

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 198**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2009 E 09170407 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2169218**

54 Título: **Sistemas y procedimientos de estimación de condiciones eólicas**

30 Prioridad:

28.09.2008 CN 200810168792

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

27.02.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHEN, WEIGUO;
XIA, JIYANG y
ZHAO, LEI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 530 198 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

Sistemas y procedimientos de estimación de condiciones eólicas

La invención se refiere a sistemas y procedimientos de estimación de condiciones eólicas para aerogeneradores o turbinas eólicas.

5 Recientemente, los aerogeneradores han recibido mucha atención como fuentes de energía alternativa relativamente baratas y seguras desde el punto de vista medioambiental. Con este interés creciente, se han realizado considerables esfuerzos por desarrollar aerogeneradores que sean fiables y eficaces. Generalmente, un aerogenerador incluye un rotor que tiene múltiples palas. El rotor se monta en un alojamiento o góndola, que se coloca encima de una torre tubular o reticular. Las palas de estos rotores transforman la energía eólica en un par de torsión rotativo o fuerza que acciona uno o más generadores que pueden acoplarse de manera rotativa al rotor a través de una caja de cambios. La caja de cambios aumenta la velocidad rotativa inherentemente baja del rotor de la turbina para que el generador convierta de manera eficaz la energía mecánica en energía eléctrica, que se suministra a una red de utilidad. Para maximizar la eficacia de generación de potencia y para simplificar la conexión con la red de utilidad, los aerogeneradores se ubican a menudo cerca unos de otros, lo que se denomina generalmente en la técnica pertinente como "granja, o parque, eólica".

Una estimación precisa de las condiciones eólicas tal como velocidades y direcciones del viento es aconsejable para mejorar la fiabilidad y el rendimiento de la granja eólica. Un procedimiento de estimación de condiciones eólicas para una granja eólica es equipar cada aerogenerador con un sistema de medición y un sistema de control para permitir que cada aerogenerador reaccione de manera independiente a las condiciones eólicas cambiantes. Sin embargo, la eficacia de estos sistemas de control se restringe debido a limitaciones en las tecnologías detectoras.

El documento EP 1 793 123, por ejemplo, describe un procedimiento de corrección para la medición de la velocidad del viento en la góndola de una turbina al corregir datos producidos por un anemómetro basado en una góndola.

Otra técnica para la estimación de viento implica el uso de un mástil meteorológico separado ("metmast"). El metmast incluye una torre separada asociada con sensores de medición. El metmast proporciona mediciones más precisas de condiciones de viento en su ubicación y después un controlador las extrapola para proporcionar estimaciones para aerogeneradores individuales. La precisión de esta técnica queda limitada por las metodologías usadas, especialmente si la granja eólica tiene un terreno complejo.

Sería deseable disponer de un procedimiento y aparato mejorados para la medición de condiciones de viento para una granja eólica.

30 Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lea en referencia a los dibujos adjuntos, en los que los caracteres similares representan partes similares a través de los dibujos, en los que:

La FIGURA 1 ilustra una configuración de granja eólica.

35 La FIGURA 2 ilustra un aerogenerador en la grana eólica de la FIGURA 1 de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

La FIGURA 3 es un mapa de flujo de la medición de condición del viento de acuerdo con una realización de la invención.

La FIGURA 4 es una base de datos de correlación de velocidad del viento de acuerdo con una realización de la invención.

40 La FIGURA 5 es una base de datos de correlación de velocidad del viento de acuerdo con otra realización de la invención.

La FIGURA 6 es un mapa de flujo de una medición de condición del viento de acuerdo con una segunda realización de la invención.

45 La FIGURA 1 ilustra un sistema ejemplar de generación de potencia eólica tal como una granja 10 eólica, que incluye dos aerogeneradores 12 operables para suministrar potencia eléctrica a un servicio público (no se muestra) tal como una red eléctrica. Aunque se muestran dos aerogeneradores 12 en la FIGURA 1, debería entenderse que las granjas eólicas pueden incluir cualquier número de aerogeneradores, incluyendo únicamente un aerogenerador o múltiples aerogeneradores, que pueden ser similares o diferentes en el diseño y/o el suministro de potencia. La granja 10 eólica comprende adicionalmente un aparato de medición para proporcionar una señal de condición de viento relativamente precisa en una ubicación de ensayo. El aparato de medición puede comprender, por ejemplo, una estación de meteorología cerca de la granja 10 eólica, o un Doppler SODAR en la grana 10 eólica, o un mástil de meteorología ("metmast"). Al igual que con los aerogeneradores, puede usarse más de un aparato de medición en caso deseado. En una realización ejemplar, el aparato de medición comprende un metmast 16 en una ubicación de metmast en la granja 10 eólica. La granja 10 eólica incluye además un controlador 18 central para comunicarse

5 con cada aerogenerador 12 y metmast 16. El controlador 18 central puede usarse para funciones tales como la monitorización y control del sistema en general incluyendo, por ejemplo, la regulación del cabeceo y la velocidad, la aplicación del árbol de alta velocidad y el freno de guiñada, la aplicación de la guiñada y el motor de bomba, la monitorización de fallos, y combinaciones de los mismos. Pueden usarse arquitecturas de control distribuidas y/o centralizadas en algunas realizaciones. El aerogenerador 12 y el metmast 16 se describen en más detalle a continuación. Tal como se usan en el presente documento, las formas singulares tales como “un”, “uno”, y “el” incluyen referentes en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

10 La FIGURA 2 es una vista en perspectiva del aerogenerador 12 de acuerdo con determinadas realizaciones de la invención. El aerogenerador 12 ilustrativo incluye un cuerpo 20, también denominado “góndola”, y un rotor 22 acoplado a la góndola 20 para la rotación con respecto a un cuerpo 20 alrededor de un eje de rotación 24. El rotor 22 incluye un buje 26 y una pluralidad de palas 28 (denominadas en algunas ocasiones “superficies aerodinámicas”) que se extienden radialmente y hacia fuera desde el buje 26. Durante el funcionamiento, el viento incide en las palas 28 y provoca que las palas 28 roten. La energía mecánica generada por la rotación de las palas 28 se convierte mediante un sistema dentro de la góndola 20 para producir energía eléctrica.

15 En la realización ejemplar, la góndola 20 se monta en una torre 30. La altura de la torre 30 puede ser cualquier altura que permita que el aerogenerador 12 funcione tal como se describe en el presente documento. Aunque el rotor 22 se describe y se ilustra en el presente documento con tres palas 28, el rotor 22 puede tener cualquier número de palas 28.

20 En referencia de nuevo a la FIGURA 1, los aerogeneradores 12 incluyen uno o más sensores 32 para la medición en tiempo real de las condiciones del viento en sus ubicaciones respectivas. En determinadas realizaciones, la condición del viento puede ser dirección del viento, o velocidad del viento, o una velocidad del viento que incluye información tanto de la dirección del viento como la velocidad del viento. En una realización, se montan unos sensores 32 de medición en góndolas 20 de aerogeneradores 12. En realizaciones alternativas, los aerogeneradores 12 incluyen uno o más sensores acoplados a un buje del aerogenerador, pala del rotor, torre o árbol. En una
25 realización, las velocidades del viento y las direcciones del viento se miden respectivamente mediante diferentes sensores 32. Los sensores 32 para medir las velocidades del viento pueden comprender anemómetros, por ejemplo, y los sensores 32 para medir las direcciones del viento pueden comprender anemoscopios y/o veletas, por ejemplo.

30 Como se ilustra adicionalmente en la FIGURA 1, el metmast 16 incluye una torre 34 y una pluralidad de sensores 36. En una realización, los sensores 36 se montan en diferentes niveles de la torre 34 para medir las velocidades del viento en diferentes alturas. El metmast 36 puede o puede no tener su base en un nivel común de elevación al igual que los aerogeneradores, y puede o puede no tener una altura similar a la de los aerogeneradores. Cuando está presente un nivel de elevación diferente y/o altura, puede usarse una extrapolación adicional gracias al controlador 18 central.

35 La FIGURA 3 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 100 de medición de condición del viento de acuerdo con una realización de la invención. En la etapa 102, al menos un sensor 32 mide una condición del viento de turbina en el aerogenerador 12 y envía una señal de condición del viento de turbina al controlador 18 central. En una realización, la señal de condición del viento es una velocidad del viento de turbina \vec{V}_{tm} . La velocidad del viento \vec{V}_{tm} incluye un componente de velocidad del viento de turbina S_{tm} y un componente de dirección del viento de turbina D_{tm} . En la etapa 104, al menos un sensor 36 en el metmast 16 mide una velocidad actual del viento del metmast \vec{V}_{mm} . La velocidad actual del viento del metmast \vec{V}_{mm} incluye un componente de velocidad actual del viento del metmast S_{mm} y un componente de dirección actual del viento del metmast D_{mm} .

40 En la etapa 106, un controlador 18 central busca en una base de datos de correlación del viento una velocidad del viento aproximada del metmast 16 que es la más cercana a la velocidad medida del metmast actual \vec{V}_{mm} . Una base de datos 122 de correlación del viento ejemplar de acuerdo con una primera realización se muestra en la FIGURA 4. La base de datos 122 de correlación se formula simulando que el viento sopla hacia la granja 10 eólica desde un número n de direcciones D del viento con una velocidad del viento determinada. La base de datos 122 de correlación ilustrada incluye doce direcciones D del viento, es decir, $n=12$ y de esta manera cada dos direcciones adyacentes se separan 30 grados. Un ejemplo de una velocidad del viento determinada es 10 metros por segundo (“m/s”). En cada dirección D_i con una velocidad del viento de 10 m/s que sopla hacia la granja 10 eólica, existe un conjunto de correlación del viento M_i correspondiente. Cada conjunto de correlación del viento M_i incluye velocidades del viento correspondientes \vec{V}_{mi} y \vec{V}_{ti} respectivamente para el metmast 16 y el aerogenerador 12. Cada una de las velocidades del viento \vec{V}_{mi} y \vec{V}_{ti} incluye un componte de dirección del viento D_i y un componente de velocidad del viento S_i . Para una granja 10 eólica con una pluralidad de aerogeneradores 12, cada conjunto de correlación de viento M_i incluye una velocidad del viento \vec{V}_{mi} del metmast 16 y velocidades del viento \vec{V}_{ti} para cada
45 aerogenerador 12. En algunas realizaciones, la base de datos 122 de correlación del viento puede establecerse antes del procedimiento 100 de medición. La correlación 122 del viento puede simularse gracias a software disponible en el mercado, tal como el suministrado por ANSYS, Inc. y WindSim AS.

En referencia a las FIGURAS 3 y 4, en la etapa 106, en la base de datos 122 se busca un conjunto de correlación de viento M_p aproximado que tiene un componente de dirección del viento D_{mp} para el metmast 16 que es el más cercano al componente de dirección del viento actual y medido D_{mm} . Después, se identifica la velocidad del viento aproximada y correspondiente \vec{V}_{tp} en el mismo conjunto de correlación del viento M_p para el aerogenerador 12.

- 5 Todavía en referencia a la FIGURA 3, en la etapa 108, se ajusta la velocidad del viento medida \vec{V}_t para el aerogenerador 12. En una realización, una velocidad del viento actualizada \vec{V}_{t_nueva} para el aerogenerador 12 incluye un componente de velocidad del viento actualizada S_{t_nueva} y un componente de dirección del viento actualizada D_{t_nueva} . En una realización, el componente de dirección del viento actualizada D_{t_nueva} se aproxima usando un procedimiento iterativo, por ejemplo, de acuerdo con la Ecuación 1:

10 $D_{t_nueva} = D_t + \gamma(D_{tp} - D_t)$ Ecuación 1

en la que D_{tp} es un componente de dirección de velocidad del viento aproximada \vec{V}_{tp} ; γ es un factor de relajación y $0 < \gamma \leq 1$. En una realización, $\gamma = 0,05$.

Un componente de velocidad del viento actualizada S_{t_nueva} puede calcularse de acuerdo con la Ecuación 2:

$$S_{t_nuevo} = S_t + \gamma \left(S_{tp} * \frac{S_{mm}}{S_{mp}} - S_t \right)$$
 Ecuación 2

- 15 en la que S_{mp} es un componente de velocidad del viento de velocidad del viento aproximada \vec{V}_{mp} para el metmast 16, S_{mm} es el componente de velocidad del viento de la velocidad del viento actual medida \vec{V}_{mm} para el metmast 16; S_{tp} es un componente de velocidad del viento de velocidad del viento aproximada \vec{V}_{tp} para el metmast; γ es un factor de relajación y $0 < \gamma \leq 1$. En una realización, $\gamma = 0,05$. Por donde, se obtiene una velocidad del viento actualizada \vec{V}_{t_nueva} para el aerogenerador 12.

- 20 Ya que el ángulo entre cada dos direcciones del viento adyacentes en la base de datos 122 en la FIGURA 4 es 30 grados, un máximo error de la aproximación de la velocidad del viento es menor de 15 grados. El error puede disminuirse incrementando el número de direcciones del viento en la base de datos 122. Por ejemplo, se pueden simular veinticuatro direcciones D del viento con una velocidad del viento determinada y obtener veinticuatro velocidades del viento para cada metmast 16 y aerogenerador 12. En esta realización, el máximo error para la apropiación de la dirección del viento puede reducirse a menos de 7,5 grados.

- Una segunda realización de una base de datos 124 de correlación del viento para llevar a cabo la etapa 106 se muestra en la FIGURA 5. La base de datos 124 de correlación del viento se formula simulando un número n de direcciones D del viento y simulando cada dirección con un número m de velocidades S del viento, por ejemplo, doce direcciones D del viento y diez velocidades S del viento, desde 5 m/s a 14 m/s en cada dirección D del viento, según se ilustra. Cada conjunto de datos A_{ij} , que se corresponde con una dirección del viento simulada D_i y una velocidad del viento S_j , incluye una velocidad del viento \vec{V}_{mij} para el metmast 16 y una velocidad del viento \vec{V}_{tij} para el aerogenerador 12. En determinadas realizaciones, cada conjunto de datos A_{ij} , incluye una velocidad del viento \vec{V}_{mij} para el metmast 16 y una pluralidad de velocidades del viento \vec{V}_{mij} para una pluralidad de aerogeneradores 12. La base de datos 124 de correlación de velocidad también puede simularse gracias a software disponible en el mercado, tal como CFX[®] o Fluent[®] de ANSYS, Inc.

- 35 En referencia a las FIGURAS 3 y 5, una segunda realización de la etapa 106 basada en la base de datos 124 de correlación del viento incluye una búsqueda en la base de datos 124 de velocidad para un conjunto de datos A_{pq} , en el que la velocidad del viento \vec{V}_{m_pq} para el metmast 16 es la más cercana a la velocidad del viento actual medida \vec{V}_{mm} .

- 40 Todavía en referencia a las FIGURAS 3 y 5, una segunda realización de la etapa 108 para ajustar la velocidad del viento \vec{V}_{tm} puede incluir calcular una velocidad del viento actualizada \vec{V}_{t_nueva} usando un procedimiento iterativo, por ejemplo, de acuerdo con la Ecuación 3:

$$\vec{V}_{t_nueva} = \vec{V}_t + \odot(\vec{V}_{t_pq} - \vec{V}_t)$$
 Ecuación 3

en la que $\vec{V}_{t,pq}$ es una velocidad del viento aproximada del aerogenerador 12 en el conjunto de datos $A_{t,pq}$. " γ " es un factor de relajación y $0 < \gamma \leq 1$. En una realización, $\gamma = 0,05$. Para una granja eólica con una pluralidad de aerogeneradores, cada conjunto de datos A_{ij} incluye información de correlación del viento para el metmast 16 y cada aerogenerador 12, y puede obtenerse una velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ para cada aerogenerador 12 mediante un procedimiento similar.

De nuevo, en referencia a la FIGURA 3, después de obtener una velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ para el aerogenerador 12, puede llevarse a cabo una etapa 110 de verificación. En una realización, la etapa 110 de verificación incluye las subetapas 112-114. En la etapa 112, un controlador 18 central usa la velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ para el aerogenerador 12 y parámetros de terreno de la granja 10 eólica para mapear un campo eólico para la granja 10 eólica. El campo eólico para la granja 10 eólica no necesita cubrir toda la granja 10 eólica y opcionalmente puede ser un campo de interés que incluya el aerogenerador 12 y el metmast 16. El mapeo puede realizarse mediante metodologías conocidas en las técnicas meteorológicas. Un procedimiento ejemplar puede usar un modelo diagnóstico, que puede generar un campo eólico que utiliza la velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ y parámetros de terreno para el campo de interés y que satisface la física de flujo. Una realización incluye formular un campo eólico inicial que usa la velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ interpolando y extrapolando, considerando las diferencias de distancia y altura entre los puntos de interpolación de la granja 10 eólica y el aerogenerador 12 y después usando el campo eólico inicial para mapear un campo eólico estimado solucionando una ecuación de conservación de masa que refleja la física de flujo. "A 3-D diagnostic model for wind field adjustment. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 74-76. 249-261. Montero, G y col. 1998" y "Diagnostic Wind Field Modeling for Complex Terrain: Model Development and Testing. *Journal of Applied Meteorology*. vol. 27. 785-796. Ross, D.G., Smith, I.N., Manins, P.C., Fox, D.G., 1988" describen un número de procedimientos de modelado, que se incorporan en el presente documento mediante referencia con fines de ejemplo. En una realización, se usa una velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ para el aerogenerador 12 para generar el campo eólico. En otra realización, se usa una pluralidad de velocidades del viento actualizadas $\vec{V}_{t,nueva}$ para una pluralidad de aerogeneradores 12 en el campo de interés para establecer el campo eólico.

Los parámetros de terreno del campo pueden cambiar con un ejemplo que sea el crecimiento de plantas en o cerca del campo. En algunas realizaciones, los parámetros de terreno pueden modificarse a medida que las condiciones cambian y/o por mes, trimestre, año o cualquier periodo de tiempo aceptable.

Todavía en referencia continuada a la FIGURA 3, en la etapa 114, la velocidad del viento del metmast 16 se estima como \vec{V}_{me} de acuerdo con el campo eólico. La velocidad del viento estimada \vec{V}_{me} compara con la velocidad del viento actual medida \vec{V}_{mm} del metmast 16 en la etapa 116, y se obtiene una segunda diferencia $\Delta \vec{V}$, $\Delta \vec{V} = \vec{V}_{mm} - \vec{V}_{me}$. Si $\Delta \vec{V}$ no es cero, existe un margen de error para la velocidad del viento actualizada $\vec{V}_{t,nueva}$ del aerogenerador 12. Si la diferencia $\Delta \vec{V}$ es mayor que un valor preestablecido \vec{V}_0 , las velocidades del viento $\vec{V}_{t,nueva}$ pueden necesitar ajustarse de manera adicional. En una realización, el procedimiento comienza de nuevo en la etapa 102 para realizar las etapas 102-108 para un ajuste adicional. En determinadas realizaciones, las etapas 102-116 pueden repetirse, hasta que se obtiene un mínimo de $\Delta \vec{V}$ o hasta que $\Delta \vec{V} \leq \vec{V}_0$.

La FIGURA 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 200 de medición de condición del viento de acuerdo con otra realización de la invención. En la etapa 202, al menos un sensor 32 en el aerogenerador 12 mide una condición del viento en el aerogenerador 12 y envía una señal de condición del viento al controlador 18 central.

En una realización, la señal de condición del viento es una velocidad del viento \vec{V}_{t2} , que incluye un componente de velocidad del viento de turbina S_{t2} y un componente de dirección del viento de turbina D_{t2} .

En la etapa 204, el controlador 18 central usa la velocidad del viento \vec{V}_{t2} y parámetro de terreno del campo de interés de la granja 10 eólica para mapear un campo eólico. El campo eólico puede establecerse mediante un procedimiento similar tal como se describe en la etapa 112 de la FIGURA 3. La velocidad del viento del metmast 16 se estima como \vec{V}_{me2} de acuerdo con el campo eólico establecido en la etapa 204, y una velocidad del viento actual \vec{V}_{mm2} del metmast 16 se mide en la etapa 208 que incluye un componente de velocidad del viento actual S_{mm2} y un componente de dirección del viento actual D_{mm2} . En la etapa 210, la velocidad del viento estimada \vec{V}_{me2} se compara con la velocidad del viento actual medida \vec{V}_{mm2} , y se obtiene una diferencia $\Delta \vec{V}_2$, $\Delta \vec{V}_2 = \vec{V}_{mm2} - \vec{V}_{me2}$. Si $\Delta \vec{V}_2$ no es cero, existe un margen de error para el campo eólico derivado de la velocidad del viento \vec{V}_{t2} del aerogenerador 12. Si la diferencia $\Delta \vec{V}_2$ es mayor que un valor preestablecido \vec{V}_0 , la velocidad del viento \vec{V}_{t2}

puede ajustarse en la etapa 212. En la etapa 212, la velocidad del viento \vec{V}_{12} se ajusta usando la diferencia $\Delta \vec{V}_2$.

En determinadas realizaciones, la diferencia $\Delta \vec{V}_2$ incluye un componente de diferencia de velocidad del viento ΔS_2 y un componente de diferencia de dirección del viento ΔD_2 . Una velocidad del aerogenerador actualizada \vec{V}_{t_nueva2} del aerogenerador 12 incluye un componente de velocidad del viento de turbina actualizada S_{t_nueva2} , y un componente de dirección del viento de turbina actualizada D_{t_nueva2} . El componente de velocidad del viento de turbina actualizada S_{t_nueva2} puede calcularse mediante la ecuación 4:

$$S_{t_nueva2} = S_{tm2} + \gamma \Delta S_2 \quad \text{Ecuación 4}$$

en la que "γ" es un factor de relajación, y $0 < \gamma \leq 1$. En una realización, $\gamma = 0,05$. El componente de dirección del viento de turbina actualizada D_{t_nueva2} puede calcularse de acuerdo con la ecuación 5:

$$D_{t_nueva2} = D_{tm2} + \gamma \Delta D_2 \quad \text{Ecuación 5}$$

En determinadas realizaciones, después de que se ajuste la velocidad del viento \vec{V}_{12} del aerogenerador 12, la velocidad del viento ajustada \vec{V}_{t_nueva2} puede verificarse. En una realización, la verificación incluye construir un campo eólico actualizado para el campo de interés de la granja 10 eólica usando la velocidad del viento actualizada \vec{V}_{t_nueva2} para el aerogenerador 12 utilizando el procedimiento descrito en la etapa 204. Después de que se establezca un campo eólico actualizado, se obtiene una velocidad del viento estimada y actualizada \vec{V}_{me_nueva2} del metmast 16. La velocidad del viento estimada y actualizada \vec{V}_{me_nueva2} se compara entonces con la velocidad del viento medida \vec{V}_{mm} del metmast 16 para obtener una diferencia actualizada $\Delta \vec{V}_{nueva}$. Si $\Delta \vec{V}_{nueva} < \Delta \vec{V}_2$, se verifica que el ajuste de las velocidades del viento \vec{V}_{12} está en la dirección correcta. Las etapas 104 a 114 pueden repetirse hasta que se obtenga un $\Delta \vec{V}$ más pequeño o hasta que $\Delta \vec{V} \leq \vec{V}_0$. Si la diferencia actualizada $\Delta \vec{V}_{nueva} > \Delta \vec{V}$, esto sugiere que las velocidades del viento medidas \vec{V}_{12} del aerogenerador 12 ya han representado mejor la condición del viento en el aerogenerador 12 y no necesitan ajustarse.

En determinadas realizaciones, al menos dos metmast 16 se ubican en una granja 10 eólica. La señal de condición del viento del aerogenerador 12 se ajusta de acuerdo con la señal de condición de señal medida de cada metmast 16 usando el procedimiento 100, y se obtienen al menos dos señales de condición del viento actualizadas. Las al menos dos señales de condición del viento actualizadas se optimizan para obtener una señal de condición del viento actualizada final en el aerogenerador 12.

El controlador 18 central se configura para comunicarse con aerogeneradores 12 individuales y el metmast 16 por medio de enlaces de comunicación, que pueden implementarse en hardware, software o combinaciones de los mismos. En determinadas realizaciones, los enlaces de comunicación pueden configurarse para comunicarse de manera remota con señales de datos hacia y desde el controlador 18 central de acuerdo con cualquier protocolo de comunicación con cables o inalámbrico conocido para un experto en la materia.

En determinadas realizaciones, cada aerogenerador 12 incluye un controlador de turbina (no se muestra) que se comunica con el controlador 18 central y utiliza la velocidad del viento ajustada para realizar el control de la guiñada y/o la regulación de la velocidad, para lograr una captura máxima de energía eólica.

Aunque la invención se ha descrito en referencia a una realización ejemplar, el alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de generación de energía eólica que comprende:
- (a) un aerogenerador (12) en una ubicación del aerogenerador;
 - 5 (b) un dispositivo (16) de medición para proporcionar una señal de condición del viento en una ubicación de ensayo;
 - (c) sensores (32) para proporcionar una señal de condición del viento en el aerogenerador; y
 - (d) un controlador (18) configurado para:
 - (i) recibir las señales de condición del viento; caracterizado porque el controlador está configurado además para
 - 10 (ii) usar una base de datos de correlación del viento y la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo para proporcionar una estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador;
 - (iii) obtener una diferencia entre la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador y la estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador; y
 - (iv) usar la diferencia para ajustar la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador.
- 15 2. El sistema (10) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de medición comprende un metmast (16) en una ubicación de metmast en la granja eólica.
3. El sistema (10) de la reivindicación 2, en el que el aerogenerador (12) comprende al menos primeros y segundos aerogeneradores en primeras y segundas ubicaciones del aerogenerador, en el que los sensores comprenden sensores para proporcionar señales de condición del viento en las primeras y segundas ubicaciones del aerogenerador y la ubicación del metmast.
- 20 4. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, en el que los sensores (32) comprenden anemómetros, veletas o combinaciones de los mismos.
5. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, en el que la base de datos de correlación del viento incluye una pluralidad de conjuntos de correlación del viento, y en el que cada conjunto incluye señales de condición del viento para el aerogenerador (12) y las ubicaciones de ensayo.
- 25 6. El sistema (10) de la reivindicación 5, en el que en el que el controlador (18) es configurado para proporcionar la estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador buscando en la base de datos de correlación del viento un conjunto de correlación del viento aproximado que tenga una señal de condición del viento para la ubicación de ensayo que sea la más cercana a la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo, y obtener la estimación de condición del viento para la ubicación del aerogenerador en el conjunto de correlación del viento aproximado.
- 30 7. El sistema (10) de cualquier reivindicación anterior, en el que el controlador (18) también es configurado para verificar una señal de condición del viento actualizada en la ubicación del aerogenerador.
8. Un procedimiento (100), caracterizado por:
- 35 (i) recibir una señal de condición del viento en una ubicación del aerogenerador;
 - (ii) recibir una señal de condición del viento en una ubicación de ensayo;
 - (ii) usar una base de datos de correlación del viento y la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo para proporcionar una estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador;
 - (iii) obtener una diferencia entre la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador y la estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador; y
 - 40 (iv) usar la diferencia para ajustar la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador.
9. El procedimiento (100) de la reivindicación 8 que comprende además generar la base de datos de correlación del viento para la ubicación del aerogenerador y la ubicación de ensayo definiendo un campo de interés, simulando que el viento sopla hacia el campo de interés en una pluralidad de direcciones, y obteniendo una pluralidad de conjuntos de correlación del viento, correspondiéndose cada uno con una dirección del viento e incluyendo señales de condición del viento de las ubicaciones del aerogenerador y de ensayo.
- 45

10. El procedimiento (100) de la reivindicación 8 o 9, en el que simular que el viento sopla hacia el campo de interés en una pluralidad de direcciones comprende simular que el viento sopla hacia el campo de interés en la pluralidad de direcciones con una velocidad constante del viento.
- 5 11. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que usar una base de datos de correlación del viento y la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo para proporcionar una estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador comprende buscar en la base de datos de correlación del viento un conjunto de correlación del viento aproximado que tenga una señal de condición del viento para la ubicación de ensayo que sea la más cercana a la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo, y obtener la estimación de condición del viento para la ubicación del aerogenerador en el conjunto de correlación del viento aproximado.
- 10
12. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador comprende un componente de dirección del viento, y la estimación de condición del viento comprende una estimación de dirección del viento, y en el que usar una diferencia para ajustar la señal de condición del viento en la ubicación del aerogenerador comprende usar una diferencia del componente de dirección del viento y la estimación de dirección del viento para obtener una señal de dirección del viento actualizada para la ubicación del aerogenerador.
- 15
13. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que usar una diferencia del componente de dirección del viento y la estimación de dirección del viento para obtener una señal de dirección del viento actualizada comprende usar un procedimiento iterativo.
- 20
14. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13 que comprende además generar la base de datos de correlación del viento para la ubicación del aerogenerador y la ubicación de ensayo definiendo un campo de interés, simulando que el viento sopla hacia el campo de interés en una pluralidad de direcciones del viento y una pluralidad de velocidades del viento en cada dirección, y obteniendo una pluralidad de conjuntos de correlación del viento, correspondiéndose cada conjunto de correlación del viento con una dirección del viento y una velocidad del viento y comprendiendo una señal de condición del viento estimada para la ubicación de ensayo y una señal de condición del viento estimada para la ubicación del aerogenerador.
- 25
15. El procedimiento (100) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, en el que usar una base de datos de correlación del viento y la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo para proporcionar una estimación de condición del viento en la ubicación del aerogenerador comprende buscar en la base de datos de correlación del viento un conjunto de correlación del viento aproximado que tenga una señal de condición del viento aproximada para la ubicación de ensayo que sea la más cercana a la señal de condición del viento en la ubicación de ensayo, y obtener la estimación de condición del viento para el aerogenerador en el conjunto de correlación del viento aproximado.
- 30

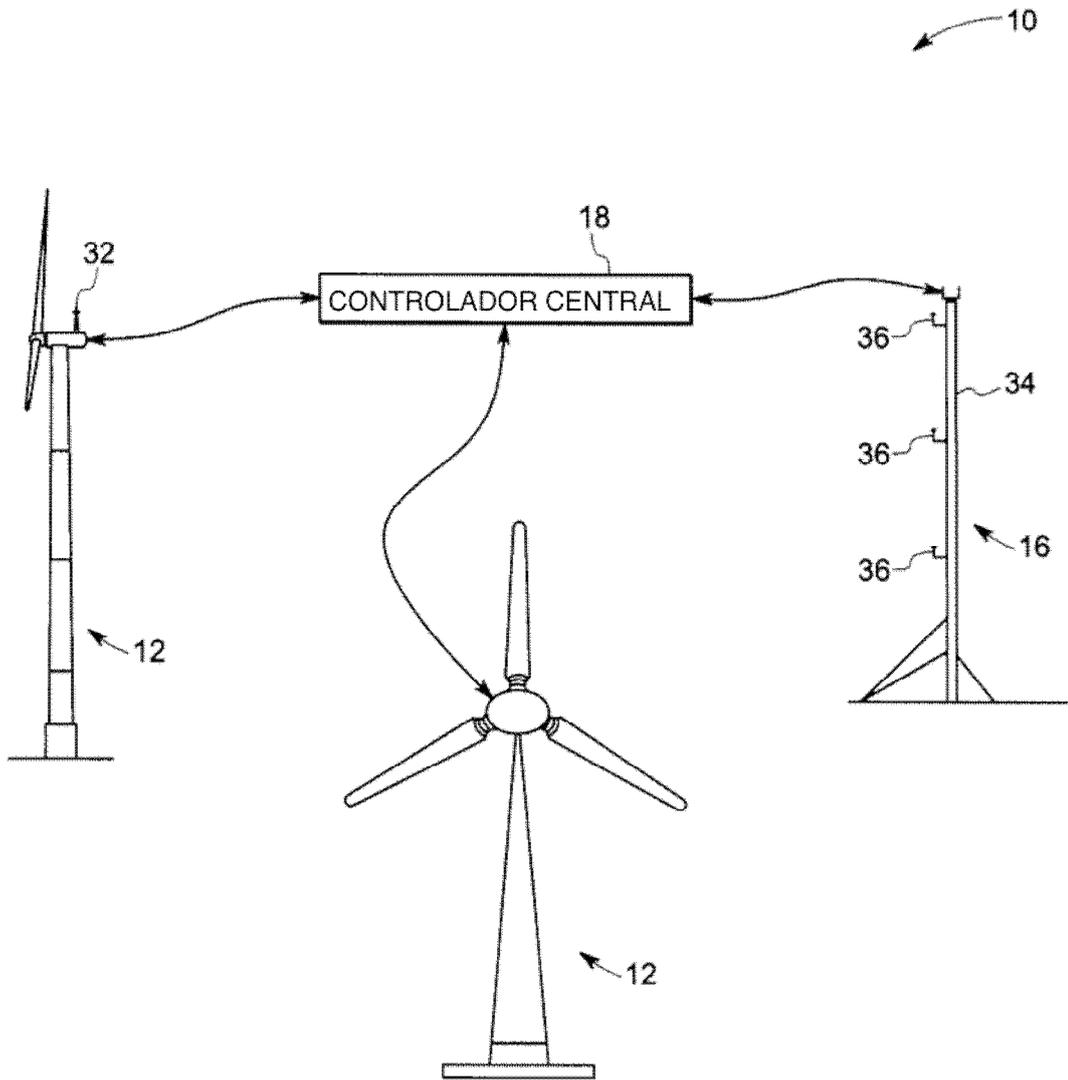


FIG. 1

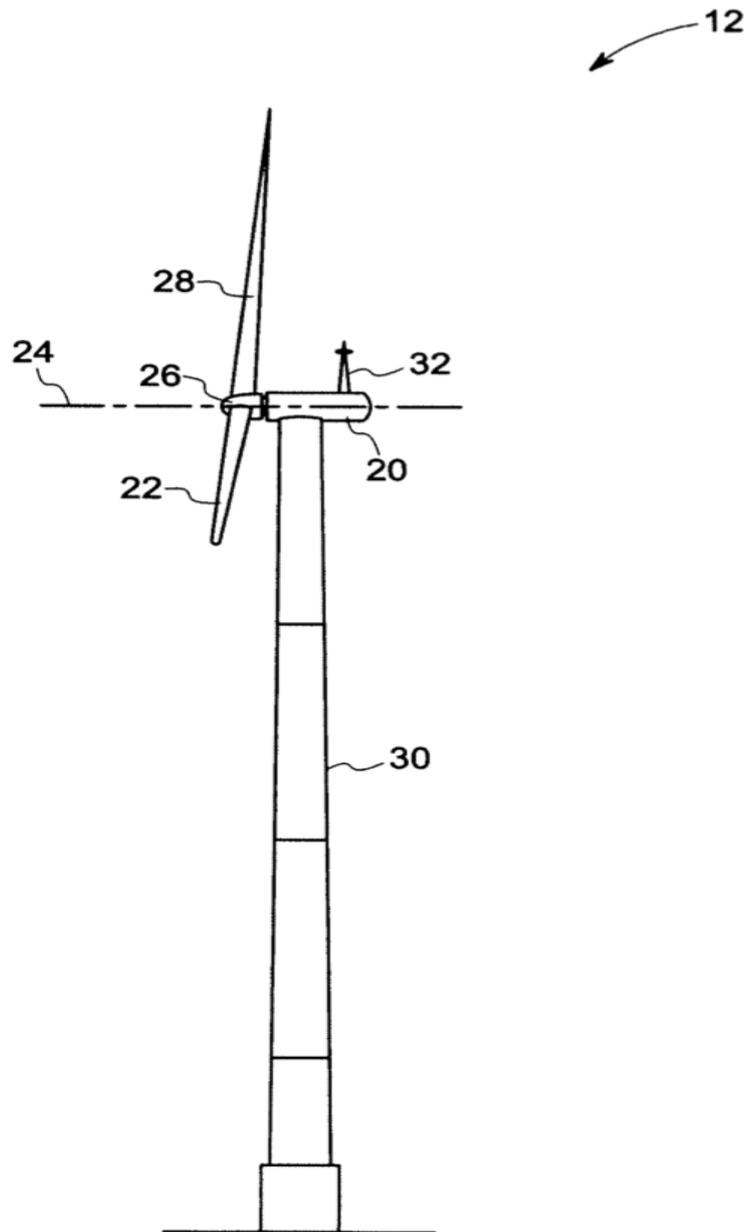


FIG. 2

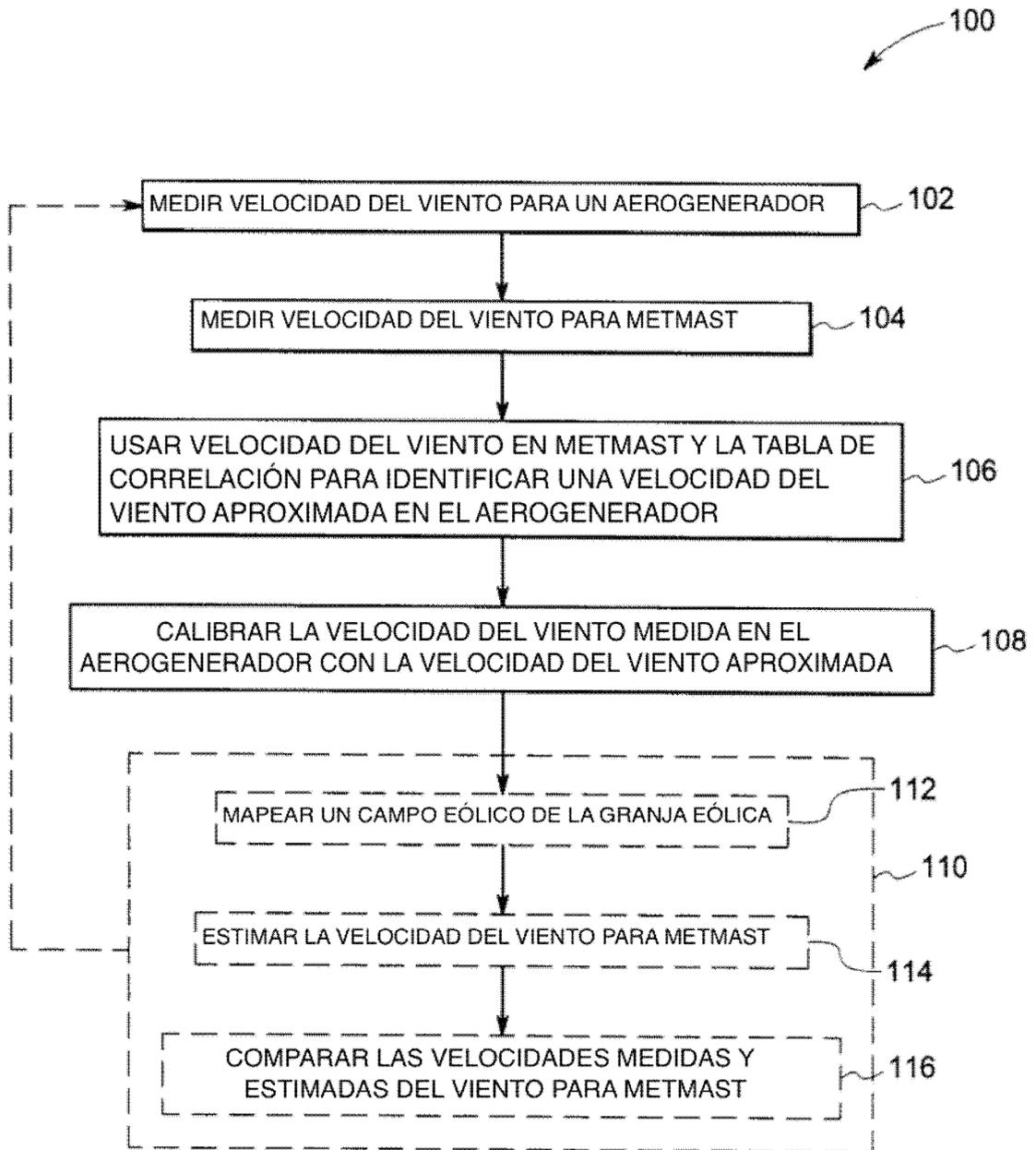


FIG. 3

122

D_i (GRADO)	CONJUNTO DE DATOS M_i
M1	0
M2	30
M3	60
M4	90
M5	120
M6	150
M7	180
M8	210
M9	240
M10	270
M11	300
M12	330

FIG. 4

124

$D_i(\text{grado})$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
$S_j(\text{m/s})$	A0	A1	A2	A3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	A11
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11						.....					
12												
13												
14	.....											A119

A_{ij}

FIG. 5

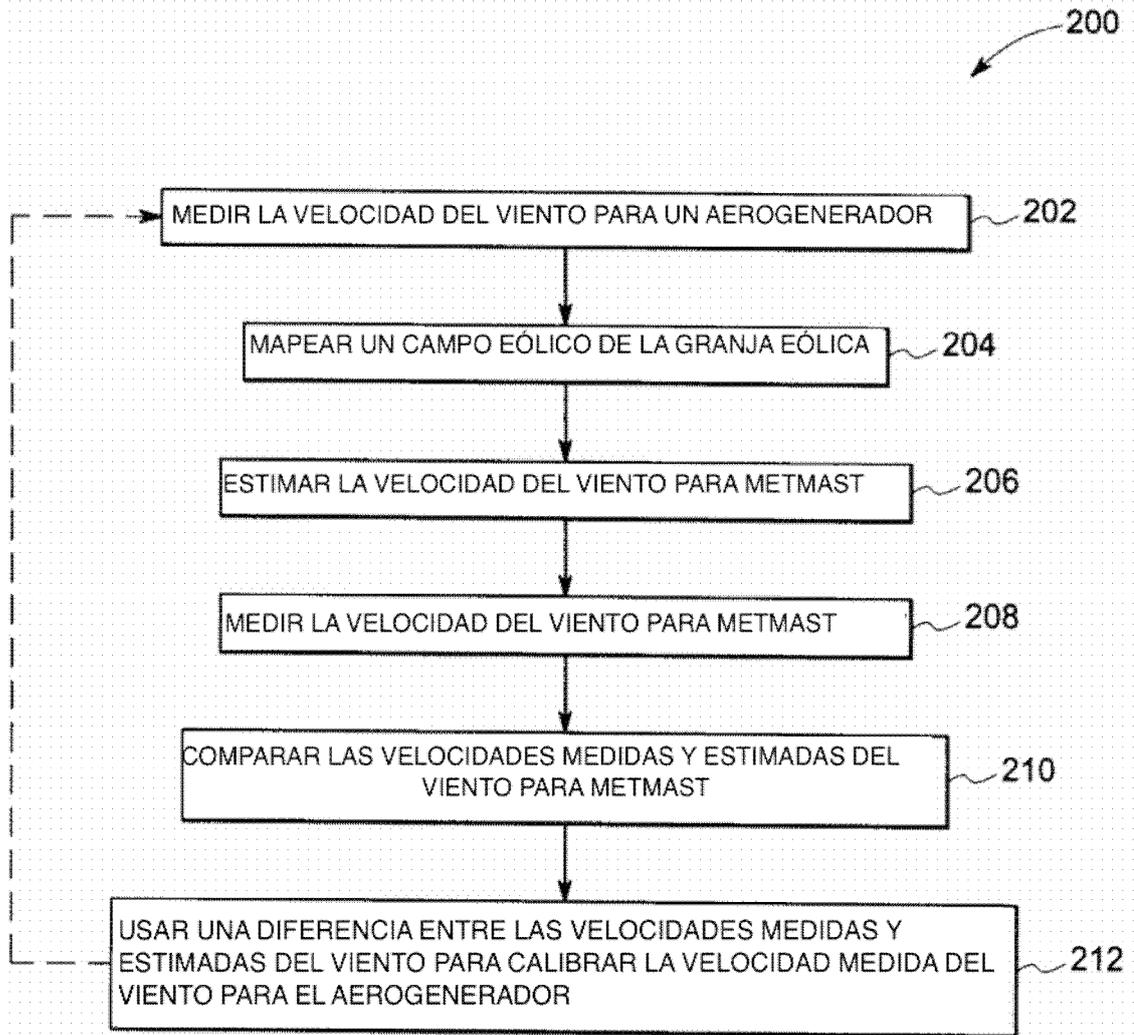


FIG. 6