

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 616**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2019 PCT/EP2019/079830**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2020 WO20120014**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2019 E 19801758 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2022 EP 3867526**

54 Título: **Regulación de flujo de palas de turbinas eólicas**

30 Prioridad:

13.12.2018 EP 18212387

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

08.11.2022

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)**

**Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**EGEDAL, PER;
ENEVOLDSEN, PEDER BAY;
FIEDEL, MORITZ;
GONZALEZ, ALEJANDRO GOMEZ;
HOEGH, GUSTAV y
KRISTENSEN, MIKKEL AGGERSBJERG**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 927 616 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

Regulación de flujo de palas de turbinas eólicas

5 Campo de invención

La presente invención se refiere a un método para detectar el estado en un dispositivo aerodinámico para regular el flujo sobre la superficie de una pala para una turbina eólica. La presente invención se refiere además a una turbina eólica que incluye dispositivos de control para regular el flujo sobre la superficie de una pala para una turbina eólica y que detecta el estado del dispositivo aerodinámico para regular dicho flujo.

Antecedentes de la técnica

Una pala de rotor de turbina eólica puede tener instalado un dispositivo de regulación de flujo sobre su superficie, que fluye desde el borde de ataque hasta el borde de salida de una pala de rotor de una turbina eólica. Un ejemplo de un dispositivo de regulación de flujo de este tipo es un generador de vórtices (VG) instalado en el lado de succión de la pala de rotor de la turbina eólica. En general, se puede considerar que un dispositivo de regulación de flujo comprende un dispositivo que es capaz de mejorar el coeficiente de sustentación de la sección de la superficie aerodinámica, por ejemplo, aumentando el nivel de energía de la capa límite de la pala de rotor.

Otros dispositivos aerodinámicos pueden actuar en sintonía con el generador de vórtices y pueden influir en el efecto del generador de vórtices dependiendo del estado del alerón. Ejemplos de este último dispositivo aerodinámico son típicamente alerones, instalados en el lado de succión de la pala, entre el borde de salida y el generador de vórtices. Alternativamente, los alerones pueden estar presentes en solitario, es decir, no combinados con generadores de vórtices u otros dispositivos de regulación de flujo. Los alerones pueden configurarse de manera que su forma y/u orientación puedan regularse, por ejemplo, mediante un actuador neumático, hidráulico o mecánico.

El alerón puede actuar en sintonía con el generador de vórtices y puede influir en el efecto del generador de vórtices dependiendo del estado del alerón, es decir, la altura de extensión y/o el ángulo de inclinación mediante el cual el alerón se extiende o se inclina con respecto a otras porciones de la superficie de la pala de rotor.

El documento EP 1 623 111 B1 divulga una pala de turbina eólica que incluye medios de regulación de sustentación ajustables dispuestos sobre o en la superficie de la pala de la turbina eólica y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala y unos medios de activación mediante los cuales los medios de regulación de sustentación pueden ajustarse y así alterar las propiedades aerodinámicas de la pala. Los medios de regulación de sustentación comprenden una o más aletas flexibles.

El documento US 8 851 840 B2 divulga una pala de turbina eólica que comprende un cuerpo de pala y un dispositivo para modificar la superficie aerodinámica o la forma de la pala, en el que un actuador neumático controla la posición y/o el movimiento del dispositivo, en el que está presente una cámara de presión situada dentro del cuerpo de la pala. La cámara de presión puede presurizarse cambiando así el estado del dispositivo, modificando así la superficie aerodinámica o la forma de la pala.

El documento US 5 106 265 A divulga un ala de turbina eólica que comprende un alerón accionado neumáticamente desplazable perpendicularmente a una corriente de aire.

El documento WO 2018/041420 divulga una pala de rotor que comprende un dispositivo aerodinámico para influir en el flujo de aire que fluye desde la sección del borde de ataque de la pala de rotor hasta la sección del borde de salida de la pala de rotor, en el que el dispositivo aerodinámico está montado en una superficie de la pala de rotor y comprende un actuador neumático o hidráulico, tal como una manguera o una cavidad cuyo volumen depende de la presión del fluido presente en el interior del actuador neumático o hidráulico.

El documento EP 2 679 808 A1 muestra una descripción general del perfil de ruido (contenido de frecuencia) que cambia cuando se activa el dispositivo aerodinámico.

Es deseable monitorizar el rendimiento de los alerones u otros dispositivos aerodinámicos reguladores de flujo regulados por un actuador neumático o hidráulico y su influencia en la producción de energía de la turbina eólica.

Sumario de la invención

Esta necesidad puede satisfacerse mediante el objeto según las reivindicaciones independientes. Realizaciones ventajosas de la presente invención se describen mediante las reivindicaciones dependientes.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una turbina eólica que incluye:

- al menos una pala de rotor que comprende un dispositivo aerodinámico para influir en el flujo de aire que fluye

desde la sección del borde de ataque de la pala de rotor hasta la sección del borde de salida de la pala de rotor, en el que el dispositivo aerodinámico está montado en una superficie de la pala de rotor,

5 - un actuador del dispositivo aerodinámico para accionar el dispositivo aerodinámico al menos entre una primera configuración sobresaliente y una segunda configuración retraída,

- un sistema de suministro de presión para operar el actuador por medio de un fluido a presión,

10 - un receptor acústico para medir una señal acústica en el sistema de suministro de presión, y
- una unidad de diagnóstico conectada al receptor acústico y configurada para derivar un estado operativo del dispositivo aerodinámico en base a la señal acústica.

15 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para detectar el estado operativo de un dispositivo aerodinámico para influir en el flujo de aire que fluye desde el borde de ataque de una pala de rotor para una turbina eólica hasta el borde de salida de la pala de rotor, siendo el dispositivo aerodinámico desplazable mediante un actuador entre una primera configuración sobresaliente y una segunda configuración retraída por medio de un fluido a presión, comprendiendo el método las etapas de:

20 - medir una señal acústica en el sistema de suministro de presión, y

- derivar un estado operativo del dispositivo aerodinámico en base a la señal acústica.

25 La disposición y el método descritos anteriormente permiten controlar el rendimiento y el estado del dispositivo aerodinámico y, por lo tanto, su influencia en la producción de energía de la turbina eólica.

Ventajosamente, el actuador puede ser una manguera neumática conectada al sistema de suministro de presión. El sistema de suministro de presión opera el actuador controlando la presión en el fluido a presión.

30 Según realizaciones de la presente invención, el actuador, el sistema de suministro de presión, el receptor acústico y la unidad de diagnóstico están integrados en una pala de rotor de la turbina eólica.

35 Según realizaciones de la presente invención, la turbina eólica comprende un transmisor acústico para transmitir la señal acústica en el sistema de suministro de presión, estando conectado el transmisor acústico a la unidad de diagnóstico.

40 El actuador puede funcionar entre una configuración inflada correspondiente a la primera configuración sobresaliente del dispositivo aerodinámico y una configuración desinflada correspondiente a la segunda configuración retraída del dispositivo aerodinámico, proporcionando el actuador en la configuración inflada una primera trayectoria para la señal acústica en el sistema de suministro de presión, proporcionando el actuador en la configuración desinflada una segunda trayectoria para la señal acústica en el sistema de suministro de presión, siendo la segunda trayectoria diferente de la primera trayectoria.

45 Según una realización de la presente invención, el sistema de suministro de presión comprende una primera línea de presión para proporcionar el fluido a presión al actuador del dispositivo aerodinámico, proporcionándose el transmisor acústico y el receptor acústico en la primera línea de presión.

50 Según dicha realización, la unidad de diagnóstico es una unidad de control de sónar, el transmisor acústico es un altavoz conectado a la unidad de control de sónar y el receptor acústico es un micrófono también conectado a la unidad de control de sónar. Según dicha realización, el altavoz inyecta un pulso de sonido en la línea de presión. Un micrófono detecta el eco. Si el actuador está en la configuración inflada, el pulso de sonido se desplaza hasta el extremo del actuador antes de hacer eco en el micrófono. Si el actuador está en la configuración desinflada, el pulso de sonido ya se devuelve al extremo de la línea de presión, es decir, en el puerto cerrado del actuador de expansor. Si el tiempo de eco es corto, el actuador está en la configuración desinflada; si el tiempo de eco es largo, el actuador está en la configuración inflada.

55 Ventajosamente, una solución de sónar es a prueba de fallos; porque en caso de que haya un fallo en el propio sistema de sónar, no se recibe ningún eco.

60 Según una realización de la presente invención, se puede asociar una unidad de monitorización a la unidad de diagnóstico para generar una alarma en caso de que el eco recibido no sea el esperado.

65 Según una realización de la presente invención, el sistema de suministro de presión comprende una segunda línea de retorno de presión para recibir el fluido a presión desde el actuador del dispositivo aerodinámico, proporcionándose el receptor acústico en la segunda línea de retorno de presión.

Según dicha realización, el altavoz inyecta un pulso de sonido en la línea de presión. El micrófono está colocado en el extremo de una línea de presión de retorno conectada al extremo posterior del actuador. Si el actuador está en la configuración inflada, el pulso de sonido se desplaza hasta el micrófono. Si el actuador está en la configuración desinflada, el pulso de sonido se detiene en el extremo de la línea de presión, es decir, al comienzo del actuador.

5 Si se recibe un pulso de sonido, el actuador está en la configuración inflada y si no se recibe ningún pulso de sonido, el actuador está en la configuración desinflada.

10 Esta información se puede comparar con el estado esperado de la sección de pérdida de compensación y, si hay desviaciones, se activará una alarma.

15 Según una realización de la presente invención, no está presente ningún transmisor acústico, pero la fuente acústica la proporciona el viento que actúa sobre el dispositivo aerodinámico y se propaga al actuador neumático en la configuración inflada.

En tal realización, la unidad de diagnóstico puede configurarse para calcular un espectro de frecuencias de la señal acústica y derivar un estado operativo del dispositivo aerodinámico basado en el espectro de frecuencias.

20 Tal realización de la invención se basa en el hecho de que el dispositivo aerodinámico en la configuración sobresaliente está sujeto a fuerzas causadas por el flujo de aire alrededor de la pala. Cuando se genera pérdida, la frecuencia del flujo de aire estancado se propaga al dispositivo aerodinámico y desde allí al actuador neumático y al aire a presión usado para accionarlo. La vibración de este puede ser captada por un micrófono conectado a la manguera o directamente como medición de vibración en la sección. Si el dispositivo aerodinámico está en la configuración retraída, entonces estas fuerzas deben ser más pequeñas y tener un contenido de frecuencia diferente.

25 Según una realización de la presente invención, la primera línea de presión se extiende entre un primer extremo donde se proporciona el receptor acústico y/o el transmisor acústico y un segundo extremo conectado al actuador del dispositivo aerodinámico, estando provisto un dispositivo de absorción de sonido en el primer extremo para aislar acústicamente la primera línea de presión del ruido acústico generado en el sistema de suministro de presión.

Ventajosamente, el material de absorción de sonido evita que el ruido y el eco del sistema de suministro de presión lleguen a la línea de presión.

35 Debe entenderse que las características que individualmente o en cualquier combinación han sido divulgadas, descritas o proporcionadas para un método para detectar el estado operativo de un dispositivo aerodinámico también pueden, individualmente o en cualquier combinación, aplicar o proporcionar una disposición para detectar el estado operativo de un dispositivo aerodinámico en una turbina eólica (en particular, comprendido en una pala para una turbina eólica) según realizaciones de la presente invención, y viceversa.

40 Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realización que se describirán a continuación y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá con más detalle a continuación con referencia a ejemplos de realización, pero a los que la invención no se limita.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra una turbina eólica;

50 la figura 2 muestra una pala de rotor de una turbina eólica que incluye un dispositivo aerodinámico;

las figuras 3 y 4 muestran una sección radial de la pala de rotor de la figura 2;

55 las figuras 5 y 6 muestran esquemáticamente una disposición neumática según una primera realización de la presente invención;

las figuras 7 y 8 muestran esquemáticamente una disposición neumática según una segunda realización de la presente invención;

60 la figura 9 muestra esquemáticamente una disposición neumática según una tercera realización de la presente invención.

Descripción detallada

65 Los dibujos son en forma esquemática. Elementos similares o idénticos se referencian mediante signos de referencia iguales o diferentes.

- La figura 1 muestra una turbina 10 eólica convencional para generar electricidad. La turbina 10 eólica comprende una torre 11 que está montada en el suelo 16 en un extremo. En el extremo opuesto de la torre 11 está montada una góndola 12. La góndola 12 generalmente se monta de forma giratoria con respecto a la torre 11, que se denomina que comprende un eje de guiñada sustancialmente perpendicular al suelo 16. La góndola 12 aloja habitualmente el generador de la turbina eólica y la caja de engranajes (si la turbina eólica es una turbina eólica con engranajes). Además, la turbina 10 eólica comprende un buje 13 que puede girar alrededor de un eje Y del rotor. Cuando no se especifica de otra manera, los términos axial, radial y circunferencial a continuación se refieren al eje Y del rotor.
- El buje 13 se describe a menudo como parte de un rotor de turbina eólica, en el que el rotor de turbina eólica es capaz de girar alrededor del eje Y del rotor y transferir la energía rotacional a un generador eléctrico (no mostrado).
- La turbina 1 eólica comprende además al menos una pala 20 (en la realización de la figura 1, el rotor eólico comprende tres palas 20, de las cuales solo dos palas 20 son visibles) montadas en el buje 13. Las palas 4 se extienden sustancialmente de manera radial con respecto al eje Y de rotación.
- Cada pala 20 de rotor suele montarse de forma pivotante en el buje 13, para poder inclinarse alrededor de respectivos ejes X de inclinación. Esto mejora el control de la turbina eólica y, en particular, de las palas del rotor por la posibilidad de modificar la dirección en la que el viento está golpeando las palas 20 de rotor. Cada pala 20 de rotor está montada en el buje 13 en su sección 21 de raíz. La sección 21 de raíz está opuesta a la sección 22 de punta de la pala de rotor.
- La figura 2 ilustra la pala 20 de rotor que comprende un dispositivo 30 aerodinámico en forma de alerón accionado. Entre la sección 21 de raíz y la sección 22 de punta, la pala 20 de rotor comprende además una pluralidad de secciones de superficie aerodinámica para generar sustentación. Cada sección de superficie aerodinámica comprende un lado 25 de succión y un lado 26 de presión. La forma de superficie aerodinámica de la porción de superficie aerodinámica está simbolizada por un perfil de superficie aerodinámica que se muestra en la figura 2 y que ilustra la forma de la sección transversal de la pala de rotor en esta posición transversal. También debe tenerse en cuenta que el lado 25 de succión está dividido o separado del lado 26 de presión por una línea 27 de cuerda que conecta un borde 41 de ataque con un borde 31 de salida de la pala 20 de rotor.
- El dispositivo 30 aerodinámico está dispuesto en el lado 25 de succión entre el borde 41 de ataque y el borde 31 de salida.
- El dispositivo 30 aerodinámico en la figura 2 es desplazable por medio de una línea 53 de presión conectada a un actuador 34 neumático. Según la realización de las figuras adjuntas, el actuador 34 neumático se realiza como una manguera. La manguera 34 comprende una piel exterior elástica, de manera que puede inflarse y desinflarse de manera reversible y durante muchos ciclos cuando se opera por medio de la línea 53 de presión.
- La línea 53 de presión está comprendida en un sistema 52 de suministro de presión, controlado por una unidad 51 de control. El sistema 52 de suministro de presión proporciona aire a presión, por ejemplo, aire a presión u otro gas a presión, al actuador 34 neumático. En este contexto, el término "fluido a presión" no solo implica presión positiva, sino también presión negativa, en la que se succiona (o "retira") fluido del actuador 34 neumático. La línea 53 de presión podría estar realizada en la práctica como tubos o tuberías que no cambien significativamente su volumen. Finalmente, la unidad 51 de control es responsable de establecer una presión específica en el sistema 52 de suministro de presión que posteriormente conduce a una cierta presión predeterminada en el actuador 34 neumático. Controlando la presión del aire a presión, el actuador 34 neumático funciona entre una configuración inflada y desinflada.
- En el ejemplo que se muestra en la figura 2, la unidad 51 de control y el sistema 52 de suministro de presión están ubicados en la sección 21 de raíz de la pala 20 de rotor. Según otras realizaciones de la presente invención (no mostradas en las figuras adjuntas), estas piezas también podrían estar situadas en otro lugar de la turbina eólica, tal como, por ejemplo, en el buje 13 de la turbina 10 eólica.
- La pala 20 de rotor comprende adicionalmente una unidad 40 de regulación de flujo que comprende múltiples pares de generadores de vórtices.
- La unidad 40 de regulación de flujo está dispuesta en el lado 25 de succión de la pala 20 entre el dispositivo 30 aerodinámico y el borde 31 de salida.
- Según otras realizaciones de la presente invención (no mostradas en las figuras adjuntas), la unidad 40 de regulación de flujo está dispuesta en el lado 25 de succión de la pala 20 entre el borde 41 de ataque y el dispositivo 30 aerodinámico.
- Según otras realizaciones de la presente invención (no mostradas en las figuras adjuntas), la unidad 40 de regulación de flujo no está presente y solo el dispositivo 30 aerodinámico se usa para regular el flujo en la superficie

de la pala 20.

Según otras realizaciones de la presente invención (no mostradas en las figuras adjuntas), la pala 20 comprende una pluralidad de dispositivos 30 aerodinámicos.

5 La figura 3 muestra el dispositivo 30 aerodinámico en una primera configuración sobresaliente, correspondiente a una configuración inflada del actuador 34 neumático.

10 En la primera configuración, el dispositivo 30 aerodinámico desvía el flujo 71 de aire que fluye desde el borde 41 de ataque hacia el borde 31 de salida de la pala de rotor.

15 El dispositivo 30 aerodinámico en la primera configuración sobresaliente induce la pérdida. Esto se visualiza con vórtices 63 relativamente grandes aguas abajo del dispositivo 30 aerodinámico. Una consecuencia de la pérdida inducida es una disminución de la sustentación de la pala de rotor y, en consecuencia, una carga reducida de la pala de rotor y los componentes relacionados de la turbina eólica.

20 La figura 4 muestra el dispositivo 30 aerodinámico en una segunda configuración retraída, es decir, movida hacia abajo hacia la superficie de la pala 20 de rotor, correspondiente a una configuración desinflada del actuador 34 neumático.

25 En esta segunda configuración, el flujo 71 de aire que fluye a través del dispositivo 30 aerodinámico permanece unido a la superficie de la pala 20 de rotor, por lo que no se produce separación del flujo, es decir, pérdida. Como consecuencia, aumenta la sustentación de la pala de rotor. Los vórtices 64 de reactivación se generan en la capa límite mediante generadores 40 de vórtices, que tienen el efecto de ayudar a aumentar la sustentación. Como resultado, se pueden lograr los valores de sustentación más altos.

30 Al operar el actuador 34 neumático del dispositivo 30 aerodinámico a través de la línea 53 de presión, el dispositivo 30 aerodinámico se puede mover entre la primera configuración sobresaliente y la segunda configuración retraída para variar las propiedades aerodinámicas de la pala según se desee y se solicite al operar la turbina 10 eólica.

35 La figura 5 muestra esquemáticamente la línea 53 de presión del sistema 52 de suministro de presión conectado al actuador 34 neumático en la configuración inflada, a la que corresponde la primera configuración sobresaliente del dispositivo 30 aerodinámico (no mostrado en la figura 5). La línea 53 de presión se extiende entre un primer extremo 53a, donde se proporcionan un transmisor 61 acústico y un receptor 62 acústico, y un segundo extremo 53b conectado al actuador 34 neumático del dispositivo 30 aerodinámico. Se proporciona un dispositivo 57 de absorción de sonido en el primer extremo 53a para aislar acústicamente la primera línea 53 de presión del ruido acústico generado en otras secciones del sistema 52 de suministro de presión no incluidas en la primera línea 53 de presión.

40 El transmisor 61 acústico y el receptor 62 acústico están conectados a una unidad 65 de diagnóstico.

Según realizaciones de la presente invención, el transmisor 61 acústico es un altavoz y el receptor 62 acústico es un micrófono.

45 Según realizaciones de la presente invención, la unidad 65 de diagnóstico es una unidad de control de sónar.

50 La primera línea 53 de presión y el actuador 34 en la configuración inflada proporcionan una primera trayectoria 68 para la señal acústica. La primera trayectoria 68 se extiende desde el transmisor 61 acústico a través de la primera línea 53 de presión a través del segundo extremo 53b, hasta un extremo 34a ciego del actuador 34 neumático y de vuelta hacia el receptor 62 acústico.

55 La figura 6 muestra el mismo esquema de la figura 5, donde el actuador 34 neumático se encuentra en la configuración desinflada, a la que corresponde la segunda configuración retraída del dispositivo 30 aerodinámico (no mostrada en la figura 6). En consecuencia, se proporciona una segunda trayectoria 69 más corta que la primera trayectoria 68 para la señal acústica. La segunda trayectoria 69 se extiende desde el transmisor 61 acústico a través de la primera línea 53 de presión hasta el segundo extremo 53b y de vuelta hacia el receptor 62 acústico.

La unidad 65 de diagnóstico está configurada para derivar el estado operativo del dispositivo 30 aerodinámico en base al análisis de la señal acústica.

60 Al medir el tiempo entre la emisión de una señal acústica desde el transmisor 61 acústico y la recepción de dicha señal por parte del receptor 62 acústico, la unidad 65 de diagnóstico puede derivar si el actuador 34 neumático está en la configuración inflada (figura 5) o en la configuración desinflada (figura 6). En consecuencia, la unidad 65 de diagnóstico puede derivar si el dispositivo 30 aerodinámico está en la primera configuración sobresaliente o en la segunda configuración retraída.

65 El análisis de la unidad 65 de diagnóstico puede basarse en la comparación entre la señal acústica medida, en

particular, el tiempo medido entre la señal emitida y recibida, y una señal acústica deseada, en particular, los tiempos esperados entre la señal emitida y recibida cuando el actuador 34 neumático está en la configuración inflada o en la configuración desinflada.

5 Si el tiempo medido no corresponde al tiempo esperado, por ejemplo, un tiempo correspondiente a una configuración desinflada cuando se ha comandado una configuración inflada a través del sistema 52 de suministro de presión, o viceversa, se detecta un fallo del actuador 34 neumático o del dispositivo 30 aerodinámico.

10 La figura 7 muestra esquemáticamente otra realización del sistema 52 de suministro de presión. La línea 53 de presión del sistema 52 de suministro de presión está conectada al actuador 34 neumático en la configuración inflada, a la que corresponde la primera configuración sobresaliente del dispositivo 30 aerodinámico (no mostrado en la figura 7). La línea 53 de presión se extiende entre un primer extremo 53a, donde se proporciona un transmisor 61 acústico, y un segundo extremo 53b conectado al actuador 34 neumático del dispositivo 30 aerodinámico. Se proporciona un dispositivo 57 de absorción de sonido en el primer extremo 53a para aislar acústicamente la primera línea 53 de presión del ruido acústico generado en otras secciones del sistema 52 de suministro de presión no incluidas en la primera línea 53 de presión.

20 El sistema 52 de suministro de presión incluye una segunda línea 58 de retorno de presión para recibir el fluido a presión del actuador 34 neumático. El receptor 62 acústico se proporciona en un extremo de la segunda línea 58 de retorno de presión, frente al actuador 34 neumático.

El transmisor 61 acústico y el receptor 62 acústico están conectados a una unidad 65 de diagnóstico.

25 La primera línea 53 de presión, el actuador 34 en la configuración inflada y la segunda línea 58 de retorno de presión proporcionan una trayectoria para la señal acústica desde el transmisor 61 acústico hasta el receptor 62 acústico.

30 La figura 8 muestra el mismo esquema de la figura 7, donde el actuador 34 neumático se encuentra en la configuración desinflada, a la que corresponde la segunda configuración retraída del dispositivo 30 aerodinámico (no mostrada en la figura 6). En consecuencia, la trayectoria desde el transmisor 61 acústico hasta el receptor 62 acústico se interrumpe y una señal acústica emitida desde el transmisor 61 acústico no puede ser recibida por el receptor 62 acústico.

35 Al detectar si la señal acústica llega o no al receptor 62 acústico, la unidad 65 de diagnóstico puede derivar si el actuador 34 neumático está en la configuración inflada (figura 7) o en la configuración desinflada (figura 8). En consecuencia, la unidad 65 de diagnóstico puede derivar si el dispositivo 30 aerodinámico está en la primera configuración sobresaliente o en la segunda configuración retraída.

40 Si dicha detección no corresponde a la esperada, por ejemplo, se detecta una configuración desinflada cuando se ha comandado una configuración inflada a través del sistema 52 de suministro de presión o viceversa, se detecta un fallo del actuador 34 neumático o del dispositivo 30 aerodinámico.

45 La figura 9 muestra esquemáticamente la línea 53 de presión del sistema 52 de suministro de presión conectada al actuador 34 neumático en la configuración inflada, a la que corresponde la primera configuración sobresaliente del dispositivo 30 aerodinámico (no mostrado en la figura 9). La línea 53 de presión se extiende entre un primer extremo 53a, donde se proporciona un receptor 62 acústico, y un segundo extremo 53b conectado al actuador 34 neumático del dispositivo 30 aerodinámico. Se proporciona un dispositivo 57 de absorción de sonido en el primer extremo 53a para aislar acústicamente la primera línea 53 de presión del ruido acústico generado en otras secciones del sistema 52 de suministro de presión no incluidas en la primera línea 53 de presión.

50 El receptor 62 acústico está conectado a una unidad de diagnóstico (no mostrada).

Según realizaciones de la presente invención, el receptor 62 acústico es un micrófono.

55 En tal realización, el viento que actúa sobre el dispositivo 30 aerodinámico y se propaga al actuador 34 neumático en la configuración inflada proporciona una fuente acústica.

En la presente realización, la unidad de diagnóstico está configurada para calcular un espectro de frecuencias de la señal acústica y derivar un estado operativo del dispositivo 30 aerodinámico en base al espectro de frecuencias.

60 El análisis de la unidad 65 de diagnóstico se basa en la comparación entre el espectro de frecuencias de la señal acústica medida y un espectro de frecuencias deseado, en particular, el espectro de frecuencias esperado cuando el actuador 34 neumático está en la configuración inflada o en la configuración desinflada.

65 Si el espectro de frecuencias medido no corresponde al espectro de frecuencias esperado, por ejemplo, un espectro de frecuencias correspondiente a una configuración desinflada cuando se ha ordenado una configuración inflada a través del sistema 52 de suministro de presión, o viceversa, se detecta un fallo del actuador 34 neumático o del

dispositivo 30 aerodinámico.

REIVINDICACIONES

1. Turbina (10) eólica, que incluye:
 - 5 - al menos una pala (20) de rotor que comprende un dispositivo (30) aerodinámico para influir en el flujo (71) de aire que fluye desde la sección (24) de borde de ataque de la pala (20) de rotor a la sección (23) del borde de salida de la pala (20) de rotor, en la que el dispositivo (30) aerodinámico está montado en una superficie (28) de la pala (20) de rotor,
 - 10 - un actuador (34) del dispositivo (30) aerodinámico para accionar el dispositivo (30) aerodinámico al menos entre una primera configuración sobresaliente y una segunda configuración retraída,
 - un sistema (52) de suministro de presión para operar el actuador (34) por medio de un fluido a presión,
 - 15 caracterizada por que la turbina (10) eólica incluye:
 - un receptor (62) acústico para medir una señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, y
 - 20 - una unidad (65) de diagnóstico conectada al receptor (62) acústico y configurada para derivar un estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base a la señal acústica.
2. Turbina (10) eólica según la reivindicación 1, en la que la turbina (10) eólica comprende un transmisor (61) acústico para transmitir la señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, estando conectado el transmisor (61) acústico a la unidad (65) de diagnóstico.
- 25 3. Turbina (10) eólica según la reivindicación 1 o 2, en la que el actuador (34) es operado entre una configuración inflada correspondiente a la primera configuración sobresaliente del dispositivo (30) aerodinámico y una configuración desinflada correspondiente a la segunda configuración retraída del dispositivo (30) aerodinámico, proporcionando el actuador (34) en la configuración inflada una primera trayectoria (68) para la señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, proporcionando el actuador (34) en la configuración desinflada una segunda trayectoria (69) para la señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, siendo la segunda trayectoria (69) diferente de la primera trayectoria (68).
- 30 4. Turbina (10) eólica según la reivindicación 2 o 3, en la que el sistema (52) de suministro de presión comprende al menos una primera línea (53) de presión para proporcionar el fluido a presión al actuador (34) del dispositivo (30) aerodinámico, proporcionándose el transmisor (61) acústico en la primera línea (53) de presión.
- 35 5. Turbina (10) eólica según la reivindicación 4, en la que el sistema (52) de suministro de presión comprende al menos una segunda línea (58) de retorno de presión para recibir el fluido a presión procedente del actuador (34) del dispositivo (30) aerodinámico, proporcionándose el receptor (62) acústico en la segunda línea (58) de retorno de presión.
- 40 6. Turbina (10) eólica según la reivindicación 4 o 5, en la que la primera línea (53) de presión se extiende entre un primer extremo (53a) en el que se proporcionan el receptor (62) acústico y/o el transmisor (61) acústico y un segundo extremo (53b) conectado al actuador (34) del dispositivo (30) aerodinámico, proporcionándose en el primer extremo (53a) un dispositivo (57) de absorción de sonido para aislar acústicamente la primera línea (53) de presión del ruido acústico generado en el sistema (52) de suministro de presión.
- 45 7. Turbina (10) eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el actuador (34) es una manguera inflable.
- 50 8. Turbina (10) eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el receptor (62) acústico es un micrófono.
- 55 9. Turbina (10) eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el transmisor (61) acústico es un altavoz.
- 60 10. Pala (20) de rotor para una turbina (10) eólica, que incluye:
 - un dispositivo (30) aerodinámico para influir en el flujo (71) de aire que fluye desde la sección (24) de borde de ataque de la pala (20) de rotor a la sección (23) del borde de salida de la pala (20) de rotor, en el que el dispositivo (30) aerodinámico está montado en una superficie (28) de la pala (20) de rotor,
 - 65

- un actuador (34) del dispositivo (30) aerodinámico para accionar el dispositivo (30) aerodinámico al menos entre una primera configuración sobresaliente y una segunda configuración retraída,

5

- un sistema (52) de suministro de presión para operar el actuador (34) por medio de un fluido a presión, caracterizada por que la pala (20) de rotor incluye:

10

- un receptor (62) acústico para medir una señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, y

- una unidad (65) de diagnóstico conectada al receptor (62) acústico y configurada para derivar un estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base a la señal acústica.

11. Método para detectar el estado operativo de un dispositivo (30) aerodinámico para influir en el flujo (71) de aire que fluye desde el borde (41) de ataque de una pala (20) de rotor para un turbina (10) eólica al borde (31) de salida de la pala (20) de rotor, siendo móvil el dispositivo (30) aerodinámico mediante un actuador (34) entre una primera configuración sobresaliente y una segunda configuración retraída por medio de un fluido a presión, estando el método caracterizado por que comprende las etapas de:

15

20

- medir una señal acústica en el sistema (52) de suministro de presión, y

- derivar un estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base a la señal acústica.

12. Método según la reivindicación 11, en el que la señal acústica medida se compara con una señal acústica deseada, derivándose el estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base a la comparación entre la señal acústica medida y la señal acústica deseada.

25

13. Método según la reivindicación 11, derivándose el estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base a un tiempo entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal acústica.

30

14. Método según la reivindicación 11, comprendiendo el método las etapas de:

- calcular un espectro de frecuencias de la señal acústica,

35

- derivar un estado operativo del dispositivo (30) aerodinámico en base al espectro de frecuencias.

FIG 1

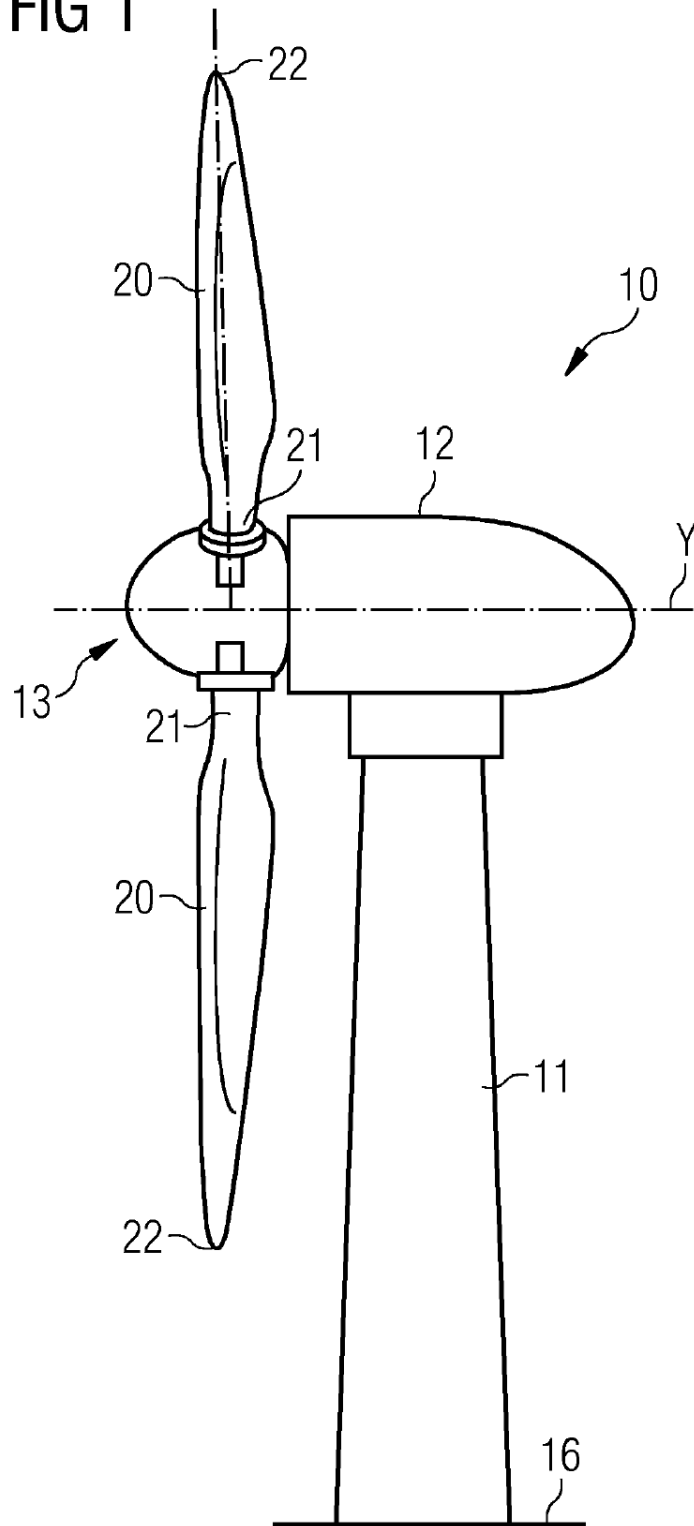


FIG 2

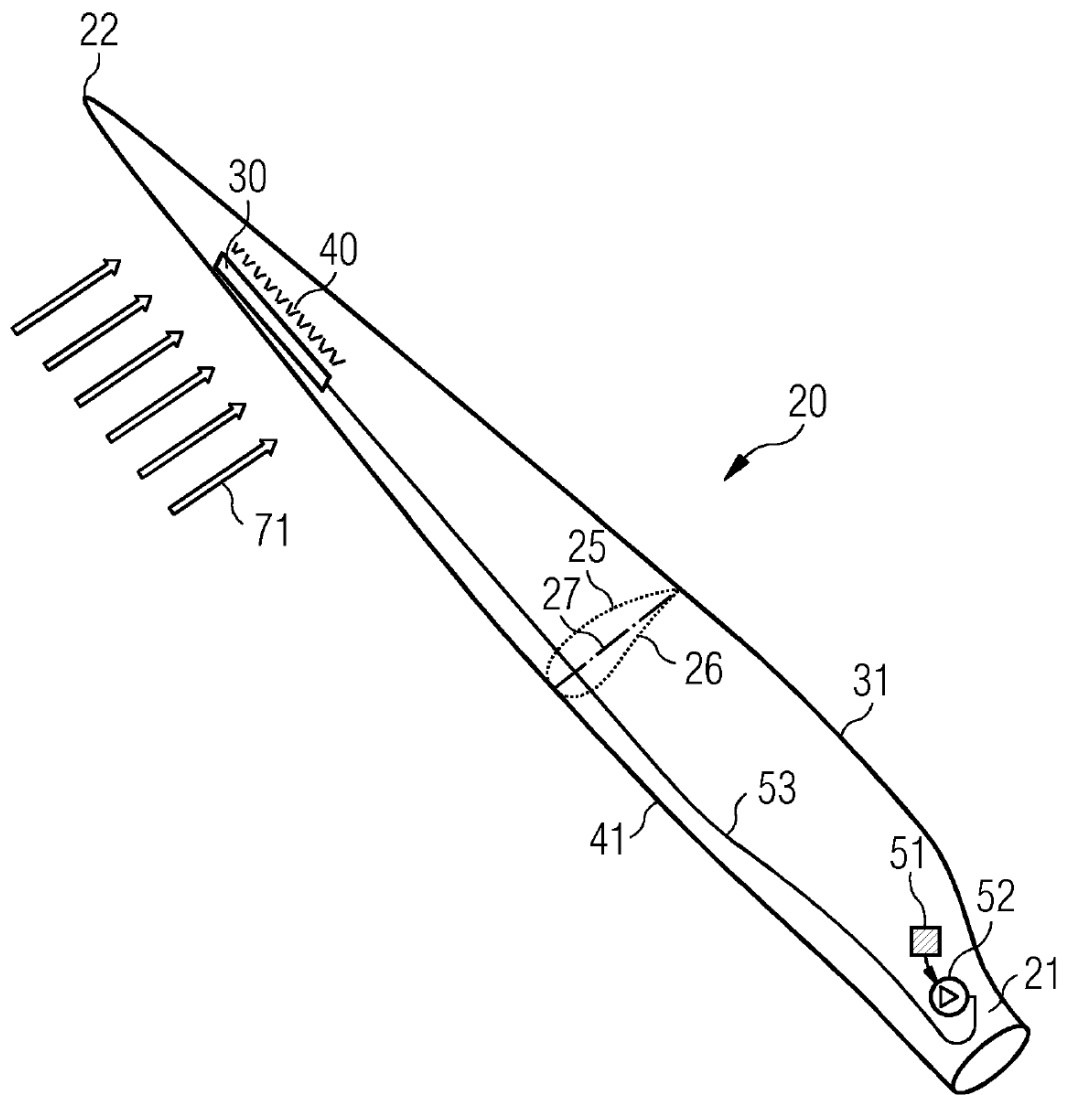


FIG 3

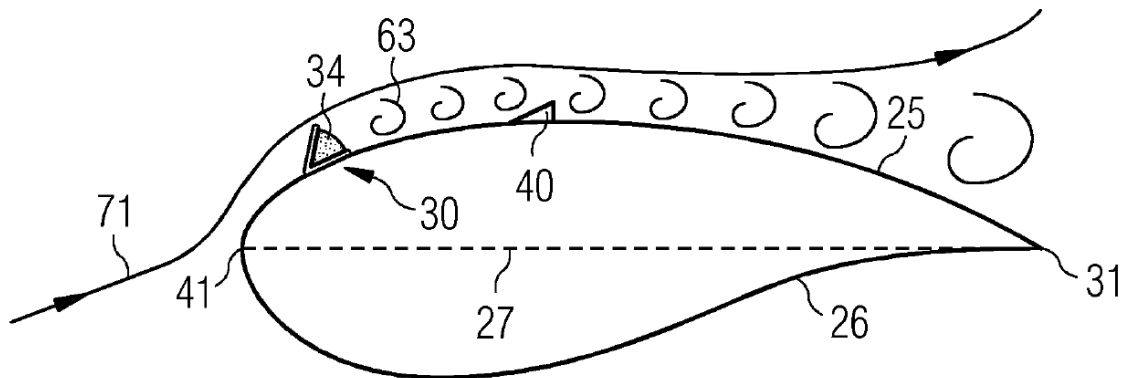


FIG 4

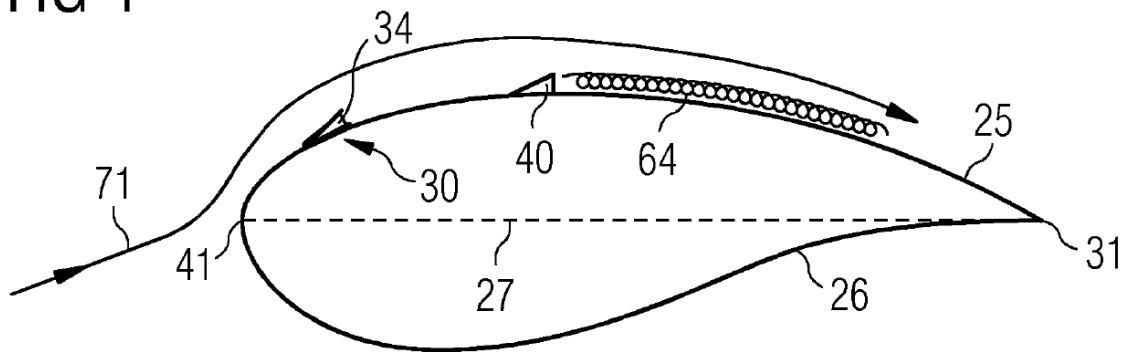


FIG 5

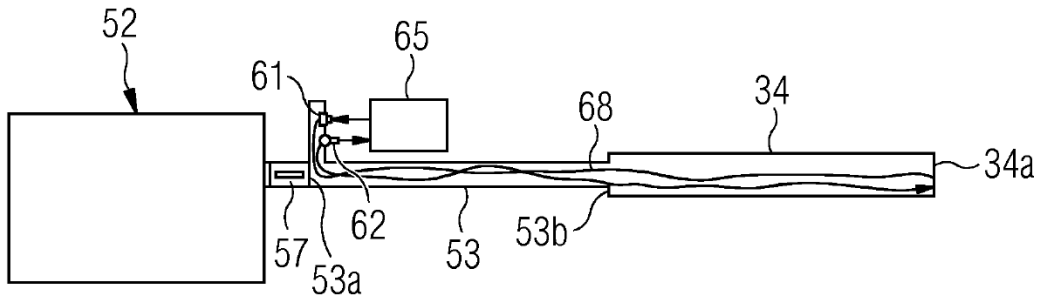


FIG 6

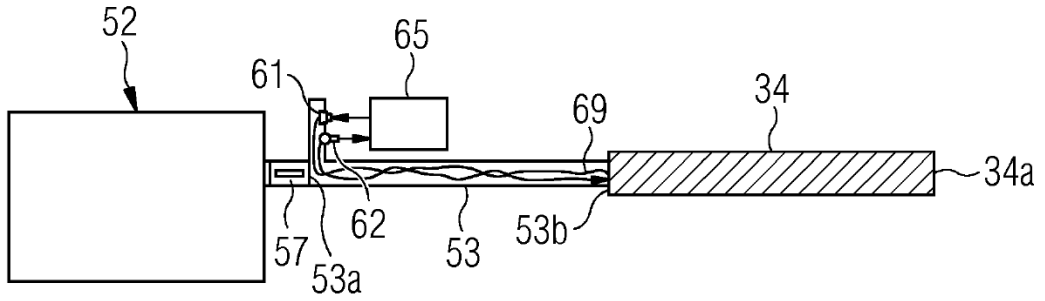


FIG 7

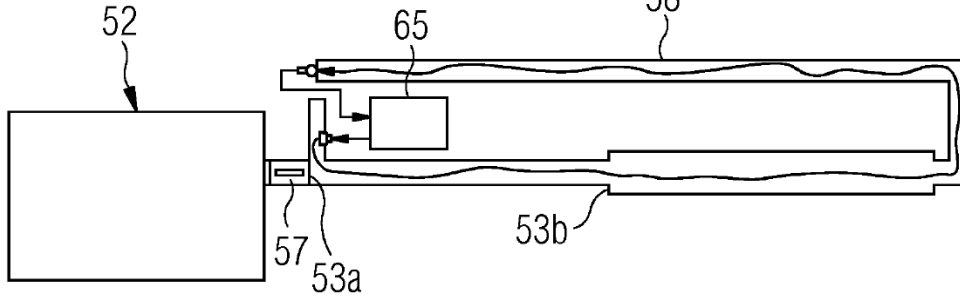


FIG 8

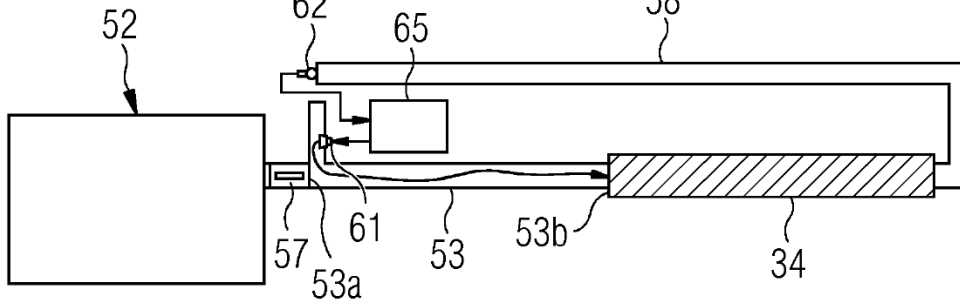


FIG 9

