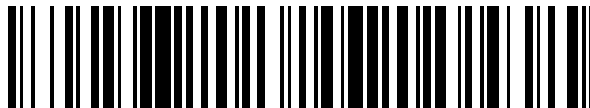


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 192**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

H02P 9/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2010 E 10861524 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2659135**

54 Título: **Sistema, dispositivo y procedimiento para ajustar la carga de trabajo de un componente de una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ZHU, WEI

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 578 192 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, dispositivo y procedimiento para ajustar la carga de trabajo de un componente de una turbina eólica

5 La materia objeto descrita en este documento se refiere en general a la operación de una turbina eólica y, más particularmente, a la operación de un componente de turbina eólica basado en una carga de trabajo asociada con el componente.

10 Las turbinas eólicas utilizan energía eólica para generar o producir energía eléctrica. Las turbinas eólicas conocidas incluyen un sistema de control para la operación de una turbina eólica de una manera eficiente y segura. Parámetros de control, tales como valores del umbral de operación, se utilizan para definir el comportamiento de la turbina eólica. Por ejemplo, un controlador de una turbina eólica puede ser programado para garantizar que la velocidad de rotación del rotor permanezca por debajo de un valor del umbral máximo de la velocidad del rotor, tal como mediante el ajuste de un paso de las palas del rotor. Un generador de turbina eólica y un procedimiento de control convencional se describen, por ejemplo, en el documento CA 2 716 155.

15 Tales ajustes pueden requerir el trabajo de componentes de turbinas de viento, sometiendo estos componentes a la degradación física eventual. Además, algunos componentes de la turbina eólica se pueden utilizar con mayor frecuencia que la frecuencia con la que se utilizan otros componentes, lo que resulta en tasas relativamente altas de desgaste de los componentes de uso frecuente.

Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se definen por las reivindicaciones adjuntas.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar.

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un dispositivo informático ejemplar.

20 La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para calcular un valor del umbral de operación asociado con el componente de la turbina eólica que se muestra en la figura 2.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para el control de la turbina eólica que se muestra en la figura 1 basada en un valor del umbral de operación calculado.

25 La figura 5 es un gráfico que representa una función de modo de ejemplo para determinar un valor del umbral de operación basado en una carga de trabajo.

30 Las realizaciones descritas en el presente documento facilitan la operación de una turbina eólica basada en una o más cargas de trabajo (por ejemplo, ciclos de trabajo) asociados a un componente de la turbina eólica. En realizaciones de ejemplo, cuando el primer componente se utiliza para lograr un resultado deseado (por ejemplo, la reducción de la velocidad del rotor o la reducción de par de torsión sobre un árbol de transmisión), la carga de trabajo determinada de los primeros de componentes se incrementa, y un valor del umbral de operación asociado con el primer componente puede ser ajustado sobre la base de este aumento de la carga de trabajo. Un segundo componente puede estar asociado con un valor del umbral de operación que es mayor que el valor del umbral de operación original asociado con el primer componente, pero menor que el valor del umbral de operación ajustado. Por tanto, el segundo componente puede ser usado en lugar del primer componente para lograr el mismo resultado deseado. En consecuencia, las realizaciones proporcionadas en este documento facilitan el equilibrio de las cargas de trabajo entre los componentes de la turbina eólica.

40 Como se describe aquí, una turbina eólica puede ser controlada sobre la base de una o más condiciones de operación. Las condiciones de operación incluyen, sin limitación, las condiciones mecánicas (por ejemplo, una velocidad del rotor y/o una salida de potencia) y las condiciones meteorológicas. Una condición meteorológica puede incluir, por ejemplo, una temperatura del aire ambiente, una densidad del aire ambiente, un nivel de humedad, una presión de aire, una velocidad del viento, y/o una dirección del viento. Algunas condiciones de operación pueden indicar y/o directa o indirectamente, una carga estructural (por ejemplo, par de torsión) en una turbina eólica. Por ejemplo, una carga estructural puede ser indirectamente representada por una velocidad del viento, una velocidad del rotor, y/o una salida de energía, aunque se contempla el uso de cualquier condición de operación que representa un elemento del medio ambiente (por ejemplo, una dirección del viento relativo) y/o una carga estructural.

45 Las condiciones de operación pueden ser codificadas en o transmitidas de otro modo mediante señales electrónicas. En algunas realizaciones, un sensor transmite una señal que transporta una condición de operación. Un dispositivo de recepción de la señal del sensor se puede configurar para derivar o extraer el estado de operación de la señal.

50 En algunas realizaciones, un parámetro de control, tal como un valor del umbral de operación, se utiliza para controlar una turbina eólica. Un valor del umbral de operación puede incluir, sin limitación, una velocidad máxima del viento operativo, una velocidad máxima del rotor, y/o un par máximo del árbol de transmisión. Los valores del umbral de operación pueden estar asociados con componentes de turbinas de viento, como un mecanismo de paso de las palas y/o un freno de rotor. Por ejemplo, si una velocidad máxima rotor está asociada con un mecanismo de paso de las palas, la velocidad del rotor actual puede controlarse continua o periódicamente. Si la velocidad del rotor actual

excede la velocidad máxima del rotor, un dispositivo de control puede accionar el mecanismo de paso de las palas para reducir la velocidad del rotor.

5 Un efecto técnico a modo de ejemplo de los procedimientos, el sistema y aparato descrito en este documento incluye al menos uno de: (a) la determinación de una carga de trabajo asociada con un componente de la turbina eólica basada al menos en parte en uno o más accionamientos del componente de la turbina eólica dentro de un período de tiempo; (b) calcular un valor del umbral de operación basado al menos en parte de la carga de trabajo determinada; y (c) operar el componente de la turbina eólica en función del valor del umbral de operación calculado.

10 La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar 100. La turbina eólica 100 incluye una góndola 102 que alberga un generador (no mostrado en la figura 1). La góndola 102 está montada en una torre 104 (sólo una parte de la torre 104 se muestra en la figura 1). La torre 104 puede tener cualquier altura adecuada que facilite la operación de la turbina eólica 100 como se describe aquí. En la realización ejemplar, la turbina eólica 100 también incluye un rotor 106 que incluye tres palas de rotor 108 acopladas a un cubo giratorio 110. Alternativamente, la turbina eólica 100 puede incluir cualquier número de palas del rotor 108 que permita la operación de la turbina eólica 100 como se describe aquí. En la realización ejemplar, la turbina eólica 100 incluye una caja de cambios (no mostrado) que está acoplada de manera giratoria al rotor 106 y al generador. La turbina eólica 100 puede incluir uno o más dispositivos de control 120, sensores 125, y/o componentes de la turbina eólica 130 (que se muestra en la figura 2).

20 La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un dispositivo informático 205 ejemplar para controlar la operación de la turbina eólica 100. El dispositivo informático 205 también puede ser denominado como un controlador de la turbina eólica. El controlador 205 de la turbina eólica se coloca dentro de la turbina eólica 100. Por ejemplo, el controlador 205 de la turbina eólica puede estar colocado en o dentro de la góndola 102 o en o dentro de la torre 104.

25 El controlador 205 de la turbina eólica incluye una memoria 210 configurada para almacenar instrucciones ejecutables por ordenador, los valores del umbral de operación, y/o una o más condiciones de operación, tales como las condiciones meteorológicas. Las condiciones meteorológicas pueden incluir, sin limitación, una temperatura de aire ambiente, una densidad del aire ambiente, un nivel de humedad, una presión del aire, una velocidad del viento, y/o una dirección del viento. La memoria 210 puede estar configurada además para almacenar funciones para su uso en el cálculo de los valores del umbral de operación en base a las cargas de trabajo asociadas con uno o más componentes 130 de la turbina eólica, opcionalmente en la forma de una o más instrucciones ejecutables por ordenador.

30 El controlador 205 de la turbina eólica también incluye un procesador 215 acoplado a la memoria 210 y programado para ejecutar las instrucciones ejecutables por ordenador. Por ejemplo, una o más de las operaciones descritas en este documento pueden ser codificadas como instrucciones ejecutables por ordenador, cuyo procesador 215 está programado para ejecutar con el fin de realizar dichas operaciones.

35 El controlador 205 de la turbina eólica incluye además una interfaz de control 220 de la turbina eólica que está configurada para controlar uno o más componentes 130 de turbina eólica. En una realización ejemplar, la turbina eólica 100 incluye un primer componente 135 de la turbina eólica y un segundo componente 140 de la turbina eólica. En algunas realizaciones, la interfaz de control 220 de la turbina eólica está configurada para ser acoplada operativamente a uno o más dispositivos de control 120.

40 Los dispositivos de control 120 accionan los componentes 130 de la turbina eólica incluyendo, sin limitación, un mecanismo de orientación, un mecanismo de paso de las palas, un convertidor de potencia, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un freno de rotor, un calentador, un enfriador, un motor, un solenoide, y/o un servomecanismo. Por ejemplo, dispositivo de control 120 puede incluir un interruptor, un contactor, un relé, una fuente de alimentación, y/o cualquier otro dispositivo de control de accionamiento de un componente 130 de la turbina eólica. En algunas realizaciones, el dispositivo de control 120 acciona un componente de la turbina eólica 130 para ajustar una configuración física de la turbina eólica 100, tal como un ángulo o paso de las palas del rotor 108 y/o una orientación de la góndola 102 o rotor 106 con respecto a la torre 104 (se muestra en la figura 1). En realizaciones de ejemplo, el controlador 205 de la turbina eólica monitoriza el accionamiento de los componentes 130 de la turbina eólica mediante los dispositivos de control 120. En algunas realizaciones, un dispositivo de control 120 está integrado con un componente de la turbina eólica 130. Por ejemplo, un mecanismo de orientación puede incluir componentes de la transmisión (por ejemplo, un motor y engranajes) y uno o más dispositivos de control 120 para la operación de los componentes de accionamiento.

55 En algunas realizaciones, la turbina eólica 100 incluye uno o más sensores 125. Los sensores 125 perciben o detectan una o más condiciones de operación. Por ejemplo, el sensor 125 puede ser un acelerómetro, un sensor de vibración (por ejemplo, que indica la vibración mecánica de uno o más componentes de la turbina eólica 130), un sensor de potencia de salida, un sensor de paso de las palas, un sensor de velocidad del rotor, un sensor de relación de transmisión, un sensor de par, un sensor de temperatura de la turbina, un sensor de temperatura de la caja de cambios, un sensor de tensión, un sensor de corriente, y/o un sensor meteorológico. Los sensores meteorológicos incluyen, sin limitación, un sensor de la temperatura del aire ambiente, un sensor de la velocidad del

viento y/o de la dirección del viento (por ejemplo, un anemómetro), un sensor de densidad del aire ambiente, un sensor de presión atmosférica, un sensor de humedad, y/o cualquier sensor adecuado para proporcionar una señal que indica una condición meteorológica.

5 Cada sensor 125 está situado con respecto a la turbina eólica 100 según su función. Por ejemplo, haciendo referencia también a la figura 1, un sensor de temperatura del aire se puede colocar en una superficie exterior de la góndola 102 o de la torre 104, de manera que el sensor de temperatura del aire está expuesto al aire ambiente que rodea la turbina eólica 100. Además, un dispositivo de control 120 puede incluir uno o más sensores 125. Por ejemplo, un dispositivo de control 120 acoplado a un mecanismo de paso de pala puede indicar un paso actual de una o más palas del rotor 108. Del mismo modo, un dispositivo de control 120 acoplado a un mecanismo de orientación puede indicar una orientación actual de la góndola 102 o rotor 106 con relación a la torre 104. Cada sensor 125 genera y transmite una señal correspondiente a la una o más condiciones detectadas. Además, cada sensor 125 puede transmitir una señal continua, periódicamente, o sólo una vez, por ejemplo, aunque también se contemplan otros tiempos de señal.

15 En una realización, el controlador 205 de la turbina eólica recibe una o más señales desde el sensor 125 por una interfaz de sensor 225, que está configurada para ser acoplada en comunicación con el sensor 125. El controlador de la turbina eólica 205 procesa la señal(es) mediante el procesador 215 para determinar una o más condiciones de operación, incluyendo, sin limitación, las condiciones meteorológicas. En algunas realizaciones, el procesador 215 está programado (por ejemplo, con instrucciones ejecutables en la memoria 210) para muestrear una señal producida por el sensor 125. Por ejemplo, el procesador 215 puede recibir una señal continua desde el sensor 125 y, en respuesta, producir un valor de estado de operación basándose en la señal continua periódicamente (por ejemplo, una vez cada cinco segundos). En algunas realizaciones, el procesador 215 normaliza una señal recibida desde el sensor 125. Por ejemplo, un sensor de temperatura puede producir una señal analógica con un parámetro (por ejemplo, tensión) que es directamente proporcional a una temperatura medida. El procesador 215 puede ser programado para convertir la señal analógica a un valor de temperatura.

25 El procesador 215 puede ser programado para derivar una condición de operación en base a señales recibidas desde múltiples sensores 125. Por ejemplo, la turbina eólica 100 puede incluir múltiples sensores de temperatura del aire, y el procesador 215 puede calcular un promedio de la temperatura del aire sobre la base de los valores de temperatura de cada sensor de temperatura del aire. En otro ejemplo, el procesador 215 puede determinar una dirección del viento relativa (también referida como una dirección del viento delta) en base a una dirección del viento absoluta (por ejemplo, expresada con respecto a una dirección cardinal) indicada por un anemómetro y una orientación actual de la góndola indicada por un mecanismo de orientación. En algunas realizaciones, el controlador 205 almacena una o más señales y/o condiciones de operación en la memoria 210.

35 En una realización ejemplar, el procesador 215 está programado para calcular uno o más valores del umbral de operación que están cada uno asociado con un componente 130 de la turbina eólica, como se describe en más detalle a continuación con referencia a la figura 3. Además, el procesador 215 y/o la interfaz de control 220 de la turbina eólica pueden controlar una operación de la turbina eólica 100 en base a los valores del umbral de operación calculados y las condiciones de operación indicadas por los sensores 125, como se describe en más detalle a continuación con referencia a la figura 4.

40 En algunas realizaciones, el controlador 205 de la turbina eólica incluye una interfaz de comunicación 230. La interfaz de comunicación 230 está configurada para ser acoplada en comunicación con uno o más dispositivos remotos, tales como otro controlador 205 de la turbina eólica u otro dispositivo informático. La interfaz de comunicación 230 puede estar configurada para transmitir una condición de operación, una carga de trabajo, y/o un valor del umbral de operación a un dispositivo remoto. Además, o alternativamente, la interfaz de comunicación 230 puede estar configurada para recibir una condición de operación (por ejemplo, una dirección del viento y/o una temperatura del aire ambiente) y/o un parámetro de control (por ejemplo, un valor del umbral de operación) desde un dispositivo remoto y controlar una operación de la turbina eólica 100 basado al menos en parte, en la condición de operación recibida y/o el parámetro de control.

50 Varias conexiones están disponibles entre la interfaz de control 220 de la turbina eólica y los dispositivos de control 120 y entre la interfaz del sensor 225 y los sensores 125. Tales conexiones pueden incluir, sin limitación, un conductor eléctrico, una conexión de datos en serie de bajo nivel, como el Estándar Recomendado (RS) 232 o RS-485, una conexión de datos en serie de alto nivel, como el bus serie universal (USB), una conexión de datos en paralelo, tales como IEEE 1284 o IEEE 488, un canal de comunicación inalámbrica de corto alcance (por ejemplo, una red de área personal), y/o una conexión de red privada (por ejemplo, una turbina eólica inaccesible desde el exterior 100), ya sea por cable o inalámbrica.

55 La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento 300 ejemplar para el cálculo de un valor del umbral de operación asociado con un componente de la turbina eólica 130. La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento 350 ejemplar para controlar una turbina eólica, tal como la turbina eólica 100 (que se muestra en la figura 1), basándose en un valor del umbral de operación calculado. Haciendo referencia a las figuras 2-4, una o más de las operaciones de los procedimientos 300 y 350 pueden ser realizadas por un dispositivo informático, como el controlador 205 de la turbina eólica.

Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, el procedimiento 300 incluye la detección 305 de uno o más accionamientos de un componente de la turbina eólica 130. Por ejemplo, los accionamientos se pueden detectar 305 mediante la monitorización de los dispositivos de control 120 por la interfaz de control 220 de la turbina eólica y/o mediante el registro de actuaciones de componentes de la turbina eólica 130 iniciados por la interfaz de control 220 de la turbina eólica. Las actuaciones de componentes 130 de la turbina eólica se pueden almacenar en la memoria 210. En algunas realizaciones, la detección 305 de un accionamiento del componente 130 de la turbina eólica incluye la detección 305 de un nivel de accionamiento, tales como el tiempo transcurrido de la actuación, la intensidad de la actuación, y/o el desplazamiento (por ejemplo, lineal y/o angular) del componente 130 de la turbina eólica conseguido por el accionamiento. La intensidad de la actuación puede incluir, sin limitación, la velocidad y/o aceleración del componente de la turbina eólica 130, la cantidad de fuerza aplicada al componente de la turbina eólica 130, y/o la energía utilizada por el accionamiento. Por ejemplo, el accionamiento de un mecanismo de orientación puede estar asociado con un desplazamiento angular (por ejemplo, diez grados) que representa la rotación de la góndola 102 con relación a la torre 104. Del mismo modo, el accionamiento de un calentador puede estar asociado con la energía (por ejemplo, dos kilovatios horas) suministrada al calentador durante el accionamiento.

Una carga de trabajo se determina (por ejemplo, se calcula) 310 basada en las actuaciones detectadas. En realizaciones ejemplares, la carga de trabajo se basa en accionamientos del componente 130 de la turbina eólica dentro de un período de tiempo (por ejemplo, las 48 horas anteriores, las 24 horas anteriores, o las 12 horas anteriores). Por ejemplo, la carga de trabajo puede estar correlacionada positivamente con (por ejemplo, igual o proporcional a) la cantidad de accionamientos del componente 130 de la turbina eólica dentro del período de tiempo. Además, o alternativamente, la carga de trabajo se puede basar en un nivel total de accionamiento (por ejemplo, un tiempo transcurrido, un desplazamiento, o una intensidad) del componente 130 de la turbina eólica dentro del período de tiempo. Por ejemplo, el nivel de accionamiento asociado con cada accionamiento en el periodo de tiempo se puede resumir para calcular el nivel agregado de accionamiento. La carga de trabajo puede estar correlacionada positivamente con (por ejemplo, igual o proporcional a) el nivel agregado de accionamiento.

En algunas realizaciones, la carga de trabajo se determina 310 sobre la base de actuaciones del componente de la turbina eólica 130 y un límite de accionamiento predeterminado. El límite de accionamiento puede basarse en las características de diseño del componente de la turbina eólica 130, las condiciones de operación esperadas de turbina eólica 100 (por ejemplo, temperatura del aire ambiente), y/o cualquier otro factor que afecta a la tensión o desgaste asociado con el componente de la turbina eólica 130. En tales realizaciones, accionamientos del componente de la turbina eólica 130 puede afectar a la carga de trabajo sólo cuando las actuaciones detectadas exceden el límite de actuación.

La ecuación 1 es una función de ejemplo para determinar 310 la carga de trabajo de un componente de la turbina eólica 130, tal como un mecanismo de orientación.

$$\Phi = \max(0, \Phi_1 - \Phi_0) \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la ecuación 1, la carga de trabajo está representada por una carga de trabajo delta (Φ), que se basa en la cantidad de actuaciones en las 24 horas anteriores (Φ_1). Un límite de accionamiento predeterminado (Φ_0) se resta de Φ_1 . Cuando Φ_1 supera Φ_0 , Φ es igual a la diferencia entre los dos valores. De lo contrario, Φ es cero.

Un valor del umbral de operación asociado con el componente de la turbina eólica 130 se calcula 315 basado al menos en parte de la carga de trabajo. La ecuación 2 es una función a modo de ejemplo para calcular una condición de operación delta (dirección del viento delta, θ_1) basándose en la carga de trabajo delta (Φ) determinada utilizando la ecuación 1.

$$\theta_1 = 5 \cdot \frac{1 - e^{-\Phi}}{1 + e^{-\Phi}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La condición operativa delta puede ser utilizada directamente como un valor del umbral de operación o se puede combinar con otro valor, tal como un valor del umbral predeterminado, para determinar el valor del umbral de operación. La ecuación 3 es una función a modo de ejemplo para el cálculo de un valor del umbral de operación (θ) en base a la condición de operación delta (θ_1) y de un valor del umbral predeterminado (θ_0).

$$\theta = \theta_0 + \theta_1 \quad (\text{Ecuación 3})$$

La figura 5 es un gráfico 400 que traza la ecuación 3, con un límite de accionamiento (Φ_0) de 10 actuaciones y un valor del umbral predeterminado (θ_0) de $7,5^\circ$. En el gráfico 400, un eje x 405 representa actuaciones (Φ_1) de un componente de la turbina eólica 130 (mostrado en la figura 2), y un eje y 410 representa un valor del umbral de operación (θ). Más específicamente, el eje x 405 representa la cantidad de accionamientos del componente de la turbina eólica 130 detectado 305 (que se muestra en la figura 3), y el eje y 410 representa una dirección del viento relativa máxima, por encima de la cual el componente de la turbina eólica 130 debe ser accionado (por ejemplo, para

orientar el rotor 106, que se muestra en la figura 1, hacia el viento).

Una primera línea 415 representa el valor de θ , según lo determinado por la ecuación 3. Como se muestra en la primera línea 415, hasta que se alcanza el límite de actuación ($\Phi_0 = 10$), la cantidad de accionamientos detectados (Φ_1) no tiene efecto sobre θ y θ es igual al valor del umbral predeterminado ($\theta_0 = 7,5$). Cuando Φ_1 supera Φ_0 , θ es igual a la suma de θ_0 y θ_1 , donde θ_1 se determina mediante la ecuación 2. En consecuencia, la primera línea 415 representa una función continua relacionada con un valor del umbral de operación a una carga de trabajo determinada.

Como se muestra en el gráfico 400, el valor del umbral de operación puede ser correlacionado positivamente con la carga de trabajo, de manera que un incremento en la carga de trabajo resulta en un aumento correspondiente en el valor del umbral de operación. Del mismo modo, cuando la carga de trabajo determinada disminuye (por ejemplo, como el tiempo que transcurre sin el accionamiento del mecanismo de orientación), el valor del umbral de operación también disminuyó. En tal realización, el accionamiento de un componente de la turbina eólica 130 puede ser entendido para proporcionar información que se utiliza para determinar cuándo accionar el componente de la turbina eólica 130 de nuevo en el futuro.

El procedimiento 300 se puede realizar varias veces (por ejemplo, continuamente, periódicamente, y/o a petición) para determinar 310 una primera carga de trabajo, una segunda carga de trabajo, etc., y para calcular 315 un primer umbral de operación, un segundo valor del umbral de operación, etc., en sucesión. Cada vez que se ejecuta el procedimiento 300, el valor del umbral de carga de trabajo y de operación se basa en las actuaciones del componente 130 de la turbina eólica dentro del período en cuestión. A medida que avanza el tiempo, nuevas actuaciones aparecen dentro del período de tiempo, y las viejas actuaciones finalmente caen fuera del período de tiempo y no son consideradas. De acuerdo con ello, el valor del umbral de operación asociado con el componente 130 de la turbina eólica se ajusta con el tiempo basado en el accionamiento del componente 130 de la turbina eólica. Además, el procedimiento 300 puede llevarse a cabo para cualquier número de componentes 130 de la turbina eólica en la turbina eólica 100, de manera que una pluralidad de componentes 130 de la turbina eólica están asociados con las cargas de trabajo determinadas de forma dinámica y los valores del umbral de operación.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento 350 ejemplar para controlar una turbina eólica, tal como la turbina eólica 100 (que se muestra en la figura 1). En realizaciones de ejemplo, el procedimiento 350 puede realizarse simultáneamente con el procedimiento 300 (que se muestra en la figura 3). Además, o alternativamente, el procedimiento 300 puede ser incorporado en el procedimiento 350, de modo que un valor del umbral de operación actual está disponible para el procedimiento 350.

El procedimiento 350 incluye la determinación 355 de una condición de operación actual. Haciendo referencia a las figuras 2 y 4, en algunas realizaciones, la determinación 355 del estado de operación actual incluye la recepción de una condición de operación, tal como una condición meteorológica (por ejemplo, una velocidad del viento y/o una dirección del viento), a partir de un sensor 125. Una pluralidad de dichas condiciones de operación puede ser promediada durante un período de tiempo (por ejemplo, treinta segundos, sesenta segundos, o tres minutos).

El estado de operación actual se compara 360 con un valor del umbral de operación, tales como un valor del umbral de operación calculado 315 por el procedimiento 300 (que se muestra en la figura 3). En algunas realizaciones, los múltiples componentes 130 de la turbina eólica están asociados con la operación de los valores del umbral correspondientes a la condición de operación. Por ejemplo, tanto un mecanismo de paso de pala y un convertidor de potencia pueden estar asociados con los valores del umbral de operación correspondiente del árbol de transmisión de par. La condición de operación actual (por ejemplo, el par del árbol de transmisión actual) se compara 360 con cada uno de dichos valores del umbral de operación.

Cuando la condición de operación actual viola el valor del umbral de operación, el componente 130 de la turbina eólica asociado con el valor del umbral de operación es accionado 365 por la interfaz de control 220 y/o un dispositivo de control 120. En realizaciones de ejemplo, un valor del umbral de operación se expresa como un valor mínimo o un valor máximo. Una condición de operación se considera que viola un valor mínimo umbral de operación cuando la condición de operación es menor que el valor del umbral de operación mínimo. A la inversa, una condición de operación se considera que viola un valor del umbral de operación máximo cuando la condición de operación es mayor que el valor del umbral de operación máximo. Por ejemplo, si el par del árbol de transmisión actual excede un par del árbol de transmisión máximo asociado con un mecanismo de paso de las palas, el mecanismo de paso de pala puede ser accionado 365 para reducir el paso de las palas del rotor 108 (que se muestra en la figura 1), de manera que el par del árbol de transmisión se reduce. Del mismo modo, si el par del árbol de transmisión actual excede un par máximo del árbol de transmisión asociado con un convertidor de potencia, el convertidor de potencia puede ser accionado 365 para reducir el par del árbol de transmisión. Por ejemplo, en un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG), la fuerza del campo magnético en el generador puede reducirse para reducir el par del árbol de transmisión.

Ejemplos particulares se describen anteriormente con respecto a los valores del umbral de operación que representan valores máximos aceptables. Además, o alternativamente, los valores del umbral de operación asociados con algunos componentes 130 de la turbina eólica pueden representar valores mínimos aceptables. Por

ejemplo, un calentador, tal como un calentador de lubricante, puede estar asociado con una temperatura mínima de lubricante. Cuando la temperatura del lubricante actual es menor que la temperatura mínima de lubricante, el calentador de lubricante puede ser accionado 365 para elevar la temperatura del lubricante.

5 En algunas realizaciones, el procedimiento 350 se ejecuta con respecto a una pluralidad de componentes de la turbina eólica 130 y/o una pluralidad de valores del umbral de operación. Haciendo referencia a las figuras 2-5, la primera línea 415 representa un valor del umbral de operación asociado con el primer componente de la turbina eólica 135 (por ejemplo, un mecanismo de orientación). El gráfico 400 incluye una segunda línea 420 que representa un valor del umbral de operación asociado con el segundo componente de la turbina eólica 140. Como se muestra en la figura 5, la segunda línea 420 representa un valor del umbral de operación calculado dinámicamente. Alternativamente, el valor del umbral de operación asociado con el segundo componente de la turbina eólica 140 puede ser estático. Un valor del umbral de operación estático puede ser representado por una línea horizontal (no mostrado) en el gráfico 400.

15 En tal realización, una dirección del viento relativa actual puede determinarse 355. Si la dirección del viento relativa actual es mayor que la dirección del viento relativa máxima representada por la primera línea 415, el primer componente 135 de la turbina eólica es accionado 365. Si la dirección del viento relativa actual es mayor que la dirección del viento relativa máxima representada por segunda línea 420, el segundo componente 140 de la turbina eólica es accionado 365.

20 Como se ilustra en el gráfico 400, el accionamiento 365 de componentes 130 de la turbina eólica puede ser dependiente de la carga de trabajo asociada con cada componente de la turbina eólica 130. Por ejemplo, cuando el primer componente 135 de la turbina eólica se asocia con diez accionamientos, el valor del umbral de operación asociado con el primer componente de la turbina eólica es igual a $7,5^\circ$, como se indica por un primer punto 425. El valor del umbral de operación más bajo asociado con el segundo componente de la turbina eólica es 9° , que es mayor que el valor del umbral de operación del primer componente 135 de la turbina eólica en el primer punto 425. En consecuencia, cuando una condición de operación actual (por ejemplo, dirección del viento relativa) aumenta más allá de $7,5^\circ$, el primer componente 135 de la turbina eólica es accionado 365, lo que puede reducir la condición de operación actual por debajo del valor del umbral de operación de $7,5^\circ$ en el primer punto 425.

30 El accionamiento 365 del primer componente 135 de la turbina eólica es detectado 305 y afecta a la carga de trabajo 310 determinada para el primer componente 135 de la turbina eólica. Más específicamente, el primer componente 135 de la turbina eólica se asocia ahora con once actuaciones y un valor del umbral de operación de aproximadamente $9,8^\circ$, como se indica por un segundo punto 430. Si el segundo componente de la turbina eólica 140 está asociado con un número de trece o menos actuaciones, indicadas por un tercer punto 435, un valor del umbral de operación de 9° se asocia con el segundo componente 140 de la turbina eólica. Este valor del umbral de operación es menor que el valor del umbral de operación del primer componente 135 de la turbina eólica en el segundo punto 430. En consecuencia, como la condición operativa actual aumenta más allá de 9° en un tiempo posterior, se acciona el segundo componente 140 de la turbina eólica. Basar los accionamientos 365 del primer componente 135 de la turbina eólica y del segundo componente 140 de la turbina eólica en las cargas de trabajo determinadas correspondientes facilita el equilibrado de la carga de trabajo entre el primer componente 135 de la turbina eólica y el segundo componente 140 de la turbina eólica, de tal manera que no esté expuesto a un estrés y/o desgaste excesivos.

40 Las realizaciones descritas en este documento permiten la operación de uno o más componentes de la turbina eólica en base a una historia reciente de accionamiento asociada con cada componente de la turbina eólica. Por consiguiente, las frecuencias con las que se accionan componentes de turbinas de viento se pueden distribuir de manera relativamente uniforme, facilitando la reducción de la probabilidad de un desgaste excesivo de cualquier componente individual.

45 Los procedimientos descritos en este documento pueden ser codificados como instrucciones ejecutables incorporadas en un medio legible por ordenador, incluyendo una memoria de un dispositivo informático, tales como un controlador de la turbina eólica. Tales instrucciones, cuando son ejecutadas por un procesador, causan que el procesador realice al menos una parte de los procedimientos descritos en el presente documento.

50 Los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento no se limitan a las realizaciones específicas descritas en el presente documento. Por ejemplo, los componentes de cada sistema y/o etapas de cada procedimiento se pueden usar y/o practicarse de forma independiente y por separado de otros componentes y/o etapas que se describen en este documento. Además, cada componente y/o etapa también se puede usar y/o practicar con otros aparatos y procedimientos.

55 Algunas realizaciones implican el uso de uno o más dispositivos electrónicos o informáticos. Tales dispositivos incluyen típicamente un procesador o controlador, tal como una unidad de procesamiento central de propósito general (CPU), una unidad de procesamiento de gráficos (GPU), un microcontrolador, un procesador de ordenador del conjunto de instrucciones reducido (RISC), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un circuito lógico programable (PLC), y/o cualquier otro circuito o procesador capaz de ejecutar las funciones descritas en el presente documento. Los procedimientos descritos en este documento pueden ser codificados como instrucciones

5 ejecutables incorporadas en un medio legible por ordenador, incluyendo, sin limitación, un dispositivo de almacenamiento y/o un dispositivo de memoria. Tales instrucciones, cuando son ejecutadas por un procesador, causan que el procesador realice al menos una parte de los procedimientos descritos en el presente documento. Los ejemplos anteriores son solamente ejemplares, y por lo tanto no están destinados a limitar de ninguna manera la definición y/o el significado del término procesador.

10 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, y también para permitir que cualquier experto en la materia practique la invención, incluyendo la realización y el uso de dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se producen por los expertos en la técnica. Tales otros ejemplos están destinados a estar dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de una operación de una turbina eólica (100), comprendiendo dicho procedimiento:
- 5 Operar un componente (130) de la turbina eólica en un primer tiempo sobre la base de un primer valor del umbral de operación, en el que el primer valor del umbral de operación se basa al menos en parte en uno o más accionamientos del componente de la turbina eólica dentro de un primer período de tiempo;
- determinar mediante el dispositivo informático de una carga de trabajo basada al menos en parte en uno o más accionamientos del componente (130) de la turbina eólica dentro de un segundo periodo de tiempo posterior al primer período de tiempo;
- 10 calcular mediante el dispositivo de cálculo de un segundo valor del umbral de operación basado al menos en parte de la carga de trabajo; y
- operar el componente (130) de la turbina eólica en un segundo tiempo posterior al primer tiempo basado en el segundo valor del umbral de operación; caracterizado porque:
- el componente de la turbina eólica (130) es un primer componente de la turbina eólica, comprendiendo además dicho procedimiento:
- 15 determinar un tercer valor del umbral de operación que está asociado con un segundo componente de la turbina eólica, en el que el tercer valor del umbral de operación es mayor que el primer valor del umbral de operación y menor que el segundo valor del umbral de operación;
- accionar el primer componente de la turbina eólica cuando una condición de operación es mayor que el primer valor del umbral de operación en el primer tiempo; y
- 20 accionar el segundo componente de la turbina eólica cuando la condición de operación es mayor que el tercer valor del umbral de operación en el segundo tiempo.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el segundo valor del umbral de operación se basa en una primera carga de trabajo que está asociada con un primer componente de la turbina eólica (130), dicho procedimiento comprende además:
- 25 determinar mediante el dispositivo de cálculo de una segunda carga de trabajo asociada con un segundo componente de la turbina eólica;
- calcular mediante el dispositivo de cálculo de un tercer valor del umbral de operación basándose al menos en parte, en la segunda carga de trabajo; y
- operar el segundo componente de la turbina eólica basado en el tercer valor del umbral de operación.
- 30 3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la determinación de la carga de trabajo comprende la determinación de una carga de trabajo que se correlaciona positivamente con una cantidad de accionamientos del componente de la turbina eólica (130) dentro del segundo período de tiempo.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la determinación de la carga de trabajo comprende la determinación de una carga de trabajo que se correlaciona positivamente con un nivel agregado de accionamiento dentro del segundo periodo de tiempo.
- 35 5. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la determinación de una condición meteorológica, en el que la operación del componente (130) de la turbina eólica basado en el segundo valor del umbral de operación comprende accionar el componente (130) de la turbina eólica cuando la condición meteorológica es mayor que el segundo valor del umbral de operación.
- 40 6. Un sistema de control de una operación de una turbina eólica (100), comprendiendo el sistema:
- un dispositivo de control (120) configurado para accionar un componente (130) de la turbina eólica; y
- un controlador (205) de la turbina eólica acoplado en comunicación con dicho dispositivo de control y configurado para realizar el procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.
- 45 7. Un sistema según la reivindicación 6, en el que dicho controlador (205) de la turbina eólica determina la carga de trabajo en base al menos en parte, de una cantidad de accionamientos por dicho dispositivo de control (120).
8. Un sistema según la reivindicación 6, en el que dicho controlador (205) de la turbina eólica determina la carga de trabajo en base al menos en parte de un tiempo de accionamiento transcurrido por dicho dispositivo de control (120).

9. Un sistema según la reivindicación 6, en el que el valor del umbral está asociado con un estado de operación, dicho sistema comprende además un sensor (125) configurado para indicar la condición de operación, en el que dicho controlador (205) de la turbina eólica está configurado para accionar el componente (130) de la turbina eólica mediante dicho dispositivo de control cuando la condición de operación viola el valor del umbral calculado.
- 5 10. Un sistema según la reivindicación 9, en el que dicho controlador (205) de la turbina eólica está configurado para accionar el componente (130) de la turbina eólica por dicho dispositivo de control (120) cuando una condición meteorológica indicada por dicho sensor (125) viola el valor del umbral de operación calculado.
11. Un sistema según la reivindicación 6, en el que dicho dispositivo de control (120) está configurado para accionar un componente de la turbina eólica mediante el accionamiento de al menos uno de un mecanismo de orientación, un mecanismo de paso de las palas, y un convertidor de potencia.
- 10 12. Un dispositivo (120) de control de una operación de una turbina eólica (100), comprendiendo dicho dispositivo:
una interfaz de control de la turbina eólica (230) y configurado para accionar un componente de la turbina eólica (130) por un dispositivo de control;
una memoria (210) configurada para almacenar uno o más accionamientos del componente de la turbina eólica por dicha interfaz de control de la turbina eólica;
- 15 un procesador (215) acoplado a dicha memoria (210) y dicha interfaz de control de la turbina eólica, estando dicho procesador programado para implementar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

FIG. 1

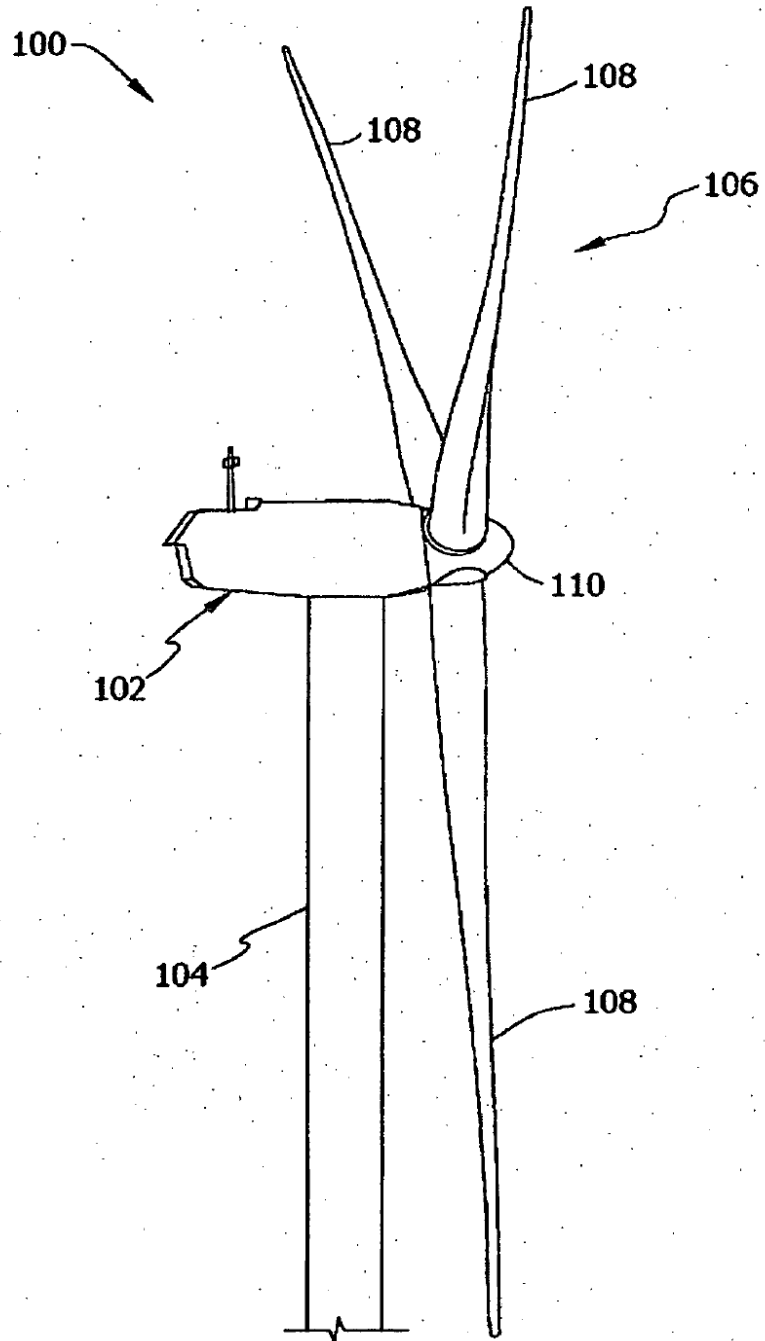


FIG. 2

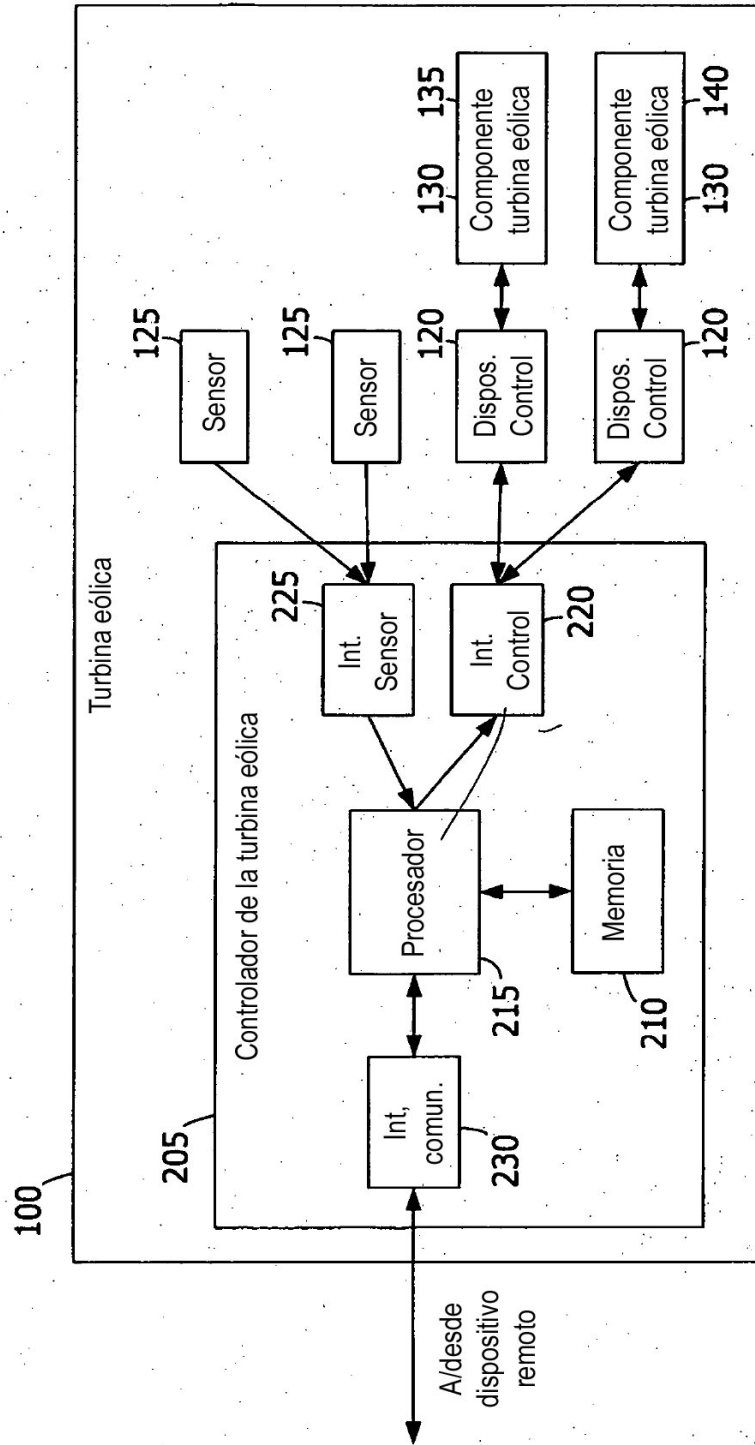


FIG. 3

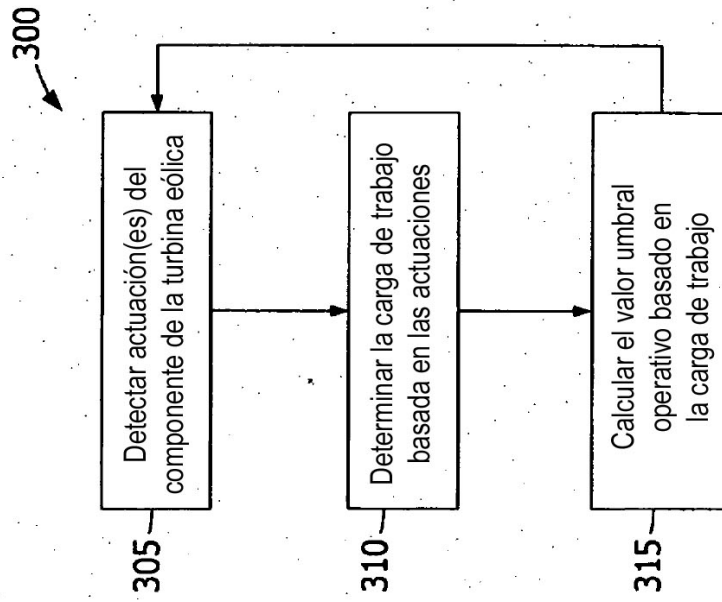


FIG. 4

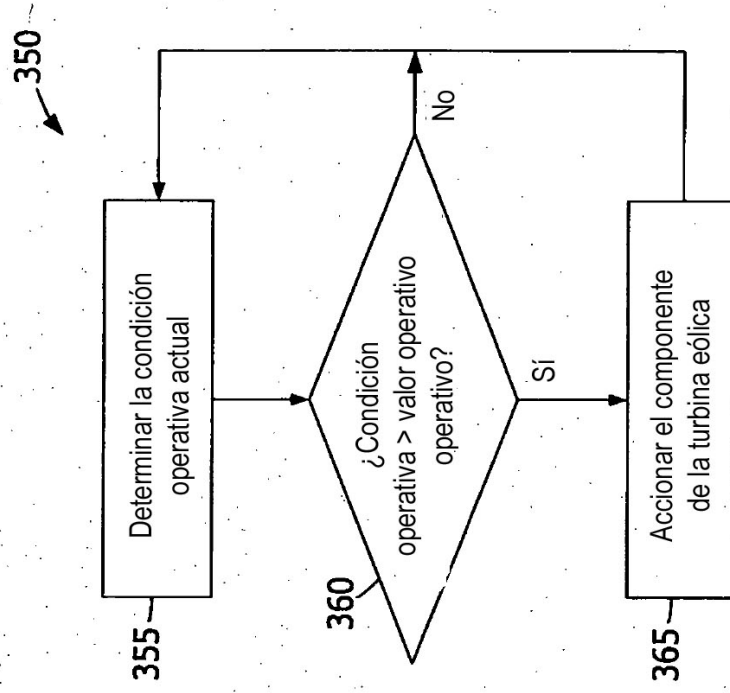


FIG. 5

