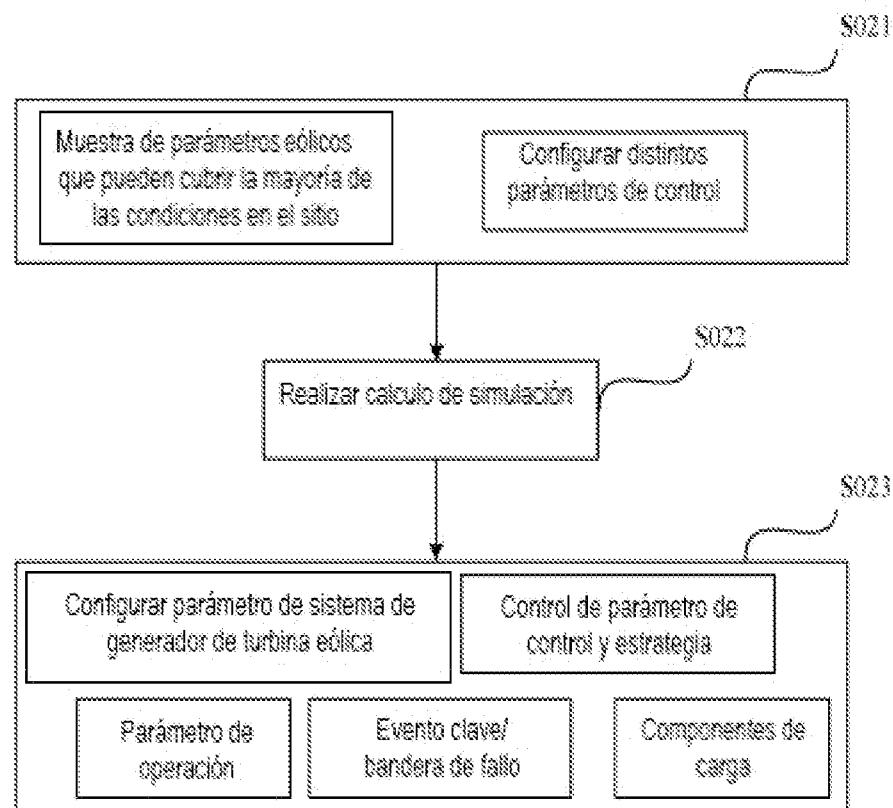


Fig. 3

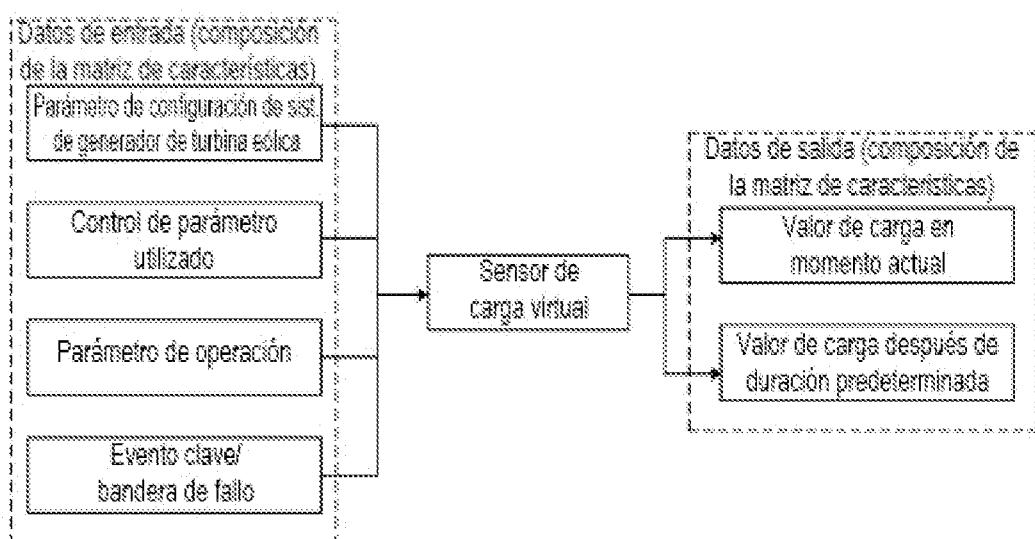


Fig. 4

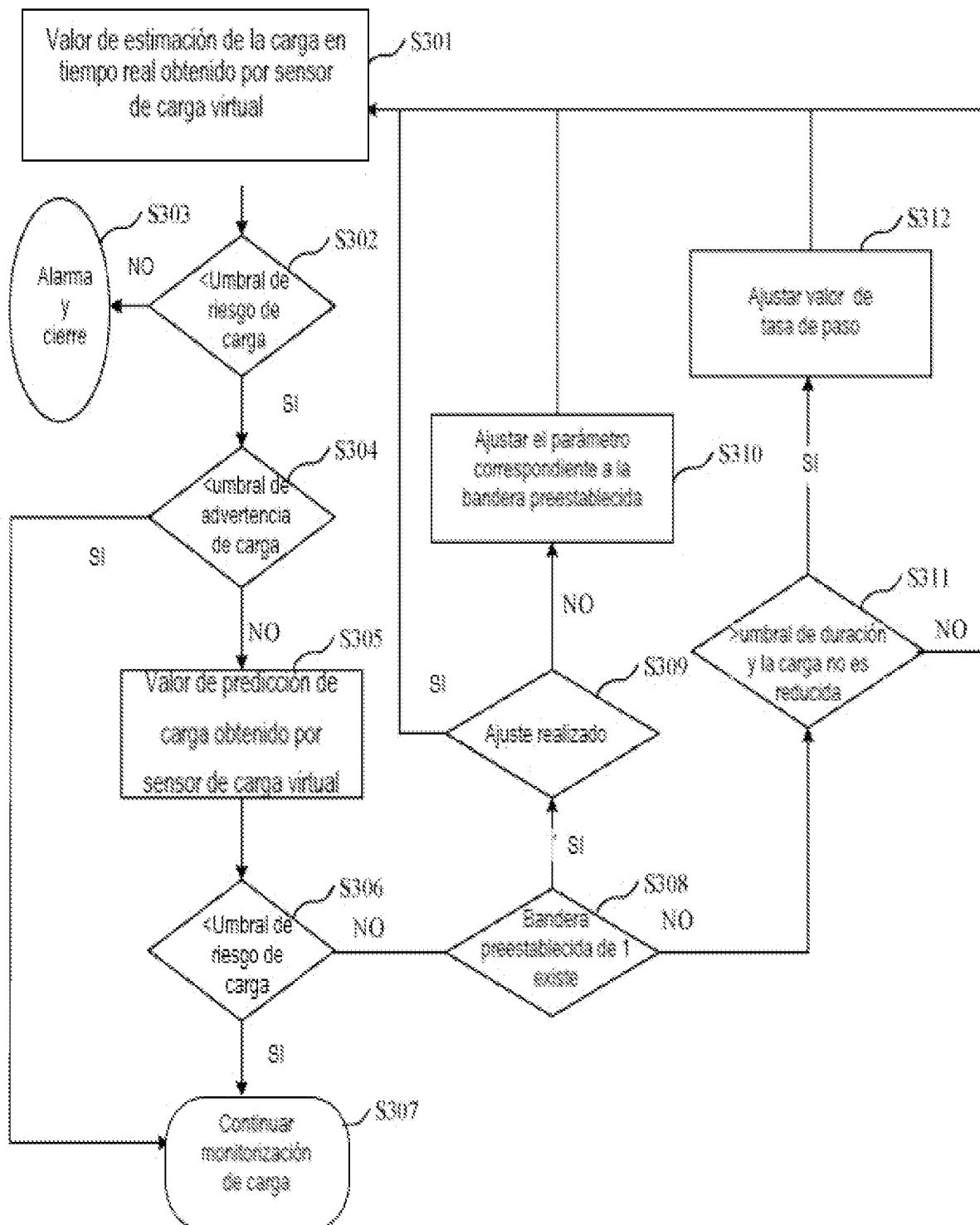


Fig. 5

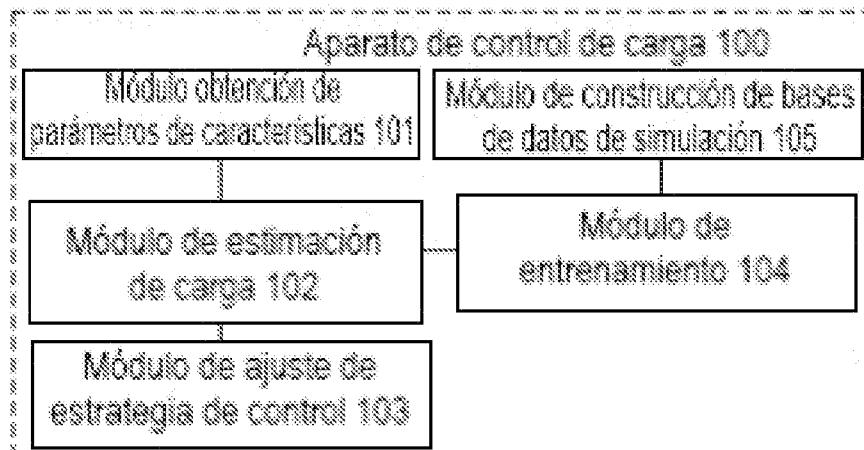


Fig. 6

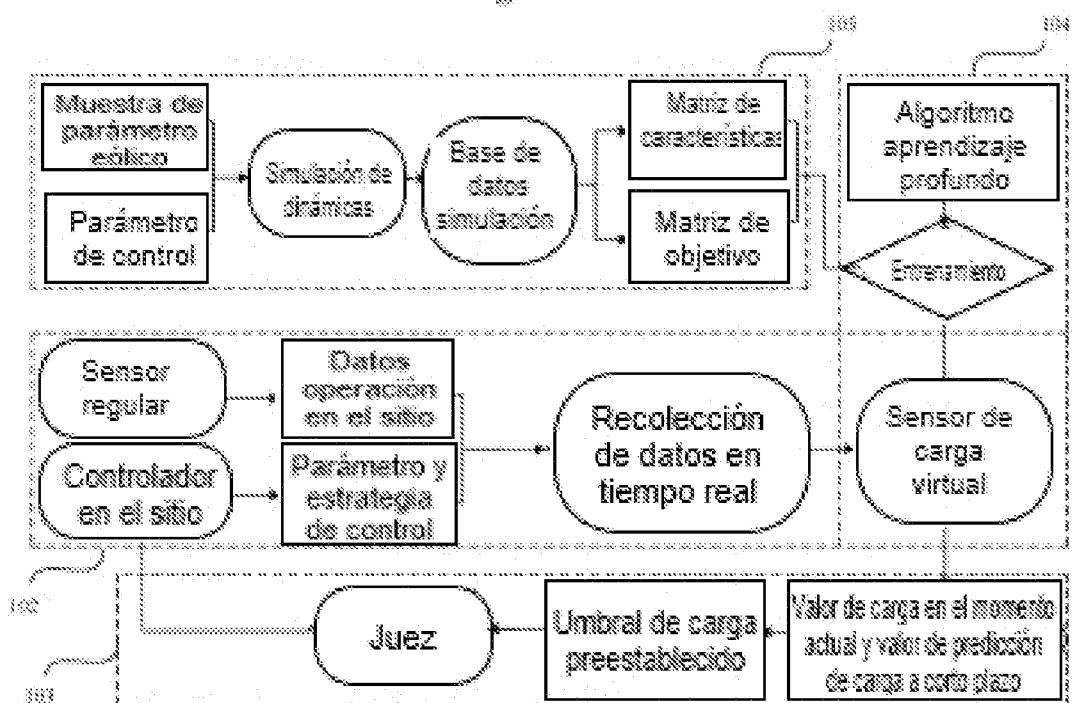


Fig. 7

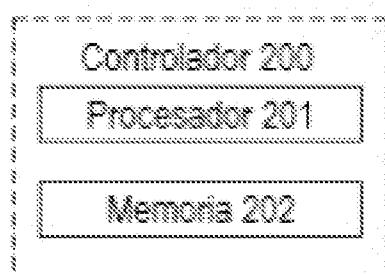


Fig. 8