(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 615 237**

(51) Int. CI.:

F03D 7/02 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/DK2012/050219**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO2013000473**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12737707 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2726734**

(54) Título: **Inhabilitación de turbinas eólicas en un parque eólico**

(30) Prioridad:

30.06.2011 DK 201170352 P
30.06.2011 US 201161503412 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2017

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

KJÆR, MARTIN ANSBJERG;
THOMSEN, JESPER SANDBERG;
BRATH, PER y
DALSGAARD, SØREN

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

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

Inhabilitación de turbinas eólicas en un parque eólico

Campo de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a generadores de turbina eólica, y más específicamente a la inhabilitación de turbinas eólicas en un parque de turbinas eólicas.

Antecedentes de la invención

En los últimos años, ha habido un interés creciente en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la combustión de combustibles fósiles. Una solución para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el desarrollo de fuentes de energía renovables. Particularmente, la energía derivada del viento ha demostrado ser una fuente de energía medioambientalmente segura y fiable, que puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

La energía en el viento puede capturarse por una turbina eólica, que es una máquina giratoria que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y la energía mecánica posteriormente en energía eléctrica. Las turbinas eólicas de eje horizontal comunes incluyen una torre, una góndola colocada en la cima de la torre y un rotor que está soportado en la góndola por medio de un árbol. El árbol acopla el rotor o bien directamente o bien indirectamente con un conjunto de rotor de un generador alojado dentro de la góndola. Pueden disponerse juntos una pluralidad de generadores de turbina eólica en un parque eólico o planta de energía eólica para generar suficiente energía para dar soporte a una red.

La disponibilidad de los recursos eólicos y los requisitos de la red a la que se conectan pueden variar a lo largo del tiempo. En consecuencia, es posible, que, en ciertos momentos, las turbinas eólicas en un parque eólico tengan la capacidad de producir una cantidad mayor de energía que la que se requiere en la red. En consecuencia, pueden inhabilitarse una o más turbinas en el parque eólico.

El documento US2010179773 A1 divulga un método para la supervisión de una planta de energía eólica para formar una prioridad de reparación; el documento US20110140428 A1 divulga un método para la supervisión de una planta de energía eólica en la que la producción se reduce en etapas.

Descripción de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a generadores de turbina eólica, y más específicamente a la inhabilitación de turbinas eólicas en un parque de turbinas eólicas.

Una realización de la invención proporciona un método para la operación de una pluralidad de turbinas eólicas en una granja eólica de acuerdo con la reivindicación 1.

Otra realización de la invención proporciona un controlador para el control de una pluralidad de turbinas eólicas en una granja eólica de acuerdo con la reivindicación 5.

Otra realización más de la invención proporciona una planta de energía eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas y un controlador de acuerdo con la reivindicación 9.

Breve descripción de los dibujos

Se explican realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. Se ha de tomar nota de que los dibujos adjuntos ilustran solamente ejemplos de realizaciones de la presente invención y por lo tanto no han de considerarse limitativos de su alcance, ya que la invención pueden admitirse en otras realizaciones igualmente efectivas.

La Figura 1 ilustra una turbina eólica de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 2 ilustra una góndola de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 3 ilustra una planta de energía eólica de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de operaciones de ejemplo realizadas por un controlador de la planta de energía eólica, de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

En lo que sigue, se hace referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a las realizaciones específicas descritas. En su lugar, se contempla, para implementar y poner en práctica la invención, cualquier combinación de las siguientes características y elementos, tanto relacionados con diferentes realizaciones como si no.

Adicionalmente, en diversas realizaciones la invención proporciona numerosas ventajas sobre la técnica anterior. Sin embargo, aunque las realizaciones de la invención pueden conseguir ventajas sobre otras soluciones posibles y/o sobre la técnica anterior, si se consigue o no una ventaja particular mediante una realización dada no es limitativo de la invención. Por ello, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son meramente ilustrativos y no han de considerarse elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas excepto en donde se enumere explícitamente en una(s) reivindicación(es). De la misma manera, la referencia a “la invención” no deberá interpretarse como una generalización de cualquier materia objeto inventiva divulgada en el presente documento y no deberá considerarse que sea un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto en donde explícitamente se enumere en una(s) reivindicación(es).

Lo que sigue es una descripción detallada de realizaciones de la invención representadas en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos y están en un detalle tal de modo que comuniquen claramente la invención. Sin embargo, no se pretende que la cantidad de detalle ofrecido limite las variaciones anticipadas de las realizaciones; por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones que caigan dentro del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 ilustra una turbina eólica 100 de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención. Como se ha ilustrado en la Figura 1, la turbina eólica 100 incluye una torre 110, una góndola 120 y un rotor 130. En una realización de la invención, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica terrestre. Sin embargo, las realizaciones de la invención no están limitadas solamente a turbinas eólicas terrestres. En realizaciones alternativas, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica marina localizada sobre una masa de agua tal como, por ejemplo, un lago, un océano, o similares.

La torre 110 de la turbina eólica 100 puede configurarse para elevar la góndola 120 y el rotor 130 a una altura en donde puede recibirse por el rotor 130 un flujo de aire fuerte, menos turbulento y generalmente sin obstrucciones. La altura de la torre 110 puede ser cualquier altura razonable. La torre 110 puede estar fabricada de cualquier tipo de material, por ejemplo, acero, hormigón, o similares. En algunas realizaciones la torre 110 puede fabricarse de un material monolítico. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la torre 110 puede incluir una pluralidad de secciones, por ejemplo, dos o más secciones de acero tubular 111 y 112, como se ha ilustrado en la Figura 1. En algunas realizaciones de la invención, la torre 110 puede ser una torre de estructura reticular. En consecuencia, la torre 110 puede incluir perfiles de acero soldados.

El rotor 130 puede incluir un buje de rotor (de aquí en adelante denominado simplemente como el “buje”) 131 y al menos una pala 132 (se muestran tres de dichas palas 132 en la Figura 1). El buje del rotor 131 puede configurarse para acoplar la al menos una pala 132 a un árbol (no mostrado). En una realización, las palas 132 pueden tener un perfil aerodinámico de modo que, a velocidades del viento predefinidas, las palas 132 experimentan empuje, provocando de ese modo que las palas giren radialmente alrededor del buje. La góndola 120 puede incluir uno o más componentes configurados para convertir la energía aero-mecánica de las palas en energía de rotación del árbol, y la energía rotacional del árbol en energía eléctrica.

La turbina eólica 100 puede incluir una pluralidad de sensores para la supervisión de una pluralidad de parámetros asociados con, por ejemplo, condiciones medioambientales, cargas de la turbina eólica, métricas de rendimiento, y similares. Por ejemplo, se muestra un medidor extensiométrico 133 sobre la pala 132. En una realización, el medidor extensiométrico 133 puede configurarse para detectar la flexión y/o torsión de las palas 132. La información en relación a la flexión y torsión de las palas puede ser necesaria para realizar una o más operaciones que reduzcan las cargas sobre las palas 132 que pueden ocurrir, por ejemplo, durante elevadas ráfagas de viento. En dichas situaciones, puede cambiarse el paso de las palas para reducir las cargas, impidiendo de ese modo daños a las palas.

La Figura 1 ilustra también un acelerómetro 113 que puede colocarse sobre la torre 110. El acelerómetro 113 puede configurarse para detectar movimientos horizontales y la flexión de la torre 110 que puede provocarse debido a cargas sobre la turbina eólica 100. Los datos capturados por el acelerómetro 113 pueden usarse para realizar una o más operaciones para la reducción de cargas sobre la turbina eólica 100. En algunas realizaciones de la invención, el acelerómetro 113 puede colocarse sobre la góndola 120.

La Figura 1 también representa un sensor de viento 123. El sensor de viento 123 puede configurarse para detectar una dirección del viento en o cerca de la turbina eólica 100. Mediante la detección de la dirección del viento, el sensor de viento 123 puede proporcionar datos útiles que pueden determinar operaciones para orientar la turbina eólica 100 hacia el viento. El sensor de viento 123 puede usar la velocidad y dirección del viento para controlar el

ángulo de paso de las palas. Los datos de velocidad del viento pueden usarse para determinar un ángulo de paso apropiado que permita que las palas 132 capturen una cantidad deseada de energía del viento o para evitar cargas excesivas sobre componentes de la turbina. En algunas realizaciones, el sensor de viento 123 puede integrarse con un sensor de temperatura, sensor de presión, y similares, que pueden proporcionar datos adicionales en relación al entorno que rodea la turbina eólica. Dichos datos pueden usarse para determinar uno o más parámetros operacionales de la turbina eólica para facilitar la captura de una cantidad deseada de energía por la turbina eólica 100 o para evitar daños a los componentes de la turbina eólica.

En una realización de la invención, puede proporcionarse un dispositivo de detección y localización por luz (LIDAR) 180 en o cerca de la turbina eólica 100. Por ejemplo, el LIDAR 180 puede colocarse sobre una góndola, buje y/o torre de la turbina eólica, tal como se ha ilustrado en la Figura 1. En realizaciones alternativas, el LIDAR 180 puede colocarse en una o más palas 132 de la turbina eólica 100. En algunas otras realizaciones, el dispositivo LIDAR puede colocarse cerca de la turbina eólica 100, por ejemplo sobre el terreno tal como se muestra en la Figura 1. En general, el LIDAR 180 puede configurarse para detectar la velocidad y/o dirección del viento en uno o más puntos en el frente de la turbina eólica 100. En otras palabras, el LIDAR 180 puede permitir que la turbina eólica detecte la velocidad del viento antes de que el viento alcance realmente la turbina eólica. Esto puede permitir que la turbina eólica 100 ajuste proactivamente uno o más de entre los ángulos de paso de palas, posición de guiñada, y parámetros operacionales similares para capturar más energía del viento, y para reducir las cargas sobre los componentes de la turbina. En algunas realizaciones, puede configurarse un controlador para combinar los datos recibidos desde un dispositivo LIDAR 180 y el sensor de viento 123 para generar una medición más precisa de una velocidad y/o dirección del viento.

Aunque se describen en el presente documento un medidor extensiométrico 133, un acelerómetro 113 y un sensor de viento 123, las realizaciones de la invención no están limitadas a los tipos anteriormente mencionados de sensores. En general, puede colocarse cualquier tipo y número de sensores en diversas localizaciones de la turbina eólica 100 para facilitar la captura de datos en relación a la salud estructural, rendimiento, prevención de daños, acústica y similares. Por ejemplo, puede colocarse un sensor del ángulo de paso en o cerca de una pala de la turbina eólica para determinar un ángulo de paso actual de la pala.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática de componentes críticos internos de la góndola 120 y torre 110 de un generador de turbina eólica 100. Cuando el viento 200 empuja sobre las palas 132, el rotor 130 gira, girando de ese modo un árbol de baja velocidad 202. Los engranajes en una caja de engranajes 204 convierten mecánicamente la baja velocidad de rotación del árbol de baja velocidad 202 en una velocidad de rotación relativamente alta de un árbol de alta velocidad 208 adecuado para la generación de electricidad usando un generador 206. En una realización alternativa, la caja de engranajes puede omitirse, y puede acoplarse directamente un único árbol, por ejemplo el árbol 202 con el generador 206.

Un controlador 210 de turbina puede detectar la velocidad de giro de uno o ambos de los árboles 202, 208. Si el controlador decide que el (los) árbol(es) están girando demasiado rápido, el controlador puede enviar una señal al sistema de frenado 212 para ralentizar el giro de los árboles, lo que a su vez ralentiza el giro del rotor 106. El sistema de frenado 212 puede impedir daños a los componentes del generador de turbina eólica 100. El controlador 210 de turbina puede recibir también entradas desde un anemómetro 214 (que proporciona la velocidad del viento) y/o una veleta 216 (que proporciona la dirección del viento). Basándose en la información recibida, el controlador 210 puede enviar una señal de control a una o más de las palas 108 en un esfuerzo por ajustar el paso 218 de las palas. Mediante el ajuste del paso 218 de las palas con respecto a la dirección del viento, puede incrementarse o disminuirse la velocidad de giro del rotor (y por lo tanto, de los árboles 202, 208). Basándose en la dirección del viento, por ejemplo, el controlador 210 puede enviar una señal de control a un conjunto que comprende un motor de guiñada 220 y un accionador de guiñada 222 para girar la góndola 104 con respecto a la torre 102, de modo que el rotor 106 puede posicionarse para mirar más (o, en ciertas circunstancias, menos) contra el viento.

El generador 206 puede configurarse para generar una corriente alterna trifásica basándose en uno o más requisitos de la red. En una realización, el generador 206 puede ser un generador síncrono. Los generadores síncronos pueden configurarse para operar a velocidad constante, y pueden conectarse directamente a la red. En algunas realizaciones, el generador 206 puede ser un generador de imanes permanentes. En realizaciones alternativas, el generador 206 puede ser un generador asíncrono, también conocido a veces como un generador de inducción. Los generadores de inducción pueden o no conectarse directamente a la red. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el generador 206 puede acoplarse a la red a través de uno o más dispositivos eléctricos configurados para, por ejemplo, ajustar la corriente, tensión, y otros parámetros eléctricos para estar de acuerdo con uno o más requisitos de la red. Los dispositivos eléctricos de ejemplo incluyen, por ejemplo, inversores, convertidores, resistores, interruptores, transformadores y similares.

Las realizaciones de la invención no están limitadas a ningún tipo particular de generador o disposición de generador y uno o más dispositivos eléctricos asociados con el generador con relación a la red eléctrica. Cualquier tipo de generador adecuado que incluya (pero sin limitarse a) generadores de inducción, generadores de imanes permanentes, generadores síncronos, o similares, configurados para generar electricidad de acuerdo con los requisitos de la red, cae dentro del ámbito de la invención.

La Figura 3 ilustra una planta de energía eólica 300 de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención. Tal como se ha ilustrado, la planta de energía eólica 300 puede incluir una granja eólica 310 acoplada con una red 340, un controlador del parque 330 y un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) 320. La granja eólica 310 puede incluir una o más turbinas eólicas, tal como la turbina eólica 100 representativa. Las turbinas eólicas actúan colectivamente como una planta de energía finalmente interconectada mediante líneas de transmisión con una red eléctrica 340, que puede ser una red eléctrica trifásica. La pluralidad de turbinas de la granja eólica 310 pueden reunirse en una localización común para aprovechar las economías de escala que disminuyen el costo por unidad con incremento de la producción. Se entenderá por un experto en la materia que la granja eólica 310 puede incluir un número arbitrario de turbinas eólicas de capacidad dada de acuerdo con la producción de potencia objetivo.

La red eléctrica 340 consiste generalmente en una red de centrales eléctricas, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas mediante una red de líneas de transmisión. Las centrales eléctricas generan energía eléctrica por medios nucleares, hidroeléctricos, gas natural, o combustión de carbón o con otro tipo de energía renovable como solar y geotérmica. Las granjas eólicas adicionales análogas a la granja eólica 310 representada pueden acoplarse también con la red eléctrica 340. Las redes eléctricas y las granjas eólicas típicamente generan y transmiten energía usando corriente alterna (CA).

El controlador 330 puede implementarse usando uno o más procesadores 331 seleccionados de entre microprocesadores, micro-controladores, procesadores de señal digital, microordenadores, unidades de procesamiento central, matrices de puertas programables en campo, dispositivos lógicos programables, máquinas de estado, circuitos lógicos, circuitos analógicos, circuitos digitales y/o cualesquiera otros dispositivos que manipulen señales (análogas y/o digitales) basándose en instrucciones operacionales que se almacenan en una memoria 334.

La memoria 334 puede ser un único dispositivo de memoria o una pluralidad de dispositivos de memoria incluyendo, pero sin limitarse a, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria volátil, memoria no volátil, memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), memoria flash, memoria caché y/o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital.

El dispositivo de almacenamiento en masa 333 puede ser un único dispositivo de almacenamiento en masa o una pluralidad de dispositivos de almacenamiento en masa incluyendo, pero sin limitarse a, discos duros, unidades ópticas, unidades de cinta, dispositivos de estado sólido no volátiles y/o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital. Una interfaz de entrada/salida (E/S) 331 puede emplear un protocolo de comunicación adecuado para la comunicación con las turbinas eólicas de la granja eólica 310.

El procesador 332 opera con el control de un sistema operativo, y ejecuta o depende en otra forma del código de programa informático incorporado en diversas aplicaciones, componentes, programas, objetos, módulos, estructuras de datos, etc. de software informático para leer datos desde y escribir instrucciones en una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica 310 a través de la interfaz de E/S 331, tanto implementada como parte del sistema operativo o como una aplicación específica.

Se acopla operativamente una interfaz humano-máquina (IHM) 350 al procesador 332 del controlador 330 en una forma conocida. La IHM 350 puede incluir dispositivos de salida, tales como pantallas alfanuméricas, una pantalla táctil y otros indicadores visuales, y dispositivos y controles de entrada, tales como un teclado alfanumérico, un dispositivo puntero, alfombrillas, pulsadores, botones de control, etc., capaces de aceptar comandos o entradas desde el operador y transmitir las entradas introducidas al procesador 332.

En una realización de la invención, el controlador 330 puede configurarse para generar unas señales de referencia de potencia para las turbinas eólicas en la granja eólica 310. Basándose en la señal de referencia de potencia 311, las turbinas eólicas en la granja eólica 310 pueden ajustar uno o más parámetros operacionales, por ejemplo, ángulos de paso de pala, de modo que la granja eólica produzca la potencia definida por la señal de referencia de potencia. En una realización de la invención, la señal de referencia de potencia puede configurarse también para activar y/o desactivar una o más turbinas en la granja eólica 310.

Como se ha descrito anteriormente, los recursos eólicos disponibles y los requisitos de la red 340 pueden variar a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es posible que la capacidad de las turbinas eólicas en el parque eólico 310 pueda exceder de lejos la potencia requerida por la red. En dichas situaciones, se reciben una o más órdenes desde la red, solicitando que la cantidad de potencia producida por la granja eólica sea restringida. En dichos casos, el controlador 330 del parque desactiva una o más turbinas en la granja eólica 310 para reducir la cantidad de potencia producida.

En las plantas de energía eólica tradicionales, las turbinas eólicas particulares se seleccionan para desactivación de forma aleatoria, basándose en un esquema de prioridad predefinido, o similar. Sin embargo, diferentes turbinas de un parque eólico pueden enfrentarse a diferentes entornos de operación que pueden cambiar a lo largo del tiempo. Como resultado, diferentes turbinas pueden experimentar diferentes cantidades de uso y desgaste, o fatiga. Las realizaciones de la invención proporcionan métodos, sistemas y aparatos para desactivar selectivamente turbinas en una granja eólica de modo que ninguna turbina eólica en particular experimente una fatiga excesiva con relación a

las otras turbinas.

En una realización de la invención, el controlador 330 del parque puede configurarse para recoger periódica o continuamente datos de fatiga desde las turbinas eólicas del parque eólico 310. Los ejemplos de datos de fatiga pueden incluir, por ejemplo, datos en relación a fallos, datos desde sensores (por ejemplo, sensores de carga de pala, sensores de carga de torre), condiciones medioambientales (por ejemplo, velocidad y dirección del viento, turbulencia), producción de energía acumulada, posición relativa de las turbinas en relación a una o más de las otras turbinas dada la dirección del viento, y similares. Los datos de fatiga recogidos por el controlador 330 del parque pueden almacenarse, en una realización de la invención, en la memoria 334 y/o en el almacenamiento en masa 333.

En algunas realizaciones, los datos de fatiga pueden recogerse por el sistema SCADA 320 acoplado a la granja eólica 310. El sistema SCADA 320 puede configurarse para recoger periódica o continuamente datos de fatiga desde las turbinas eólicas del parque eólico 310 y almacenar los datos en un dispositivo de memoria o almacenamiento respectivo (no mostrado en la Figura 3). En dichas realizaciones, el controlador 330 del parque puede configurarse para recuperar los datos de fatiga desde el sistema SCADA cuando se desee.

De acuerdo con la invención, el controlador 330 del parque se configura para desactivar selectivamente una o más turbinas de la granja eólica 310 (por ejemplo, durante un período de restricción) basándose en los datos de fatiga que se recuperan de la memoria 334, el almacenamiento en masa 333, y/o el sistema SCADA 320. Los datos de fatiga incluyen datos de fatiga a lo largo de la vida útil y datos de fatiga actuales o recientemente experimentados. Basándose en los datos de fatiga, el controlador 330 del parque determina cuál de las turbinas eólicas en la granja eólica 310 es la más fatigada. Las turbinas más fatigadas pueden priorizarse entonces para desactivación.

Los datos de fatiga considerados por el controlador 330 del parque incluyen los datos de fatiga recogidos a lo largo de la vida útil de cada turbina eólica. Por ejemplo, en una realización, el controlador 330 puede recuperar datos que indiquen un número total de fallos o defectos experimentados por cada turbina. El número total de fallos o paradas de cada turbina puede indicar un estado a largo plazo de la salud de la turbina eólica. En una realización, las turbinas que tienen un número relativamente grande de fallos y/o defectos pueden priorizarse altamente para desactivación.

En una realización de la invención, el controlador 330 del parque puede recuperar datos que indiquen un número total de alarmas o fallos asociados con cada turbina eólica a lo largo de una ventana de tiempo predefinida (por ejemplo, las últimas 4 horas, la última semana, o similares). Las alarmas pueden incluir cualquier tipo de alarma, por ejemplo, una alarma provocada por un sensor de pala que indique que hay cargas excesivas sobre la pala que pueden provocar daños a la pala. El número total de alarmas para una turbina dentro de una ventana de tiempo predefinida puede indicar un estado de salud de la turbina a corto plazo. En una realización de la invención, las turbinas eólicas que tengan un número relativamente alto de alarmas en la ventana de tiempo predefinida pueden recibir una prioridad más alta para desactivación.

En una realización de la invención, el controlador del parque puede configurarse para recuperar datos que indiquen la cantidad total de energía producida por cada turbina eólica. La cantidad total de energía producida por cada turbina puede correlacionarse estrechamente con las cargas experimentadas por los componentes de la turbina eólica y, por lo tanto, la fatiga experimentada por la turbina a lo largo de su vida útil. En consecuencia, en una realización, las turbinas eólicas con una cantidad relativamente mayor de producción de energía en su vida útil pueden priorizarse para desactivación por el controlador 330 del parque.

En una realización de la invención, el controlador del parque puede configurarse para considerar las condiciones actuales que pueden impactar en la fatiga de las turbinas eólicas de la granja eólica 310. Esto puede ser debido a que incluso dentro de un parque eólico diferentes turbinas eólicas pueden experimentar condiciones de viento significativamente diferentes en un momento dado. En consecuencia, en algunas realizaciones, el controlador 330 del parque puede configurarse para seleccionar turbinas eólicas para desactivación basándose en las condiciones actuales experimentadas por las turbinas eólicas en el parque eólico 310.

Por ejemplo, en una realización, el controlador 330 del parque puede configurarse para recuperar datos en relación a las condiciones de viento actuales y las posiciones relativas de las turbinas eólicas en el parque eólico 310. Como es conocido en la técnica, las turbinas que están en la estela de otra turbina experimentan menores velocidades de viento y condiciones de viento más turbulentas. En una realización de la invención, si una turbina se localiza en la estela de otra turbina, puede priorizarse para inhabilitación.

En una realización de la invención, el controlador 330 del parque eólico puede configurarse para recuperar datos de la turbulencia del viento actuales desde cada una de las turbinas eólicas en el parque eólico 310. Por ejemplo, en una realización, cada turbina eólica puede incluir sensores de carga de pala que pueden tener la capacidad de indicar turbulencia en el viento. Cuanto mayor sea la turbulencia en el viento mayores serán las cargas experimentadas por la turbina. En consecuencia, en una realización, el controlador 330 del parque puede configurarse para priorizar turbinas eólicas que experimenten una turbulencia relativamente mayor para inhabilitación.

En una realización de la invención, el controlador 330 del parque eólico puede configurarse para recuperar datos de velocidad del viento desde cada una de las turbinas eólicas de la granja eólica 310. Con ciertas velocidades de viento de umbral (por ejemplo, mayores de 25 m/s), las cargas de fatiga sobre la turbina eólica pueden ser demasiado grandes y pueden provocar daños a la turbina. Muchas turbinas eólicas pueden parar automáticamente en respuesta a la detección de un nivel de umbral de las velocidades del viento. En algunas realizaciones, el controlador 330 del parque puede priorizar turbinas eólicas que experimenten condiciones de viento extremas más próximas a un umbral predefinido para inhabilitación. Por ejemplo, supóngase que las turbinas eólicas paran automáticamente tras la detección de velocidades del viento mayores de 25 m/s. Si una primera turbina detecta velocidades de viento de aproximadamente 12 m/s y una segunda turbina eólica detecta velocidades de viento de aproximadamente 22 m/s, el controlador 330 del parque puede priorizar la segunda turbina eólica para inhabilitación debido a que la segunda turbina eólica está experimentando velocidades del viento próximas a la velocidad de viento de umbral para parada automática.

Mientras que se divulga en el presente documento la determinación de las turbinas eólicas particulares a desactivar basándose en datos históricos/de vida útil tales como fallos acumulados en la vida útil, número de alarmas en una ventana de tiempo predefinida y producción de energía acumulada, y basándose en condiciones actuales tales como velocidad del viento, turbulencia, y posición relativa de las turbinas eólicas, las realizaciones de la invención no están limitadas solamente a los factores anteriormente mencionados. Puede usarse cualquier tipo de dato histórico/de vida útil y datos de condiciones actuales relativos a la fatiga de las turbinas eólicas para priorizar cuál de las turbinas eólicas de la granja eólica 310 debería desactivarse.

Adicionalmente, la decisión de qué turbinas deberían desactivarse se basa en una combinación de datos históricos/de vida útil y datos de condiciones actuales. Puede considerarse cualquier número de factores (tales como los factores descritos en el presente documento anteriormente) relativos a la fatiga de las turbinas eólicas por el controlador 330 para determinar qué turbinas deberían activarse o desactivarse.

De acuerdo con la invención, el controlador 330 del parque considera múltiples factores para la determinación de qué turbinas deberían activarse o desactivarse, el controlador 330 del parque asigna diferentes prioridades relativas a cada factor. Por ejemplo, supóngase que una primera turbina ha experimentado 20 fallos en su vida útil y una segunda turbina ha experimentado 15 fallos en su vida útil. En consecuencia, basándose en los datos de fallos históricos puede parecer que la segunda turbina debería activarse y la primera turbina desactivarse. Sin embargo, si la segunda turbina eólica está experimentando condiciones de viento extremas que pueden dañar la turbina, y la primera turbina eólica no está experimentando condiciones de viento extremas, entonces el controlador 330 del parque puede seleccionar la primera turbina para activación (incluso aunque tiene un número mayor de fallos en su vida útil), y seleccionar la segunda turbina para desactivación.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de operaciones de ejemplo que pueden realizarse por un controlador del parque para determinar cuál de una pluralidad de turbinas eólicas debería desactivarse. Las operaciones pueden comenzar en la etapa 410 mediante la determinación de que una o más turbinas eólicas de una pluralidad de turbinas eólicas necesitan ser desactivadas. La determinación en la etapa 410 puede realizarse, por ejemplo, en respuesta a la recepción de una orden de restricción de potencia desde la red. En la etapa 420, el controlador del parque puede recuperar datos que indiquen la fatiga experimentada por cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas. En la etapa 430, el controlador del parque puede seleccionar las una o más turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas que se ha determinado que tienen una fatiga mayor para ser desactivadas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la operación de una pluralidad de turbinas eólicas en una granja eólica acoplada con una red, que comprende:

determinar en respuesta a la recepción de una orden de restricción de potencia desde la red que una o más turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas deberían desactivarse;
recuperar datos que indiquen la fatiga experimentada por cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que se recuperan al menos dos tipos diferentes de datos y cada tipo se prioriza, comprendiendo los datos para cada turbina eólica datos de fatiga en la vida útil y datos de fatiga actuales o recientemente experimentados; y
seleccionar una o más turbinas eólicas de entre la pluralidad de turbinas eólicas que se ha determinado que tienen una fatiga mayor para ser desactivadas en base a al menos dos tipos diferentes de datos y una prioridad para cada tipo de datos.

2. El método de la reivindicación 1, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos de fallos históricos para cada turbina.

3. El método de la reivindicación 1, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos en relación a las condiciones actuales que impactan en la fatiga de cada turbina eólica.

4. El método de la reivindicación 1, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden al menos uno de entre:

velocidad del viento;
turbulencia; y
dirección del viento y una posición de la turbina en relación a otras turbinas.

5. Un controlador para el control de una pluralidad de turbinas eólicas en una granja eólica acoplada con una red, en el que el controlador se configura para:

determinar en respuesta a la recepción de una orden de restricción de potencia desde la red que una o más turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas deberían desactivarse;
recuperar datos que indiquen la fatiga experimentada por cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que se recuperan al menos dos tipos diferentes de datos y cada tipo se prioriza, comprendiendo los datos para cada turbina eólica datos de fatiga en la vida útil y datos de fatiga actuales o recientemente experimentados; y
seleccionar una o más turbinas eólicas de entre la pluralidad de turbinas eólicas que se ha determinado que tienen una fatiga mayor para ser desactivadas basándose en los al menos dos tipos diferentes de datos y una prioridad para cada tipo de datos.

6. El controlador de la reivindicación 5, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos de fallos históricos para cada turbina.

7. El controlador de la reivindicación 6, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos en relación a las condiciones actuales que impactan en la fatiga de cada turbina eólica.

8. El controlador de la reivindicación 7, en el que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden al menos uno de entre:

velocidad del viento;
turbulencia; y
dirección del viento y una posición de la turbina en relación a otras turbinas.

9. Una planta de energía eólica que comprende:

una pluralidad de turbinas eólicas acopladas con una red; y
un controlador configurado para:

determinar en respuesta a la recepción de una orden de restricción de potencia desde la red que una o más turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas deberían desactivarse;
recuperar datos que indiquen la fatiga experimentada por cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que se recuperan al menos dos tipos diferentes de datos y cada tipo se prioriza, comprendiendo los datos para cada turbina eólica datos de fatiga en la vida útil y datos de fatiga actuales o recientemente experimentados; y
seleccionar una o más turbinas eólicas de entre la pluralidad de turbinas eólicas que se ha determinado que

tienen una fatiga mayor para ser desactivadas basándose en los al menos dos tipos diferentes de datos y una prioridad para cada tipo de datos.

10. La planta de energía eólica de la reivindicación 9, en la que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos de fallos históricos para cada turbina.

11. La planta de energía eólica de la reivindicación 10, en la que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden datos en relación a las condiciones actuales que impactan en la fatiga de cada turbina eólica.

12. La planta de energía eólica de la reivindicación 11, en la que los datos que indican la fatiga experimentada por cada turbina eólica comprenden al menos uno de entre:

velocidad del viento;
turbulencia; y
dirección del viento y una posición de la turbina en relación a otras turbinas.

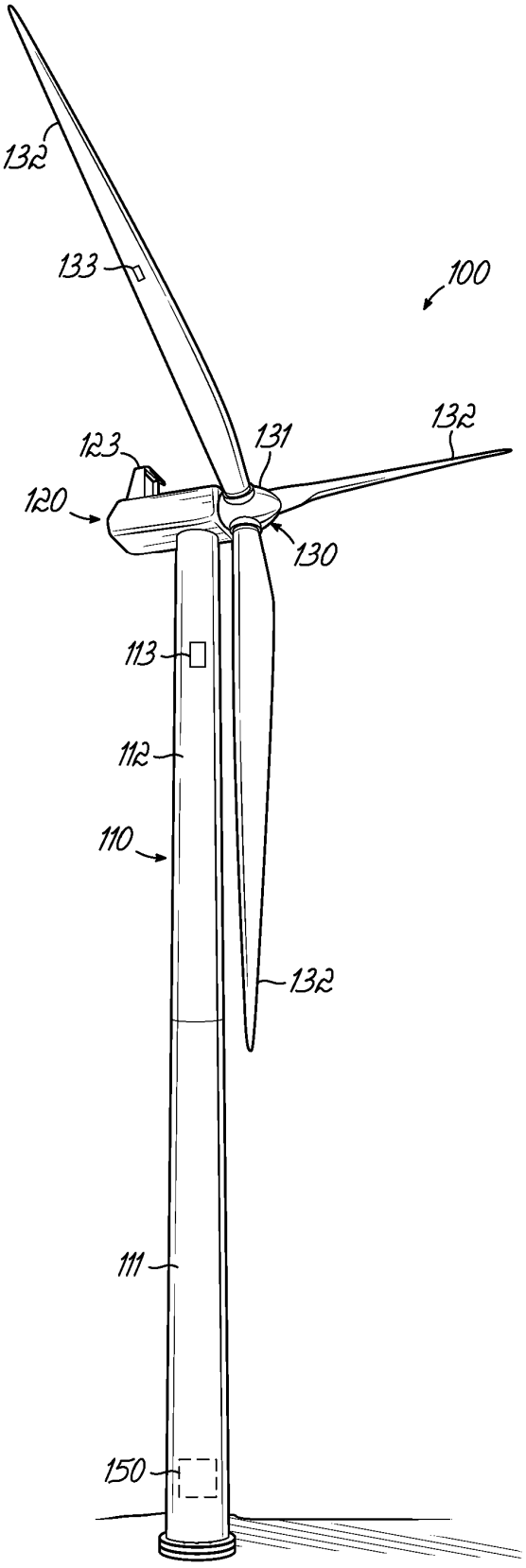

FIG. 1

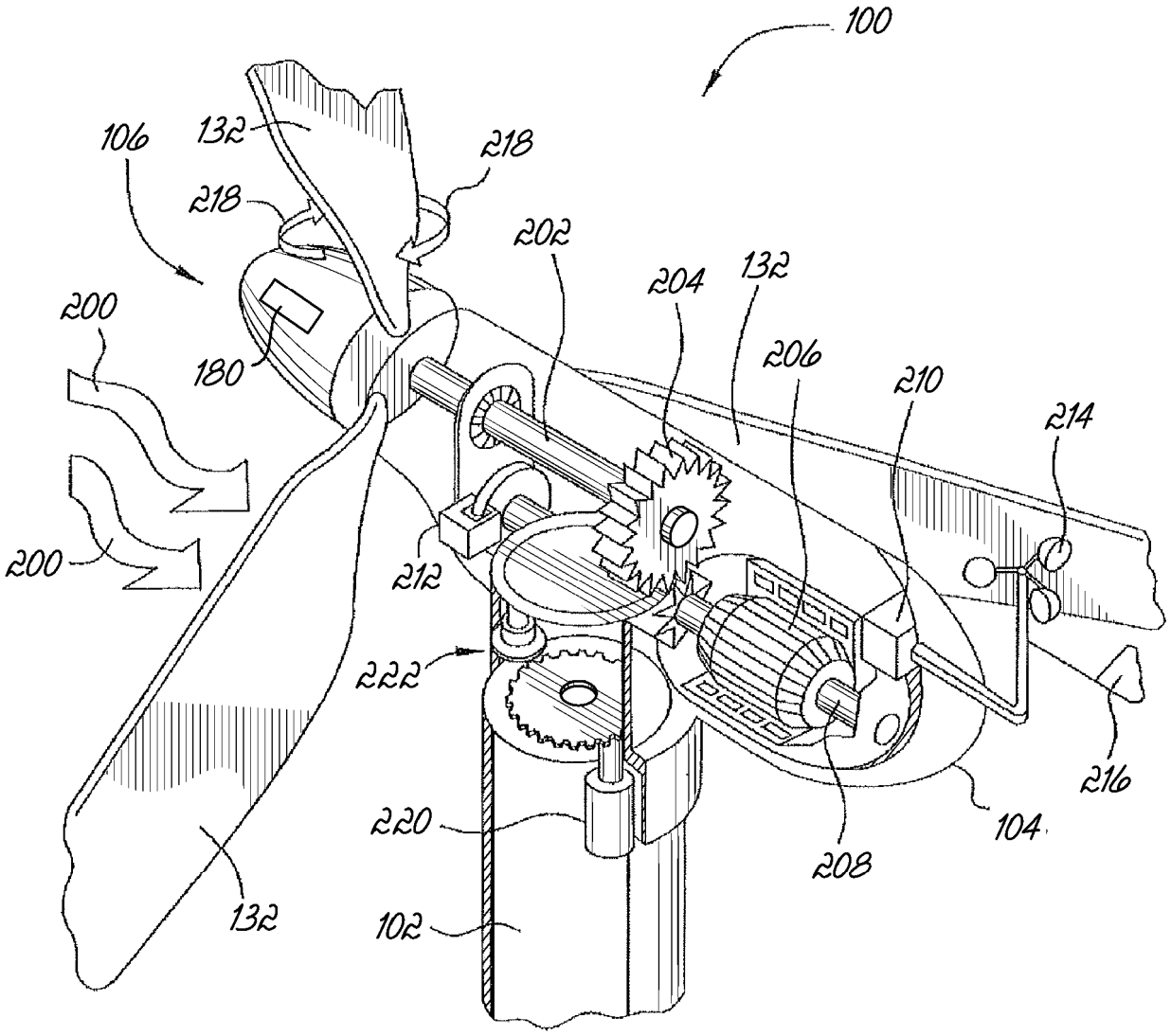
100
106
132
218
218
202
204
132
206
210
214
200
180
200
212
222
216
220
104
208
132
102

FIG. 2

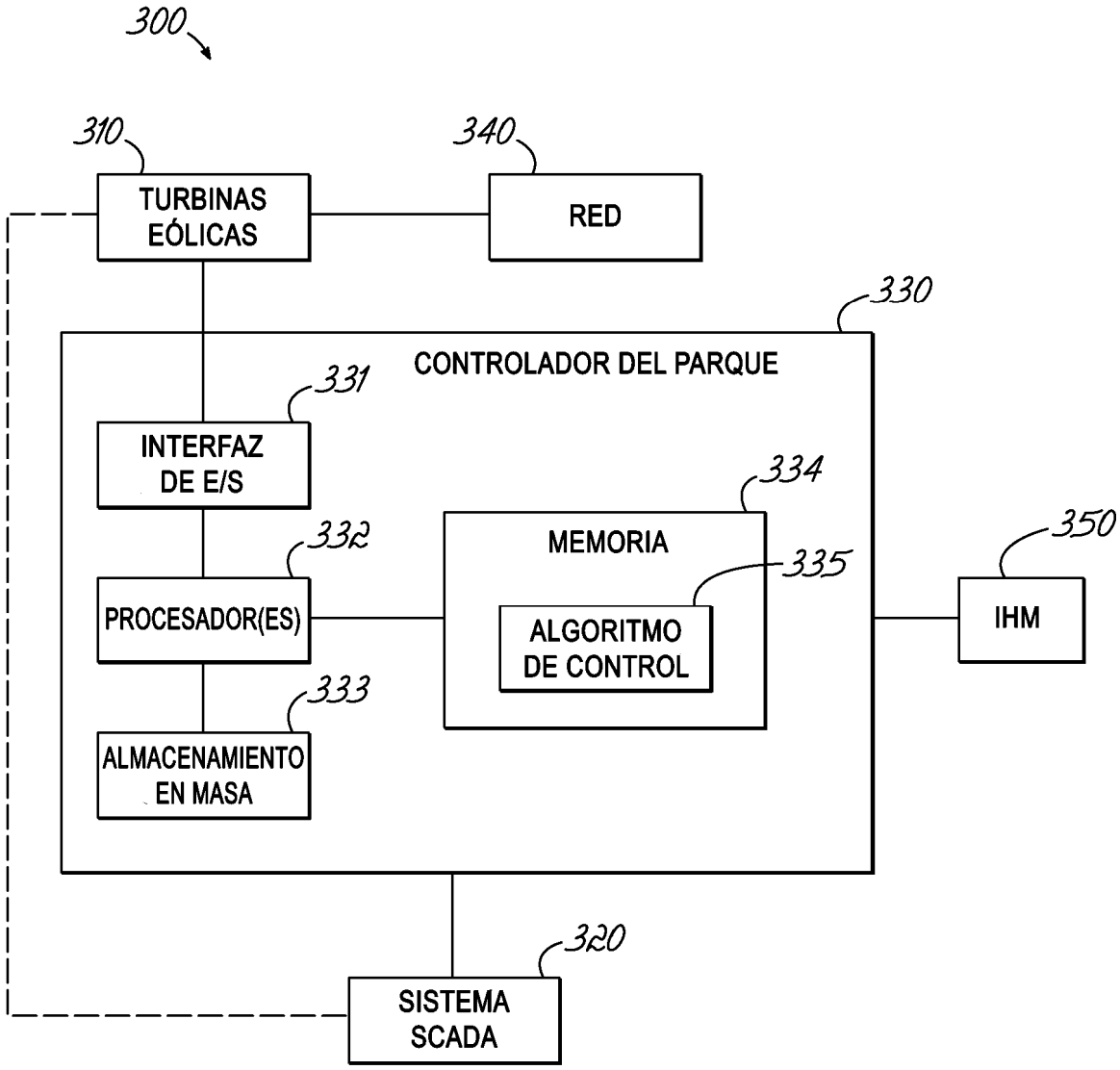
300
310
TURBINAS EÓLICAS
340
RED
330
CONTROLADOR DEL PARQUE
331
INTERFAZ DE E/S
334
MEMORIA
335
ALGORITMO DE CONTROL
332
PROCESADOR(ES)
350
IHM
333
ALMACENAMIENTO EN MASA
320
SISTEMA SCADA

FIG. 3

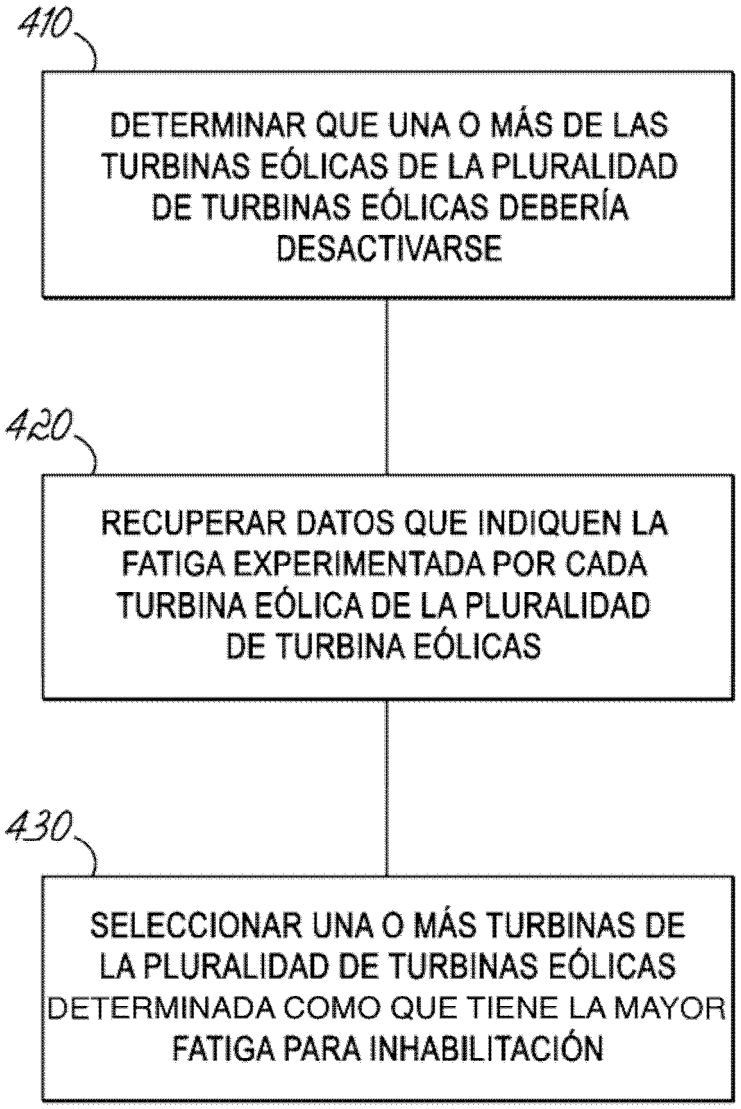
410
DETERMINAR QUE UNA O MÁS DE LAS TURBINAS EÓLICAS DE LA PLURALIDAD DE TURBINAS EÓLICAS DEBERÍA DESACTIVARSE
420
RECUPERAR DATOS QUE INDIQUEN LA FATIGA EXPERIMENTADA POR CADA TURBINA EÓLICA DE LA PLURALIDAD DE TURBINA EÓLICAS
430
SELECCIONAR UNA O MÁS TURBINAS DE LA PLURALIDAD DE TURBINAS EÓLICAS DETERMINADA COMO QUE TIENE LA MAYOR FATIGA PARA INHABILITACIÓN

FIG. 4