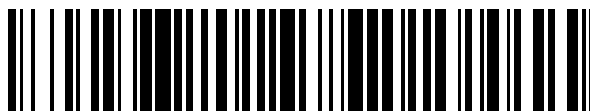


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 119**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2014 E 14191928 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2891792**

54 Título: **Aparato y procedimiento de control de aspa para aerogenerador, y aerogenerador que lo usa**

30 Prioridad:

**02.01.2014 KR 20140000355**

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

**10.11.2016**

73 Titular/es:

**DOOSAN HEAVY INDUSTRIES &  
CONSTRUCTION CO., LTD. (100.0%)  
22 DoosanVolvo-ro  
Seongsan-gu, Changwon, Gyeongnam 642-792,  
KR**

72 Inventor/es:

**LEE, SANG II**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 589 119 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**

Aparato y procedimiento de control de aspa para aerogenerador, y aerogenerador que lo usa

**5 Campo de la invención**

**[0001]** Realizaciones ejemplares de la presente invención se refieren a un aparato y procedimiento de control de aspa para un aerogenerador, y un aerogenerador que lo usa y, más particularmente, a un aparato y procedimiento de control de aspa para un aerogenerador, que mide el cambio de característica eléctrica de un miembro que forma un aspa para controlar el aspa, y un aerogenerador que lo usa.

**Descripción de la técnica relacionada**

**[0002]** Un aerogenerador se refiere a un generador de energía que genera energía usando energía eólica que es energía natural. El aerogenerador genera electricidad convirtiendo la energía eólica en una fuerza rotacional mecánica, e incluye un aspa, una góndola y una torre.

**[0003]** El aerogenerador genera una fuerza rotacional basada en una fuerza de sustentación aeromecánica del aspa que actúa contra el viento que sopla desde la parte delantera. La rotación del aspa cambia la distribución de carga aerodinámica alrededor del aspa, y el cambio de la distribución de carga aerodinámica se aplica como una carga de flexión o carga de torsión al aspa.

**[0004]** El aspa puede resultar dañada por la aplicación de dicha carga y las condiciones del entorno circundante tales como lluvia, corrosión causada por sal contenida en el agua de mar, o colisión con materias extrañas en el aire. En este caso, puede producirse deformación, deterioro o deslaminación dentro y fuera del aspa.

**[0005]** De acuerdo con un procedimiento convencional, un operador comprueba el estado de un aspa a simple vista, cuando un aerogenerador es inspeccionado regularmente, o cuando la rotación del aspa se detiene. A continuación, el operador repara el aspa, cambia el estado de funcionamiento, o sustituye una parte en respuesta a la información de estado del aspa, que se analiza a través de la operación de verificación.

**[0006]** En dicho procedimiento, sin embargo, el estado del aspa puede verificarse solamente en un estado donde el aspa está detenida, y el operador debe verificar el estado del aspa a simple vista.

**[0007]** Con el fin de resolver dicho problema, se han propuesto diversas técnicas para determinar si un aspa para un aerogenerador está dañada.

**[0008]** Por ejemplo, una unidad de medición tal como un sensor de fibra óptica o medidor de deformación puede usarse para verificar el estado de un aspa, y el aspa puede estar controlada de acuerdo con el estado del aspa.

**[0009]** Como ejemplo específico de un aparato para detectar el estado de un aspa, la publicación de patente coreana abierta a inspección pública N.º 10-2013-0052965 ha descrito un aparato de detección de magnitud física de un aspa de turbina eólica.

**[0010]** La descripción se refiere a un aparato de detección de magnitud física de un aspa de turbina eólica, que incluye fibra óptica para reflejar totalmente la luz incidente desde una fuente de luz y una red de Bragg para detectar una magnitud física de un aspa para generación de energía eólica reflejando luz a un intervalo de longitud de onda de Bragg en la luz transmitida a través de la fibra óptica.

**[0011]** El aparato de acuerdo con la descripción descrita anteriormente incluye un número requerido de sensores de red de Bragg de fibra óptica y sensores de red de Bragg compensados en temperatura que están fijados en la parte superior o la parte inferior de un alma de refuerzo a cortante, y detecta la temperatura, la velocidad de deformación, y el desvío del aspa a través de los sensores.

**[0012]** Sin embargo, dado que los sensores ópticos o medidores de deformación son caros y difíciles de manejar, solamente un ingeniero experto puede instalar los sensores ópticos o medidores de deformación. Además, dado que los sensores ópticos o medidores de deformación son vulnerables a la vibración, los sensores ópticos o medidores de deformación pueden averiarse frecuentemente después de la instalación. Por lo tanto, existen

dificultades en la gestión y reparación de los sensores ópticos o medidores de deformación.

5 **[0013]** Además, dado que los sensores ópticos o medidores de deformación son sensibles a cambios de temperatura, un proceso para eliminar un cambio causado por el efecto de la temperatura usando tecnología de procesamiento de datos debe ser observado y estudiado. El proceso es técnicamente difícil de realizar, y requiere un proceso de compensación. Por lo tanto, es difícil garantizar la fiabilidad de la información adquirida.

10 **[0014]** En particular, las unidades de medición puede detectar deformación externa del aspa, tal como desvío, pero no pueden detectar daño interno. Por lo tanto, las unidades de medición tienen limitación de disponibilidad.

15 **[0015]** El documento EP 2 314 866 A1 describe una turbina eólica que incluye un aspa de turbina eólica y un dispositivo de detección de materia extraña dispuesto en el aspa de turbina eólica para detectar una acumulación de materia extraña sobre el aspa de turbina eólica.

## RESUMEN DE LA INVENCION

20 **[0016]** La presente invención se ha realizado en vista de los problemas anteriores, y es un objetivo de la presente invención proporcionar un aparato y procedimiento de control de aspa para un aerogenerador, que controle un aspa usando una unidad de medición del estado del aspa suministrada a bajo coste y capaz de garantizar la fiabilidad de la información medida, y a aerogenerador que lo usa. El objetivo se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes.

25 **[0017]** Otros objetivos y ventajas de la presente invención pueden entenderse mediante la siguiente descripción, y se vuelven evidentes con referencia a las realizaciones de la presente invención. Además, es obvio para los expertos en la materia a la que pertenece la presente invención que los objetivos y ventajas de la presente invención pueden realizarse mediante los medios tal como se reivindican y combinaciones de los mismos.

30 **[0018]** De acuerdo con un aspecto, se proporciona un aparato de control de aspa que determina el estado de un aspa para un aerogenerador, que tiene una región conductora formada por fibra de carbono, y controla un estado de rotación del aspa. El aparato de control de aspa puede incluir: una unidad de medición configurada para medir una característica eléctrica de una sección de medición dispuesta en la región conductora; una unidad de determinación configurada para comparar el valor medido mediante la unidad de medición con un valor de referencia y determinar si el aspa está en un estado normal o un estado de emergencia; y una unidad de control configurada para ajustar un modo a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención en respuesta al estado determinado por la unidad de determinación, y controlar el estado de rotación del aspa de acuerdo con el modo ajustado.

40 **[0019]** La sección de medición puede incluir una pluralidad de secciones dispuestas en la región conductora.

**[0020]** La unidad de medición puede medir de forma repetitiva la característica eléctrica de la sección de medición.

45 **[0021]** La unidad de medición puede determinar un nivel basándose en una diferencia entre el valor medido y el valor de referencia, cuando determina el nivel del estado de emergencia.

**[0022]** La unidad de control puede transmitir una señal de control de la velocidad de rotación para el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.

50 **[0023]** La unidad de control puede transmitir una señal de control de detención para el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.

**[0024]** La unidad de control puede transmitir una señal de control de cabeceo para el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.

55 **[0025]** La unidad de control puede transmitir una señal de control de guiñada en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.

**[0026]** La unidad de control puede transmitir la información de modo ajustado a un terminal externo.

- 5 **[0027]** La unidad de control puede transmitir la información de modo ajustado como un correo electrónico o mensaje de texto o transmitir la información de modo ajustado al terminal externo, de modo que la información de modo se visualice en una pantalla de visualización del terminal externo.
- [0028]** La unidad de control puede transmitir una señal de control a una luz de aviso o generador de sonidos de aviso, cuando la unidad de determinación determina que el aspa está en un estado de emergencia.
- 10 **[0029]** De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aerogenerador que preferentemente incluye un aspa que tiene una región conductora. El aerogenerador incluye una unidad de medición configurada para medir un cambio de característica eléctrica de una sección de medición dispuesta en la región conductora.
- 15 **[0030]** La región conductora puede incluir un miembro de fibra de carbono y, por lo tanto, tiene conductividad eléctrica.
- [0031]** La sección de medición puede incluir una sección o una pluralidad de secciones dispuestas en la región conductora.
- 20 **[0032]** El aspa incluye un revestimiento, una testa de larguero y un alma de refuerzo a cortante, y la región conductora puede estar formada en uno o más del revestimiento, la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante.
- 25 **[0033]** Uno o más del revestimiento, la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante puede incluir un material de fibra de carbono y, por lo tanto, tener la región conductora formada en su interior.
- 30 **[0034]** En una realización, la región conductora está formada a través del revestimiento y la testa de larguero, aunque incluyendo una parte de conexión entre el revestimiento y la testa de larguero, y la sección de medición está dispuesta a través del revestimiento y la testa de larguero.
- [0035]** En una realización, la región conductora está formada a través de la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante, aunque incluyendo una parte de conexión entre la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante, y la sección de medición está dispuesta a través de la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante.
- 35 **[0036]** Uno cualquiera del revestimiento, la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante puede estar formado por un miembro no conductor que incluye fibra de vidrio, y un conductor que incluye fibra de carbono puede estar formado en el miembro no conductor para formar la región conductora.
- 40 **[0037]** El conductor puede incluir un material de fibra de carbono.
- [0038]** La unidad de medición puede estar conectada eléctricamente a ambos extremos de la sección de medición para medir la característica eléctrica de la sección de medición.
- 45 **[0039]** La unidad de medición puede medir de forma repetitiva la característica eléctrica de la sección de medición.
- [0040]** El aerogenerador incluye, además, una unidad de determinación configurada para comparar el valor medido mediante la unidad de medición con un valor de referencia, y determinar si el aspa está en un estado normal o un estado de emergencia.
- 50 **[0041]** La unidad de determinación puede determinar un nivel basado en una diferencia entre el valor medido y el valor de referencia, cuando se determina el nivel del estado de emergencia.
- [0042]** El aerogenerador puede incluir, además, una unidad de control configurada para ajustar un modo a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención en respuesta al estado determinado por la unidad de determinación, y controlar el aspa de acuerdo con el modo ajustado.
- [0043]** La unidad de control puede transmitir una señal de control de la velocidad de rotación en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.

- [0044] La unidad de control puede transmitir una señal de control de detención en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.
- 5 [0045] La unidad de control puede transmitir una señal de control de cabeceo en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.
- [0046] La unidad de control puede transmitir una señal de control de guiñada para el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación.
- 10 [0047] La unidad de control puede transmitir la información de modo ajustado a un terminal externo.
- [0048] La unidad de control puede transmitir la información de modo ajustado como un correo electrónico o mensaje de texto o transmitir la información de modo ajustado al terminal externo, de modo que la información de modo se visualice en una pantalla de visualización del terminal externo.
- 15 [0049] La unidad de control puede transmitir una señal de control a una luz de aviso o generador de sonidos de aviso, cuando la unidad de determinación determina que el aspa está en un estado de emergencia.
- 20 [0050] De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de control de aspa que mide el estado de un aspa para un aerogenerador, que tiene una región conductora formada por fibra de carbono, y controla un estado de rotación del aspa. El procedimiento de control de aspa preferentemente incluye las etapas de: (a) medir una característica eléctrica de una sección de medición dispuesta en la región conductora; (b) comparar el valor medido en la etapa (a) con un valor de referencia y determinar si el aspa está en un estado normal o un estado de emergencia; (c) ajustar un modo a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención en respuesta al estado determinado en la etapa (b); y (d) controlar el estado de rotación del aspa de acuerdo con el modo ajustado en la etapa (c).
- 25 [0051] La etapa (a) puede incluir medir características eléctricas de una pluralidad de secciones de medición dispuestas en la región conductora.
- 30 [0052] La etapa (a) puede incluir medir repetidamente la característica eléctrica de la sección de medición.
- [0053] La etapa (b) puede incluir determinar un nivel basado en una diferencia entre el valor medido y el valor de referencia, cuando se determina el nivel del estado de emergencia.
- 35 [0054] La etapa (d) puede incluir controlar la velocidad de rotación del aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado en la etapa (b).
- 40 [0055] La etapa (d) puede incluir detener el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado en la etapa (b).
- [0056] La etapa (d) puede incluir controlar el cabeceo del aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado en la etapa (b).
- 45 [0057] La etapa (d) puede incluir realizar control de guiñada para el aspa en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado en la etapa (b).
- [0058] El procedimiento de control de aspa puede incluir, además, la etapa de (e) verificar la cantidad de generación del aerogenerador después de la etapa (d).
- 50 [0059] El aerogenerador que incluye el aspa puede ser uno de una pluralidad de aerogeneradores que forman un parque eólico, y el parque eólico puede incluir un controlador integrado para controlar la pluralidad de aerogeneradores. El procedimiento de control de aspa puede incluir, además, la etapa de (f) transmitir la información de generación de energía al controlador integrado después de la etapa (e).
- 55 [0060] El procedimiento de control de aspa puede incluir, además, la etapa de (d') transmitir la información de modo ajustado a un terminal externo después de la etapa (c).

**[0061]** La etapa (d') puede incluir transmitir la información de modo ajustado como un correo electrónico o mensaje de texto o transmitir la información de modo ajustado al terminal externo, de modo que la información de modo ajustado se visualice en una pantalla de visualización del terminal externo.

5 **[0062]** El procedimiento de control de aspa puede incluir, además, la etapa de (c') encender una luz de aviso o generar un sonido de aviso cuando se determina en la etapa (b) que el aspa está en un estado de emergencia, después de la etapa (b).

10 **[0063]** El aspa incluye un revestimiento, una testa de larguero conectada al revestimiento y un alma de refuerzo a cortante conectada a la testa de larguero, y la región conductora puede estar formada en uno o más del revestimiento, la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante.

15 **[0064]** En una realización, la región conductora está formada a través del revestimiento y la testa de larguero, aunque incluyendo una parte de conexión entre el revestimiento y la testa de larguero, y la sección de medición está dispuesta a través del revestimiento y la testa de larguero.

20 **[0065]** En una realización, la región conductora está formada a través de la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante, aunque incluyendo una parte de conexión entre la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante, y la sección de medición está dispuesta a través de la testa de larguero y el alma de refuerzo a cortante.

**[0066]** Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada de la presente invención son ejemplares y explicativas y pretenden proporcionar explicación adicional de la invención tal como se reivindica.

## 25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

**[0067]** Los anteriores y otros objetivos, características y otras ventajas de la presente invención se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

30 La figura 1 es una vista esquemática de un aerogenerador de acuerdo con una realización de la presente invención;

Las figuras 2 y 3 son diagramas que ilustran la estructura de un aspa de la figura 1;

35 La figura 4 es una vista esquemática de un aparato de control de aspa de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de control de aspa de acuerdo con una realización de la presente invención;

40 La figura 6 es un diagrama de flujo de algoritmo de una unidad de determinación de la figura 4;

La figura 7 es un diagrama de flujo de algoritmo de una unidad de control de la figura 4; y

45 La figura 8 es una vista esquemática de un aerogenerador.

## DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES ESPECÍFICAS

50 **[0068]** En lo sucesivo, un aparato y procedimiento para controlar un aspa para un aerogenerador y un aerogenerador que lo usa de acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente invención se describirán a continuación con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

**[0069]** En los dibujos, los grosores de las líneas o los tamaños de los componentes pueden exagerarse por claridad.

55 **[0070]** Además, términos a describir se definen en consideración de funciones en la presente invención, y pueden diferir dependiendo de la intención o personalización de un usuario u operador. Por lo tanto, la definición de los términos se basará en el contenido global de la presente memoria descriptiva.

- 5 **[0071]** Las siguientes realizaciones pueden no limitar el alcance de la presente invención, sino que son solamente ejemplos de componentes descritos en reivindicaciones de la presente invención. Por lo tanto, realizaciones que incluyen componentes que están incluidos en el espíritu de la presente memoria descriptiva y pueden ser sustituidos por equivalentes de componentes de reivindicaciones pueden estar incluidos en el alcance de la presente invención.
- 10 **[0072]** En lo sucesivo, se describirá un aerogenerador de acuerdo con una realización de la presente invención con referencia a las figuras 1 a 4. La figura 1 es una vista esquemática de un aerogenerador de acuerdo con una realización de la presente invención. Las figuras 2 y 3 son diagramas que ilustran la estructura de un aspa de la figura 1. La figura 4 es una vista esquemática de un aparato de control de aspa de acuerdo con una realización de la presente invención.
- 15 **[0073]** Tal como se ilustra en la figura 1, el aerogenerador 1 de acuerdo con una realización de la presente invención básicamente incluye un rotor 10, una góndola 20 y una torre 30.
- [0074]** El rotor 10 incluye un cubo 12 y un aspa 14. El cubo 12 está situado en la parte delantera de la góndola 20, y acoplado a un árbol principal 22. El cubo 12 puede tener una estructura hueca, y un controlador del cabeceo y un controlador de la lubricación pueden estar provistos en el cubo 12.
- 20 **[0075]** El aspa 14 puede incluir una o más aspas. Las aspas 14 están dispuestas radialmente alrededor del cubo 12 en un estado donde partes basales 14a de las mismas están acopladas al cubo 12. El aspa 14 puede incluir una parte apical 14b que tiene un área de sección transversal más pequeña que la parte basal 14a.
- 25 **[0076]** Tal como se ilustra en las figuras 2A y 2b, el aspa 14 puede tener una sección transversal en forma de ala. El aspa 14 está acoplado al cubo 12 para tener un ángulo de ataque con respecto al viento que sopla desde la parte delantera. El viento que sopla desde la parte delantera del aerogenerador 1 genera una fuerza de sustentación mientras roza la superficie del aspa 14, y la fuerza de sustentación generada hace girar el rotor 10. La fuerza rotacional del rotor 10 es transmitida a la góndola 20 y convertida en energía eléctrica.
- 30 **[0077]** La góndola 20 puede estar soportada de forma que pueda girar por la torre 30. La góndola 20 puede incluir una cubierta de góndola 21, un árbol principal 22, un cojinete 23, una caja de engranajes 24, un generador 25, y un bastidor principal 26 en su interior.
- 35 **[0078]** La cubierta de góndola 21 puede estar acoplada de forma que pueda girar a la parte superior de la torre 30, y alojar el árbol principal 22, el cojinete 23, la caja de engranajes 24, el generador 25 y el bastidor principal 26. La cubierta de góndola 21 puede estar formada por un material no conductor, por ejemplo, plástico reforzado con fibra (FRP).
- 40 **[0079]** El árbol principal 22 está soportado de forma que pueda girar por el cojinete 23, conecta el cubo 12 y la caja de engranajes 24, y transmite la energía rotacional del cubo 12 a la caja de engranajes 24 mientras gira con el cubo 12.
- 45 **[0080]** La caja de engranajes 24 incrementa la velocidad de rotación introducida desde el árbol principal 22 a una velocidad para generación de energía, y produce y transmite la energía rotacional al generador 25. El generador 25 convierte la energía rotacional producida desde la caja de engranajes 24 en energía eléctrica.
- 50 **[0081]** La torre 30 puede tener una forma cilíndrica hueca, y soporta la góndola 20. Entre la góndola 20 y la torre 30, puede estar provisto un controlador de la guiñada para hacer girar la góndola 20, de modo que el rotor 10 esté o no enfrentado a la dirección en la que sopla el viento.
- 55 **[0082]** Las figuras 2A y 2B ilustran un ejemplo de la estructura del aspa 14. Tal como se ilustra en las figuras 2A y 2B, el aspa 14 puede incluir un bastidor 144, un revestimiento 141, una testa de larguero 142, un alma de refuerzo a cortante 143 y una parte de borde 145. El revestimiento 141 está formado para cubrir herméticamente el bastidor 144, y forma el exterior del aspa 14. La testa de larguero 142 está acoplada al bastidor 144 y sirve como rigidificante en la dirección longitudinal. El alma de refuerzo a cortante 143 está acoplada a la testa de larguero 142 y sirve como rigidificante en la dirección del grosor. La parte de borde 145 está acoplada a un borde del bastidor 144.
- [0083]** La estructura del aspa 14 no está limitada al ejemplo descrito anteriormente. El aspa 14 puede incluir básicamente el revestimiento 141 y la testa de larguero 142, e incluye adicionalmente el alma de refuerzo a cortante

143. El bastidor 144 o la parte de borde 145 pueden estar incluidos u omitidos, y otro miembro que forma el aspa 14 puede estar incluido también, además de los componentes descritos anteriormente.

5 **[0084]** El aspa para un aerogenerador puede estar formado por FRP. La fibra usada para el aspa puede incluir fibra a base de cerámica tal como fibra de vidrio o de carbono.

10 **[0085]** Hasta recientemente, se ha usado principalmente FRP de vidrio (GFRP) basado en fibra de vidrio. Sin embargo, el radio de rotación de un aspa se ha incrementado anualmente con el fin de mejorar la eficiencia de un sistema de generación de energía eólica. Además, la eficiencia se ha degradado debido al peso del aspa, y el coste de instalación se ha incrementado significativamente. Por lo tanto, el uso de fibra de carbono en sustitución de la fibra de vidrio se ha incrementado gradualmente.

15 **[0086]** La fibra de carbono tiene una mayor resistencia específica que la fibra de vidrio. Por lo tanto, cuando se fabrica un aspa de gran tamaño usando fibra de carbono, el peso del aspa puede reducirse en comparación con un aspa formada por fibra de vidrio, mientras que la rigidez del aspa se mantiene. Por lo tanto, la fibra de carbono contribuye a incrementar en gran medida la eficiencia del sistema de generación de energía eólica.

20 **[0087]** Al menos una parte de los componentes que forman el aspa 14 puede incluir un material de fibra tal como se ha descrito anteriormente.

25 **[0088]** Por ejemplo, la testa de larguero 142 puede estar formada por un cuerpo apilado que incluye fibra de vidrio, fibra de carbono y/u otras fibras sobre un material de base hecho de resina termoendurecible y/o termoplástica adecuada. El alma de refuerzo a cortante 143 puede estar formada por un cuerpo apilado que incluye fibra de vidrio o fibra de carbono. Además, el revestimiento 141 puede tener una estructura en sándwich que incluye fibra de vidrio o fibra de carbono.

30 **[0089]** La fibra de carbono es un material de carbono que tiene una longitud de fibra a la que la relación de contenido másico del elemento de carbono es igual o mayor que el 90%, e indica fibra obtenida pirolizando poliacrilonitrilo (PAN), alquitrán (asfalto) correspondiente a residuos de hidrocarburo a base de petróleo/carbón, o un precursor orgánico en forma de fibra hecho de rayón en una atmósfera inerte.

35 **[0090]** La fibra de carbono es un material que tiene la estructura de un material de carbono en un elemento de organización y muestra características estructurales y características de tipo fibra. Por lo tanto, la fibra de carbono incluye excelentes características tales como resistencia térmica, estabilidad química, estabilidad eléctrica, estabilidad dimensional basándose en baja expansión térmica, baja densidad, ficción por abrasión y flexibilidad.

40 **[0091]** El aspa es una parte fundamental de un aerogenerador. Con el aumento de tamaño de los aerogeneradores, el aspa ocupa una gran parte en términos de precio o peso. Por lo tanto, el mantenimiento del aspa se está volviendo cada vez más importante. Por lo tanto, es necesario monitorizar de forma continua el estado del aspa.

45 **[0092]** Dado que el aspa está afectado por su propio peso o las condiciones del entorno circundante durante el funcionamiento, pueden aplicarse cargas dentro y fuera del aspa, contaminantes pueden adherirse al aspa, o puede producirse formación de hielo sobre el aspa. La formación de hielo se refiere a un fenómeno en el que se forma hielo sobre una parte del aspa en un estado específico, debido a la influencia de la meteorología.

50 **[0093]** Por dichas razones, el aspa puede resultar dañada. El daño del aspa puede incluir: i) rugosidad de la superficie causada por formación de hielo, contaminación, oquedades, deslaminación o similar; ii) desequilibrio de masa causado por permeación de agua a través de la formación de hielo o agrietamiento; iii) asimetría aerodinámica causada por discordancia de ángulo de cabeceo entre aspas, tolerancia de fabricación de perfil aerodinámico, deformación del perfil durante el funcionamiento o similar; iv) deslaminación de la estructura de plástico reforzado con fibra de vidrio o fibra de carbono; y v) agrietamiento superficial y agrietamiento interno.

55 **[0094]** Convencionalmente, un sensor de red de Bragg de fibra (FBG) se ha usado para monitorizar el estado de un aspa. Midiendo la deformación del aspa a través del sensor de fibra óptica, se han medido el historial de carga y la vibración del aspa, y se han evaluado el daño por fatiga y la vida útil del aspa.

**[0095]** Como alternativa, se ha construido un sistema sensor usando un sensor de deformación FBG para monitorización de estabilidad, control del aspa, monitorización de carga, cálculo de la carga por fatiga y similares.

**[0096]** Sin embargo, dichos sistemas de monitorización presentan diversos problemas ya que deben usarse sensores caros, la instalación es difícil, y daños que se producen dentro del aspa no pueden ser detectados.

5 **[0097]** El aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención no incluye una unidad de detección independiente tal como un sensor óptico, sino que incluye un aparato de monitorización del aspa que es capaz de monitorizar un estado interno/externo del aspa, tal como desvío, agrietamiento, deslaminación o corte de fibras, usando la propiedad de un material que forma el aspa, es decir, la propiedad de un material que tiene conductividad eléctrica.

10

**[0098]** Cuando el revestimiento 141, la testa de larguero 142 o el alma de refuerzo a cortante 143 que están incluidos en el aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención están formados por fibra de carbono, el material que forma el aspa 14 incluye una región conductora que tiene conductividad eléctrica.

15 **[0099]** En este momento, cuando los tipos de daños descritos anteriormente se producen dentro y fuera del material que forma el aspa 14, la característica eléctrica de la parte dañada del aspa se puede cambiar. Por ejemplo, la resistencia de una sección de medición se puede cambiar. El cambio de característica eléctrica de la parte dañada puede medirse para monitorizar si el aspa 14 está dañada, es decir, el estado del aspa 14.

20 **[0100]** Para esta operación, el aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención incluye una unidad de medición para medir el cambio de característica eléctrica.

**[0101]** Tal como se ha descrito anteriormente, el material que forma el aspa 14 incluye fibra de carbono y, por lo tanto, tiene una región conductora en su interior.

25

**[0102]** Por ejemplo, cuando toda la testa de larguero 142 está formada por fibra de carbono, toda la región de la testa de larguero 142 sirve como región conductora. El revestimiento 141 o el alma de refuerzo a cortante 143 pueden estar formados de la misma manera.

30 **[0103]** Dentro de la región conductora, puede disponerse una sección de medición. La sección de medición puede disponerse seleccionando una región arbitraria dentro y fuera de la testa de larguero 142.

**[0104]** Tal como se ilustra en la figura 2A, la sección de medición puede disponerse en una sección M1 que ocupar una parte de la testa de larguero 142 en la dirección longitudinal de la testa de larguero 142. Como alternativa, toda la longitud de la testa de larguero 142 puede disponerse en la sección de medición.

35

**[0105]** La sección de medición puede incluir una sección o una pluralidad de secciones. Además, la sección de medición puede disponerse a lo largo de diversas direcciones dentro y fuera de la testa de larguero 142, es decir, a lo largo de la dirección longitudinal, la dirección de la anchura o la dirección del grosor de la testa de larguero 142.

40

**[0106]** La sección de medición puede disponerse dentro y fuera del revestimiento 11 o el alma de refuerzo a cortante 143. Cuando el revestimiento 141 o el alma de refuerzo a cortante 143 está formado por fibra de carbono tal como se ha descrito anteriormente, el revestimiento 141 o el alma de refuerzo a cortante 143 puede incluir una región conductora en su interior. Dentro de la región conductora, la sección de medición M1 puede disponerse de tal manera como se ha descrito en el caso de la testa de larguero 142.

45

**[0107]** Además, tal como se ilustra en la figura 2B, la sección de medición puede incluir secciones de medición M2 y M3, cada una de las cuales se dispone a través de dos o más miembros, aunque incluyendo una parte de conexión entre los miembros respectivos que forman el aspa 14.

50

**[0108]** Por ejemplo, la sección de medición puede incluir una sección de medición M2 dispuesta a través del revestimiento 141 y la testa de larguero 142 con una parte de conexión entre el revestimiento 141 y la testa de larguero 142. Cuando ambos del revestimiento 141 y la testa de larguero 142 están formados por fibra de carbono, la región conductora que tiene conductividad eléctrica puede estar conectada desde el revestimiento 141 hasta la testa de larguero 142 a través de la parte de conexión entre el revestimiento 141 y la testa de larguero 142. En este caso, la sección de medición puede disponerse a través del revestimiento 141 y la testa de larguero 142, aunque incluyendo la parte de conexión entre el revestimiento 141 y la testa de larguero 142, y el cambio de característica eléctrica de la sección de medición M2 puede detectarse para verificar el daño en la parte de conexión entre el revestimiento 141 y la testa de larguero 142.

55

**[0109]** Además, la sección de medición puede incluir una sección de medición M3 dispuesta a través de la testa de larguero 142 y el alma de refuerzo a cortante 143 con una parte de conexión entre la testa de larguero 142 y el alma de refuerzo a cortante 143. En este caso, el daño en la parte de conexión entre la testa de larguero 142 y el alma de refuerzo a cortante 143 puede verificarse.

**[0110]** Uno cualquiera del revestimiento 141, la testa de larguero 142 y el alma de refuerzo a cortante 143 puede estar formado por fibra de vidrio en lugar de fibra de carbono. El miembro formado por fibra de vidrio no tiene conductividad eléctrica. Es decir, el miembro está formado por un material no conductor. El miembro formado por un material no conductor puede incluir un conductor 146 formado en su interior.

**[0111]** Por ejemplo, cuando la testa de larguero 142 ilustrada en la figura 3 está formada por un material no conductor, el conductor 146 puede estar formado como un miembro independiente dentro de la testa de larguero 142, o integrado con la testa de larguero 142. El conductor 142 sirve como región conductora dentro del miembro no conductor, y una sección de medición puede disponerse dentro de la región conductora, tal como se ha descrito anteriormente. En este momento, el conductor 146 puede estar formado por fibra de carbono tal como se ha descrito anteriormente, y, por lo tanto, tener conductividad eléctrica.

**[0112]** Además, el revestimiento 141 o el alma de refuerzo a cortante 143 puede disponerse en el miembro no conductor. En este caso, el conductor 146 puede estar formado dentro del revestimiento 141 o el alma de refuerzo a cortante 143 estar formado por un material no conductor.

**[0113]** El aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención incluye una unidad de medición 410 para medir el cambio de característica eléctrica de la sección de medición.

**[0114]** Tal como se ilustra en las figuras 2 y 3, la unidad de medición 410 puede estar conectada eléctricamente a ambos extremos de las secciones de medición descritas anteriormente M1, M2 y M3. El procedimiento para medir una característica eléctrica puede incluir un procedimiento para medir resistencia, por ejemplo.

**[0115]** Con el fin de medir la resistencia, una tensión o corriente puede aplicarse a la sección de medición, y la unidad de medición 410 puede medir valores de característica eléctrica de las secciones de medición M1, M2 y M3. Los valores de característica eléctrica medidos (en lo sucesivo, denominados valores medidos) pueden transmitirse a una unidad de determinación 420 que se describirá a continuación.

**[0116]** La unidad de medición 410 puede estar configurada para medir de forma repetitiva las características eléctricas de las secciones de medición, con un intervalo de tiempo predeterminado, de modo que el estado del aspa 14 puede monitorizarse de forma continua.

**[0117]** El aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención puede incluir un aparato de control de aspa para controlar el aspa 14 usando los valores medidos transmitidos desde la unidad de medición 410.

**[0118]** Tal como se ilustra en la figura 4, el aparato de control de aspa puede incluir la unidad de medición 410, la unidad de determinación 420 y una unidad de control 430. La unidad de control 430 se incluye para controlar un aerogenerador, y puede considerarse una unidad de control local que se distingue de un controlador integrado 500 que se describirá a continuación.

**[0119]** En lo sucesivo, un procedimiento para controlar el aspa 14 usando el aparato de control de aspa se describirá con referencia a la figura 5. La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de control de aspa de acuerdo con una realización de la presente invención.

**[0120]** Tal como se ilustra en la figura 5, el procedimiento de control de aspa incluye medir una característica eléctrica de una sección de medición dispuesta en una región conductora mediante la unidad de medición 410, en la etapa S10. En este momento, la unidad de medición 410 puede medir de forma repetitiva la característica eléctrica de la sección de medición, con un intervalo de tiempo predeterminado, de modo que el estado del aspa 14 se monitorice de forma continua.

**[0121]** A continuación, la unidad de determinación 420 puede comparar el valor medido con un valor de referencia en la etapa S20, y determinar si el estado del aspa 14 es normal o anormal de acuerdo con el resultado

de la comparación, en la etapa S30.

**[0122]** A continuación, la unidad de control 430 puede ajustar un modo correspondiente a la determinación del estado en la etapa S40. El modo puede ajustarse a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención. De acuerdo con el modo ajustado, la unidad de control 430 puede controlar el estado de rotación del aspa 14 en la etapa S50.

**[0123]** Las funciones específicas de la unidad de determinación 420 y la unidad de control 430 y el procedimiento de control de aspa basándose en las funciones se describirán con más detalle con referencia a las figuras 6 y 7. La figura 6 es un diagrama de flujo de algoritmo de la unidad de determinación ilustrada en la figura 4, y la figura 7 es un diagrama de flujo de algoritmo de la unidad de control ilustrada en la figura 4.

**[0124]** Tal como se ilustra en la figura 6, la unidad de determinación 420 puede ajustar previamente un valor de referencia para cada sección de medición en la etapa S201. El valor de referencia puede incluir un valor límite A para distinguir entre un estado normal y un estado de emergencia. Como alternativa, el valor de referencia puede incluir un valor de nivel B para determinar el nivel del estado de emergencia.

**[0125]** El valor límite A o el valor de nivel B pueden subdividirse más. En la figura 6, el valor de nivel B se usa como un valor para determinar el nivel al que se requiere control del funcionamiento de emergencia y el nivel al cual se requiere control de detención del funcionamiento. Sin embargo, el valor de nivel B puede incluir una pluralidad de valores subdivididos para controlar el aspa 14 en respuesta al nivel de cambio de característica eléctrica de la sección de medición, es decir, el nivel del estado de emergencia.

**[0126]** El valor límite A o el valor de nivel B pueden ajustarse a un valor específico o un intervalo específico.

**[0127]** La unidad de determinación 420 puede recibir un valor medido C procedente de la unidad de medición 410 en la etapa S202, y comparar el valor medido C con los valores de referencia A y B en las etapas S203 y S204. Cuando el valor medido C es menor o igual que el valor límite A, esto puede indicar que el cambio de característica eléctrica no es grande. Por lo tanto, la unidad de determinación 420 puede determinar que el estado del aspa 14 es normal, en la etapa S301.

**[0128]** Cuando el valor medido C es mayor que el valor límite A, la unidad de determinación 420 puede determinar que el aspa 14 está en un estado de emergencia. El estado de emergencia puede indicar el caso en el que desvío, formación de hielo, agrietamiento, deslaminación de la estructura apilada, o corte de fibras se produjeron en el aspa 14. En este caso, es necesario controlar el estado de rotación del aspa 14.

**[0129]** En este momento, cuando el valor medido C es mayor que el valor límite A pero menor o igual que el valor de nivel B, la unidad de determinación 420 puede determinar que el aspa 14 está en un estado de emergencia pero el control de detención del funcionamiento no se requiere, en la etapa S302. Sin embargo, cuando el valor medido C es mayor que el valor de nivel B, esto puede indicar que el cambio de característica eléctrica es grande. Por lo tanto, la unidad de determinación 420 puede determinar que el daño del aspa 14 es grave y es necesario detener el funcionamiento del aspa 14, en la etapa S303.

**[0130]** La unidad de determinación 420 puede transmitir la información de determinación sobre el estado del aspa 14 a la unidad de control 430 en la etapa S304. La unidad de control 430 produce una señal de control para controlar ópticamente el aspa usando la información de determinación adquirida.

**[0131]** Antes de que se describa la operación de control específica de la unidad de control 430, se describirá un procedimiento de control óptimo para el aspa, de la siguiente manera.

**[0132]** Con el fin de convertir la energía cinética, generada a partir de viento cuya dirección e intensidad cambian de forma irregular, en energía mecánica en la medida de lo posible, es necesario controlar de forma óptima el cabeceo y la guiñada del aspa y la velocidad de rotación del rotor de acuerdo con el cambio de velocidad y dirección del viento.

**[0133]** Es necesario diseñar el control óptimo no solamente para extraer el máximo rendimiento, sino también para cumplir una función de minimizar una carga estática y una carga dinámica que se aplican a elementos mecánicos que tienen una influencia sobre el coste de fabricación del aerogenerador.

**[0134]** El procedimiento de control para el aerogenerador puede incluir los siguientes tres procedimientos.

**[0135]** El primer procedimiento es el procedimiento de control más sencillo que es conocido como “concepto danés”. Este procedimiento realiza solamente control de guiñada después del cambio de la dirección del viento usando un generador de inducción, cuando la velocidad de rotación del rotor se mantiene de forma constante independientemente de la velocidad del viento y no se requiere control del cabeceo, dado que se fija un ángulo de cabeceo.

**[0136]** El procedimiento se diseña de tal manera que la separación de flujo llamada pérdida aerodinámica se produce en el aspa a una velocidad nominal del viento o más, y limita un rendimiento de un rotor al rendimiento nominal de un generador. Sin embargo, dado que una fuerza axial dirigida a un árbol giratorio mantiene de forma continua un valor elevado a la velocidad nominal del viento o más, un aerogenerador que usa este procedimiento inevitablemente tiene una estructura mecánica pesada y cara.

**[0137]** El segundo procedimiento es un procedimiento de control que controla el cabeceo de un aspa cuando las RPM de un generador de inducción son constantes. Específicamente, este procedimiento controla el rendimiento reduciendo un ángulo de cabeceo a la velocidad nominal del viento o más. En este caso, aunque la velocidad del viento aumenta, una fuerza axial dirigida a un árbol giratorio puede disminuir para reducir significativamente reduce una carga aplicada a la estructura mecánica.

**[0138]** El tercer procedimiento es el procedimiento de control más óptimo que se emplea principalmente en recientes aerogeneradores de gran tamaño. Este procedimiento controla la velocidad de rotación del rotor de acuerdo con la velocidad del viento, además del control del cabeceo y la guiñada, y mantiene una relación de velocidad de la punta respecto a un valor de diseño óptimo a la velocidad nominal del viento o menos, maximizando de este modo la extracción de energía. El control de RPM variable puede realizarse a través del control del par de torsión para el generador, y realizarse a través del control del par de torsión y el cabeceo a la velocidad nominal del viento o más.

**[0139]** El control de la guiñada puede aplicarse de la misma manera al aerogenerador, independientemente de los tres procedimientos de control, y tener una influencia importante sobre la producción de energía. El algoritmo de control para un aparato de guiñada para mover un rotor de acuerdo con el cambio de la dirección del viento necesita ser diseñado para obtener la máxima producción de energía en consideración del cambio de dirección del viento con respecto al tiempo.

**[0140]** La unidad de control 430 puede realizar el siguiente proceso de control, de modo que el aspa esté controlada óptimamente tal como se ha descrito anteriormente.

**[0141]** Tal como se ilustra en la figura 7, la unidad de control 430 puede recibir la información de estado del aspa 14 procedente de la unidad de determinación 420 en la etapa S401, y ajustar un modo correspondiente a la información recibida en la etapa S402. El modo ajustado en la etapa S402 puede incluir uno cualquiera del modo normal, el modo de emergencia y el modo de detención.

**[0142]** La unidad de control 430 puede ajustar el modo al modo normal cuando la información de estado recibida de la unidad de determinación 420 indica un estado normal, en la etapa S403. Cuando el modo se ajusta al modo normal, el control del funcionamiento normal se realiza sobre el estado de rotación del aspa 14, en la etapa S501. La unidad de control 430 puede verificar la generación de energía basándose en el control del funcionamiento normal, y transmitir la información de generación de energía verificada al controlador integrado 500 que se describirá a continuación, en la etapa S701.

**[0143]** Cuando la información de estado recibida desde la unidad de determinación 420 indica un estado de emergencia, es decir, cuando se determina que el estado del aspa 14 es un estado de emergencia 1 de acuerdo con el resultado de la comparación con el valor de nivel B en la etapa S301 (consultar la figura 6), la unidad de control 430 ajusta el modo al modo de emergencia en la etapa S404.

**[0144]** Cuando el modo se ajusta al modo de emergencia, la unidad de control 430 puede transmitir una señal de control del funcionamiento de emergencia en la etapa S502. La señal de control del funcionamiento de emergencia puede incluir una cualquiera de una señal de control de la velocidad de rotación para controlar la velocidad de rotación del rotor 10 que incluye el aspa 14, una señal de control de cabeceo para controlar el ángulo de cabeceo del aspa 14, y una señal de control de guiñada para cambiar un ángulo correspondiente a la dirección

del viento del rotor 10.

**[0145]** La señal de control de la velocidad de rotación puede ser transmitida a una unidad de freno para controlar la velocidad de rotación del rotor 10.

5

**[0146]** La señal de control de cabeceo puede ser transmitida al controlador del cabeceo del aspa 14. El cabeceo indica un ángulo al cual el aspa 14 está torcida. El ángulo de cabeceo del aspa 14, controlado a través del controlador del cabeceo, puede ajustarse a 90 grados en un estado inactivo cuando el aerogenerador no genera energía. En este momento, el aspa 14 está dispuesta en una dirección paralela a la dirección en la que sopla el viento, y el ángulo de ataque para el aspa 14 puede mantenerse a cero grados de modo que la carga más pequeña se aplique al aspa 14.

10

**[0147]** Cuando se determina que el aspa 14 está en un estado de emergencia y, por lo tanto, el modo se ajusta al modo de emergencia, la unidad de control 430 puede transmitir una señal de control para controlar el controlador del cabeceo para controlar el ángulo de cabeceo del aspa 14, con el fin de reducir la carga aplicada al aspa 14.

15

**[0148]** La señal de control de guiñada puede aplicarse de la misma manera. Es decir, la unidad de control 430 puede transmitir una señal de control para controlar el controlador de guiñada para realizar el control de guiñada. Es decir, la dirección del aspa 14 puede cambiarse a una posición en la que el rotor 10 esté menos afectado por el viento, con el fin de reducir la carga aplicada al aspa 14.

20

**[0149]** La unidad de control 430 puede transmitir la señal de control del funcionamiento de emergencia para controlar el aspa 14, en la etapa S602. A continuación, la unidad de control 430 puede comprobar la reducción de generación de energía del aerogenerador 1 de acuerdo con el control del funcionamiento de emergencia, y transmitir la información de generación de energía verificada al controlador integrado 500, en la etapa S702.

25

**[0150]** Cuando la información de estado recibida desde la unidad de determinación 420 indica un estado de emergencia, es decir, cuando se determina que el estado del aspa 14 es un estado de emergencia 2 de acuerdo con el resultado de la comparación con el valor de nivel B en la etapa S302 (consultar la figura 6), la unidad de control 430 puede ajustar el modo al modo de detención en la etapa S405. En este caso, es necesario reparar o sustituir el aspa 14. Por lo tanto, es necesario detener la rotación del aspa 14.

30

**[0151]** Cuando el modo se ajusta al modo de detención, la unidad de control 430 puede transmitir una señal de control de detención del funcionamiento en la etapa S503. La señal de control de detención del funcionamiento puede transmitirse a la unidad de freno para controlar la velocidad de rotación del rotor 10, y el rotor 10 puede ser detenido por la unidad de freno. Incluso en este caso, la unidad de control 430 puede verificar la reducción de generación de energía del aerogenerador 1, y transmitir la información de generación de energía verificada al controlador integrado 500 en la etapa S703.

35

40

**[0152]** La unidad de control 430 puede realizar las etapas de transmisión de la información de modo S601, S602 y S603, de modo que un gestor verifique la información de modo después de que el modo se ajusta en la etapa S402. La información de modo puede transmitirse como un mensaje de texto a un terminal móvil portado por el gestor, por ejemplo. Como alternativa, la información de modo puede transmitirse a un sistema de gestión para gestionar el aerogenerador 1, y a continuación visualizarse en una pantalla de visualización de un terminal externo del sistema de gestión. Como alternativa, la información de modo puede transmitirse como un correo electrónico a una cuenta de correo electrónico del gestor.

45

**[0153]** En particular, cuando se determina que el estado del aspa 14 es un estado de emergencia y, por lo tanto, el modo se ajusta al modo de emergencia o el modo de detención, la unidad de control 430 puede transmitir una señal de control para encender una luz de aviso (no ilustrada) o una señal de control para controlar un generador de sonidos de aviso (no ilustrado) para generar un sonido de aviso.

50

**[0154]** Tal como se ilustra en la figura 8, el aerogenerador 1 de acuerdo con la realización de la presente invención puede incluir uno cualquiera de una pluralidad de aerogeneradores incluidos en un parque eólico.

55

**[0155]** El parque eólico puede gestionarse a través de un sistema de gestión en tierra, por ejemplo. El sistema de gestión puede incluir el controlador integrado 500 para controlar de forma integrada la pluralidad de aerogeneradores. El controlador integrado 500 puede comunicarse con una unidad de control local y controla un

aerogenerador que es manejado por la unidad de control local.

- 5 **[0156]** La unidad de control local puede transmitir de forma continua información sobre la generación de energía del aerogenerador al controlador integrado 500 en las etapas S701, S702 y S703 (consultar la figura 7). El controlador integrado 500 puede analizar la información de generación de energía adquirida, y controlar cada uno de los aerogeneradores para ajustar la producción de los mismos, si fuera necesario. Por ejemplo, cuando la reducción de la generación de energía de un aerogenerador se verifica a través de información transmitida desde una unidad de control local, el controlador integrado 500 puede transmitir una señal de control a otra unidad de control local para ajustar la producción de un aerogenerador manipulado por la unidad de control local.
- 10 **[0157]** De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el miembro que forma el aspa para un aerogenerador puede incluir una región conductora basada en la característica del material. En este caso, el cambio de característica eléctrica de una sección de medición dentro de la región conductora se puede cambiar para verificar fácilmente el estado del aspa.
- 15 **[0158]** Dado que el miembro que forma el aspa funciona como un sensor, el estado del aspa puede comprobarse incluso aunque un sensor diferente, tal como un sensor óptico, no esté provisto. De este modo, el coste de fabricación puede reducirse, y un proceso innecesario para instalar un sensor puede omitirse cuando se fabrica el aspa. Por lo tanto, el proceso de fabricación puede simplificarse.
- 20 **[0159]** Además, el proceso de verificar el estado del aspa puede incluir el proceso de medir un cambio de cambio eléctrico que se produce en el miembro que forma el aspa. Por lo tanto, es posible verificar el daño externo, tal como desvío, adhesión de materias extrañas sobre el aspa, o formación de hielo, y el daño interno, tal como agrietamiento, deslaminación, y corte de fibras.
- 25 **[0160]** Además, la unidad para medir el estado del aspa sirve como unidad para detectar el cambio de característica eléctrica del miembro que forma el aspa. Por lo tanto, es posible reducir la posibilidad de que se produzca una avería y garantizar fácilmente la fiabilidad.
- 30 **[0161]** Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a las realizaciones específicas, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aerogenerador que comprende un aspa (14),
- 5 donde el aspa (14) incluye una región conductora que tiene conductividad eléctrica y comprende:
- una unidad de medición (410) configurada para medir un cambio de característica eléctrica de una sección de medición (M2, M3) dispuesta en la región conductora; y
- 10 una unidad de determinación (420) configurada para comparar el valor medido mediante la unidad de medición (410) con un valor de referencia, y determinar si el aspa (14) está en un estado normal o un estado de emergencia,
- donde el aspa (14) comprende un revestimiento (141), una testa de larguero (142), y un alma de refuerzo a cortante (143), donde:
- 15 la región conductora está formada en el revestimiento (141) y en la testa de larguero (142), a través del revestimiento (141) y la testa de larguero (142), aunque incluyendo una parte de conexión entre el revestimiento (141) y la testa de larguero (142), y la sección de medición (M2) está dispuesta a través del revestimiento (141) y la testa de larguero (142); o la región conductora está formada en la testa de larguero (142) y en el alma de refuerzo a cortante (143), a través de la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143), aunque incluyendo una parte de conexión entre la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143), y la sección de medición (M3) está dispuesta a través de la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143).
- 20
2. El aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1, donde uno o más del revestimiento (141), la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143) comprenden un material de fibra de carbono y, por lo tanto, tienen la región conductora formada en su interior.
- 25
3. El aerogenerador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde uno cualquiera del revestimiento (141), la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143) está formado por un miembro no conductor que incluye fibra de vidrio, y
- 30 un conductor que incluye fibra de carbono está formado en el miembro no conductor para formar la región conductora.
4. El aerogenerador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de control (430) configurada para ajustar un modo a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención en respuesta al estado determinado por la unidad de determinación, y controlar el aspa (14) de acuerdo con el modo ajustado.
- 35
5. El aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 4, donde la unidad de control (430) transmite una cualquiera de una señal de control de la velocidad de rotación, una señal de control de detención, una señal de control de cabeceo y una señal de control de guiñada para el aspa (14), en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado por la unidad de determinación (420).
- 40
6. El aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sección de medición (M2, M3) comprende una pluralidad de secciones dispuestas en la región conductora.
7. Un procedimiento de control de aspa, que mide el estado de un aspa (14) para un aerogenerador, que tiene una región conductora formada por fibra de carbono, y controla un estado de rotación del aspa (14), donde el aspa (14) comprende un revestimiento (141), una testa de larguero (142) y un alma de refuerzo a cortante (143), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 50
- (a) medir (S10) una característica eléctrica de una sección de medición (M2, M3) dispuesta en la región conductora;
- (b) comparar (S20) el valor medido en la etapa (a) con un valor de referencia y determinar (S30) si el aspa (14) está en un estado normal o un estado de emergencia;
- (c) ajustar (S40) un modo a uno cualquiera de un modo normal, un modo de emergencia y un modo de detención en respuesta al estado determinado en la etapa (b); y
- 55

(d) controlar (S50) el estado de rotación del aspa (14) de acuerdo con el modo ajustado en la etapa (c), donde:

5 la región conductora está formada en el revestimiento (141) y en la testa de larguero (142), a través del revestimiento (141) y la testa de larguero (142), aunque incluyendo una parte de conexión entre el revestimiento (141) y la testa de larguero (142), y la sección de medición (M2) está dispuesta a través del revestimiento (141) y la testa de larguero (142); o la región conductora está formada en la testa de larguero (142) y en el alma de refuerzo a cortante (143), a través de la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143), aunque incluyendo una parte de conexión entre la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143), y la sección de medición  
10 (M3) está dispuesta a través de la testa de larguero (142) y el alma de refuerzo a cortante (143).

8. El procedimiento de control de aspa de acuerdo con la reivindicación 7, donde la etapa (a) comprende medir características eléctricas de una pluralidad de secciones de medición (M2, M3) dispuestas en la región conductora.

15

9. El procedimiento de control de aspa de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, donde la etapa (a) comprende medir de forma repetitiva la característica eléctrica de la sección de medición (M2, M3).

10. El procedimiento de control de aspa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores  
20 7-9, donde la etapa (d) comprende controlar uno o más de velocidad de rotación, cabeceo y guiñada del aspa (14) en respuesta al nivel del estado de emergencia determinado en la etapa (b), o detener el aspa (14).

11. El procedimiento de control de aspa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, donde el aerogenerador que incluye el aspa (14) es uno de una pluralidad de aerogeneradores que forman un  
25 parque eólico, y el parque eólico comprende un controlador integrado (500) para controlar la pluralidad de aerogeneradores, y

el procedimiento de control de aspa comprende, además, la etapa de (f) transmitir la información de generación de energía al controlador integrado (500) después de la etapa (e).

30

Fig. 1

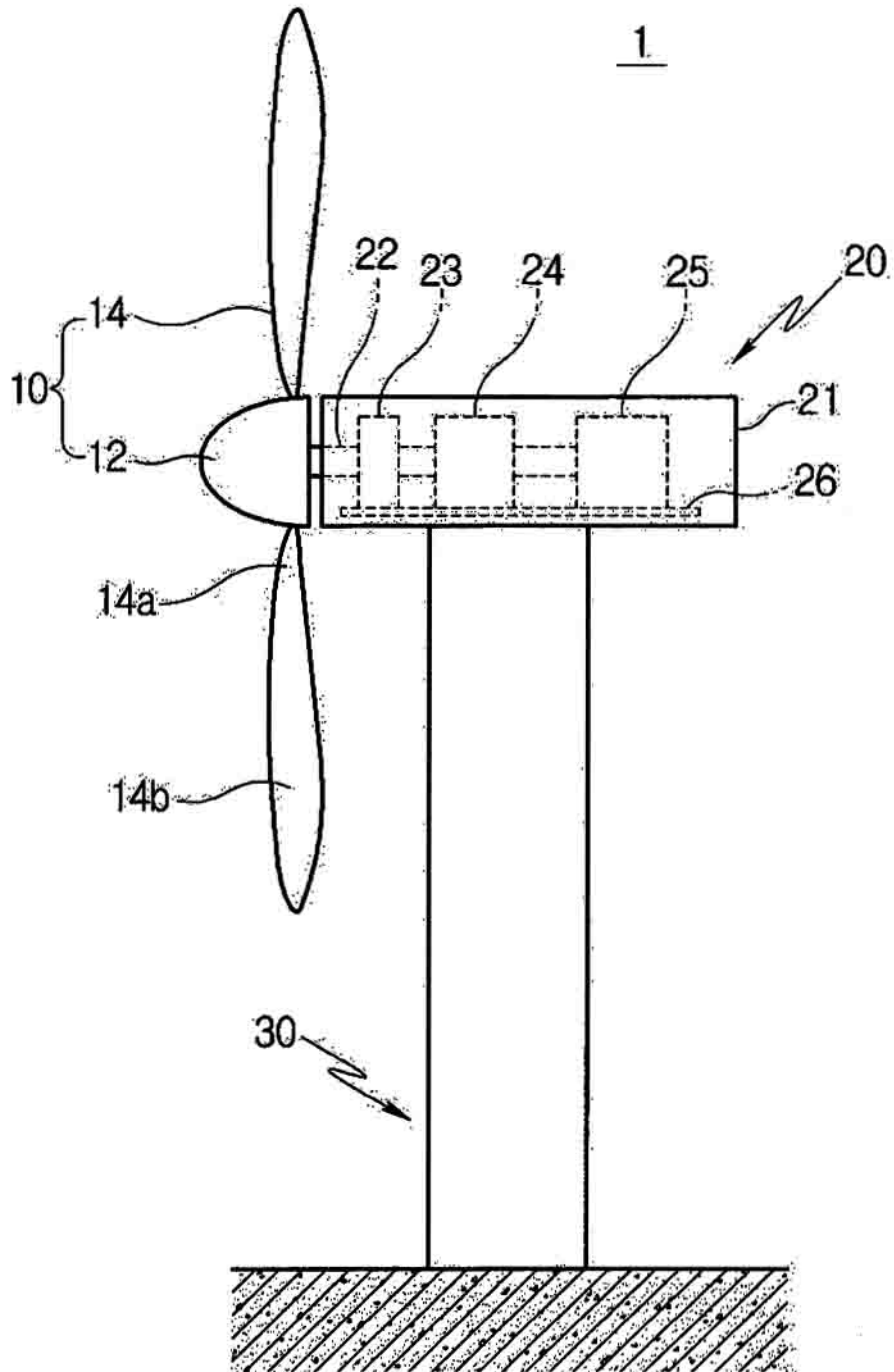


Fig. 2A

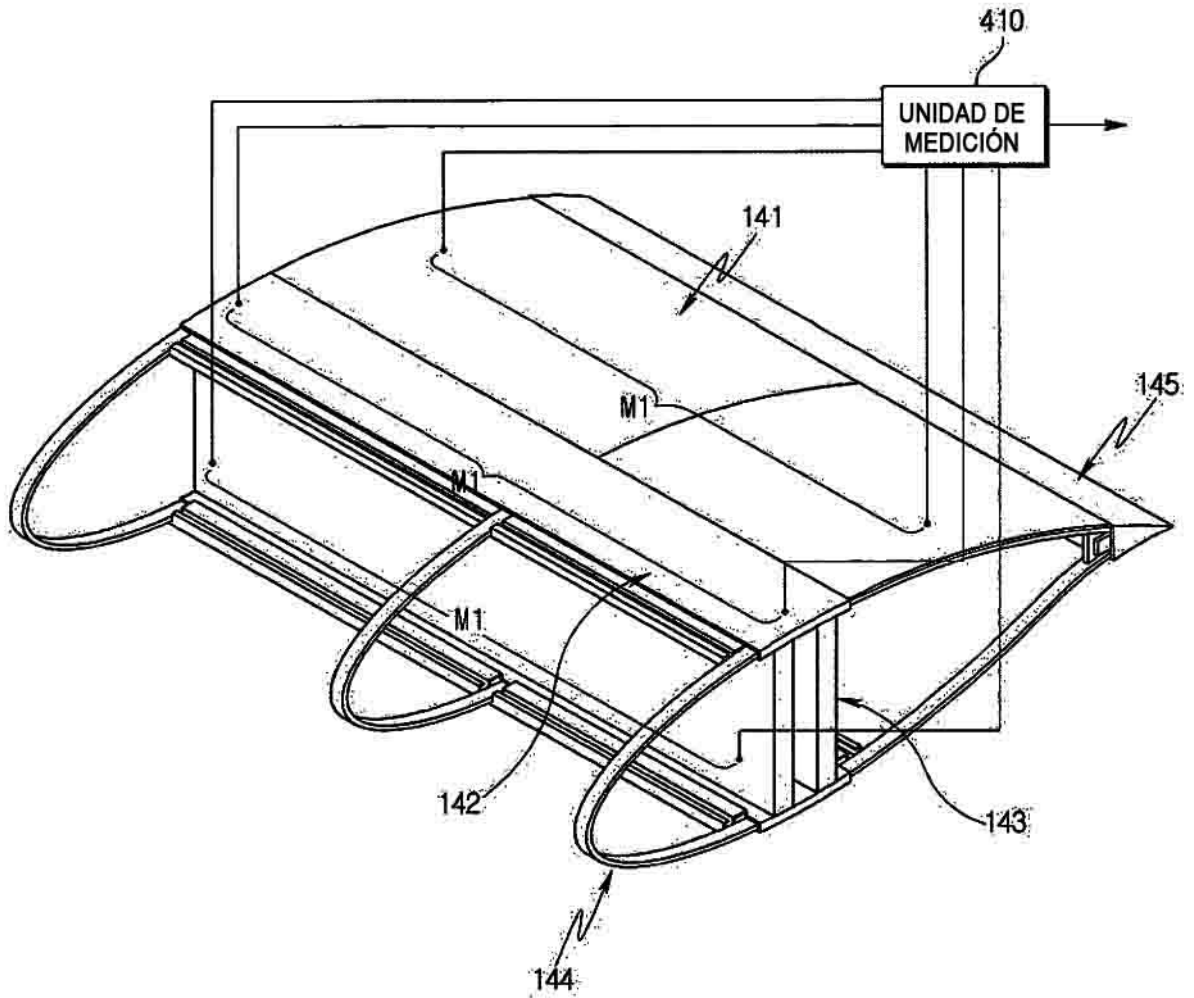


Fig. 2B

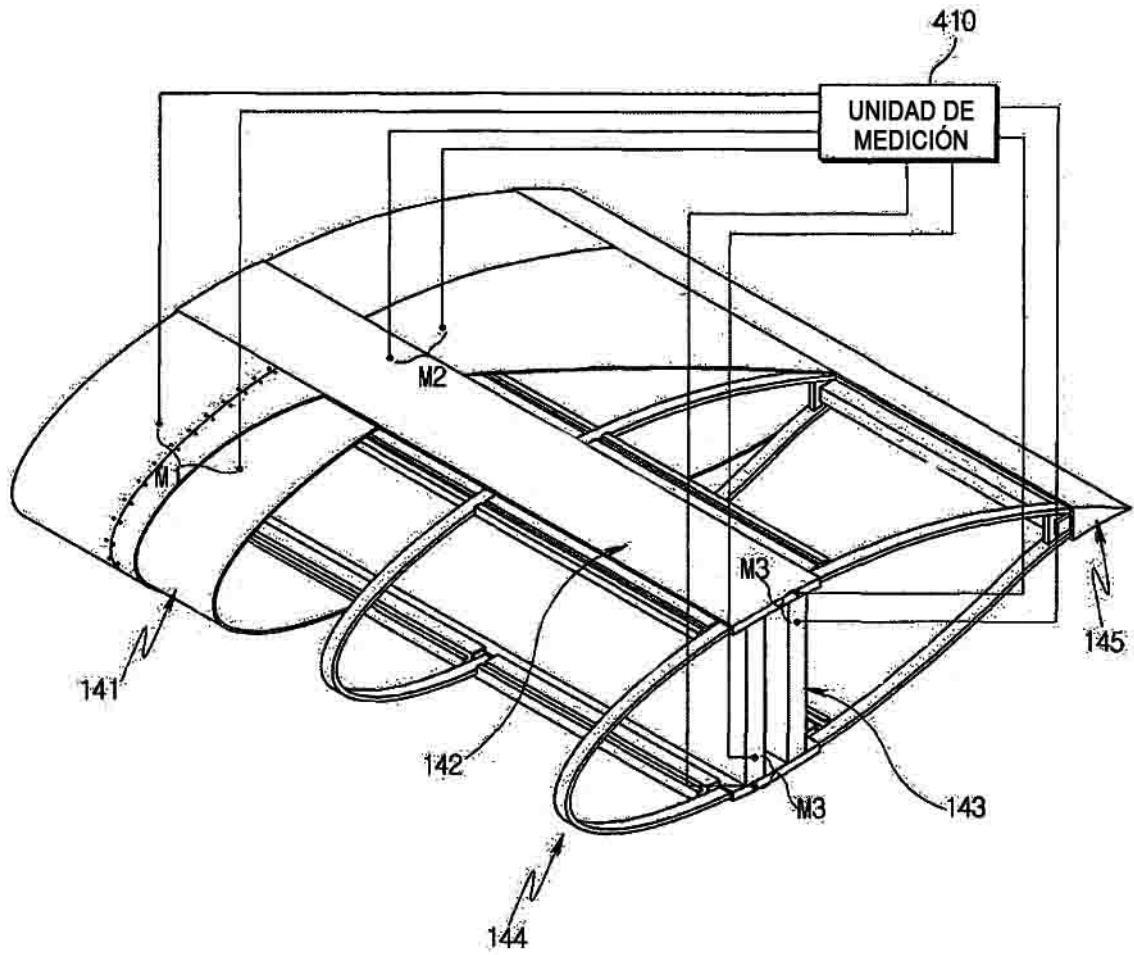


Fig. 3

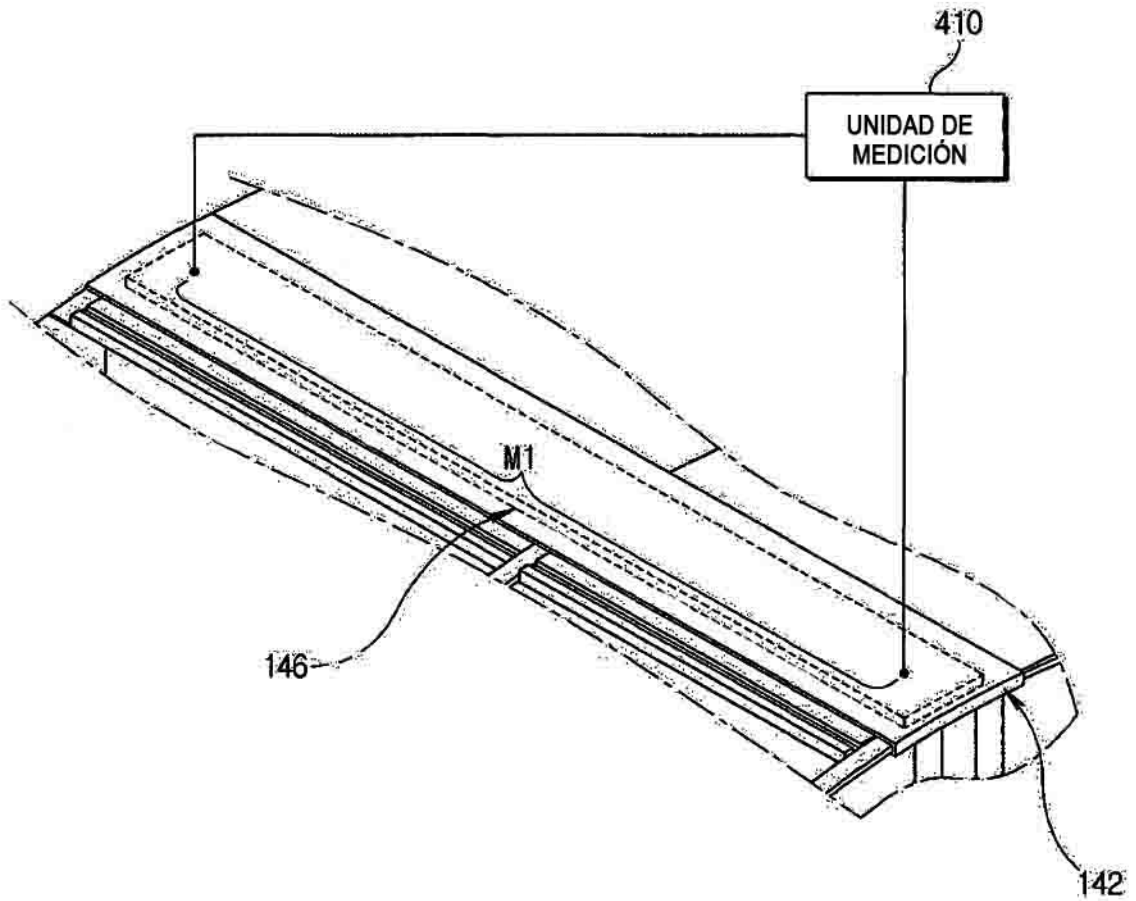


Fig. 4

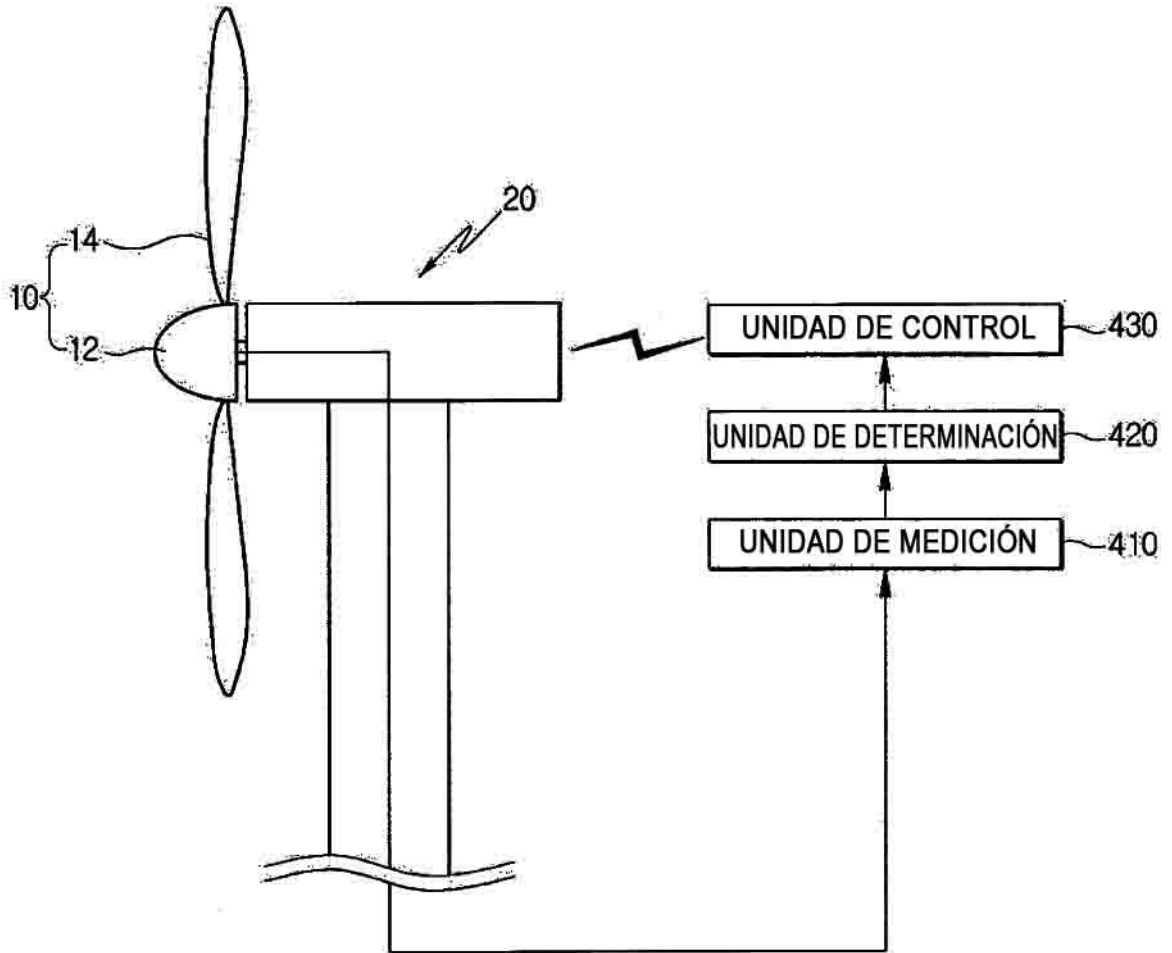


Fig. 5

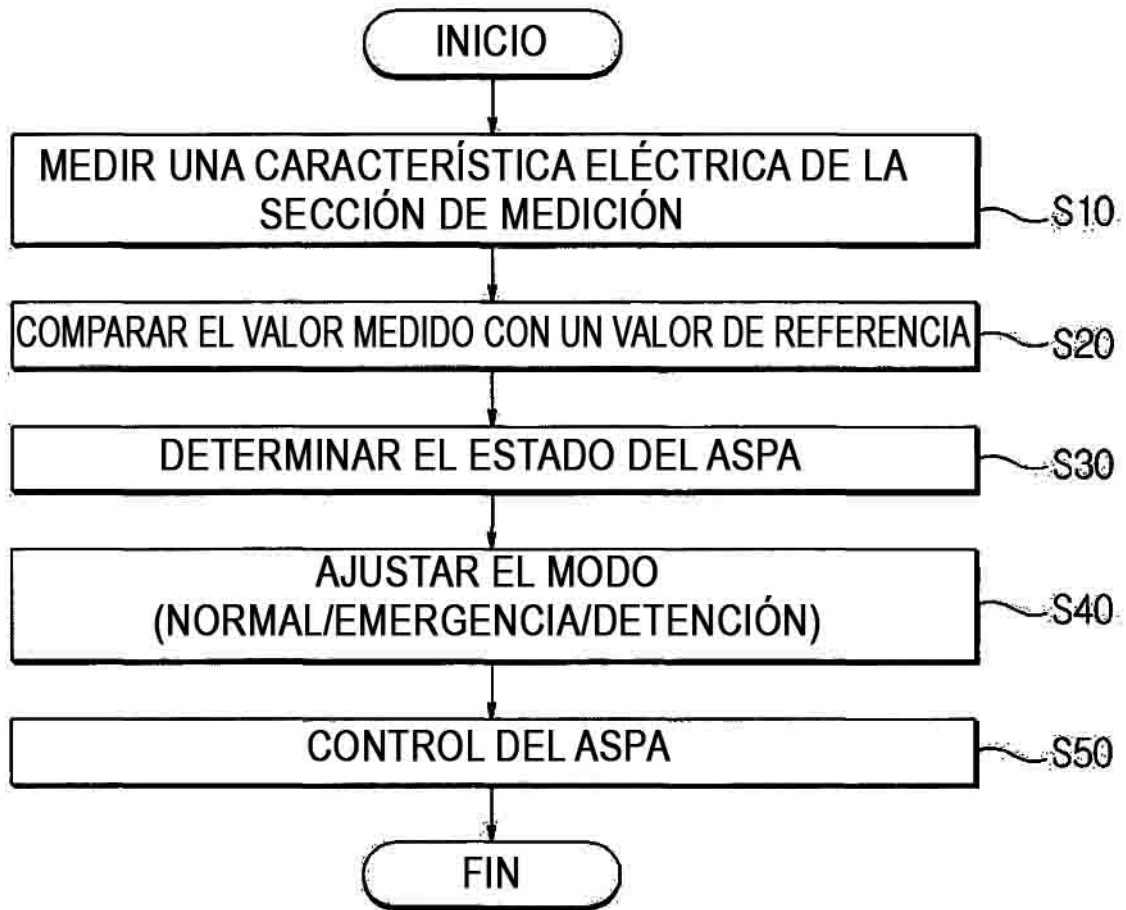


Fig. 6

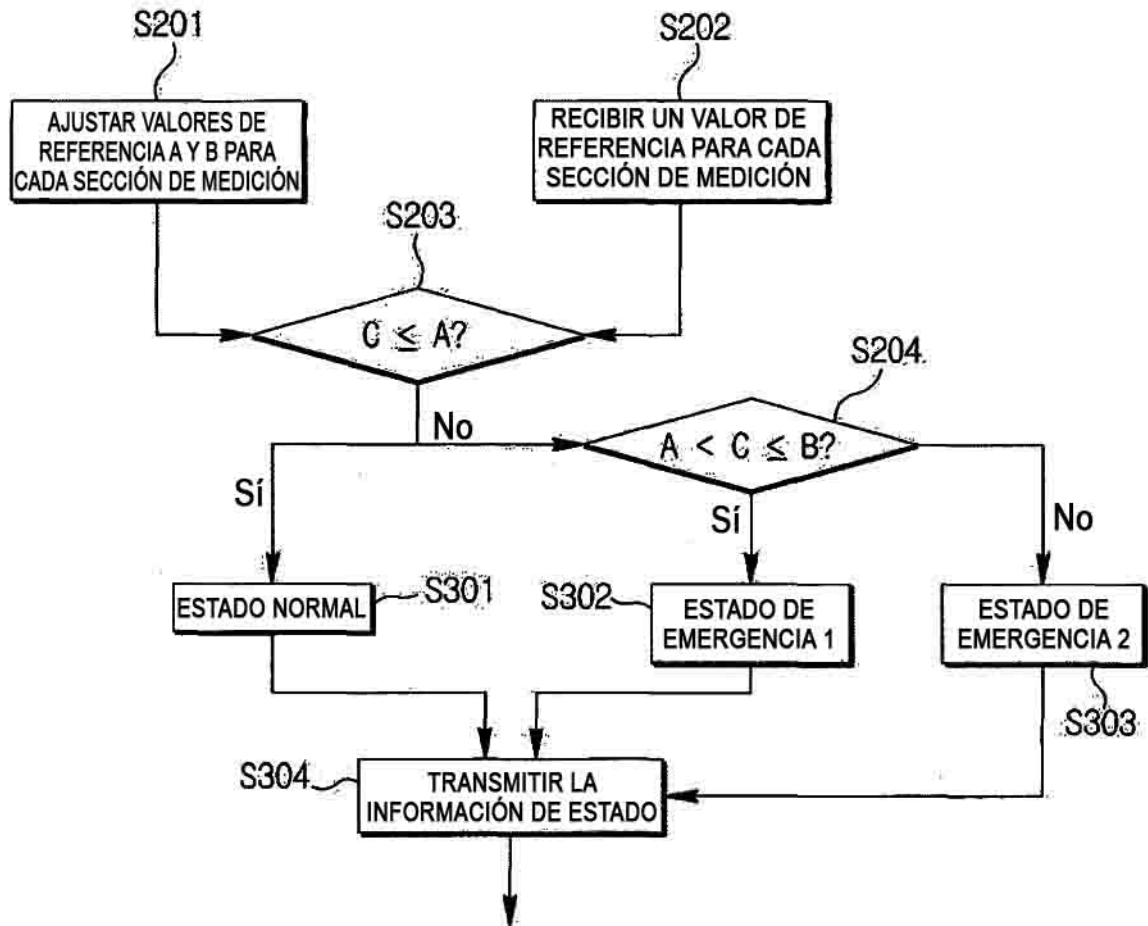


Fig. 7

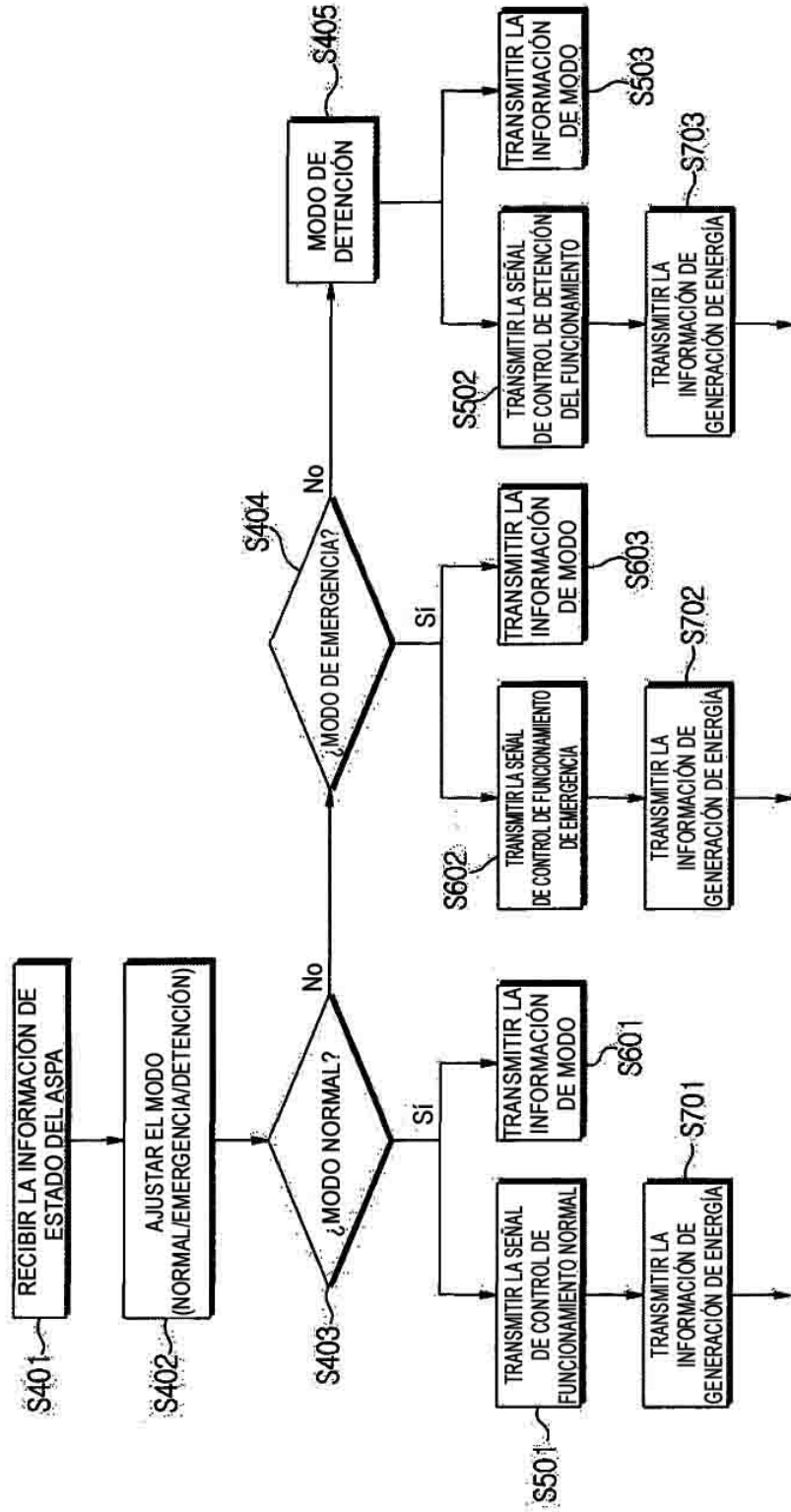


Fig. 8

