(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 657 262**

(51) Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)
F03D 17/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2014** **E 14159072 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018** **EP 2781738**

(54) Título: **Sistema y procedimiento de control de carga a tiempo real en una turbina eólica**

(30) Prioridad:

19.03.2013 US 201313847084

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2018

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

TIRUMALAI, SURESH S.;
JOHNSON, MARK ANDREW;
SIVANANTHAM, MOHAN MUTHU KUMAR y
RON, GIRIDHAR NAGRAJ

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 657 262 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de control de carga a tiempo real en una turbina eólica

El presente objeto se refiere en general a turbinas eólicas y, más en particular, a sistemas y procedimientos para el control de carga a tiempo real en una turbina eólica para aumentar la capacidad y el rendimiento totales de la turbina eólica.

La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente actualmente disponibles, y las turbinas eólicas están gozando de una mayor atención en este sentido. Una turbina eólica moderna generalmente incluye una torre, una góndola, un rotor, un generador y una caja de engranajes. El rotor habitualmente incluye un buje giratorio y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento, utilizando los principios conocidos de las superficies aerodinámicas, y transmiten la energía cinética a través de energía rotacional para hacer girar un árbol que acopla las palas del rotor a una caja de engranajes o, en caso de que no se utilice caja de engranajes, directamente al generador. El generador convierte entonces la energía mecánica en energía eléctrica, que puede enviarse a una red eléctrica.

Una turbina eólica, y sus componentes, deberán estar diseñados para soportar las diversas cargas experimentadas durante el funcionamiento. El término "componente", o "componentes", cuando se analiza en el presente documento en referencia a una turbina eólica, se define como cualquier característica de la turbina eólica, incluyendo, pero sin limitación, la torre, la góndola, el rotor, el generador, la caja de engranajes, el buje, el árbol, la pala de rotor, el cojinete o accionamiento de paso, el cojinete o accionamiento de guiñada, el bastidor del generador, la bancada, los cimientos, o cualquier parte de la turbina eólica que pueda experimentar una carga.

Los componentes de una turbina eólica habitualmente se diseñan a base de simulaciones que representan los diversos sucesos que pueden producirse durante la vida útil de la turbina eólica, incluyendo, pero sin limitación, la velocidad del viento, las ráfagas de viento, la intensidad de turbulencia, o cualquier otro suceso que provoque una carga aplicada sobre la turbina eólica o sus componentes. Estos sucesos pueden variar en los diferentes parques eólicos; por lo tanto, se suele incluir un factor de seguridad en las cargas de diseño de los componentes individuales de la turbina eólica para garantizar que se minimicen los fallos catastróficos durante un suceso extremo o una condición de carga aleatoria. Sin embargo, dichos factores de seguridad generalmente proporcionan un exceso de margen de diseño, lo que conlleva unos componentes individuales de turbina eólica sobredimensionados. En cualquier momento dado durante la vida de la turbina eólica, los componentes no funcionan dentro de sus envolventes de diseño y sobra un margen de diseño del componente, lo que hace que los componentes trabajen por debajo de su capacidad máxima de carga durante toda su vida útil.

Muchas turbinas eólicas modernas utilizan sistemas de control de carga asimétrica (ALC) o a tiempo real para controlar y mejorar el funcionamiento de los componentes de la turbina eólica. Por ejemplo, los sistemas a tiempo real y/o ALC usan sensores de proximidad o medidores de tensión (o combinaciones de ambos) para monitorizar constantemente las cargas en el centro del buje y para mantener estas cargas en el centro del buje dentro de los límites del punto de ajuste mediante la variación del paso de la pala. Sin embargo, estas cargas ALC no están directamente relacionadas con las cargas límites de diseño de los componentes individuales. Los límites del punto de ajuste de la carga generalmente se seleccionan para incorporar los factores de seguridad de carga discutidos anteriormente para mitigar sucesos imprevistos. Con los sistemas y metodologías de control de carga ALC convencionales, el generador de turbina eólica está siendo subutilizado.

El documento US 2007/057517 A1 desvela un procedimiento de control de carga de una turbina eólica para limitar la carga operativa de una turbina eólica, permitiendo con ello la captura de más energía. Se compara una carga instantánea medida con un umbral de carga, y se controla el paso de la turbina eólica basándose en la comparación.

Por consiguiente, sería deseable en la técnica un sistema y un procedimiento mejorados para el control de carga de una turbina eólica que utilicen la mayor capacidad inherente de los diversos componentes de la turbina eólica para aumentar el rendimiento general y la potencia de salida a lo largo de la vida útil de la turbina eólica.

De acuerdo con aspectos de la invención, se proporciona un procedimiento para el control de carga de una turbina eólica, según se reivindica en las adjuntas reivindicaciones 1 a 6, y una turbina eólica según se reivindica en las adjuntas reivindicaciones 7 y 8.

En la siguiente descripción se expondrán parcialmente diversos aspectos y ventajas de la invención, que quedarán claros a partir de la descripción o podrán aprenderse a través de la puesta en práctica de la invención.

En una realización se describe un procedimiento para controlar la carga de una turbina eólica. El procedimiento incluye: seleccionar una pluralidad de componentes de la turbina eólica para monitorizar la carga; definir una envolvente de carga para cada uno de los componentes seleccionados y almacenar las envolventes de carga en un controlador; definiendo las envolventes de carga una capacidad de carga máxima aceptable para el componente respectivo en función del potencial de diseño del componente; monitorizar directa o indirectamente las cargas sobre los componentes seleccionados y generar unas correspondientes señales de carga que son comunicadas al controlador; determinando el controlador si las cargas que actúan sobre cada uno de los componentes

seleccionados se encuentran dentro de la respectiva envolvente de carga del componente; e iniciando el controlador una acción correctiva en caso de que la carga aplicada sobre cualquiera de los componentes seleccionados supere la envolvente de carga del componente.

En realizaciones adicionales, los componentes seleccionados pueden incluir uno cualquiera, o una combinación, de los siguientes: una pala de rotor, un cojinete o accionamiento de paso, un buje, un árbol principal, una caja de engranajes, una bancada, un bastidor del generador, un cojinete o accionamiento de guiñada, una torre, unos cimientos de torre o similares. En otra realización, el controlador puede calcular el esfuerzo, la tensión o la deformación a partir de las señales de carga comunicadas al mismo. En otras realizaciones más, la acción correctiva iniciada por el controlador puede incluir reducir la carga sobre el componente respectivo. Por ejemplo, la acción correctiva puede incluir uno o cualquier combinación de: generación de alarma, cambio del paso de la pala, frenado del rotor, pérdida aerodinámica del rotor, parada de la turbina eólica o similares.

En otras realizaciones más, las envolventes de carga pueden diseñarse en, o cerca de, la capacidad de carga de diseño del componente, pero por debajo de las cargas que resultarían en un fallo catastrófico del componente. Adicionalmente, las envolventes de carga se pueden definir en función de los límites de rendimiento de diseño del componente a lo largo de uno cualquiera, o una combinación, de los ejes X, Y o Z. Además, las envolventes de carga pueden permitir cierto grado de elasticidad a lo largo de uno o más de los ejes X, Y o Z. Es más, las envolventes de carga se pueden definir en función del esfuerzo, la tensión o la deformación a lo largo de uno cualquiera de los ejes X, Y o Z, o de una combinación de los mismos.

En otras realizaciones, las envolventes de carga pueden almacenarse como respectivos módulos individuales dentro del controlador, en el que cualquiera de los módulos puede ser reemplazado o modificado. Además, las envolventes de carga se pueden ajustar en función del tiempo en servicio del componente.

Otros aspectos más de la invención abarcan una turbina eólica que tiene una torre; una góndola montada encima de la torre; un rotor que tiene un buje giratorio y al menos una pala de rotor para convertir la energía eólica en energía eléctrica a través de un árbol; una caja de engranajes; un generador; y un sistema de control configurado para controlar la carga de la turbina eólica. El sistema de control puede incluir: una pluralidad de sensores dispuestos para medir directa o indirectamente una carga que actúe sobre una pluralidad de componentes de la turbina eólica seleccionados para la monitorización de la carga, y para generar las correspondientes señales de carga; un controlador en comunicación con la pluralidad de sensores, teniendo el controlador en su interior una envolvente de carga definida para cada uno de los componentes seleccionados de la turbina eólica; definiendo las envolventes de carga una capacidad de carga máxima aceptable para el respectivo componente de la turbina eólica en función de la capacidad de diseño del componente sin un margen de seguridad adicional de la carga. Por ejemplo, la envolvente de carga puede diseñarse en, o cerca de, la capacidad de carga de diseño del componente. En realizaciones adicionales, el controlador puede configurarse para determinar si las cargas que actúan sobre los componentes seleccionados de la turbina eólica están dentro de la envolvente de carga del componente en función de las señales de carga recibidas. Además, el controlador puede configurarse adicionalmente para iniciar una acción correctiva en el caso de que la carga que actúa sobre uno cualquiera, o una combinación, de los componentes monitorizados exceda la envolvente de carga del componente. Deberá entenderse también que el sistema de control puede configurarse adicionalmente de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones anteriormente indicadas.

Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una góndola y una torre de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra un esquema de un sistema para el control de carga de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra una realización de una envolvente de carga de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 5 ilustra una realización de un procedimiento para el control de carga de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación.

A continuación se hará referencia en detalle a realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del ámbito de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden usar con otra realización para dar lugar a otra realización más. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones que

entren dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

Con referencia a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica 10 de acuerdo con la presente invención. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de apoyo 14, una góndola 16 montada sobre la torre 12, y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje 20 rotativo y al menos una pala 22 de rotor acoplada al buje 20, y extendiéndose hacia fuera desde el mismo, para convertir la energía eólica en energía eléctrica a través de un árbol, una caja de engranajes y un generador (FIG. 2). Por ejemplo, en la realización ilustrada, el rotor 18 incluye tres palas 22 de rotor. Sin embargo, en una realización alternativa, el rotor 18 puede incluir más o menos de tres palas 22 de rotor. Cada pala 22 de rotor puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para permitir que la energía cinética del viento se convierta en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 puede estar rotativamente acoplado a la góndola 16, que encierra un generador eléctrico (no representado) para permitir que se produzca energía eléctrica.

Refiriéndose ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista esquemática de una góndola 106 configurada encima de una torre 102 de una turbina eólica 100 ejemplar. En una realización particular, la góndola 106 puede incluir una bancada 112 y una cubierta 114. Adicionalmente, un rotor 108 puede acoplarse a la góndola 106 y puede incluir un buje 110 y una pluralidad de palas 22 de rotor (FIG. 1). La pluralidad de palas 22 de rotor está habitualmente acoplada al buje 110 mediante cojinetes de paso 168. Además, el rotor 108 puede estar rotativamente acoplado a un generador eléctrico 132, colocado dentro de la góndola 106, por un árbol 134 de rotor (a veces denominado árbol principal o árbol de baja velocidad), una caja 136 de engranajes, un árbol 138 de alta velocidad y un acoplamiento 140. La rotación del eje 134 de rotor impulsa rotativamente la caja 136 de engranajes que posteriormente acciona el árbol 138 de alta velocidad. El árbol 138 de alta velocidad impulsa rotativamente al generador 132 con el acoplamiento 140 y la rotación del árbol 138 de alta velocidad facilita la producción de energía eléctrica por el generador 132. La caja 136 de engranajes y el generador 132 pueden estar soportados por unos soportes 142 y 144, respectivamente. Adicionalmente, la góndola 106 puede incluir unos cojinetes principales 152 y 154 de soporte, o delantero y trasero, respectivamente.

De acuerdo con aspectos de la invención, la góndola 106 puede incluir un sistema de control 150 configurado para el control de carga de la turbina eólica 10. El sistema de control 150 puede incluir una pluralidad de sensores dispuestos para medir directa o indirectamente una carga que actúa sobre una pluralidad de componentes seleccionados de la turbina eólica para monitorizar la turbina eólica. Por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 2, una pluralidad de sensores 156 puede estar situada en componentes seleccionados del aerogenerador (tales como el árbol 134 de rotor y/o la torre 102) para medir la carga que actúa sobre los componentes respectivos. Sin embargo, los componentes seleccionados de la turbina eólica no están limitados a los componentes ilustrados y pueden incluir una pala, un cojinete o accionamiento de paso, el buje, el árbol principal, la caja de engranajes, la bancada, el bastidor del generador, el cojinete o accionamiento de guiñada, la torre, los cimientos de la torre o cualquier combinación de los mismos En la realización preferida, el sistema de control 150 está configurado para recibir las señales de carga generadas por la pluralidad de sensores, tal como se analiza con mayor detalle a continuación.

Refiriéndose ahora a la FIG. 3, se ilustra una realización preferida del sistema de control 150 según la presente divulgación. Como se ha mencionado, el sistema de control 150 puede incluir una pluralidad de sensores 210 dispuestos para medir directa o indirectamente la carga que actúa sobre una pluralidad de componentes 203, 204, 205 de la turbina eólica seleccionados para controlar la carga. Adicionalmente, los sensores 210 están configurados para generar unas correspondientes señales 202 de carga. El sistema de control 150 puede incluir además un controlador 206 en comunicación con los sensores 210 para recibir las correspondientes señales 202 de carga. Basándose en estas señales de carga, el controlador 206 puede calcular el esfuerzo, la tensión o la deformación de un componente seleccionado de la turbina eólica. El controlador 206 puede consistir en un controlador que sea común para las envolventes de carga, múltiples controladores paralelos en los que un controlador individual esté asignado a una envolvente de carga individual, o cualquier combinación adecuada de controladores para efectuar las funciones deseadas según se indica en el presente documento.

Debe apreciarse que el sistema 150 no está limitado a ningún tipo o configuración particular de sensores 210. En la técnica se conocen y se usan diversos sensores de carga, y pueden usarse con sistemas y procedimientos de la presente invención. Ejemplos de tales sensores incluyen acelerómetros, sensores de proximidad, sensores de presión, medidores de tensión, o cualquier combinación de los mismos.

En la realización preferida, el controlador 206 incluye al menos una envolvente de carga almacenada en el mismo como un archivo o registro electrónico definido para un único componente de la turbina eólica. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el controlador 206 incluye tres envolventes de carga 207, 208, 209 correspondientes a cada uno de los componentes seleccionados 203, 204, 205 de la turbina eólica. Las envolventes de carga 207, 208, 209 definen una capacidad de carga máxima aceptable para el respectivo componente 203, 204, 205 de la turbina eólica, que es una función de la capacidad de carga de diseño del componente. Por ejemplo, esta capacidad de carga máxima aceptable puede estar en, o cerca de, la capacidad de diseño del componente sin un margen de seguridad de carga añadido.

En una realización particular, la capacidad de diseño del componente puede definirse mediante una envolvente de carga tridimensional en las direcciones X, Y y Z. Adicionalmente, la envolvente de carga puede modelarse usando análisis de elementos finitos, funciones de transferencia o cualquier procedimiento similar de modelado conocido en la técnica. Como tal, la envolvente de carga puede calcular el esfuerzo, la tensión, la tracción, la compresión o la deformación en el componente monitorizado. Por ejemplo, según se muestra en la FIG. 4, se ilustra un ejemplo de una envolvente de carga 300 para un componente de turbina eólica. La envolvente de carga 300 tiene una forma general elíptica y está ilustrada en el plano XY. Como tal, la envolvente de carga 300 ilustrada representa un corte de la envolvente de carga tridimensional a tiempo real que define la capacidad de carga de diseño del componente en las direcciones X, Y y Z.

Al incorporar tales envolventes de carga en lugar de su factor de diseño de seguridad, la turbina eólica puede operar a su máxima capacidad de diseño, o cerca de ella, sin desencadenar un fallo del componente, lo que aumenta la producción de energía. En la realización preferida, las envolventes de carga aprovechan los márgenes de diseño añadidos de los componentes sin desencadenar un fallo catastrófico. Adicionalmente, en la realización preferida se puede emplear la monitorización ALC o a tiempo real para monitorizar constantemente las cargas que actúan sobre los diversos componentes de la turbina eólica. Además, se pueden emplear uno o más medidores o sensores de tensión para controlar varios componentes de la turbina eólica. Dichas mediciones pueden enviarse directamente a las envolventes de carga. Como tal, el sistema de control 150 puede desencadenar una acción correctiva en caso necesario. Adicionalmente, las envolventes de carga pueden ser almacenadas dentro del controlador 206 como unos respectivos módulos individuales (es decir, ficheros individuales) que son esencialmente independientes o no relacionados funcionalmente con los otros módulos de componentes, por lo que uno cualquiera de los módulos puede ser sustituido o modificado según sea necesario sin perturbar la funcionalidad de la monitorización de los otros componentes de la turbina eólica que estén dentro del sistema.

En la realización preferida, el sistema y el procedimiento desvelados en el presente documento combinan la monitorización a tiempo real con envolventes de carga que eliminan los factores de seguridad, de modo que el sistema de control puede fomentar la capacidad operativa de la turbina eólica sin exceder los límites de diseño. Por ejemplo, el controlador 206 puede estar configurado para recibir constantemente las señales 202 de carga y determinar si las cargas que actúan sobre los componentes seleccionados 203, 204, 205 de la turbina eólica están dentro de la correspondiente envolvente de carga 207, 208, 209 de los componentes.

En el caso de que una carga supere la envolvente de carga de un componente, el controlador 206 puede iniciar una acción correctiva 212. En una realización particular, la acción correctiva 212 iniciada por el controlador 206 puede incluir la reducción de la carga en el componente respectivo. Más específicamente, la acción correctiva 212 puede incluir una, o cualquier combinación, de: generación 222 de alarma, cambio 224 del paso de pala, frenado 226 del rotor, pérdida aerodinámica 228 del rotor, parada 230 de la turbina eólica, o cualquier acción adecuada para reducir la carga que actúa sobre el componente respectivo. Además, debe entenderse que el frenado del rotor puede incluir la aplicación de un freno mecánico, el cambio de la posición de guiñada del buje o una acción similar. Además, la acción correctiva se puede adaptar al componente respectivo para proporcionar la reducción de carga apropiada. Por ejemplo, una acción correctiva para una deformación que se produzca en el árbol principal puede requerir la variación del paso de pala, mientras que una acción correctiva necesaria para reducir la carga sobre la torre puede requerir un cambio de la posición de guiñada.

Por consiguiente, las envolventes de carga están diseñadas por debajo de las cargas que darían como resultado un fallo catastrófico del respectivo componente de la turbina eólica. Como tal, el sistema de control es capaz de monitorizar una carga y enviar una acción correctiva antes de que se produzca un fallo catastrófico en el componente. Las envolventes de carga también pueden definirse como una función de los límites de rendimiento de diseño de los respectivos componentes de la turbina eólica a lo largo de uno cualquiera, o una combinación, de los ejes X, Y o Z y pueden permitir cierto grado de elasticidad del componente a lo largo de uno o más de los ejes X, Y, o Z. Además, las envolventes de carga se pueden definir como una función de uno cualquiera, o una combinación de: esfuerzo, tensión o deformación a lo largo de uno cualquiera de los ejes X, Y o Z.

Refiriéndose ahora a la FIG. 5, se ilustra un procedimiento 400 para el control de carga de una turbina eólica. El procedimiento 400 incluye una primera etapa (etapa 402) de seleccionar una pluralidad de componentes de la turbina eólica para la monitorización de la carga. En una siguiente etapa (etapa 404), el procedimiento 400 incluye la definición de una envolvente de carga para cada uno de los componentes seleccionados y el almacenamiento de las envolventes de carga en un controlador, definiendo las envolventes de carga una capacidad de carga máxima aceptable para el componente respectivo que puede estar, por ejemplo, en o cerca de la capacidad de diseño del componente. En otra etapa (etapa 406), el procedimiento 400 incluye controlar directa o indirectamente las cargas sobre los componentes seleccionados y generar las correspondientes señales de carga que se comunican al controlador. En una siguiente etapa (etapa 408), el procedimiento 400 incluye determinar, a través de un controlador, si las cargas que actúan sobre cada uno de los componentes seleccionados están dentro de la respectiva envolvente de carga del componente. En otra etapa (etapa 410), el procedimiento 400 incluye iniciar una acción correctiva en el caso de que la carga que actúa sobre cualquiera de los componentes seleccionados supere la envolvente de carga del componente. Además, las envolventes de carga se pueden ajustar en función del tiempo en servicio del componente.

El sistema y el procedimiento descritos en el presente documento utilizan la mayor capacidad inherente de los diversos componentes de la turbina eólica (debido al factor de seguridad de diseño incluido con cada componente de la turbina eólica) y la monitorización a tiempo real para aumentar el rendimiento general y la potencia durante toda la vida útil de la turbina eólica. Como tal, las turbinas eólicas existentes pueden disponer de una mayor capacidad sin desencadenar fallos catastróficos.

La presente descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El ámbito patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que tales otros ejemplos estén dentro del ámbito de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto a los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (400) para el control de carga de una turbina eólica (10), que comprende:

seleccionar (402) una pluralidad de componentes de turbina eólica para monitorización de carga;
definir (404) una envolvente de carga para cada uno de los componentes seleccionados y almacenar las envolventes de carga en un controlador (203, 204, 205), definiendo las envolventes de carga una capacidad de carga máxima aceptable para el respectivo componente en función de la capacidad de diseño del componente;
monitorizar (406) directa o indirectamente las cargas sobre los componentes seleccionados y generar las correspondientes señales de carga que se comunican al controlador (203, 204, 205);
determinar (408), por el controlador (203, 204, 205), si las cargas que actúan sobre cada uno de los componentes seleccionados están dentro de la respectiva envolvente de carga del componente; y
iniciar una acción correctiva (410), con el controlador (203, 204, 205), en el caso de que la carga que actúa sobre cualquiera de los componentes seleccionados supere la envolvente de carga del componente; en el que la acción correctiva (410) está adaptada al respectivo componente para proporcionar una adecuada reducción de carga, e incluye cualquier combinación de: generación de alarma, variación del paso de la pala, frenado del rotor, bloqueo del rotor, o parada de la turbina eólica (10);
caracterizado porque
las envolventes de carga son envolventes de carga tridimensionales que definen la máxima capacidad de carga aceptable para el respectivo componente, definida como una función de los límites de rendimiento de diseño del componente relativos a esfuerzo, tensión, o deformación a lo largo de cualquier combinación de los ejes X, Y o Z, estando la envolvente de carga diseñada en, o cerca de, la capacidad de carga de diseño del componente sin un margen de seguridad de la carga.

2. El procedimiento (400) según la reivindicación 1, en el que los componentes seleccionados incluyen cualquier combinación de pala (22), cojinete o accionamiento de paso, buje, árbol principal, caja de engranajes, bancada, bastidor del generador, cojinete o accionamiento de guiñada, torre (12), o cimentación (14) de la torre.

3. El procedimiento (400) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que las envolventes de carga se definen como una función de uno cualquiera, o una combinación, de esfuerzo, tensión, o deformación a lo largo de uno cualquiera de los ejes X, Y o Z.

4. El procedimiento (400) según la reivindicación 3, en el que el controlador (203, 204, 205) calcula el esfuerzo, tensión, o deformación a partir de las señales de carga comunicadas al mismo.

5. El procedimiento (400) como en cualquier reivindicación precedente, en el que las envolventes de carga se almacenan como módulos respectivos individuales dentro del controlador, en el que uno cualquiera de los módulos puede ser reemplazado o modificado.

6. El procedimiento (400) según cualquier reivindicación precedente, en el que las envolventes de carga se ajustan en función del tiempo en servicio del componente.

7. Una turbina eólica (10), que comprende:

una torre (12);
una góndola (16) montada encima de la torre;
un rotor (18), teniendo el rotor un buje rotativo y al menos una pala de rotor para convertir la energía eólica en energía eléctrica a través de un árbol, una caja de engranajes y un generador;
un sistema de control (150) configurado para el control de carga de la turbina eólica (10), comprendiendo adicionalmente el sistema de control:

una pluralidad de sensores (222 ... 230) dispuestos para medir directa o indirectamente una carga que actúa sobre una pluralidad de componentes de la turbina eólica seleccionados para la supervisión de la carga, y para generar unas correspondientes señales de carga;

un controlador (203, 204, 205) en comunicación con la pluralidad de sensores, teniendo almacenada el controlador una envolvente de carga definida para cada uno de los componentes de turbina eólica seleccionados;

estando el controlador (203, 204, 205) configurado para determinar (408), basándose en las señales de carga recibidas, si las cargas que actúan sobre los componentes de turbina eólica seleccionados están dentro de la envolvente de carga del componente; y
estando el controlador (203, 204, 205) configurado adicionalmente para iniciar una acción correctiva (410) en el caso de que la carga que actúa sobre uno de los componentes seleccionados supere la envolvente de carga del componente;
en el que la acción correctiva (410) está adaptada al respectivo componente para proporcionar una adecuada reducción de carga, e incluye cualquier combinación de: generación de alarma, cambio del paso, frenado del rotor, frenado del rotor, o parada de la turbina eólica (10);

caracterizado por que
las envolventes de carga son envolventes de carga tridimensionales que definen la máxima capacidad de carga aceptable para el respectivo componente, definida como una función de los límites de rendimiento de diseño del componente relativos al esfuerzo, tensión, o deformación a lo largo de cualquier combinación de los ejes X, Y o Z, estando la envolvente de carga diseñada en, o cerca de, la capacidad de carga de diseño del componente sin un margen de seguridad de la carga.

8. La turbina eólica (10) según la reivindicación 7, en la que los componentes de turbina eólica seleccionados incluyen cualquier combinación de: pala, cojinete o accionamiento de paso, buje, árbol principal, caja de engranajes, bancada, bastidor del generador, cojinete o accionamiento de guiñada, torre, o cimientos de la torre.

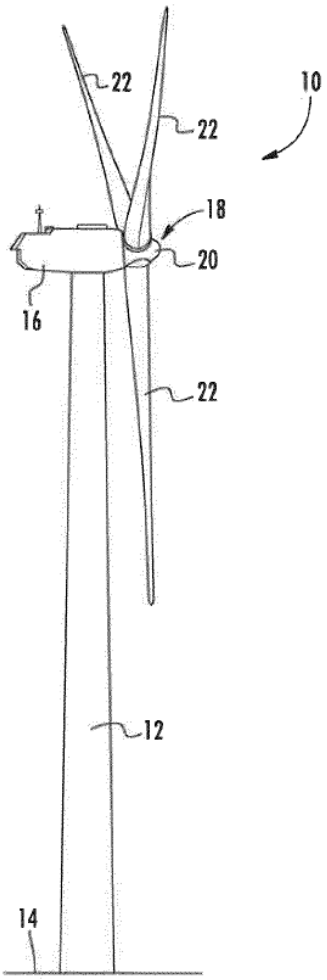

FIG. 1

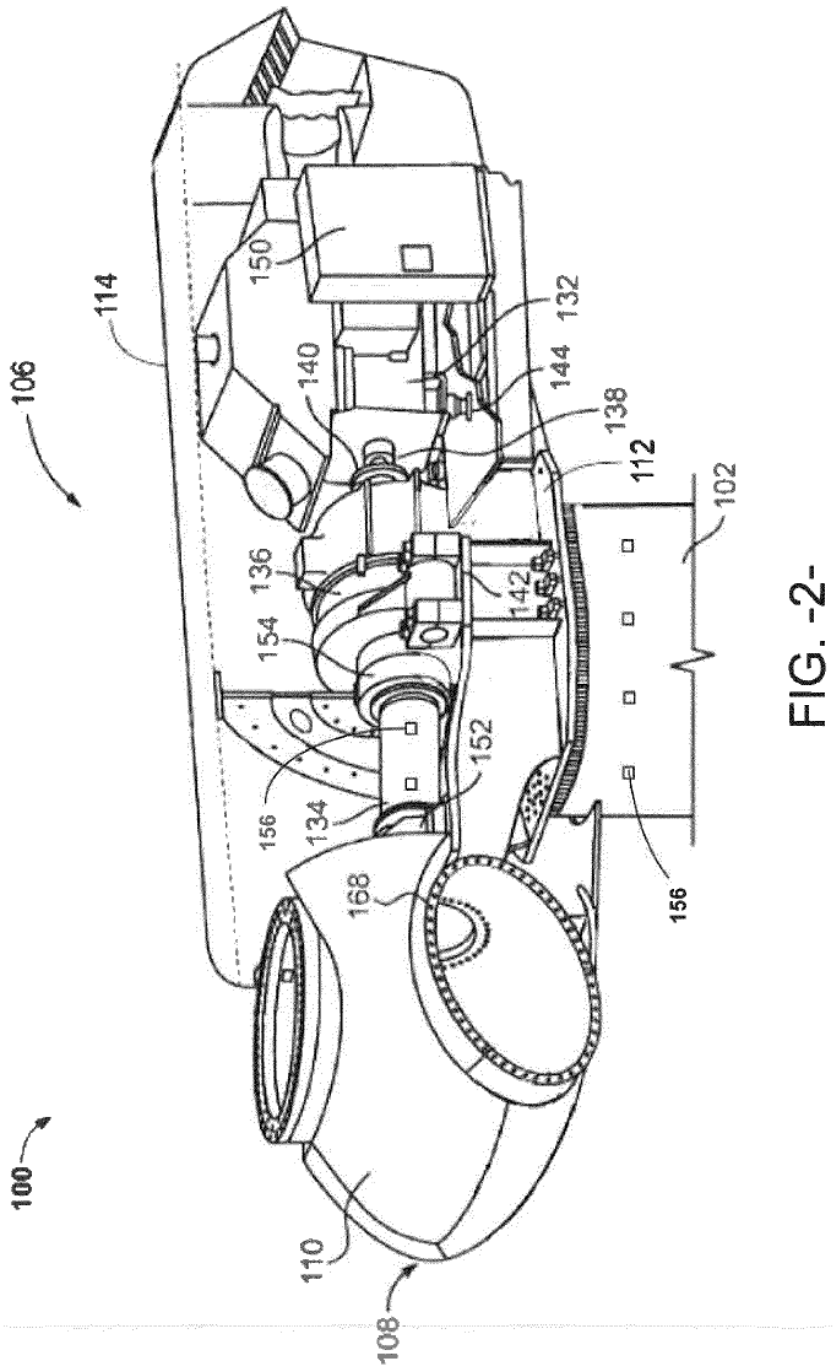
100
106
114
150
140
136
154
156
134
168
110
108
152
142
138
144
132
112
102
156

FIG. -2-

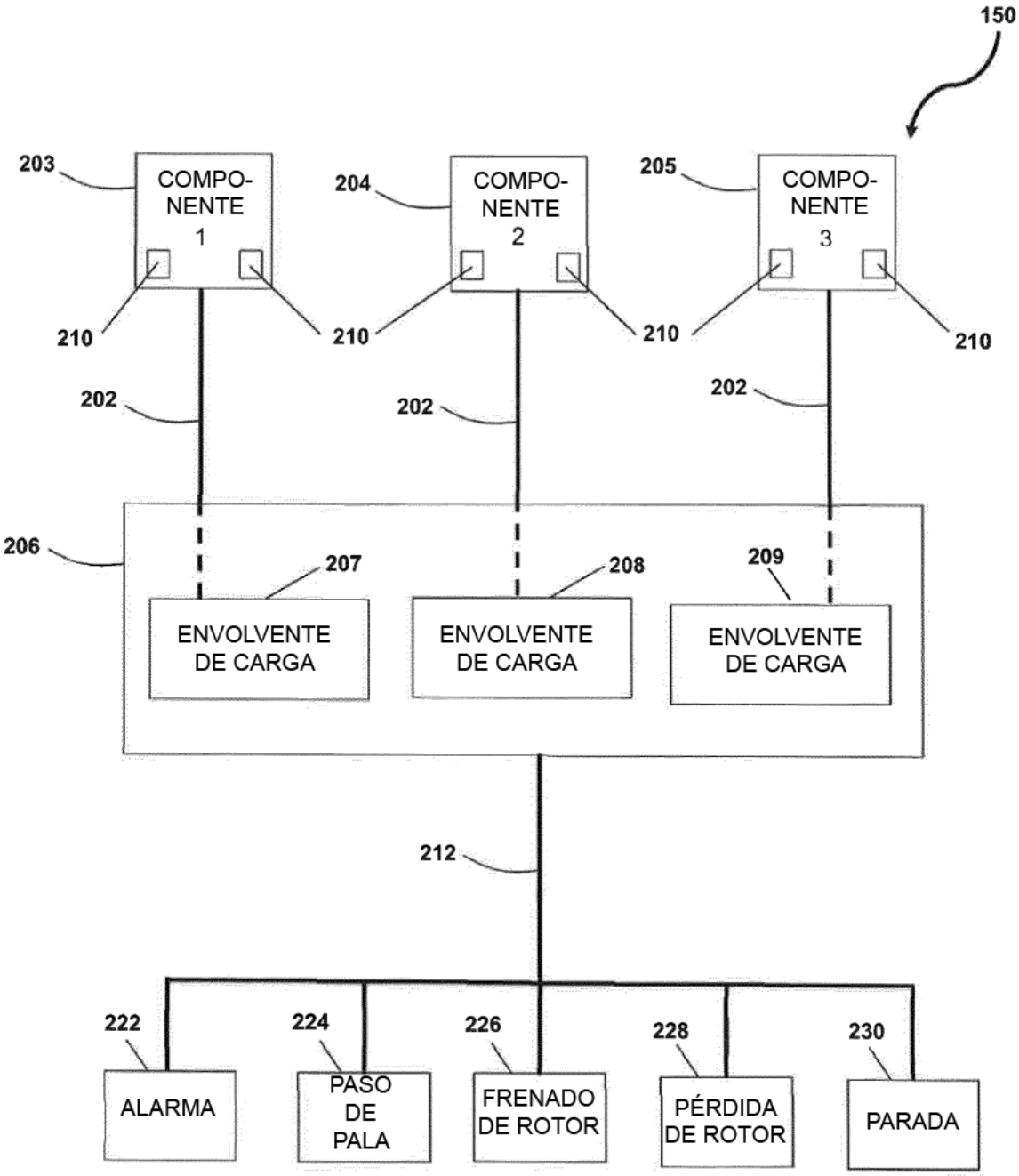
150
203
COMPO-
NENTE
1
204
COMPO-
NENTE
2
205
COMPO-
NENTE
3
210
210
210
210
202
202
202
206
207
208
209
ENVOLVENTE
DE CARGA
ENVOLVENTE
DE CARGA
ENVOLVENTE
DE CARGA
212
222
224
226
228
230
ALARMA
PASO
DE
PALA
FRENADO
DE ROTOR
PÉRDIDA
DE ROTOR
PARADA

FIG. -3-

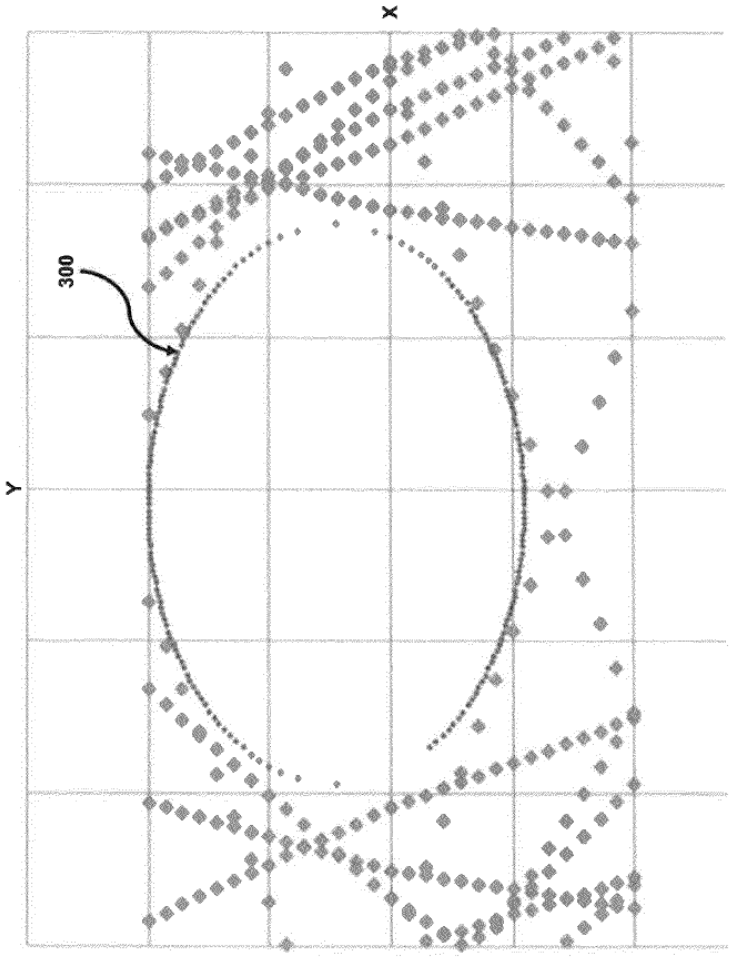

FIG. -4-

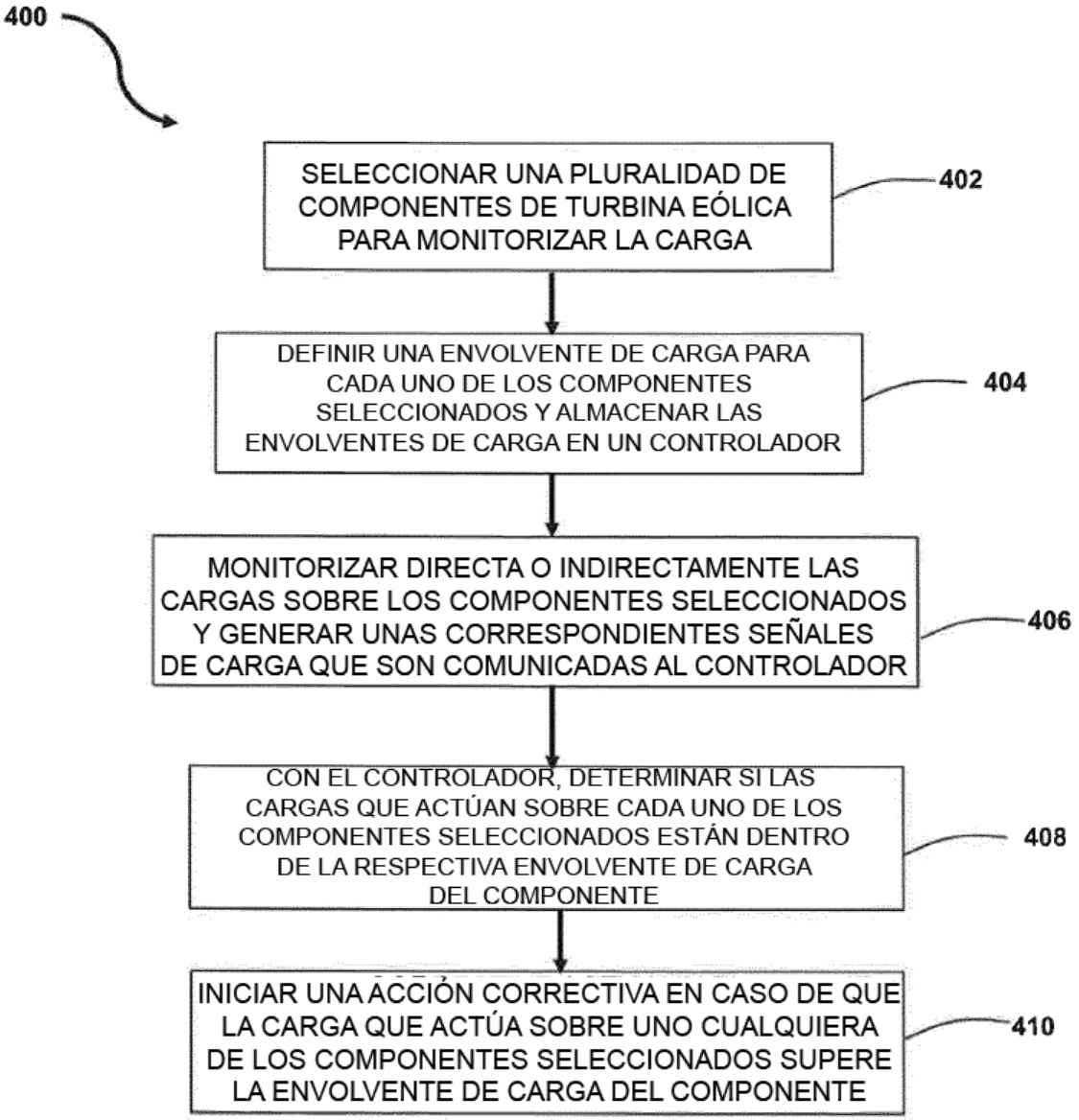
400
SELECCIONAR UNA PLURALIDAD DE COMPONENTES DE TURBINA EÓLICA PARA MONITORIZAR LA CARGA
402
DEFINIR UNA ENVOLVENTE DE CARGA PARA CADA UNO DE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS Y ALMACENAR LAS ENVOLVENTES DE CARGA EN UN CONTROLADOR
404
MONITORIZAR DIRECTA O INDIRECTAMENTE LAS CARGAS SOBRE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS Y GENERAR UNAS CORRESPONDIENTES SEÑALES DE CARGA QUE SON COMUNICADAS AL CONTROLADOR
406
CON EL CONTROLADOR, DETERMINAR SI LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE CADA UNO DE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS ESTÁN DENTRO DE LA RESPECTIVA ENVOLVENTE DE CARGA DEL COMPONENTE
408
INICIAR UNA ACCIÓN CORRECTIVA EN CASO DE QUE LA CARGA QUE ACTÚA SOBRE UNO CUALQUIERA DE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS SUPERE LA ENVOLVENTE DE CARGA DEL COMPONENTE
410

FIG. -5-