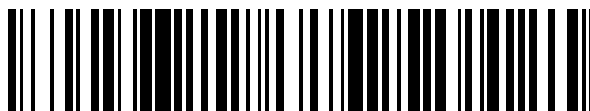


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 074**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015** **E 15161247 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 3073108**

54 Título: **Control para una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.05.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**MEDINA, PAUL F. y
OBRECHT, JOHN M.**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 763 074 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

Control para una turbina eólica

5 La presente invención se refiere a un método para controlar una turbina eólica. Además, la invención se refiere a una turbina eólica que presenta un mecanismo de control de este tipo.

10 En los últimos años, el desarrollo técnico de las turbinas eólicas ha mostrado un progreso considerable. Las turbinas eólicas actuales han alcanzado un alto nivel de madurez técnica. Por consiguiente, la generación de electricidad mediante turbinas eólicas se está volviendo altamente eficiente. Sin embargo, sigue habiendo potencial para una mejora adicional del rendimiento de una turbina eólica.

15 Un primer ejemplo de un campo en el que parece posible una mejora de rendimiento adicional es la optimización y el aumento de la eficiencia aerodinámica de la turbina eólica. Esto se refiere en particular al control y al diseño de las palas de rotor de la turbina eólica.

20 Otro ejemplo de un campo en el que parece probable un aumento de rendimiento potencia es la optimización de la métrica de longevidad y mantenimiento de tal manera que la carga de los componentes de la turbina eólica puede disminuirse o puede preverse de manera más fiable un fallo potencial de determinados componentes.

25 Aún otro ejemplo en el que puede esperarse razonablemente un aumento de rendimiento de la turbina eólica es el campo de la reducción de ruido. Esto se refiere al ruido que genera una turbina eólica en condiciones de funcionamiento. El ruido que se genera por la interacción del viento que incide en las palas de rotor y las palas de rotor como tales pueden ser indicativo de una disminución del rendimiento de la turbina eólica. Además, pueden aplicarse requisitos de restricción de ruido a la turbina eólica, dependiendo del sitio y los alrededores en que está situada la turbina, lo que conduce a un potencial perdido para producción de energía.

30 La solicitud de patente US 2009/0169378 A1 da a conocer un sistema de control de paso que está adaptado para controlar el ángulo de paso de una pala de rotor en caso de que se detecte un estado de entrada en pérdida de esa pala de rotor basándose en una entrada de sensor. Esto tiene el fin de evitar la entrada en pérdida y por tanto aumentar el rendimiento de la turbina eólica.

35 La solicitud de patente US 2014/0356164 A1 también da a conocer un sistema para controlar un paso de una pala de rotor. El sistema tiene como fin impedir que una separación de flujo se convierta en un estado de entrada en pérdida completo usando un sensor enfocado. Como resultado, también se espera un aumento del rendimiento de la turbina eólica.

40 Además, las solicitudes de patente US 2010/143117 A1 y JP 2004 293527 A se refieren al control de ruido generado por turbinas eólicas.

45 La presente invención se refiere a un esquema de control ventajoso que incluye elegir los parámetros de funcionamiento de la turbina eólica de tal manera que se optimiza el rendimiento de la turbina eólica.

50 Por tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un método para controlar una turbina eólica de tal manera que se optimiza el rendimiento de la turbina eólica en comparación con esquemas de control convencionales.

55 Este objetivo se soluciona mediante las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes describen modificaciones y desarrollos ventajosos de la invención.

60 Según la invención, se proporciona un método para controlar una turbina eólica. La turbina eólica comprende una torre, una góndola, un cubo rotatorio, una primera pala de rotor y una segunda pala de rotor. Ambas palas de rotor están montadas en el cubo. El método comprende las etapas de

a) medir ruido por medio de al menos un dispositivo de detección de ruido, en el que el ruido se genera en al menos una sección angular dentro del plano de rotor debido a una interacción entre la primera pala de rotor de la turbina eólica y el flujo de aire que incide en la primera pala de rotor, y

b) cambiar la orientación de la segunda pala de rotor con respecto a la dirección del flujo de aire incidente de tal manera que se cambia el ruido que se genera por la interacción entre la segunda pala de rotor y el flujo de aire que incide en la segunda pala de rotor en la sección angular.

65 Una turbina eólica se refiere a un dispositivo que puede convertir energía eólica, es decir energía cinética del viento, en energía mecánica. La energía mecánica se usa posteriormente para generar electricidad. Una turbina eólica también se denomina central eólica.

La turbina eólica comprende una primera pala de rotor y al menos una segunda pala de rotor. Ventajosamente, la turbina eólica también comprende una tercera pala de rotor. Normalmente, en presencia de un movimiento relativo entre las palas de rotor y el aire ambiental, se genera ruido debido a la interacción entre las palas de rotor y un flujo de aire que incide en las palas de rotor. El nivel de ruido, es decir la intensidad del ruido que se genera, depende de la velocidad relativa entre el flujo de aire y las palas de rotor, del ángulo con el que el flujo de aire incide en las palas de rotor, de las características geométricas de la pala de rotor, y de otras condiciones.

En una primera etapa de la presente invención, se mide el ruido que se genera por la interacción entre las palas de rotor y el flujo de aire que incide en las palas de rotor. La medición se realiza por medio de al menos un dispositivo de detección de ruido. Un ejemplo de un dispositivo de detección de ruido de este tipo es un micrófono convencional. Ventajosamente, el ruido medido se analiza con respecto a su intensidad y con respecto a la dirección de la que procede. Dicho de otro modo, puede determinarse la intensidad del ruido y su distribución angular. La determinación de la intensidad del ruido y su distribución angular puede llevarse a cabo por medio de un controlador. Obsérvese que el controlador puede estar integrado en el dispositivo de detección de ruido o puede ser independiente.

Ventajosamente, puede usarse una pluralidad de dispositivos de detección de ruido. Si se usa una pluralidad de dispositivos de detección de ruido, puede ser ventajoso tener un controlador central que está en contacto de funcionamiento con los dispositivos de detección de ruido. El controlador no sólo determina las características del ruido medido, sino que también elige los parámetros de funcionamiento de la turbina eólica basándose en el ruido medido. Dicho de otro modo, un algoritmo de control, es decir un esquema de control, está equipado en el controlador con el fin de poder elegir y determinar parámetros de funcionamiento preferidos de la turbina eólica.

Una ventaja del presente método es que mediante medios relativamente sencillas y mediante un mecanismo de control sencillo pueden adaptarse los parámetros de funcionamiento de la turbina eólica de tal manera que aumenta el rendimiento global de la turbina eólica.

El método para controlar la turbina eólica y optimizar su rendimiento incluye la regulación de paso de al menos una de las palas de rotor de una manera favorable. Se conoce habitualmente la adaptación de la orientación de una pala de rotor con respecto a la turbina eólica restante, en particular con respecto al cubo de la turbina eólica. Se ha demostrado que regular el paso de las palas de rotor es una manera eficaz y relativamente fácil de influir en diversas características y parámetros de la turbina eólica, incluyendo la carga de la pala de rotor y otros componentes de la turbina eólica, lo que influye en cuánta energía absorbe la pala de rotor, etc. Por tanto, eligiendo el ángulo de paso como el parámetro de funcionamiento que se controla, se establece un vínculo entre un ruido medido generado en la pala de rotor y un control de la pala de rotor regulando el paso de la pala de rotor.

Los sistemas de control de paso convencionales que se basan en mediciones de ruido, por ejemplo tal como se describe en las solicitudes de patente citadas, controlan siempre la pala de rotor en la que se ha detectado el ruido. Dicho de otro modo, una consecuencia de detectar ruido que supera un valor de umbral dado en la primera pala de rotor, es que se regula el paso de la primera pala de rotor según un algoritmo de control.

La elección de parámetros de funcionamiento se refiere a la regulación de paso individual de la segunda pala de rotor del conjunto de palas de rotor que la turbina eólica comprende. Esta regulación de paso individual se basa en la información que se obtiene mediante la medición de ruido; específicamente se basa en el ruido medido debido a la interacción entre la primera pala de rotor y el flujo de aire que incide en la primera pala de rotor.

Por tanto, la regulación de paso individual puede llevarse a cabo basándose en la información que se obtiene y analiza mediante las mediciones de ruido. Este concepto también puede describirse como un mecanismo de control de prealimentación. Esto se debe al hecho de que al medir el ruido en una pala de rotor, se extrae una consecuencia para el ángulo de paso de otra pala de rotor. Esto permite que la segunda pala de rotor tenga una configuración mejorada y optimizada debido a la información sobre el ruido medido que se ha adquirido de antemano.

Además o alternativamente, la elección de parámetros de funcionamiento se refiere a producir un movimiento de guiñada en la góndola de la turbina eólica.

Normalmente puede producirse un movimiento de guiñada en la góndola alrededor de un eje de guiñada que es sustancialmente vertical en turbinas eólicas normales. Si mediante un análisis del ruido medido se extrae la conclusión de que el rendimiento de la turbina eólica puede aumentarse y optimizarse provocando un movimiento de guiñada de la góndola completa hacia o fuera del viento, entonces el controlador puede elegir esta opción y obtener posiciones de guiñada favorables de la góndola.

En una realización de la invención, se transmiten datos relacionados con el ruido medido se transmiten desde el dispositivo de detección de ruido al controlador, y la distribución angular y la intensidad del ruido se calculan mediante el controlador.

La transmisión de los datos puede realizarse mediante cables eléctricos convencionales o mediante fibras ópticas, o

mediante métodos de comunicación inalámbricos.

En otra realización de la invención, el margen de captura angular de cada dispositivo de detección de ruido se elige de tal manera que mediante la suma de los márgenes de captura angular de un conjunto de dispositivos de detección de ruido, el plano de rotor completo se monitoriza simultáneamente.

El plano de rotor se refiere al plano que es perpendicular al eje de rotación del rotor. Dicho de otro modo, el plano de rotor es el plano en el que están las palas de rotor. Monitorizando simultáneamente el plano de rotor completo se entiende que todo el intervalo angular, es decir 360 grados, se monitoriza de manera continua y simultánea. Evidentemente, dependiendo de la capacidad distal de detección de ruido por medio de los dispositivos de detección de ruido hay limitaciones de lo lejos que un ruido generado puede seguir midiéndose de manera fiable mediante los dispositivos de detección de ruido. Sin embargo, es ventajoso monitorizar el área completa que se cubre por las palas de rotor durante una rotación del rotor completa. El margen de captura que se entiende como el margen de captura acústica de los dispositivos de detección de ruido puede describirse como un cono con un determinado ángulo. Por tanto, el margen de captura de los dispositivos de detección de ruido, por ejemplo, puede ser 30 grados o 60 grados o incluso 120 grados.

En otra realización de la invención, la distribución angular del ruido se determina mediante triangulación de dos dispositivos adyacentes de detección de ruido del conjunto de dispositivos de detección de ruido.

La triangulación es un concepto frecuente y bien conocido de localizar una fuente o punto específico que está alejado a una determinada distancia de los dispositivos de detección. Debido a la presencia de una pluralidad de dispositivos de detección de ruido, se usan ventajosamente dos dispositivos adyacentes de detección de ruido para especificar y determinar la distribución angular, es decir la dirección específica de dónde procede el ruido generado.

El dispositivo de detección de ruido puede o bien montarse en un componente de la turbina eólica que es estacionario en relación con la primera pala de rotor o bien puede montarse en un componente de la turbina eólica que es móvil en relación con la primera pala de rotor. Dicho de otro modo, el dispositivo de detección de ruido puede o bien rotar en el mismo sentido y con la misma velocidad angular que la primera pala de rotor, de tal manera que la distancia relativa entre la primera pala de rotor y el dispositivo de detección de ruido permanece inalterable durante el funcionamiento de la turbina eólica, o el dispositivo de detección de ruido puede rotar en relación con la primera pala de rotor durante el funcionamiento de la turbina eólica. En este contexto, el término "funcionamiento de la turbina eólica" significa una rotación de las palas de rotor alrededor del eje de rotación del rotor de la turbina eólica.

Como ejemplo, el dispositivo de detección de ruido puede montarse en la góndola o en la torre de la turbina eólica. También puede montarse en el suelo, donde está instalado la turbina eólica.

Alternativamente, el dispositivo de detección de ruido puede montarse en una de las palas de rotor, particularmente en la raíz de la pala de rotor respectiva, o en el cubo, que rota conjuntamente con las palas de rotor.

En el caso de proporcionar un conjunto de dispositivos de detección de ruido, estos dispositivos de detección de ruido pueden instalarse en el mismo componente de la turbina eólica o pueden instalarse en diferentes componentes, en el que los componentes se refieren a los componentes mencionados anteriormente.

En otra realización de la invención, la optimización del rendimiento de la turbina eólica incluye aumentar la energía eléctrica generada por la turbina eólica.

El aumento de la energía eléctrica que genera la turbina eólica también se denomina AEP, que significa la producción de energía anual de la turbina eólica. Por tanto, la noción más bien abstracta de rendimiento de la turbina eólica puede referirse al aspecto muy concreto y cuantitativo de la cantidad de energía eléctrica que puede generarse anualmente por la turbina eólica.

En otra realización de la invención, el rendimiento de la turbina eólica incluye la reducción del ruido que emite la turbina eólica.

Esto se refiere al hecho de que otro aspecto concreto de cómo caracterizar el rendimiento de una turbina eólica es la cantidad y la intensidad del ruido que genera la turbina eólica. Normalmente, se desea un bajo nivel de ruido. El controlador puede optimizar ambos aspectos incluyendo un aumento de la energía eléctrica y una reducción del ruido o puede estar dirigido sólo a uno de los dos aspectos.

Además, la invención se refiere a una turbina eólica que comprende una torre, una góndola, un cubo rotatorio, una primera pala de rotor y al menos una segunda pala de rotor. Ambas palas de rotor están montadas en el cubo. Además, la turbina eólica comprende al menos un dispositivo de detección de ruido para medir el ruido que se genera en una sección angular dentro del plano de rotor debido a una interacción entre las palas de rotor de la turbina eólica y el flujo de aire que incide en la primera pala de rotor. Además, la turbina eólica comprende medios para cambiar la orientación de la segunda pala de rotor con respecto a la dirección del flujo de aire incidente de tal

manera que se cambia el ruido que se genera por la interacción entre la segunda pala de rotor y el flujo de aire que incide en la segunda pala de rotor.

5 Una turbina eólica de este tipo es muy adecuada para realizar el método inventivo tal como se ha descrito anteriormente. Requiere sólo un conjunto de modificaciones limitado en comparación con turbinas eólicas convencionales. Básicamente, sólo tiene que añadirse un conjunto de dispositivos de detección de ruido a una turbina eólica convencional. Según la invención, la turbina eólica comprende un controlador para analizar los datos que se reciben de los dispositivos de detección de ruido, analizar el ruido medido y elegir comandos de funcionamiento apropiados. Esto es fácil de implementar o bien en turbinas eólicas instaladas recientemente o bien como readaptación de las turbinas eólicas que ya están funcionando.

Ventajosamente, los dispositivos de detección de ruido son micrófonos, por ejemplo micrófonos convencionales.

15 Finalmente, en una realización ventajosa, la turbina eólica se controla mediante uno de los métodos para controlar la turbina eólica tal como se ha descrito anteriormente.

Ahora se describen realizaciones de la invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia los dibujos adjuntos, de los que:

20 la figura 1 muestra una turbina eólica;

la figura 2 muestra un conjunto de dispositivos de detección de ruido que se instalan en una góndola de una turbina eólica;

25 la figura 3 muestra un controlador que se conecta al conjunto de dispositivos de detección de ruido;

la figura 4 muestra cómo el ruido que se genera en una sección de punta de una pala de rotor se detecta mediante el dispositivo de detección de ruido;

30 la figura 5 muestra una segunda pala de rotor donde debido a una regulación de paso favorable no se genera ningún ruido significativo en la sección de punta; y

la figura 6 muestra un campo de ruido que se obtiene aplicando el método inventivo.

35 Las ilustraciones en los dibujos están en forma esquemática. Se observa que en diferentes figuras, a elementos similares o idénticos pueden proporcionarse los mismos signos de referencia.

40 En la figura 1, se muestra una turbina 10 eólica. La turbina 10 eólica comprende una góndola 12 y una torre 11. La góndola 12 está montada en la parte superior de la torre 11. La góndola 12 está montada de manera rotatoria con respecto a la torre 11 por medio de un cojinete de guiñada. El eje de rotación de la góndola 12 con respecto a la torre 11 se denomina eje de guiñada.

45 La turbina 10 eólica también comprende un cubo 13 con tres palas 17 de rotor (de las que dos palas 17 de rotor se representan en la figura 1). El cubo 13 está montado de manera rotatoria con respecto a la góndola 12 por medio de un cojinete principal. El cubo 13 está montado de manera rotatoria alrededor de un eje 14 de rotación del rotor.

50 La turbina 10 eólica comprende además un árbol principal, que conecta el cubo 13 con un rotor de un generador 15. El cubo 13 está conectado directamente al rotor, por tanto la turbina 10 eólica se denomina turbina eólica de accionamiento directo "sin engranajes". Como alternativa, el cubo 13 también puede conectarse al rotor por medio de una caja de engranajes. Este tipo de turbina eólica se denomina turbina eólica de engranajes.

El generador 15 está alojado dentro de la góndola 12. Comprende el rotor y un estator. El generador 15 está dispuesto y se preparado para convertir la energía rotacional del rotor en energía eléctrica.

55 La figura 2 muestra un dibujo esquemático de una turbina eólica vista desde el frente y en la dirección del eje de rotación del rotor. La góndola 12 se ilustra con una sección transversal circular y colocada en el medio de la figura 2. En la figura 2, de la góndola 12 hacia abajo, la torre 11 se ilustra con dos líneas discontinuas como limitaciones. Tres palas de rotor están unidas al cubo (no mostrado explícitamente) de la turbina eólica, concretamente una primera pala 171 de rotor, una segunda pala 172 de rotor y una tercera pala 173 de rotor. Además, seis dispositivos 21 de detección de ruido están conectados a la góndola 12. Los dispositivos 21 de detección de ruido están distribuidos uniformemente a lo largo de la línea circunferencial de la góndola 12 en la vista en sección transversal. Cada dispositivo 21 de detección de ruido tiene un margen 22 de captura acústica específico. El margen 22 de captura acústica indica el margen en el que una señal de ruido puede capturarse de manera fiable.

65 Obsérvese que debido al hecho de que los dispositivos 21 de detección de ruido se montan en la góndola 12 que está estacionaria, los dispositivos 21 de detección de ruido pueden monitorizar eficazmente las palas 17 de rotor que

se montan en el cubo rotatorio. El sentido de rotación del rotor también se ilustra en 141 en la figura 2.

Las palas 17 de rotor se monitorizan mediante el conjunto de dispositivos 21 de detección de ruido. Dependiendo del margen 22 de captura de los dispositivos 21 de detección de ruido y dependiendo del número de dispositivos 21 de detección de ruido, la determinación de la distribución angular de ruido puede realizarse mediante triangulación de dos dispositivos 21 de detección de ruido contiguos. Alternativamente, también puede determinarse de manera precisa mediante un único dispositivo 21 de detección de ruido.

La figura 3 muestra la misma turbina eólica que en la figura 2. Más específicamente, se ilustra un controlador 23 para elegir parámetros de funcionamiento basándose en el análisis del ruido medido. El controlador 23 se coloca de manera independiente de los dispositivos 21 de detección de ruido y se conecta a cada uno de los dispositivos 21 de detección de ruido mediante medios 24 de conexión de detección de ruido. Estos medios 24 de conexión de detección de ruido pueden ser cables eléctricos o fibras ópticas o comunicaciones inalámbricas u otros medios adecuados para conectar los dispositivos 21 de detección de ruido que se instalan en la góndola de la turbina eólica con el controlador 23. Ventajosamente, el controlador 23 también se instala en la góndola de la turbina eólica.

En la realización de la figura 3, el parámetro de funcionamiento que se elige y se ajusta mediante el controlador 23 es la variación del ángulo de paso de las palas 17 de rotor. Concretamente, puede regularse el paso de las palas de rotor, conjunta o individualmente, alrededor de un eje de paso que es sustancialmente coincidente con los ejes longitudinales de las palas 17 de rotor. Se muestra el sentido de rotación del paso 161 para cada una de las tres palas 17 de rotor.

En este ejemplo, las mediciones de ruido que se realizan mediante cada dispositivo 21 de detección de ruido se envían o se transmiten al controlador 23 central que analiza los patrones de ruido y proporciona mediciones reactivas si es necesario. Por ejemplo, si se detecta una anomalía local de ruido en una pala 17 de rotor específica, esta información se prealimenta a un sistema de paso individual de las palas de rotor de tal manera que la pala de rotor rezagada o de salida, que se denomina pala de rotor que sigue a la pala de rotor de ataque, contrarresta la anomalía local con un ángulo de paso ya optimizado y adaptado.

La figura 4 muestra un caso en el que una pala 17 de rotor que está conectada a un cubo 13 experimenta una anomalía de viento. Esto se traduce en un flujo 26 de aire que incide en la pala 17 de rotor con una orientación e intensidad específicas. Particularmente en la sección de punta de la pala 17 de rotor, esto crea, es decir genera ruido 27. Este ruido con un patrón de ruido inusual y poco común y/o la intensidad de ruido se mide y se captura mediante el dispositivo 21 de detección de ruido. Se captura tan pronto como entra en el margen 22 de captura del dispositivo 21 de detección de ruido. Suponiendo el hecho de que la anomalía de viento persiste durante algunos segundos, por ejemplo de uno a cinco segundos o más, el controlador puede enviar una señal apropiada al sistema de paso de la pala de rotor de tal manera que se regula el paso de la pala 17 de rotor rezagada que se muestra en la figura 5 entorno a un determinado ángulo de paso. Este ángulo de paso adaptado impide o al menos mitiga el ruido generado. En el ejemplo de la figura 5, elimina completamente el nivel inusual de ruido que se genera en la sección de punta de la pala 17 de rotor. Por tanto, se establece un mecanismo de control de prealimentación basándose en mediciones de ruido y se controla mediante un controlador central.

La figura 6 muestra cómo puede generarse y registrarse un campo de viento completo si, por ejemplo, un conjunto de dispositivos de detección de ruido se monta en la góndola de una turbina 10 eólica. La ilustración en la figura 6 muestra una primera situación en la que se detecta un primer campo 31 de distribución de ruido. La altura de la intensidad de ruido o potencia de señal ilustrada en la figura 6 describe el nivel de intensidad del ruido que se denomina intensidad 33 de ruido angular. Por tanto, para cada dirección a lo largo de los 360 grados del plano de rotor existe una intensidad 33 de ruido angular específica. El primer campo 31 de distribución de ruido representa un "punto caliente" local en el que los dispositivos de detección de ruido detectaron emisión acústica anómalamente alta. En este caso, una reacción apropiada del controlador sería el envío de esta retroalimentación al sistema de paso de las palas de rotor de salida de tal manera que puede regularse el paso de la pala de rotor de salida hasta un ángulo de ataque mayor. Por consiguiente, se producirá menos ruido en comparación con la situación en que no se hubiera realizado ninguna adaptación previa de la pala de rotor de salida. La pala de rotor que detecta el punto caliente local se representa mediante la primera pala 171 de rotor. Las palas de rotor de salida son la segunda pala 172 de rotor y la tercera pala 173 de rotor.

La figura 6 también muestra un segundo caso, en el que se detecta un segundo campo 32 de distribución de ruido. En este caso se muestra un patrón de ruido que no indica una anomalía local del viento sino más bien una desalineación de la dirección de guiñada entre el flujo de viento entrante y la turbina. Esto podría deberse a un acontecimiento de una alta cizalladura y viraje del viento. Una reacción ventajosa del controlador en este caso sería la guiñada de la góndola completa incluyendo el cubo con las palas de rotor que están unidas o conectadas a la góndola de tal manera que puede realizarse una reducción global del ruido generado o de la emisión acústica generada.

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar una turbina (10) eólica, comprendiendo la turbina (10) eólica una torre (11), una góndola (12), un cubo (13) rotatorio, una primera pala (171) de rotor y al menos una segunda pala (172) de rotor, en el que ambas palas (171, 172) de rotor están montadas en el cubo (13), y en el que el método comprende las etapas de
 - medir (27) ruido por medio de al menos un dispositivo (21) de detección de ruido, generándose el ruido (27) en al menos una sección angular dentro del plano de rotor debido a una interacción entre la primera pala (171) de rotor de la turbina (10) eólica y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (171) de rotor, y
 - cambiar la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente de tal manera que se cambia el ruido que se genera por la interacción entre la segunda pala (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la segunda pala (172) de rotor en la sección angular.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el método comprende las etapas adicionales de
 - determinar la velocidad rotacional del rotor (18), y
 - calcular el tiempo esperado que necesita la segunda pala (202) de rotor para alcanzar la sección angular dentro del plano de rotor, en el que el cálculo se lleva a cabo basándose en la velocidad rotacional determinada del rotor (18) y el ángulo entre la primera pala (201) de rotor y la segunda pala (202) de rotor.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
 - la turbina (10) eólica comprende un conjunto de dispositivos (21) de detección de ruido para medir el ruido (27), y
 - midiendo simultáneamente el ruido mediante el conjunto de dispositivos (21) de detección de ruido se obtiene una imagen más completa del ruido generado dentro del plano de rotor.
4. Método según la reivindicación 3, en el que una distribución angular del ruido (27) se determina mediante triangulación de dos dispositivos adyacentes de detección de ruido del conjunto de dispositivos (21) de detección de ruido.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (21) de detección de ruido se monta de manera móvil en relación con la primera pala (171) de rotor.
6. Método según la reivindicación 5, en el que el dispositivo (21) de detección de ruido se monta en la góndola (12) de la turbina (10) eólica, en la torre (11) de la turbina (10) eólica o en el suelo donde está instalado la turbina (10) eólica.
7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el dispositivo (21) de detección de ruido se monta de manera estacionaria en relación con la primera pala (171) de rotor.
8. Método según la reivindicación 7, en el que el dispositivo (21) de detección de ruido se monta en la primera pala (171) de rotor, la segunda pala (172) de rotor o en el cubo (13) de la turbina (10) eólica.
9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente se cambia regulando el paso de la segunda pala (172) de rotor.
10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente se cambia produciendo un movimiento de guiñada la góndola (12) de la turbina (10) eólica.
11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que si el ruido que se ha generado en la sección angular dentro del plano de rotor por la interacción entre las primeras palas (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (172) de rotor es mayor que un valor de umbral de ruido predeterminado, la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente se cambia de tal manera que el ruido que se genera en la sección angular por la interacción entre las segundas palas (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la segunda pala (172) de rotor se disminuye en comparación con el ruido que se ha generado en la sección angular por la interacción entre la primera pala (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (172) de rotor.

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que si el ruido que se ha generado en la sección angular dentro del plano de rotor por la interacción entre las primeras palas (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (172) de rotor es menor que un valor de umbral de ruido predeterminado, la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente se cambia de tal manera que el ruido que se genera en la sección angular por la interacción entre las segundas palas (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la segunda pala (172) de rotor aumenta en comparación con el ruido que se ha generado en la sección angular por la interacción entre la primera pala (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (172) de rotor.
13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el ruido medido se calcula en términos de velocidades de viento de tal manera que puede obtenerse un campo de viento para la zona barrida de las palas (171, 172) de rotor.
14. Turbina (10) eólica, en la que la turbina (10) eólica comprende
- una torre (11), una góndola (12), un cubo (13) rotatorio, una primera pala (171) de rotor y al menos una segunda pala (172) de rotor, en la que ambas palas (171, 172) de rotor están montadas en el cubo (13),
 - al menos un dispositivo (21) de detección de ruido para medir el ruido (27) que se genera en una sección angular dentro del plano de rotor debido a una interacción entre la primera pala (171) de rotor de la turbina (10) eólica y el flujo (26) de aire que incide en la primera pala (171) de rotor,
 - medios para cambiar la orientación de la segunda pala (172) de rotor con respecto a la dirección del flujo (26) de aire incidente de tal manera que se cambia el ruido que se genera por la interacción entre la segunda pala (172) de rotor y el flujo (26) de aire que incide en la segunda pala (172) de rotor, y caracterizado porque la turbina eólica comprende además
 - un controlador (23) para analizar los datos que se reciben del dispositivo (21) de detección de ruido, analizar el ruido medido y elegir comandos de funcionamiento apropiados, en el que la elección de parámetros de funcionamiento se refiere a una regulación de paso individual de la segunda pala (172) de rotor.
15. Turbina (10) eólica según la reivindicación 14, en la que el dispositivo (21) de detección de ruido es un micrófono.

FIG 1

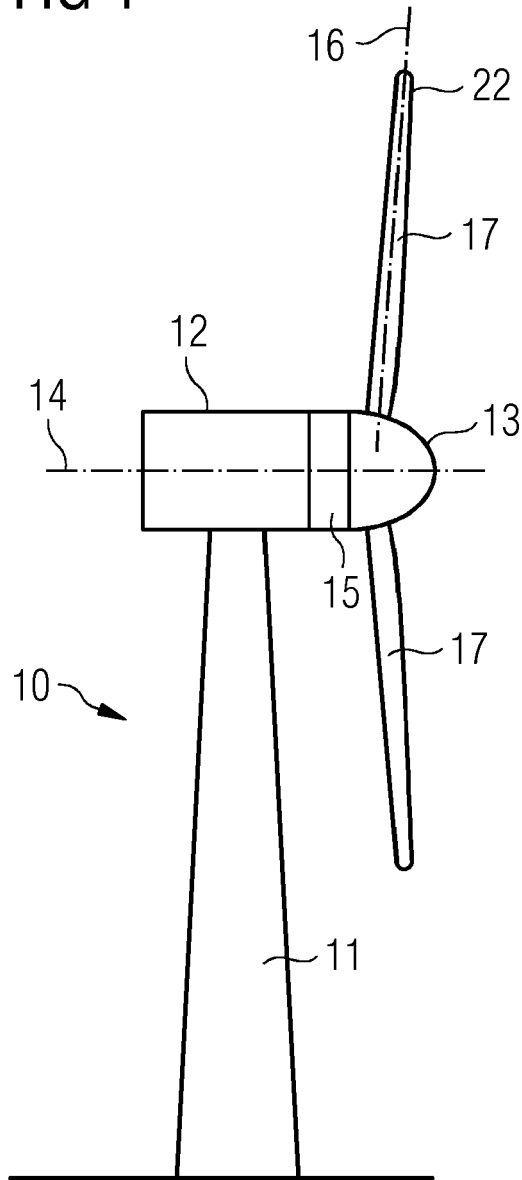


FIG 2

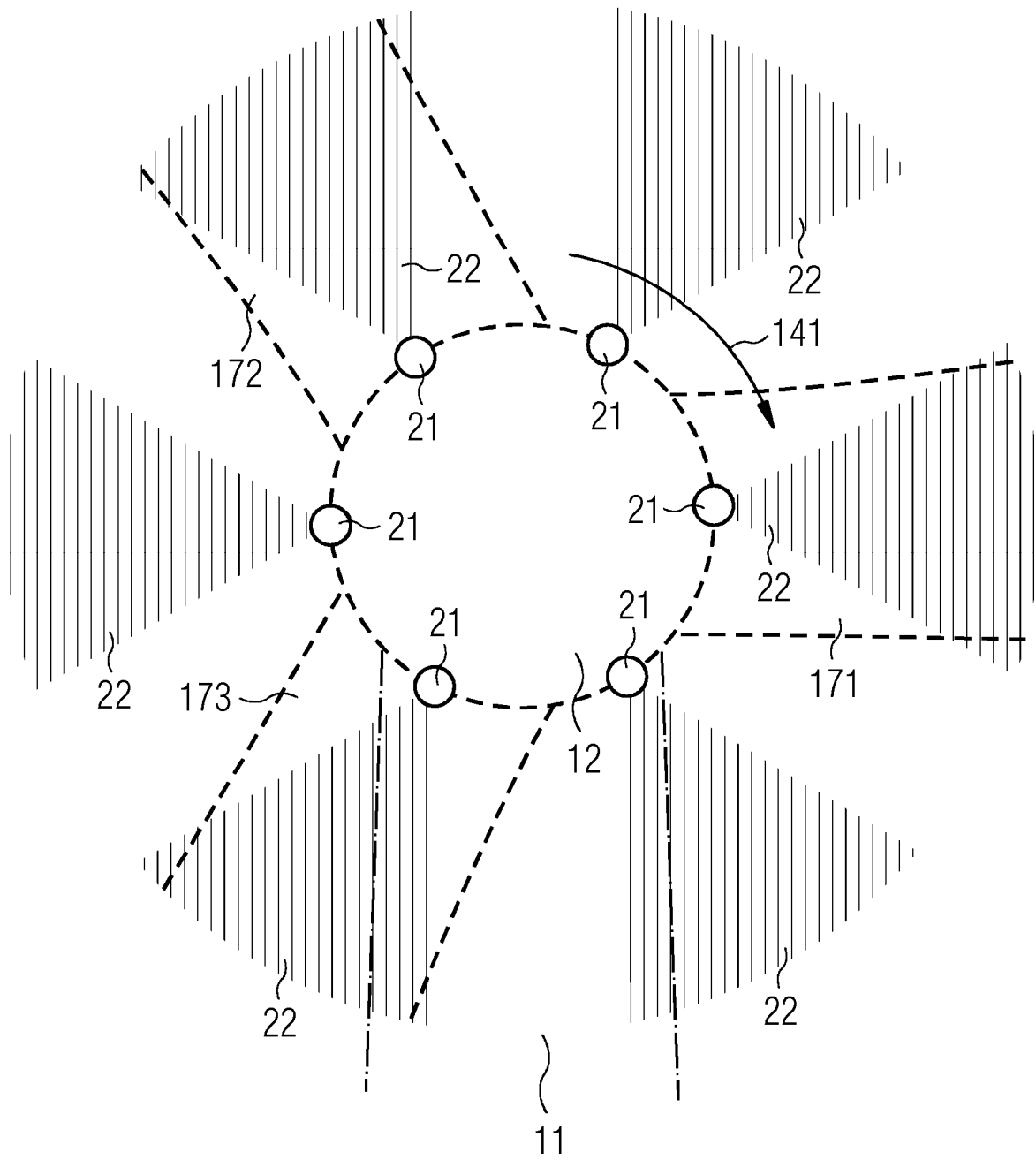


FIG 3

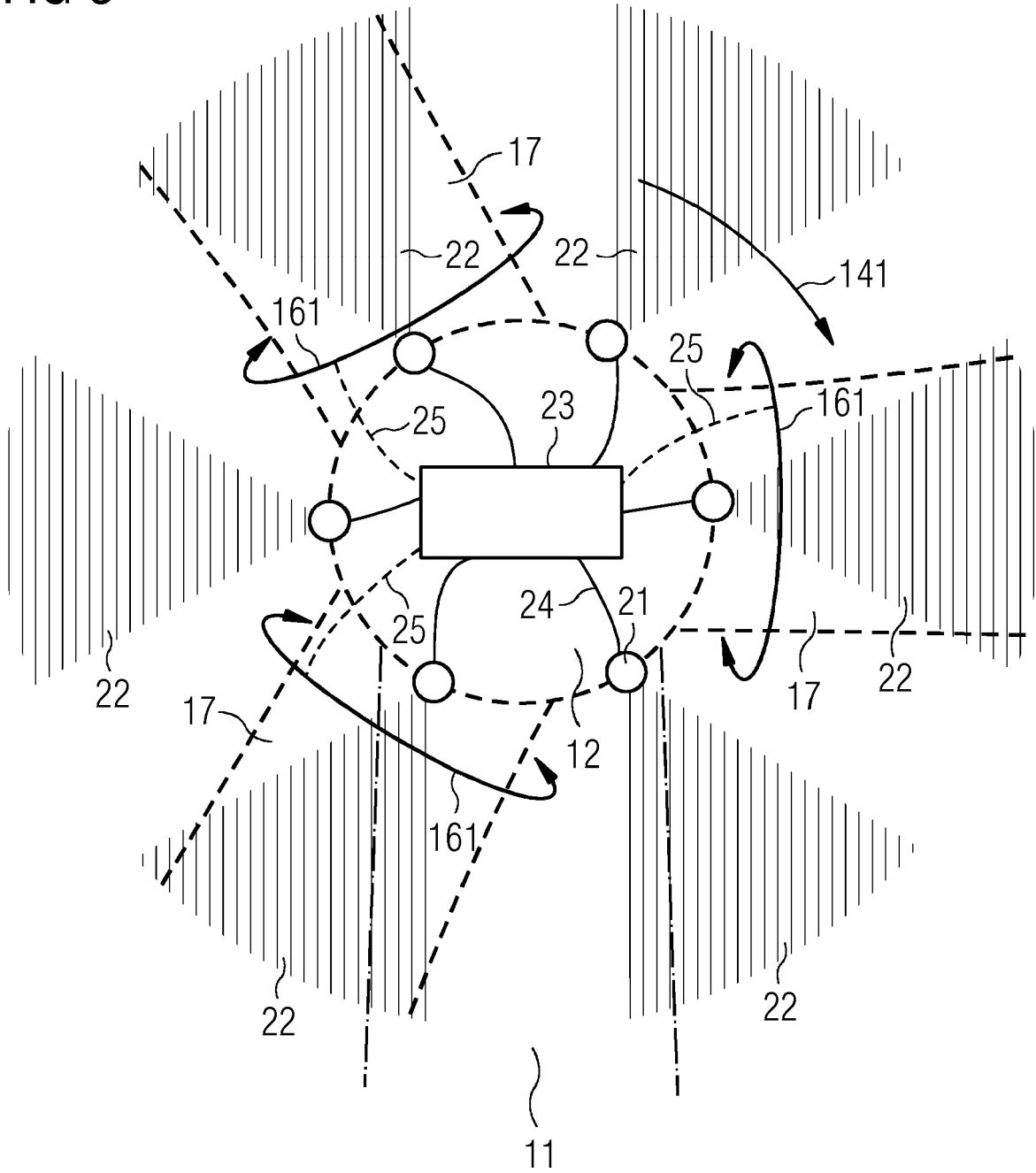


FIG 4

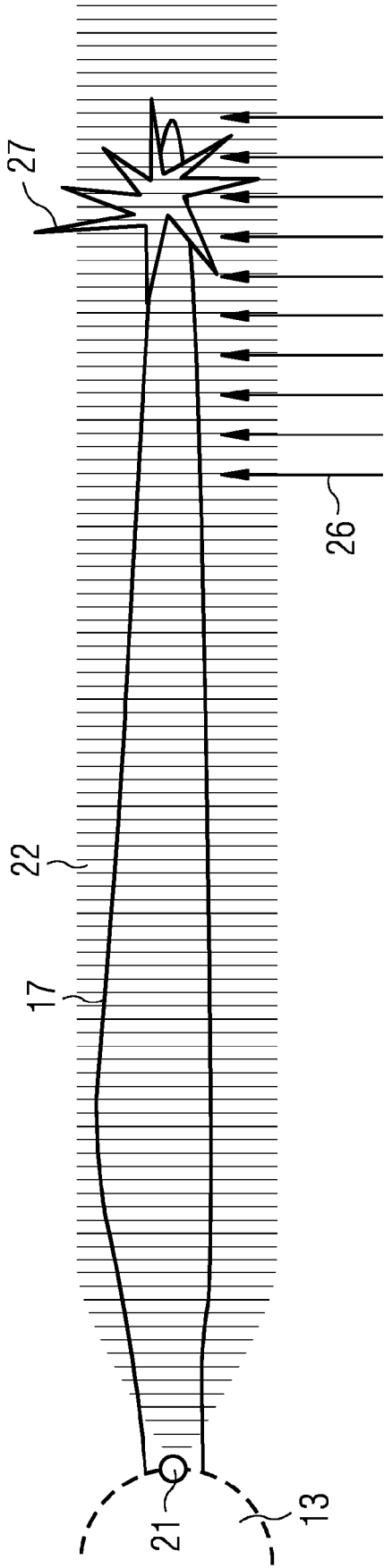


FIG 5

