

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 924**

51 Int. Cl.:

G01N 21/53	(2006.01)
G01P 5/26	(2006.01)
G01P 13/02	(2006.01)
G01S 17/95	(2006.01)
F03D 7/02	(2006.01)
F03D 7/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2012 PCT/DK2012/050143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12146258**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2012 E 12718589 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2702393**

54 Título: **Método y aparato para proteger turbinas eólicas frente a situaciones extremas**

30 Prioridad:

28.04.2011 US 201161479854 P
30.05.2011 DK 201170267 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BOWYER, ROBERT;
WESTERGAARD, CARSTEN HEIN;
CREABY, JUSTIN y
SPRUCE, CHRIS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 624 924 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

Método y aparato para proteger turbinas eólicas frente a situaciones extremas

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere, de manera general, a turbinas eólicas y, en particular, a la detección por adelantado de las condiciones del viento antes de que lleguen a la turbina eólica, y al control de turbinas eólicas en respuesta a tales condiciones detectadas.

Antecedentes de la invención

10 Para una turbina eólica es importante conocer las condiciones del viento que se aproximan a la turbina eólica de modo que el controlador de turbina tenga tiempo para reaccionar a las condiciones entrantes para cambiar los parámetros de funcionamiento de la turbina según las condiciones del viento detectadas. En función de la naturaleza de las condiciones detectadas, el controlador puede tratar de optimizar la energía extraída del aire mediante las palas de turbina, por ejemplo a velocidades de viento menores, o reducir la carga en las palas para evitar daños en el caso de velocidades de viento mayores. En casos extremos, el controlador puede realizar la guiñada del mecanismo de rotor fuera del viento o incluso realizar un apagado de emergencia si las condiciones del viento son
15 suficientemente graves como para correr el riesgo de dañar los componentes de turbina.

Se conoce bien en la técnica proporcionar un aparato de detección remota en la turbina dirigidos hacia delante de la turbina, normalmente unos pocos diámetros de rotor o varios centenares de metros, para detectar condiciones del viento delante de la turbina. Como el control de la turbina requerirá habitualmente realizar el cabeceo de las palas, se requieren unos pocos segundos para ajustar la turbina en respuesta a las condiciones detectadas, lo que requiere
20 que las condiciones del viento se midan lo suficientemente por adelantado como para permitir que haya tiempo para procesar los datos y para realizar el cabeceo de las palas antes de que el viento llegue.

Un aparato de detección bien conocido es un LiDAR que, normalmente, está montado en la góndola de turbina eólica detrás de las palas o en el buje de rotor. Un LiDAR montado en la góndola puede estar dotado de un mecanismo de barrido para permitir al LiDAR realizar un barrido de una zona alrededor de un eje desviado con respecto al eje de rotación de las palas. Pueden usarse múltiples haces de barrido que permiten detectar más parámetros de viento, incluyendo la velocidad, dirección, cizalladura horizontal y vertical del viento, todas las cuales son entradas importantes para el controlador. El LiDAR montado en el buje puede usar la rotación del buje para proporcionar un barrido, aunque pueden usarse múltiples haces en la misma dirección de observación para
25 aumentar la velocidad de barrido.

Un ejemplo de un LiDAR montado en la góndola se da a conocer en el documento EP-A-0970308, que da a conocer el uso de un LiDAR u otro aparato de barrido remoto, montado en la góndola de la turbina eólica, y que detecta condiciones a varios diámetros de rotor aguas arriba de la turbina. Basándose en las condiciones detectadas, el controlador, que puede estar integrado en la turbina o puede ser un controlador de parque eólico independiente, puede indicarle a una turbina individual o a un grupo de turbinas que cambien sus parámetros de funcionamiento
30 antes de que las condiciones del viento detectadas lleguen a la turbina.

Un ejemplo de un LiDAR montado en el buje se da a conocer en el documento US-A-20060140764, en el que el LiDAR está montado en el buje y tiene una pluralidad de direcciones de observación que están inclinadas alejándose del eje de rotación del buje de modo que la rotación del buje garantiza el barrido. Las múltiples direcciones de observación pueden lograrse usando varios sistemas LiDAR dedicados y/o usando LiDAR multiplexados o un divisor
40 de haz.

El documento US2010/0135789 muestra un sistema que se considera la técnica anterior más cercana.

Sumario de la invención

Aunque estas técnicas de detección remota de la técnica anterior son eficaces para detectar condiciones del viento entrantes con un grado de precisión razonable, requieren aparatos LiDAR sofisticados que tienen múltiples haces de barrido y, por consiguiente, son muy caros. Se aprecia que existe una necesidad de una solución al problema de menor coste.
45

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de control para una turbina eólica, que comprende: un aparato de detección remota montado en la turbina eólica para realizar un barrido alrededor de un eje sustancialmente vertical y que tiene una dirección de observación para la medición de un parámetro de viento en un volumen de medición a una distancia predeterminada desde el aparato de detección remota; en el que el aparato de detección remota y la turbina eólica están dispuestos de manera que el aparato de detección remota realiza un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical; y un controlador para recibir señales desde el aparato de detección remota y emitir una señal de control basándose en las señales recibidas para controlar un parámetro de la turbina eólica.
50

- Este aspecto de la invención también se refiere a un método de control de una turbina eólica, que comprende: detectar un parámetro de viento con un aparato de detección remota en un volumen de medición a una distancia predeterminada a lo largo de una dirección de observación desde el aparato de detección remota, comprendiendo la detección realizar un barrido en la dirección de observación alrededor de un eje sustancialmente vertical y generar una señal de salida; en el que el aparato de detección remota y la turbina eólica están dispuestos de manera que el aparato de detección remota realiza un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical; y controlar un parámetro de la turbina eólica basándose en la señal de salida desde el aparato de detección remota, recibiendo y procesándose la señal de salida por un controlador para emitir una señal de control basándose en las señales de salida.
- Este aspecto de la invención tiene la ventaja de proporcionar un método y un aparato sencillos y de bajo coste para proteger una turbina eólica frente a daños provocados por situaciones extremas. Como el aparato de detección realiza un barrido alrededor de un eje vertical, puede detectar situaciones del viento que se aproximan desde cualquier ángulo con respecto a la góndola de turbina eólica. Esto no es posible en los sistemas basados en LiDAR de la técnica anterior que, en general, detectan en una dirección de observación hacia delante, o bien a lo largo o bien desviada con respecto al eje de rotación del rotor. El LiDAR sólo necesita tener un único haz de barrido lo que permite usar un aparato de bajo coste.
- Preferiblemente, el aparato de detección remota es un LiDAR que puede tener un único haz de barrido que realiza un barrido de 360 grados alrededor del eje sustancialmente vertical. Alternativamente, el aparato de detección remota puede comprender una pluralidad de LiDAR, cada uno dispuesto para realizar una parte de un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical.
- Preferiblemente, el LiDAR genera datos de velocidad a partir de una pluralidad de puntos en el volumen de medición, y en el que el controlador deriva una velocidad pico y una medición de varianza a partir de los datos de velocidad. La velocidad pico y la medición de varianza pueden derivarse a partir de transformadas rápidas de Fourier (FFT) de señales recibidas a partir de la pluralidad de puntos en el volumen de medición.
- Preferiblemente, el controlador genera la señal de control de salida a partir de entradas de velocidad pico y varianza para generar una señal de control de salida si el controlador determina que las entradas indican riesgo de daños a los componentes de turbina. Esto puede lograrse a través del uso de una tabla de consulta de velocidad del viento frente a medición de varianza.
- En una realización preferida, se realiza el promedio de las entradas de velocidad pico y varianza a lo largo de una pluralidad de barridos. Esto mejora la fiabilidad de las mediciones ya que los efectos transitorios se cancelan mediante el cálculo del promedio.
- Un segundo aspecto de la invención proporciona un sistema de control para una turbina eólica, que comprende: un aparato LiDAR montado en la turbina eólica para realizar un barrido de una región alrededor de la turbina eólica y que tiene un haz que tiene una dirección de observación para la medición de un parámetro de viento en un volumen de medición a una distancia predeterminada desde el aparato LiDAR; en el que el LiDAR determina datos relacionados con velocidad para una pluralidad de puntos dentro del volumen de medición; y un controlador para derivar una velocidad pico y una medición de varianza a partir de los datos relacionados con velocidad y emitir una señal de control basándose en la velocidad pico y la medición de varianza para controlar un parámetro de la turbina eólica.
- El segundo aspecto de la invención también proporciona un método de control para una turbina eólica, que comprende: realizar un barrido de una región alrededor de la turbina eólica con un aparato LiDAR montado en la turbina eólica, teniendo el aparato LiDAR un haz que tiene una dirección de observación para la medición de un parámetro de viento en un volumen de medición a una distancia predeterminada desde el aparato LiDAR, en el que el aparato LiDAR determina datos relacionados con velocidad para una pluralidad de puntos dentro del volumen de medición, y controlar un parámetro de la turbina eólica mediante una señal de control generada por un controlador en respuesta a entradas de velocidad pico y medición de varianza derivadas a partir de los datos relacionados con velocidad desde el aparato LiDAR.
- Realizaciones de este aspecto de la invención también tienen la ventaja de que puede usarse un LiDAR relativamente sencillo y de bajo coste para detectar situaciones del viento. El LiDAR disponible comercialmente emite una medición de velocidad del viento, pero deriva esta medición a partir de datos de viento relacionados con un gran número de puntos dentro del volumen de medición. Se ha apreciado que estos datos contienen información sobre el perfil del viento, por ejemplo su varianza y turbulencia, lo que es útil para determinar si un controlador necesita o no llevar a cabo acciones evasivas para cambiar los parámetros de la turbina para evitar daños cuando la situación de viento detectada llega a la turbina eólica.
- Como con el primer aspecto de la invención, es preferible que la velocidad pico y la medición de varianza se determinen a partir de transformadas rápidas de Fourier de datos a partir de la pluralidad de puntos en el volumen de medición y que el controlador comprenda una tabla de consulta de velocidad del viento frente a medición de varianza. También puede realizarse el promedio de las entradas de velocidad pico y varianza a lo largo de una

pluralidad de barridos.

En ambos aspectos de la invención, el aparato de detección remota está dispuesto, preferiblemente, en la góndola de turbina eólica aunque también son posibles otras disposiciones. En ambos aspectos de la invención el control puede aplicarse cuando la turbina eólica está en un estado o bien de funcionamiento o bien de descanso.

- 5 Ambos aspectos de la invención también proporcionan una turbina eólica que tiene un sistema de control tal como se define o que se controla según el método definido.

Breve descripción de dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 10 la figura 1 es un plano de una turbina eólica que tiene el dispositivo de detección remota que implementa la invención;

la figura 2 muestra las distribuciones de frecuencia para un volumen de medición a partir del que pueden deducirse condiciones del viento incoherentes y coherentes;

- 15 la figura 3 muestra cómo un controlador puede derivar señales de control a partir de entradas de velocidad y varianza;

la figura 4 muestra las mediciones de velocidad para tres barridos de 360 grados sucesivos;

la figura 5 muestra cómo puede representarse la varianza en un barrido; y

la figura 6 muestra cómo pueden mostrarse datos obtenidos a partir de un LiDAR de puertas de intervalo múltiples.

- 20 La figura 1 ilustra una realización de la invención en la que un aparato de detección remota 10 está montado en la góndola de una turbina eólica 20 detrás del buje de rotor 30 en el que están montadas las palas 40. El aparato de detección puede estar montado en cualquier otro sitio, por ejemplo en el lado inferior de la góndola. Preferiblemente, el aparato de detección remota es un LiDAR aunque pueden usarse otros aparatos de detección remota adecuados. El LiDAR es un LiDAR de haz único que está dispuesto para realizar un barrido alrededor de un eje vertical o casi vertical. Preferiblemente, el aparato de detección puede realizar un barrido de 360 grados completo alrededor del eje de barrido vertical. El fin del barrido es investigar las condiciones del viento alrededor de toda la turbina y no sólo a lo largo de una zona limitada frente al rotor. Esto es importante para la detección de situaciones extremas tales como ráfagas, ya que una ráfaga puede venir acompañada de un cambio muy rápido en la dirección del viento y puede impactar en la turbina desde cualquier ángulo. El LiDAR mide las condiciones del viento a más o más distancias desde la turbina eólica, preferiblemente a uno o más diámetros de rotor desde la turbina eólica. La distancia se elige para permitir que el controlador de turbina eólica genere señales de control basándose en parámetros de viento detectados y ordene a la turbina alterar parámetros de funcionamiento tales como el ángulo de cabeceo de pala de manera que la alteración se complete antes de que las condiciones del viento detectadas lleguen a la turbina eólica. Aunque es preferible un único barrido de 360 grados, pueden proporcionarse dos barridos de 180 grados o un mayor número de barridos, teniendo cada uno un barrido menor. No se necesita que los barridos de 180 grados sean exactamente de 180 grados y puede existir cierto solapamiento entre los barridos o incluso una pequeña zona no sometida a barrido, aunque esto no es preferible.

En la figura 1 se muestra un único haz de barrido 50 en dos posiciones que rota en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de un eje vertical o sustancialmente vertical 60 realizando por tanto un barrido de 360 grados alrededor de la turbina eólica.

- 40 Dispositivos de barrido de haces se conocen bien y puede usarse cualquier tipo de mecanismo de barrido, por ejemplo usar un espejo rotatorio o polígono para desviar el haz de láser o usando múltiples lentes con un mecanismo de conmutación o un divisor de haz o un mecanismo pulsado.

- 45 Como el fin de este LiDAR es buscar cambios en la velocidad del viento, sólo se necesita un único haz de barrido, lo que hace que el LiDAR sea relativamente sencillo y barato en comparación con dispositivos que usan múltiples haces. Esta sencillez se logra por la manera en que se procesan los datos recuperados por el LiDAR. En un LiDAR comercial habitual, se detecta la velocidad de las partículas en un volumen de medición. Las señales detectadas por el LiDAR se procesan como datos de frecuencia usando transformadas rápidas de Fourier (FFT) y se emite un valor de velocidad. Se aprecia que los datos de FFT pueden analizarse para recuperar datos útiles sobre el viento que a continuación pueden usarse para el control. En particular, los datos de FFT pueden analizarse para extraer información sobre la varianza del viento en el volumen de medición, a partir de la cual puede deducirse una medición de turbulencia y usarse por el controlador de turbina, junto con información de velocidad, para controlar la turbina para protegerla frente a situaciones tales como ráfagas.

Los datos de FFT aportan una difusión de frecuencias para partículas que se mueven en el volumen de detección. Si estas frecuencias se agrupan alrededor de una valor máximo estrecho sugiere que todas las partículas se están

moviendo a la misma velocidad o similar, a partir de lo cual puede deducirse que el viento es relativamente coherente. Sin embargo, si la distribución de frecuencia es amplia, sugiere que las partículas en el volumen de medición se están moviendo a un intervalo de velocidades amplio y que el viento en ese punto puede ser una ráfaga muy turbulenta e incoherente. Es muy importante establecer esta información ya que, una vez detectada, la turbina puede llevar a cabo acciones para evitar el efecto de la ráfaga, por ejemplo, realizando el cabeceo las palas fuera del viento o apagando la turbina.

La figura 2 ilustra la distribución de datos de FFT a partir de un volumen de medición. El eje vertical es la amplitud y el eje horizontal representa la frecuencia. En la figura, puede identificarse una medición de velocidad, en este caso el pico, o la velocidad más común 70, y la anchura de la distribución 80 puede medirse a una distancia predeterminada desde la velocidad pico de modo que puede realizarse una estimación de la varianza del viento. Pueden usarse otras mediciones de velocidad. Una vez que se ha identificado la velocidad del viento pico, o la más común, esa medición proporciona un valor absoluto de velocidad del viento en el volumen de medición. Pueden usarse otros tratamientos estadísticos de los datos para producir una velocidad para el volumen medido.

Por tanto, examinando el espectro de frecuencia de los datos no procesados obtenidos por el LiDAR, puede realizarse una estimación de la velocidad del viento real junto con una estimación de la varianza del viento basándose en la anchura de la distribución alrededor de la velocidad pico. Por tanto, puede proporcionarse una emisión que combina velocidad con una medición de varianza. Esto puede introducirse en el controlador de turbina tal como se ilustra en la figura 3, en la que el controlador se muestra en 90 como que tiene entradas de velocidad y varianza 92, 94. El controlador examina las entradas, por ejemplo haciendo referencia a una tabla de consulta de velocidad frente a varianza para determinar si el viento representa una ráfaga de una fuerza suficiente como para que se necesite llevar a cabo acciones evasivas. Si es así, se emite una señal de control 96 para alterar uno o más parámetros de funcionamiento de la turbina eólica. Por tanto, el controlador tendrá en cuenta tanto la velocidad como la estimación de la varianza. Por ejemplo, puede considerarse que una velocidad alta con un grado de varianza alto no necesita ninguna acción mientras que una velocidad menor con una varianza menor puede representar una mayor amenaza y requerir acción evasiva. La acción evasiva puede comprender variar el ángulo de cabeceo de las palas para realizar un cabeceo fuera del viento para reducir la carga; mover el rotor fuera del viento ordenando al accionador de guiñada que realice la guiñada de la góndola, o en el caso de una medición extrema, comenzar un apagado de emergencia de la turbina. Cuando se detecta que la ráfaga se aproxima desde un ángulo que no es normal con respecto al rotor, el accionador de guiñada puede realizar la guiñada del rotor hacia el viento para equilibrar la carga a lo largo de la pala.

La realización descrita proporciona un sistema sencillo para proteger una turbina eólica frente a ráfagas potencialmente dañinas. No requiere que la determinación de velocidad sea particularmente precisa y una determinación que sea de aproximadamente +/- 5 m/s con respecto al valor verdadero es lo suficientemente precisa.

La figura 4 muestra cómo datos del LiDAR pueden acumularse a lo largo del tiempo y múltiples barridos. En la figura, el origen del barrido se muestra en 60 y cada uno de los bucles 100 a, b y c representa la velocidad pico a medida que el dispositivo de barrido gira 360 grados alrededor de la turbina. Estos datos acumulados pueden usarse para refinar las señales de velocidad y varianza para evitar condiciones transitorias y los datos comunicados al controlador pueden representar los valores promedio a partir de una pluralidad de barridos, por ejemplo de 3 a 5. La figura 5 muestra un único barrido de los múltiples barridos, por motivos de simplicidad, pero muestra cómo el grosor del barrido puede representar la varianza de los datos a medida que avanza el barrido. Por tanto, en 62 el grosor es el más grande, representando una varianza mayor y en 64, por ejemplo, la línea está en su punto más fino, representando una pequeña varianza. La representación de la figura 5 superpone de manera eficaz la distribución de la figura 2 sobre el barrido de la figura 4.

En la realización descrita, el dispositivo de barrido es un dispositivo de barrido sencillo y barato, por ejemplo un LiDAR de haz continuo. Tales dispositivos sólo pueden realizar barridos en un único alcance. En una realización alternativa de la invención puede usarse un LiDAR de haz pulsado más complejo que puede realizar barridos en múltiples alcances. En cada uno de los alcances, se acumularán múltiples barridos, tal como se muestra en la figura 4, estando cada línea de barrido representada por un grosor que representa la varianza. Este enfoque permite establecer una medición de la coherencia del viento de modo que el sistema de control puede revelar si las condiciones observadas en un alcance son transitorias, y se disiparán a medida que el volumen de aire se aproxima a la turbina eólica, o si son más estables. La figura 6 muestra los barridos de la figura 4 obteniéndose uno de estos en un segundo alcance 110a mostrado como una línea discontinua (por motivos de claridad).

En un parque eólico, un sistema que implementa la invención puede estar dispuesto en una única turbina o en una pluralidad de turbinas. Esto es posible ya que el LiDAR requerido presenta un coste relativamente bajo, lo que hace que sea más viable económicamente usar múltiples dispositivos. El controlador puede estar integrado en la turbina en la que está ajustado el LiDAR pero también puede comunicarse con un controlador de parque eólico que controla múltiples turbinas en el parque eólico para permitir que la determinación de un riesgo de ráfaga se comunique a otras turbinas. Alternativamente, las señales de velocidad y varianza pueden comunicarse directamente al controlador de parque eólico que tiene la responsabilidad de suministrar las señales de control y comunicárselas a la turbina en la que está montado el LiDAR.

5 En la descripción anterior, se ha supuesto que la turbina está en estado de funcionamiento cuando el LiDAR está realizando un barrido. Este no tiene por qué ser el caso y el LiDAR y el controlador pueden funcionar incluso cuando la turbina está en un estado de descanso. Como una situación extrema puede provocar daños a los componentes de turbina incluso cuando la turbina está en descanso, el controlador todavía puede funcionar para tomar medidas preventivas tales como realizar la guiñada del rotor fuera del viento y/o realizar el cabeceo de las palas para reducir cargas.

10 Además de ofrecer protección frente a situaciones extremas, realizaciones de la invención pueden permitir que las turbinas eólicas se realicen de forma más barata con menos material en componentes clave. En la actualidad, estos componentes clave están diseñados para resistir los efectos de situaciones extremas sin sufrir daños. Realizaciones de la invención permiten que se usen componentes que son menos robustos, que usan menos material, ya que puede llevarse a cabo una acción evasiva para evitar que los componentes tengan que soportar la carga de las situaciones extremas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de control para una turbina eólica, que comprende:
 un aparato LiDAR montado en la turbina eólica para realizar un barrido alrededor de un eje sustancialmente vertical y que tiene una dirección de observación para la medición de un parámetro de viento en un volumen de medición a una distancia predeterminada desde el aparato LiDAR; y
 un controlador para recibir señales desde el aparato LiDAR y emitir una señal de control basándose en las señales recibidas para controlar un parámetro de la turbina eólica
 en el que el LiDAR genera datos de velocidad a partir de una pluralidad de puntos en el volumen de medición, y en el que el controlador deriva una medición de velocidad y una medición de varianza a partir de los datos de velocidad, y en el que el controlador genera la señal de control de salida a partir de entradas de velocidad y varianza para generar una señal de control de salida si el controlador determina que las entradas indican riesgo de daños a los componentes de turbina, estando el sistema caracterizado porque el aparato LiDAR y la turbina eólica están dispuestos de manera que el aparato LiDAR realiza un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical.
2. Sistema de control según la reivindicación 1, en el que el LiDAR tiene un haz de barrido que realiza un barrido de 360 grados alrededor del eje sustancialmente vertical.
3. Sistema de control según la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de LiDAR, cada uno dispuesto para realizar una parte de un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical.
4. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la medición de la velocidad y la medición de varianza se derivan a partir de transformadas rápidas de Fourier (FFT) de señales recibidas a partir de la pluralidad de puntos en el volumen de medición.
5. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador comprende una tabla de consulta de velocidad del viento frente a medición de varianza.
6. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se realiza el promedio de las entradas de velocidad y varianza a lo largo de una pluralidad de barridos.
7. Sistema de control según cualquier reivindicación anterior, en el que el aparato de detección remota está dispuesto en la góndola de turbina eólica.
8. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que controlador deriva una velocidad pico a partir de los datos de velocidad.
9. Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el LiDAR es un LiDAR de haz único.
10. Turbina eólica que tiene un sistema de control según cualquier reivindicación anterior.
11. Método de control de una turbina eólica, que comprende:
 detectar un parámetro de viento con un aparato LiDAR en un volumen de medición a una distancia predeterminada a lo largo de una dirección de observación desde el aparato LiDAR, comprendiendo la detección realizar un barrido en la dirección de observación alrededor de un eje sustancialmente vertical y generar una señal de salida;
 controlar un parámetro de la turbina eólica basándose en la señal de salida desde el aparato LiDAR, recibiendo y procesándose la señal de salida por un controlador para emitir una señal de control basándose en las señales de salida;
 en el que el LiDAR genera datos de velocidad a partir de una pluralidad de puntos en el volumen de medición, y en el que el controlador deriva una medición de velocidad y una medición de varianza a partir de los datos de velocidad, y en el que el controlador genera la señal de control de salida a partir de entradas de velocidad y varianza para generar una señal de control de salida si el controlador determina que las entradas indican riesgo de daños a los componentes de turbina, estando el método caracterizado porque el aparato LiDAR y la turbina eólica están dispuestos de manera que el aparato LiDAR realiza un barrido completo alrededor del eje sustancialmente vertical.
12. Método de control según la reivindicación 11, en el que la turbina eólica está en un estado de descanso.
13. Método de control según la reivindicación 11, en el que la turbina eólica está en un estado de funcionamiento.

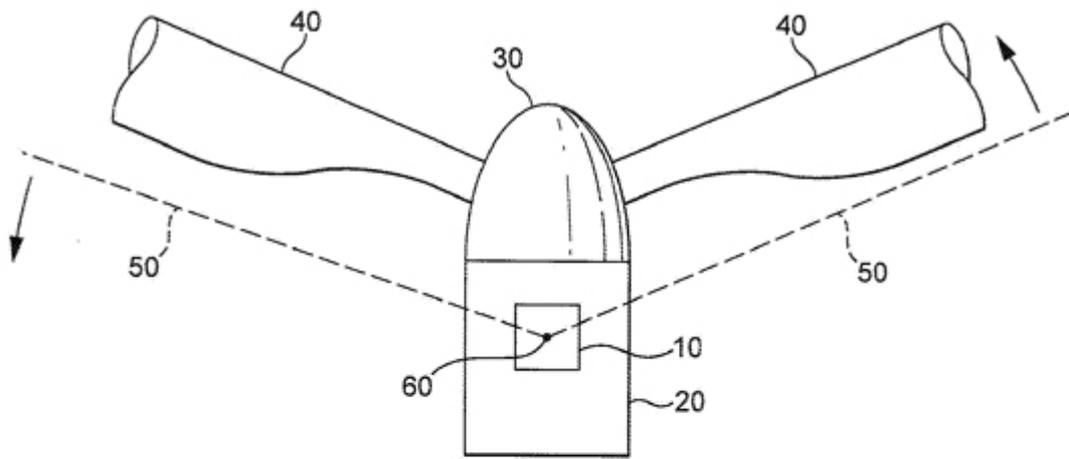


FIG. 1

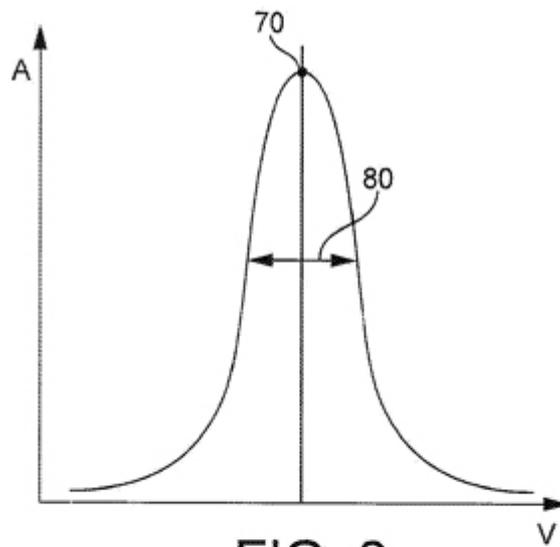


FIG. 2

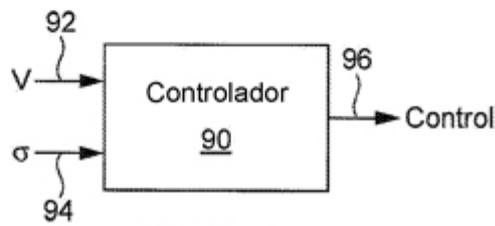


FIG. 3

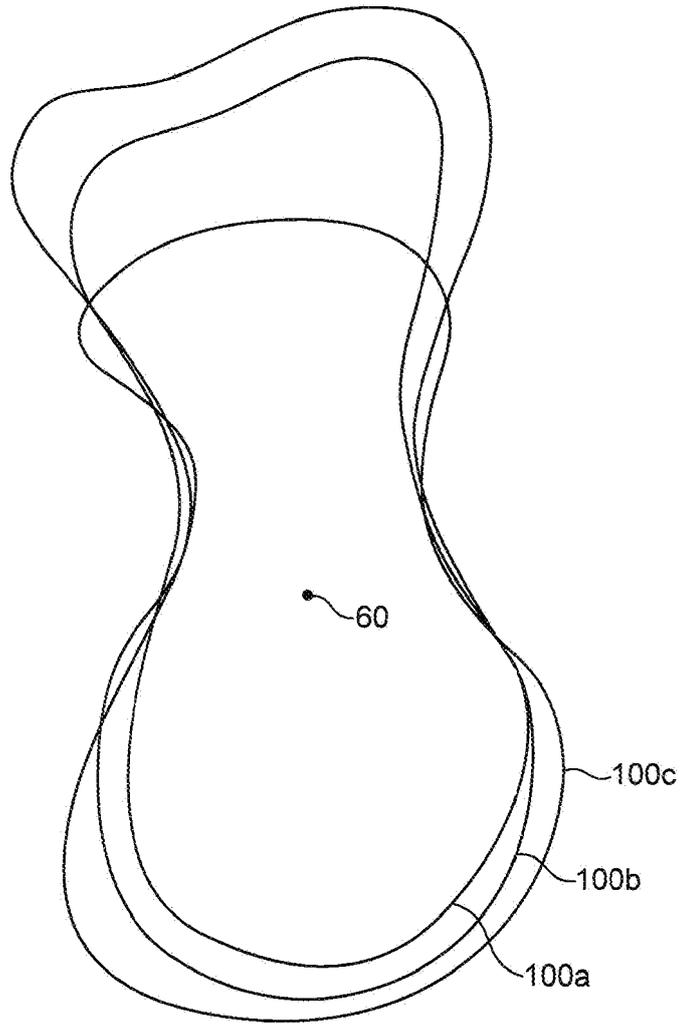


FIG. 4

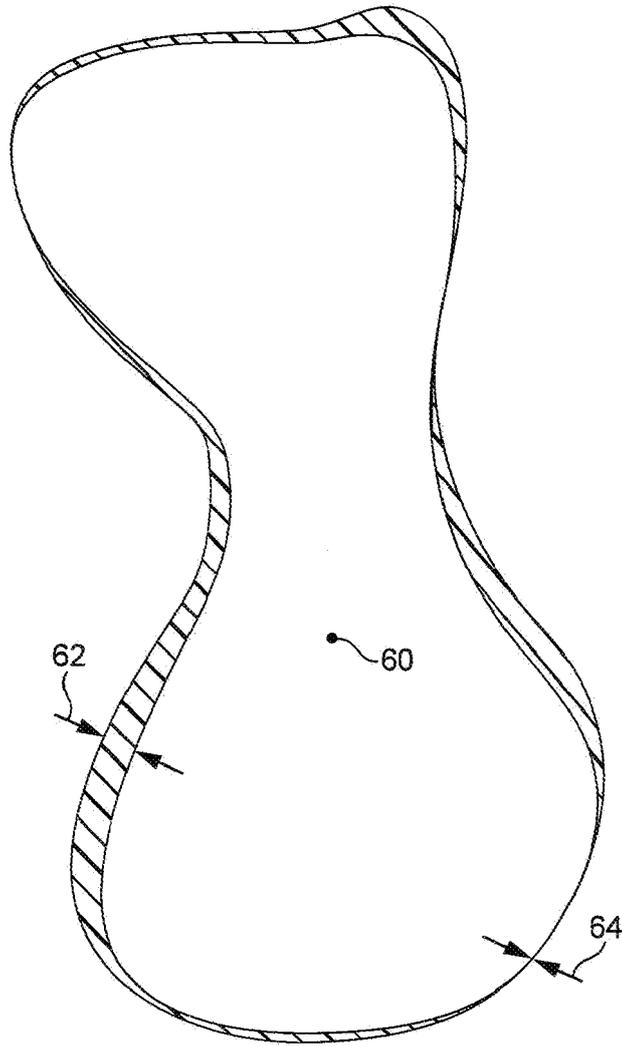


FIG. 5

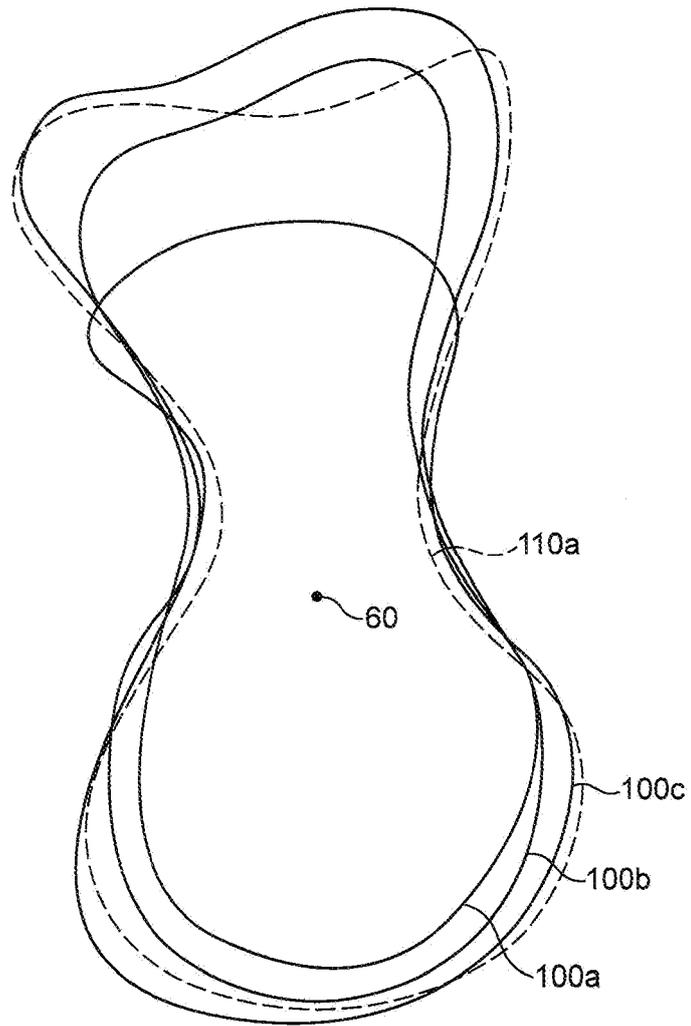


FIG. 6