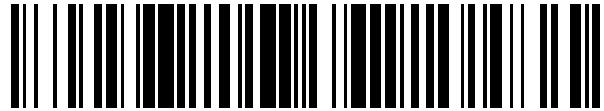


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 708**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2008** **E 08171280 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2075462**

54 Título: **Turbina eólica, controlador de turbina eólica y procedimiento de control de una turbina eólica**

30 Prioridad:

28.12.2007 US 966029

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

18.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MENKE, DETLEF

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 577 708 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

Turbina eólica, controlador de turbina eólica y procedimiento de control de una turbina eólica

5 Se desvelan en el presente documento una turbina eólica, un controlador de turbina eólica y un procedimiento para el control de una turbina eólica. En particular, la turbina eólica, el controlador de turbina eólica y el procedimiento para el control de la turbina eólica descritos en el presente documento están adaptados para tener en cuenta el bloqueo de las palas del rotor.

10 Por medio de sus palas del rotor, las turbinas eólicas capturan la energía cinética a partir del viento y la convierten en energía de rotación de un eje del rotor. Típicamente, esta energía de rotación se usa para accionar un generador eléctrico, tanto directamente como a través de una caja de engranajes. La cantidad de energía extraída del viento depende, entre otros, del ángulo de ataque aerodinámico entre la punta de la pala del rotor y el flujo de aire incidente. Si, para una velocidad de viento dada, se excede un cierto ángulo de ataque máximo, el flujo se separa en la superficie de las palas del rotor y se forman vórtices en la pala. Este efecto es conocido como bloqueo y limita la captura de energía aerodinámica. Adicionalmente, el bloqueo puede incrementar el ruido generado por la turbina eólica lo que podría ser un problema, por ejemplo, cuando el emplazamiento de la turbina está situado próximo a áreas residenciales y particularmente durante períodos nocturnos.

15 El documento JP 2004 293527 describe una turbina eólica que se controla para reducir las emisiones de ruido desde la misma. La turbina eólica incluye un dispositivo de medición del ruido situado sobre la torre (8) de la turbina eólica o remotamente desde la misma (9).

20 El documento EP 2 131 037 describe un sistema de análisis del espectro sonoro de la turbina eólica que supervisa sensores (16, 17) de sonido con base en la torre.

El documento WO 2006/090215 describe una pala de turbina eólica de elevada sustentación/baja solidez.

El documento DE 10 2006 028167 A1 desvela un procedimiento de operación de un dispositivo, que tiene al menos un cuerpo de flotabilidad dinámica de fluidos, tal como una turbina eólica con palas del rotor.

Varios aspectos y realizaciones de la presente invención se definen mediante las reivindicaciones adjuntas.

25 Varios aspectos, ventajas y características son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra una vista frontal de una turbina eólica de acuerdo con una realización.

La Fig. 2 muestra una vista lateral de una turbina eólica de acuerdo con una realización.

La Fig. 3 muestra un diagrama esquemático del sistema de control del paso de acuerdo con una realización.

30 La Fig. 4 muestra una señal de ruido y/o vibración detectada.

La Fig. 5 muestra un análisis de frecuencia de acuerdo con una realización.

La Fig. 6 muestra una vista frontal de una turbina eólica de acuerdo con otra realización.

La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con otra realización.

35 Se hará ahora referencia en detalle a varias realizaciones de la invención, de las que se ilustran uno o más ejemplos en las figuras. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, y no significa una limitación. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como partes de una realización pueden usarse en, o en conjunto con, otras realizaciones para producir una realización adicional más. Se pretende que dichas modificaciones y variaciones estén incluidas con el presente documento.

40 La Fig. 1 muestra una vista frontal de una turbina eólica 10 de acuerdo con una realización. La turbina eólica 10 incluye una torre 2 en cuya parte superior se monta una góndola 6. Un rotor eólico 4 equipado con tres palas 8a, 8b, 8c del rotor se monta de modo giratorio en la góndola 6. Se entenderá por los expertos en la materia que las realizaciones de la presente invención pueden aplicarse también a turbinas eólicas que tengan una, dos, o más de tres palas del rotor. Las palas 8a, 8b, 8c del rotor capturan la energía cinética del viento y fuerzan al motor 4 a girar alrededor de su eje de rotación. Mientras giran, las palas 8a, 8b, 8c del rotor definen un disco circular 9. La posición de rotación de una pala del rotor en este disco puede describirse mediante un ángulo α . El ángulo α puede definirse como el ángulo entre el eje longitudinal de la pala del rotor y el eje vertical de la torre tal como se muestra en la Fig. 1. Aunque esta es la definición más directa de la posición de rotación, pueden aplicarse también otras definiciones en las realizaciones de la presente invención siempre que la posición de rotación de la pala o palas del rotor puedan determinarse de modo único.

50

Adicionalmente a lo anterior, la turbina eólica 10 incluye sensores 80a, 80b, 80c dispuestos en las palas 8a, 8b, 8c del rotor, respectivamente. Aunque cada pala 8a, 8b, 8c del rotor está equipada con un sensor 80a, 80b, 80c respectivo en la realización mostrada en la Fig. 1, se entenderá por los expertos en la materia que en algunas realizaciones de la presente invención solo una o dos palas del rotor estén equipadas con sensores. Adicionalmente, solo se muestra un sensor 80a, 80b, 80c por pala del rotor en la Fig. 1 pero se entenderá por los expertos en la materia que pueden aplicarse dos o más sensores por pala del rotor en las realizaciones de acuerdo con la presente invención. Cada sensor 80a, 80b, 80c está adaptado para detectar una condición aerodinámica de la pala del rotor. Típicamente, la condición aerodinámica detectada por un sensor 80a, 80b, 80c es una condición de bloqueo de la pala del rotor a la que está asociado el sensor. Sin embargo, también pueden detectarse otras condiciones aerodinámicas por los sensores 80a, 80b, 80c, por ejemplo el deterioro del rendimiento aerodinámico de la pala del rotor debido a hielo, incremento en la rugosidad superficial o suciedad.

En un ejemplo, el sensor 80a, 80b, 80c es un sensor acústico, por ejemplo un micrófono. El micrófono está adaptado para capturar el ruido generado por la pala en rotación. Por ejemplo, el micrófono puede estar integrado en la pala del rotor respectiva en una o más localizaciones a lo largo de la extensión longitudinal de la pala en una posición que permita la detección de la emisión del ruido generado por la pala del rotor en rotación. En otro ejemplo, el sensor es un sensor de vibración adaptado para detectar una condición de vibración de la pala del rotor. Como el micrófono, también el sensor de vibración puede estar integrado en la pala del rotor. Naturalmente, también puede proporcionarse una combinación de micrófonos y sensores de vibración o incluso otros sensores para detectar la situación aerodinámica de la pala del rotor supervisada. Dado que ciertas condiciones aerodinámicas dan como resultado un cambio en el ruido generado por la pala del rotor o un cambio en el comportamiento de la vibración de la pala, dichas condiciones aerodinámicas pueden detectarse mediante la supervisión de la generación de ruido y/o estado de vibración de la pala del rotor. Por ejemplo, puede detectarse un bloqueo de la pala debido a un incremento considerable en la emisión de ruido y/o debido a un incremento y/o cambio en la condición de vibración de la pala del rotor. Así, los sensores descritos anteriormente proporcionan datos de sensores que permiten detectar dicha condición aerodinámica no deseada. Adicionalmente, esto permite contrarrestar la condición aerodinámica no deseada cuando se detecta, por ejemplo, mediante el control del ángulo de paso de las palas del rotor.

La Fig. 2 muestra una vista lateral de una turbina eólica 10 de acuerdo con una realización. La turbina eólica mostrada en la Fig. 2 incluye un sistema de control del paso 82 que está adaptado para controlar el ángulo de paso de las palas del rotor y, por ello, el ángulo de ataque de las palas del rotor. En una realización, el sistema 82 de control del paso está adaptado para el control individual de cada pala 8a, 8b, 8c del rotor. En otras palabras, el sistema 82 de control del paso puede ajustar el ángulo de paso de cada pala 8a, 8b, 8c del rotor de modo diferente dependiendo de las condiciones individuales de la pala del rotor respectiva. Como se muestra en la Fig. 2, los sensores 80a, 80b, 80c se conectan al sistema 82 de control del paso. Adicionalmente, los sensores 80a, 80b, 80c están adaptados para proporcionar una señal de sensor indicativa del ruido detectado y/o la vibración de una pala 8a, 8b, 8c del rotor respectiva al sistema 82 de control del paso. Aunque solo se muestra en la Fig. 2 un sistema 82 de control del paso común para todas las palas 8a, 8b, 8c del rotor, se entenderá por los expertos en la materia que pueden proporcionarse individualmente un control del paso separado (no mostrado) para cada pala 8a, 8b, 8c del rotor. En dicha realización, cada uno de los diversos controles del paso pueden estar conectados solamente al (a los) sensores de la pala del rotor que controlan. Sin embargo, también en dicha realización cada control del paso separado puede tener también la entrada de sensores de las otras palas del rotor de modo que, por ejemplo las condiciones aerodinámicas de una pala del rotor que sigue puedan anticiparse a partir de los datos del sensor de una pala del rotor que le precede.

De acuerdo con una realización, el sistema 82 de control del paso está adaptado para controlar el ángulo de paso de una pala del rotor en caso de que se detecte una condición de bloqueo de la pala del rotor en base a la entrada del sensor. Tal como se ha descrito anteriormente, un bloqueo de la pala ocurre si el ángulo de ataque es demasiado grande de modo que el flujo de aire se separa en la superficie de la pala. Para reducir el bloqueo de la pala, el sistema 82 de control del paso ajusta el ángulo de paso de la pala que se bloquea de modo que se reduce el ángulo de ataque. Como resultado, también se reduce o incluso se neutraliza el bloqueo de la pala. De ese modo, la cooperación de los sensores y del sistema de control del paso de acuerdo con las realizaciones pueden incrementar la eficiencia de la turbina debido a que se reducen las pérdidas debido a palas del rotor que se bloqueen incluso se eviten completamente. Adicionalmente, la emisión de ruido debido a palas del rotor bloqueadas puede reducirse considerablemente incluso evitarse completamente mediante las realizaciones de la presente invención.

A continuación, se describe otra realización con referencia a la Fig. 2. En ella, se muestra que el cubo del rotor 4 se conecta a un eje 62 del rotor que, a su vez, se conecta a un generador 64 eléctrico o bien directamente o bien a través de una caja de engranajes (no mostrada). En el eje 62 del rotor, se monta un sensor 66 de rotación, en el que el sensor 66 de rotación está adaptado para detectar una posición de rotación del cubo 4 del rotor. Se entenderá por los expertos en la materia que el sensor 66 de rotación montado en el eje 62 del rotor solo es una realización ejemplar de un sensor de rotación capaz de detectar la posición de rotación del cubo 4. En consecuencia, cualquier otro sensor de rotación capaz de detectar la posición de rotación del cubo 4 puede aplicarse en la misma forma a las realizaciones de la presente invención. Tal como se muestra en la Fig. 2, el sistema 82 de control del paso está adaptado adicionalmente para recibir una entrada desde el sensor 66 de rotación. En otras palabras, el sistema 82 de control del paso no solo considera datos del ruido y/o datos de vibración proporcionados por los sensores 80a, 80b, 80c sino también la posición de rotación del cubo 4. Adicionalmente, debería entenderse que el sistema 82 de

control del paso puede determinar la posición de rotación de cada pala 8a, 8b, 8c del rotor a partir de los datos proporcionados por el sensor 66 de rotación. De ese modo, el sistema 82 de control del paso puede tener en cuenta también la posición α de rotación de cada pala del rotor cuando se controla el ángulo de paso para esta pala del rotor. El conocimiento de la posición α de rotación de la pala del rotor puede mejorar la supervisión y control del bloqueo para esta pala del rotor por las siguientes razones. Típicamente, el ángulo de paso de la pala depende de la velocidad de rotación del rotor eólico, y la velocidad de rotación del rotor eólico depende de la velocidad del viento incidente experimentada por el rotor eólico. En particular, la velocidad de rotación del rotor eólico depende de la velocidad del viento incidente definiendo el disco 9 el área cubierta por las palas 8a, 8b, 8c en rotación. Sin embargo, la velocidad del viento no es constante a través del disco 9. En particular, la velocidad del viento es más alta en el área superior del disco 9 en comparación con el área inferior del disco 9. En otras palabras, la velocidad del viento es más baja próxima a tierra en comparación con la velocidad del viento a más distancia de la tierra, por ejemplo, por encima de la góndola 6. Esta variación en la velocidad del viento es indicada en la Fig. 2 por el diferente tamaño de las dos flechas que representan el flujo de aire incidente. Debido a esta variación de la velocidad del viento con la altura, un cierto ángulo de paso de una pala del rotor no puede ser ideal para cada posición α de rotación de la pala del rotor. En consecuencia, puede tener lugar un bloqueo de la pala en algunas posiciones α de rotación de la pala del rotor o incluso dentro del intervalo completo de ángulos α . Cuando la posición de rotación del cubo, y por ello también de cada pala del rotor individual, se usa para controlar el ángulo de paso de las palas 8a, 8b, 8c del rotor, puede tenerse en cuenta la variación de la velocidad del viento por el sistema 82 de control del paso.

La Fig. 3 muestra un diagrama esquemático del sistema 82 de control del paso de acuerdo con una realización. En él, el sistema 82 de control del paso incluye un primer terminal 821 de entrada adaptado para recibir una entrada desde al menos un sensor 80a, 80b, 80c dispuesto en o cerca de una pala del rotor de la turbina eólica. Este sensor está adaptado para detectar una condición aerodinámica de la pala del rotor tal como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, el sensor puede ser un micrófono que proporciona datos de ruido al sistema 82 de control del paso. Adicional o alternativamente, el sensor puede ser un sensor de vibración que proporciona datos de vibración al sistema 82 de control del paso. El sistema 82 de control del paso incluye una unidad 822 de análisis de ruido/vibración a la que se proporcionan los datos del sensor.

La operación de la unidad 822 de análisis de ruido/vibración se describe ahora con más detalle con referencia a la Fig. 4. En ella se muestra una señal 100 de ruido detectada por uno de los sensores 80a, 80b, 80c. La señal 100 indica la variación de la amplitud del ruido con el tiempo. Valores más altos de la señal corresponden a amplitudes más altas del ruido generado por la pala del rotor en rotación. Adicionalmente, se muestra el valor 110 de umbral como una línea discontinua en la Fig. 4. Tal como se ha descrito anteriormente, una condición de bloqueo u otras condiciones aerodinámicas no deseadas se manifiestan por sí mismas como un incremento en la emisión de ruido. Por lo tanto, puede determinarse empíricamente un valor 110 de umbral que, si se supera, indica la aparición de un bloqueo de pala u otra condición aerodinámica no deseable. Tal como se muestra en la Fig. 4, la amplitud 100 del ruido presenta varios valores 105 de pico que exceden el umbral 110. Por lo tanto, puede detectarse un bloqueo de pala mediante la comparación del valor 100 de amplitud actual con el valor 110 de umbral. Para valores 105 de amplitud que superen el valor 110 de umbral, se detecta un bloqueo de la pala.

De acuerdo con otra realización, la señal de amplitud puede suavizarse. Típicamente, el suavizado se realiza mediante una media en el tiempo de la señal de amplitud para obtener una señal 120 de amplitud promediada en el tiempo mostrada en línea discontinua en la Fig. 4. Más típicamente, la media en el tiempo de la señal se determina para un período de tiempo específico o una ventana de tiempo móvil junto con la señal. Esto se denomina también frecuentemente como una media móvil. La ventaja de la señal suavizada es que las variaciones rápidas de la señal de amplitud original son seguidas normalmente solo lentamente por la señal suavizada. Especialmente, la señal 120 suavizada supera el valor 110 de umbral solo si la señal 100 real rápidamente variable supera el valor 110 de umbral durante algún tiempo. Este efecto es evidente a partir de la Fig. 4 en donde la señal 120 suavizada permanece por debajo del valor 110 de umbral incluso aunque la señal 100 de amplitud real supere el valor 110 de umbral en varios puntos 105. Solo cuando la señal 100 de amplitud permanece por encima del valor 110 de umbral durante algún tiempo, también la señal suavizada tiene un pico 125 que excede el valor 110 de umbral. Usando la señal 120 suavizada como la base para la detección del bloqueo de la pala puede impedir de ese modo que el sistema 82 de control del paso varíe rápidamente la acción del control debido a eventos aleatorios de corta duración. Como se entenderá por los expertos en la materia, la constante de tiempo de la media en el tiempo, es decir el período de tiempo a través del que se promedia la señal 100, puede seleccionarse de acuerdo con las condiciones de una aplicación. Mediante el ajuste de esta constante de tiempo, puede ajustarse la inercia del control.

Aunque la descripción anterior se refiere principalmente a señales de ruido, se entenderá por los expertos en la materia que se aplican los mismos principios también a señales de vibración. Por lo tanto, una señal de vibración puede procesarse de modo similar para detectar un bloqueo de pala. De ese modo, el bloqueo de la pala puede detectarse también en base a los sensores de vibración. Adicionalmente, si la detección del bloqueo se basa tanto en ruido como en vibración, un bloqueo de la pala puede detectarse si solo una de las variables, es decir o bien ruido o bien vibración, indica una condición de bloqueo o solo si ambas variables simultáneamente indican un bloqueo de la pala. En este último caso, el evento de bloqueo de la pala es más cierto dado que dos variables más o menos independientes indican la misma condición.

Adicional o alternativamente, la unidad 822 de análisis de ruido/vibración puede estar adaptada para realizar un análisis del espectro de frecuencia de la señal del sensor. Un ejemplo de dicho análisis de frecuencia se muestra en la Fig. 5 en la que se muestran en un diagrama de barras los niveles de amplitud para varias frecuencias o bandas de frecuencia. En un ejemplo, se lleva a cabo un análisis de frecuencia de una señal de vibración. De ese modo, el nivel de excitación de ciertas frecuencias como los modos eigen de rotación de la pala del rotor puede identificarse a partir del espectro de frecuencia. Cambios en el espectro de la frecuencia de vibración pueden indicar la aparición de una cierta situación aerodinámica, especialmente la aparición de un bloqueo de la pala. De la misma manera, puede analizarse el espectro de frecuencia del ruido generado por la pala del rotor. Por ejemplo, puede detectarse fácilmente en el espectro de frecuencia el ruido tonal generado por la pala del rotor. De ese modo, cambios en el espectro de frecuencia acústica del ruido pueden indicar la aparición de una cierta situación aerodinámica, especialmente la aparición de bloqueo de pala. Se entenderá por los expertos en la materia que el espectro de frecuencia de la señal del sensor puede obtenerse mediante procedimientos bien conocidos como la transformada de Fourier rápida o similares.

A la vista de lo anterior, debería entenderse por los expertos en la materia que la unidad 822 de análisis de ruido/frecuencia proporciona un análisis de las señales del sensor en o cerca de las palas, mediante lo que el análisis permite la detección de situaciones aerodinámicas específicas. Volviendo ahora a la Fig. 3, el sistema 82 de control del paso incluye también una unidad 824 de análisis de la posición de rotación. A través de un segundo terminal 823 de entrada, la unidad 824 de análisis de la posición de rotación recibe la entrada desde un sensor de rotación adaptado para detectar una posición de rotación del cubo 4 del rotor, por ejemplo el sensor 62 de rotación mostrado en la Fig. 2. La unidad 824 de análisis de la posición de rotación está adaptada para determinar la posición α de rotación de una o más palas 8a, 8b, 8c del rotor a partir de la señal del sensor. De acuerdo con otra realización (no mostrada), se proporciona directamente al sistema 82 de control del paso la posición α de rotación de una o más palas 8a, 8b, 8c del rotor. Por lo tanto, la unidad 824 de análisis de la posición de rotación puede omitirse en esta realización.

Las salidas desde la unidad 822 de análisis de ruido/emisión y desde la unidad 824 de análisis de la posición de rotación se proporcionan a una unidad 825 de determinación del ángulo de paso. En ella, la información acerca de la condición aerodinámica de cada pala 8a, 8b, 8c del rotor y la información acerca de la posición de rotación de cada pala del rotor se combinan para controlar el ángulo de paso de cada pala del rotor en consecuencia. En particular, si se detecta un bloqueo de pala para una o más palas del rotor el ángulo de paso se controla de modo que el ángulo de ataque de las palas en bloqueo se reduzca. Cuando se controla el ángulo de paso de la pala, también la posición de rotación de la pala es tenida en cuenta por el sistema 82 de control del paso. Posteriormente, la unidad 825 de determinación del ángulo de paso produce la salida de una señal 826 de control del ángulo de paso que se transmite a un dispositivo de ajuste (no mostrado) del ángulo de paso, por ejemplo un motor de paso eléctrico o un sistema de paso hidráulico. El dispositivo de ajuste del ángulo de paso ajusta el ángulo de paso de acuerdo con la señal de control del ángulo de paso de modo que se reduce o incluso se compensa el bloqueo de la pala. De ese modo, la cooperación de los sensores y del sistema de control del paso de acuerdo con las realizaciones puede incrementar la eficiencia de la turbina debido a que se reducen o incluso se evitan completamente las pérdidas debidas a palas del rotor bloqueado. Adicionalmente, la emisión de ruido debida a palas del rotor bloqueado puede reducirse considerablemente o incluso evitarse completamente por las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 6 muestra una vista frontal de una turbina eólica de acuerdo con otra realización. En ella, se monta un sensor 80 en una parte superior de la góndola 6. Típicamente, el sensor 80 es un sensor acústico para la detección de la emisión de ruido desde las palas del rotor. Por ejemplo, el sensor 80 es un micrófono. A diferencia de las realizaciones anteriores descritas con referencia las Figs. 1 y 2, el micrófono 80 no se dispone directamente en las palas 8 del rotor sino solo cerca de las palas. Dado que el micrófono 80 se sitúa aguas abajo de las palas 8 del rotor, la emisión de ruido desde las palas se transmite bien al micrófono 80. La señal del sensor proporcionada por el micrófono 80 puede usarse para detectar una condición aerodinámica no deseada de las palas del rotor, por ejemplo bloqueo de la pala, de modo que el sistema de control del paso pueda contrarrestar esta condición aerodinámica, por ejemplo mediante el ajuste del ángulo de paso de las palas del rotor en consecuencia.

De acuerdo con una realización adicional, la turbina eólica 10 puede estar equipada con un sensor de rotación como se ha descrito anteriormente. Por ello, la señal de ruido detectada por el micrófono 80 puede correlacionarse con las posiciones de rotación de las palas 8. En consecuencia, el sistema de control del paso puede basar su control también en la posición de rotación de las palas del rotor como se ha descrito anteriormente.

De acuerdo con otra realización más, el sensor 80 montado en la góndola puede combinarse con sensores 80a, 80b, 80c montados en la pala tal como se ha descrito anteriormente. En un ejemplo, el sensor 80 montado en la góndola es un micrófono y los sensores 80a, 80b, 80c montados en la pala son sensores de vibración. Sin embargo, se entenderá por los expertos en la materia que puede aplicarse cualquier combinación de dichos sensores en las realizaciones de la presente invención.

La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 7000 de control de acuerdo con una realización. En una primera etapa 7100, se detecta en nivel de ruido en una pala del rotor, por ejemplo, mediante un micrófono situado en o cerca de la pala del rotor. En una siguiente etapa 7200, el nivel de ruido detectado es comparado con un valor de umbral para detectar una condición de bloqueo de la pala del rotor supervisada. Si el nivel de ruido está por

debajo del valor de umbral, el procedimiento 7000 de control vuelve a la primera etapa 7100 y mide el nivel de ruido. Si el nivel de ruido, por ejemplo la amplitud o la amplitud promediada en el tiempo, supera el valor de umbral, el procedimiento 7000 de control prosigue a la etapa 7300. En esta etapa, se ajusta el ángulo de paso de la pala del rotor supervisada para reducir el bloqueo de la pala. Tras el ajuste del ángulo de paso de la pala, el procedimiento 7000 de control vuelve a la etapa 7100 y mide de nuevo el nivel de ruido. Se entenderá por los expertos en la materia que este esquema de control da como resultado un ajuste del ángulo de paso hasta que el nivel de ruido cae de nuevo por debajo del umbral. Adicionalmente, se entenderá por los expertos en la materia que este procedimiento de control puede realizarse independientemente para cada pala del rotor.

Se entenderá adicionalmente por los expertos en la materia que el mismo esquema de control puede aplicarse al nivel de vibración detectado de la pala del rotor supervisada. En este caso, el ángulo de paso se ajusta si el nivel de vibración excede algún umbral predeterminado. Adicionalmente, se entenderá por los expertos en la materia que alternativamente o además puede realizarse también un análisis del espectro de frecuencia del ruido y/o vibración. También a partir de dicho análisis del espectro de frecuencia puede extraerse información valiosa acerca de la situación aerodinámica de la pala del rotor supervisada. Por lo tanto, la información contenida en el espectro de frecuencia puede usarse también como base para la detección de la pala bloqueada u otra situación aerodinámica.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 8000 de control de acuerdo con otra realización. El esquema de control básico del procedimiento 8000 es similar al procedimiento 7000 de control. En particular, se determina el nivel de ruido y/o vibración de la(s) pala(s) del rotor supervisada(s) en una primera etapa 8100. En una siguiente etapa 8200, el nivel de ruido/vibración detectado se compara con un valor de umbral para detectar una condición de bloqueo de la pala del rotor supervisada. Debería entenderse que el umbral puede fijarse por separado para las señales de ruido y de vibraciones. Si el nivel de ruido/vibración está por debajo del valor de umbral, el procedimiento 8000 de control vuelve a la primera etapa 8100 y mide el nivel de ruido/vibración. Si el nivel de ruido/vibración, por ejemplo la amplitud o la amplitud promediada en el tiempo, excede el valor de umbral, el procedimiento 8000 de control prosigue a la etapa 8300. En una realización, se detectan tanto el ruido como la vibración y el valor de umbral se considerará excedido si solamente uno de entre el ruido y la vibración excede su umbral respectivo. En otra realización, también se detectan tanto ruido como la vibración pero el valor de umbral se considerará excedido solo si tanto el ruido como la vibración exceden sus umbrales respectivos. En la siguiente etapa 8300, se determina la posición de rotación de la pala del rotor supervisada, por ejemplo mediante el sensor de rotación localizado en el eje del rotor. En la siguiente etapa 8400, se ajusta el ángulo de paso de la pala del rotor supervisada para reducir el bloqueo de la pala, teniendo en cuenta de ese modo la posición de rotación de la pala del rotor supervisada. Tras el ajuste del ángulo de paso de la pala, el procedimiento 8000 de control vuelve a la primera etapa 8100 y mide de nuevo el nivel de ruido. Se entenderá por los expertos en la materia que este esquema de control da como resultado un ajuste del ángulo de paso hasta que el nivel de ruido/vibración cae de nuevo por debajo del umbral. Adicionalmente, se entenderá por los expertos en la materia que este procedimiento de control puede realizarse independientemente para cada pala del rotor. Como en el procedimiento 7000 de control, también puede realizarse un análisis de frecuencia en el procedimiento 8000 de control.

Esta descripción escrita usa ejemplos para desvelar realizaciones, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier experto en la materia realice y use dichas realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (82) de control de paso para una turbina eólica (10), que comprende un primer terminal (821) de entrada adaptado para recibir una entrada desde al menos un sensor (80; 80a, 80b, 80c) de vibración dispuesto en o cerca de una pala (8; 8a, 8b, 8c) del rotor de dicha turbina eólica (10), estando adaptado el sensor (80; 80a, 80b, 80c) de vibración para detectar una condición de bloqueobloqueo de la pala (8; 8a, 8b, 8c) del rotor, en el que el sistema (82) de control del paso está adaptado para detectar una condición de bloqueobloqueo de la pala del rotor usando la entrada desde dicho sensor de vibración para controlar el ángulo de paso de dicha pala del rotor basándose en dicha entrada del sensor para reducir el bloqueo; y que comprende adicionalmente:
- un segundo terminal (823) de entrada adaptado para recibir una entrada desde un sensor (62) de rotación adaptado para detectar una posición (α) de rotación de un cubo (4) del rotor de dicha turbina eólica (10), en el que el sistema (82) de control del paso está adaptado adicionalmente para detectar una condición de bloqueobloqueo de la pala del rotor usando la entrada desde dicho sensor de vibración para controlar el ángulo de paso de la pala (8; 8a, 8b, 8c) del rotor en base a la entrada desde dicho al menos un sensor (80; 80a, 80b, 80c) de vibración y dicho sensor (62) de rotación para reducir el bloqueo.
2. El sistema (82) de control del paso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la turbina eólica comprende una pluralidad de palas (8a, 8b, 8c) del rotor y el sistema (82) de control del paso está adaptado para controlar individualmente el ángulo de paso de cada pala (8a, 8b, 8c) del rotor.
3. Una turbina eólica (10) que tiene al menos una pala (8) del rotor fijada a un cubo (4) del rotor, comprendiendo adicionalmente la turbina eólica al menos un sensor (80) de vibración dispuesto en o cerca de la pala del rotor, estando adaptado el sensor (80) de vibración para detectar una condición de bloqueobloqueo de la pala del rotor, en la que el ángulo de paso de dicha pala del rotor es controlable mediante el sistema (82) de control del paso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha turbina eólica comprende un sistema (82) de control del paso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
4. Un procedimiento (8000) de control de una turbina eólica (10), que comprende
- detección (8100, 8200) de una condición de bloqueobloqueo de al menos una pala (8) del rotor de una turbina eólica usando un sensor (80) de vibración dispuesto en el rotor o cerca de dicha pala del rotor, y
- ajuste (8400) del ángulo de paso de dicha al menos una pala del rotor para reducir el bloqueo;
- detección (8300) de una posición (α) de rotación de dicha al menos una pala (8) del rotor cuando se detecta dicha condición de bloqueobloqueo;
- en el que el ajuste (8400) del ángulo de paso de dicha al menos una pala (8) del rotor se basa en la posición de rotación detectada de la pala del rotor.
5. El procedimiento (8000), de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la condición de bloqueobloqueo se detecta mediante el análisis de una señal de amplitud de vibración de la vibración detectada por el sensor (80) de vibración dispuesto en o cerca de la pala del rotor.
6. El procedimiento (8000) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la señal de amplitud de vibración analizada para detectar la condición de bloqueobloqueo es una señal de amplitud de vibración promediada en el tiempo.
7. El procedimiento (8000) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que la condición de bloqueobloqueo se detecta si una señal de sensor indicativa de ruido acústico generado por la pala (8) del rotor y/o una condición de vibración de dicha pala (8) del rotor exceden un umbral predeterminado.

40

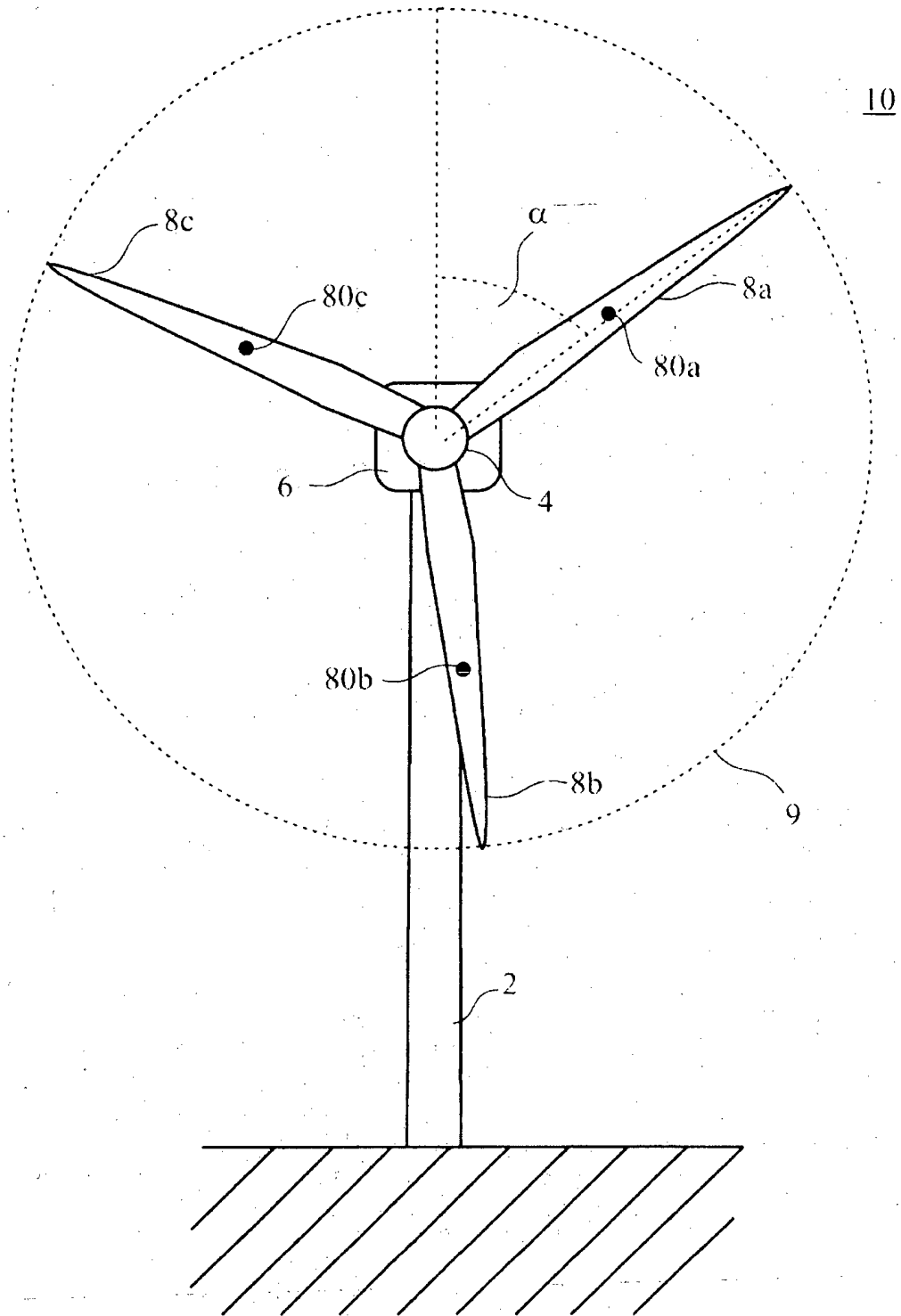


Fig. 1

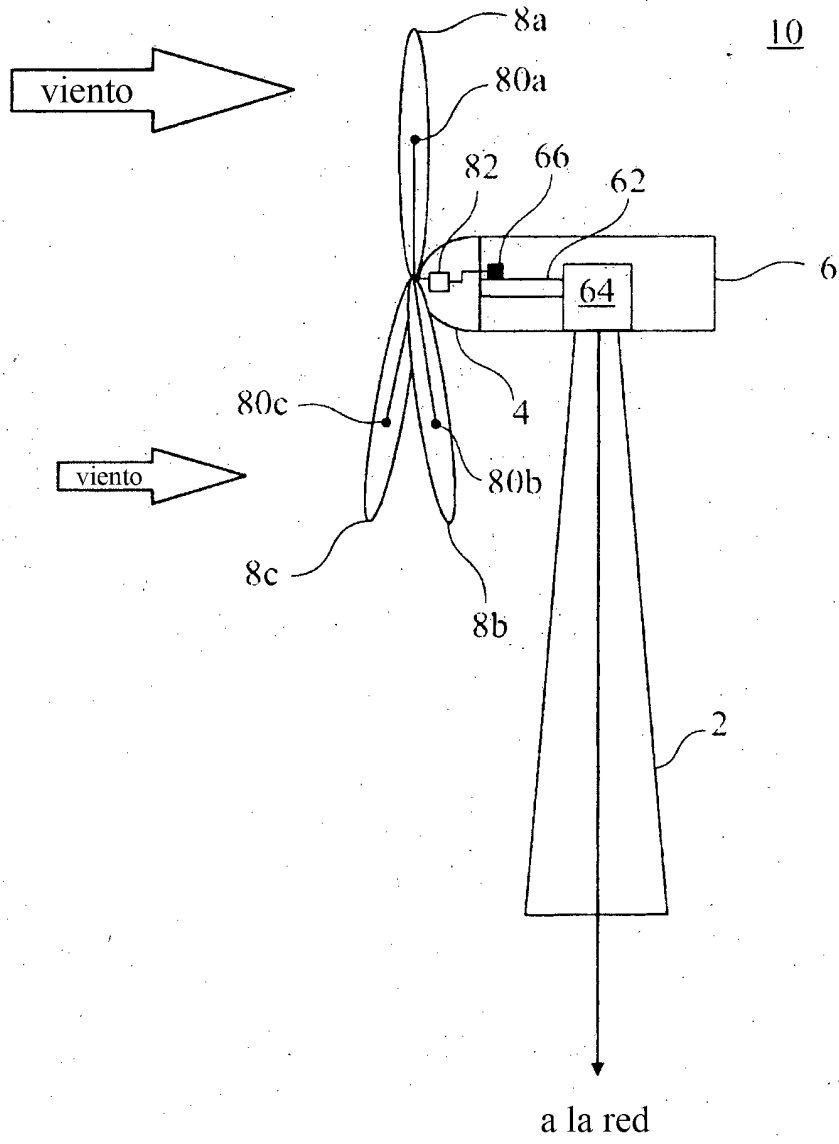


Fig. 2

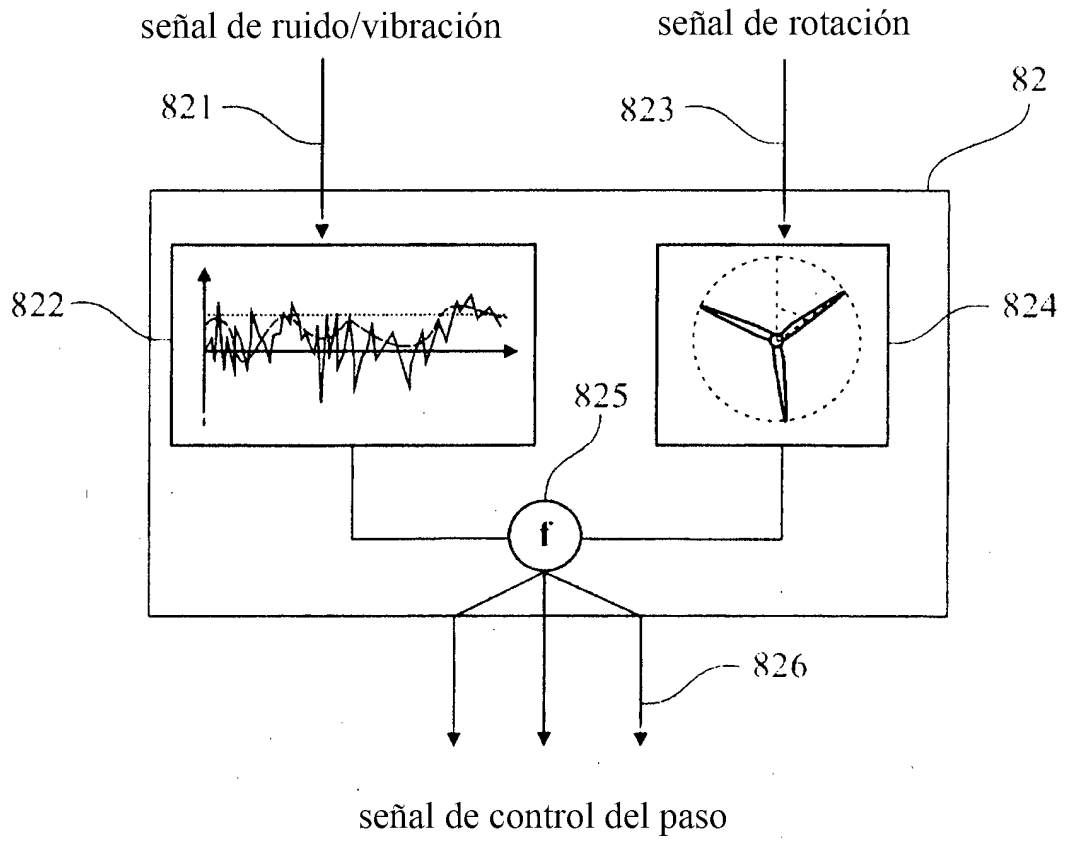


Fig. 3

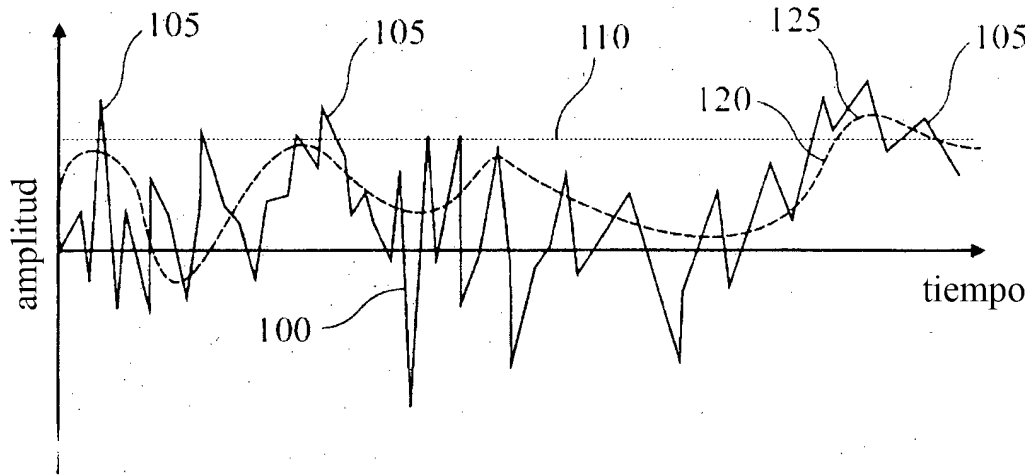


Fig. 4

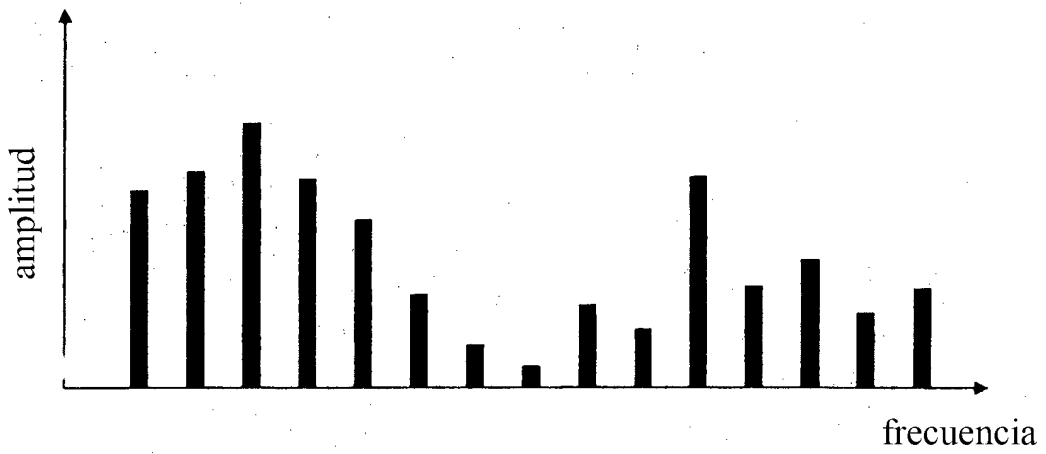


Fig. 5

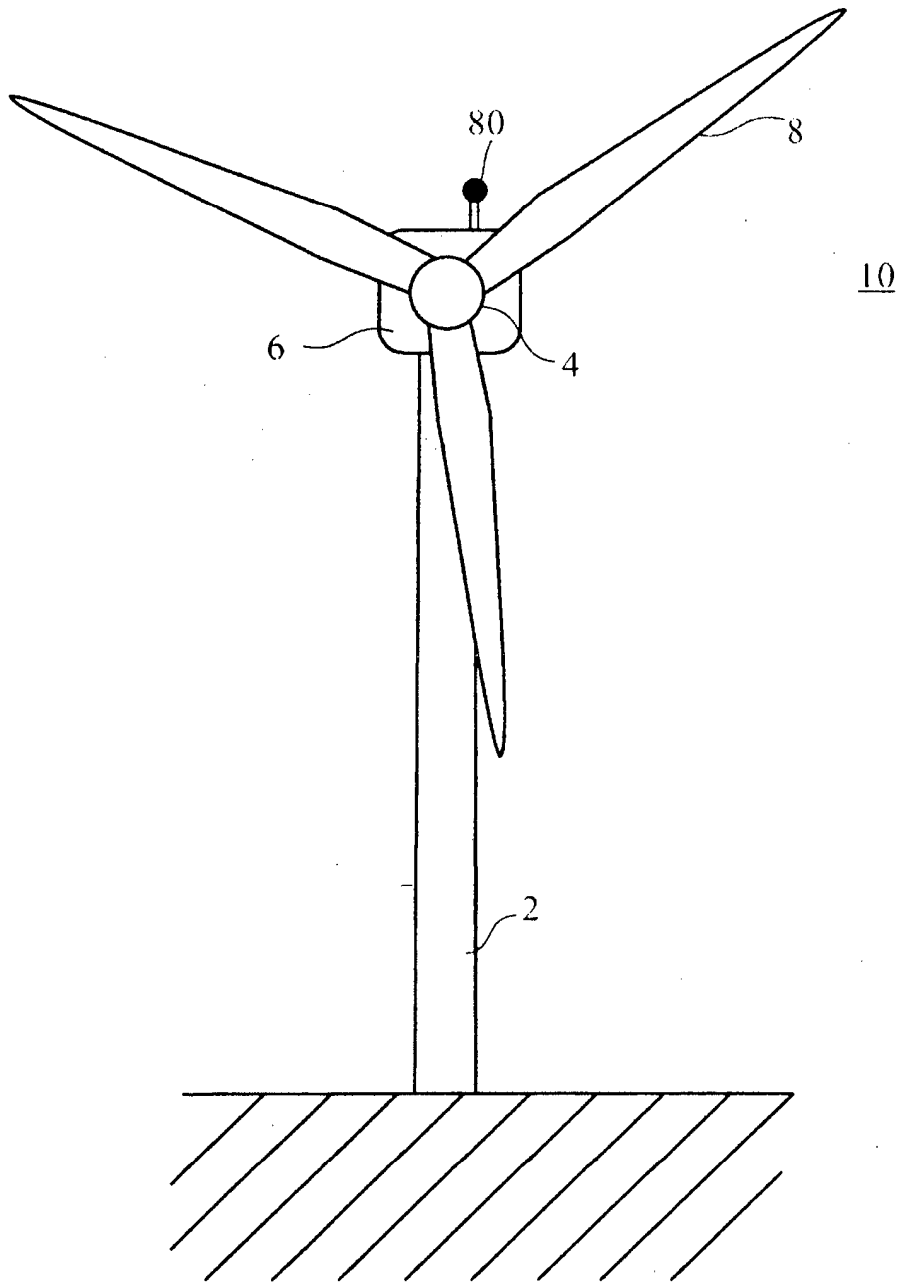


Fig. 6

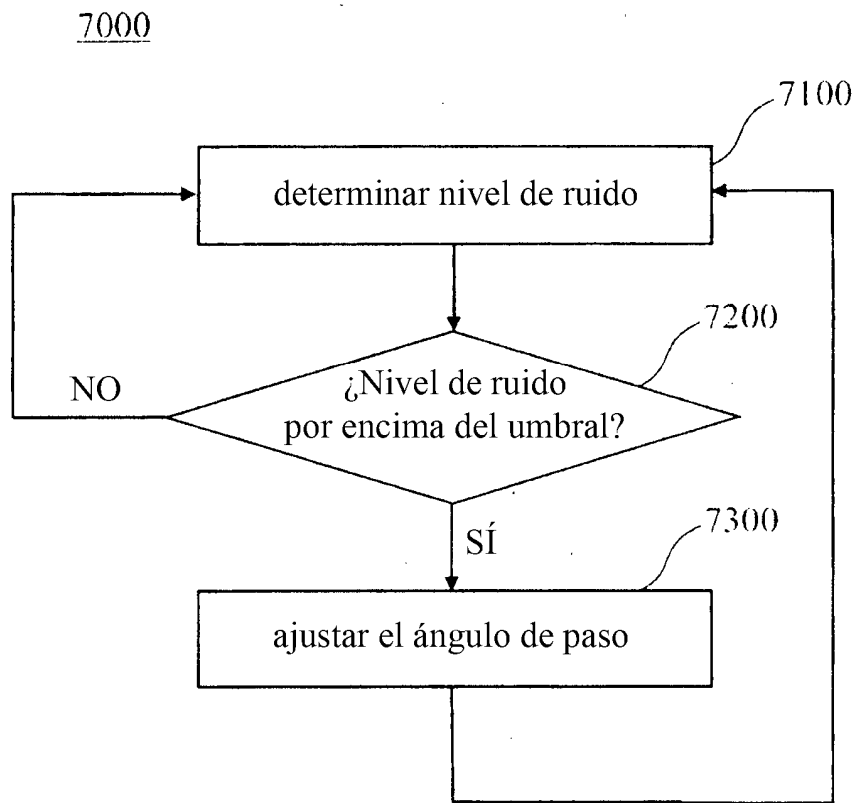


Fig. 7

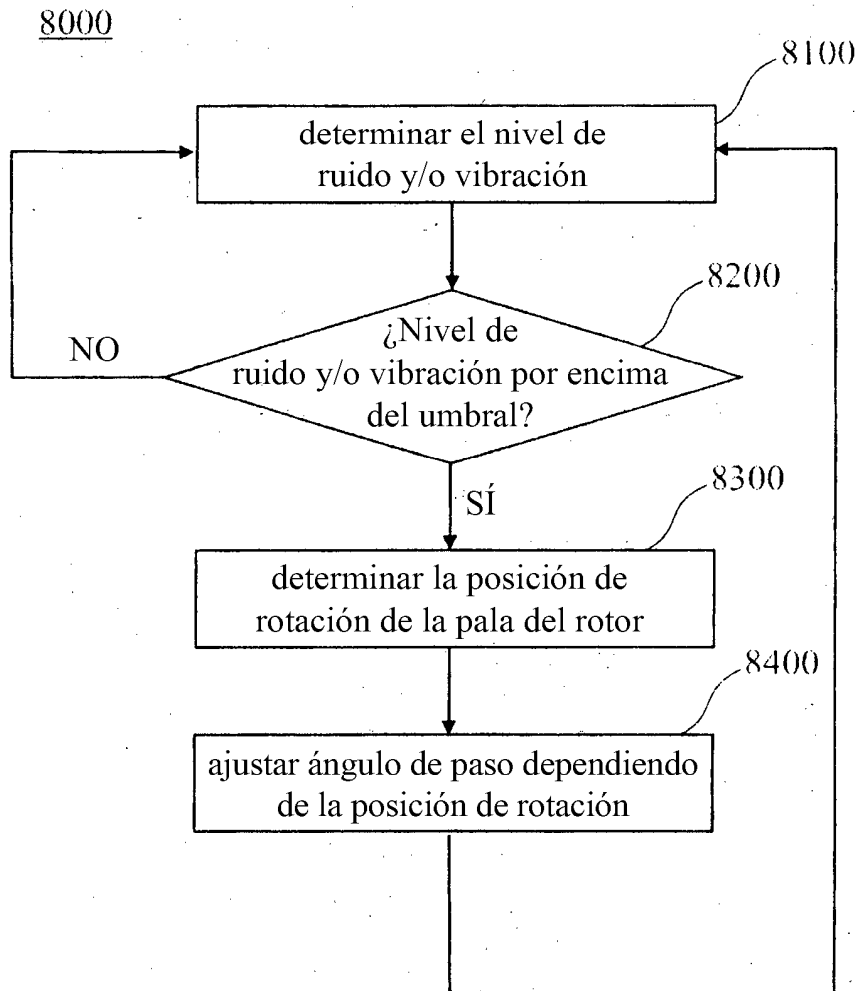


Fig. 8