

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 590**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2010** **E 10160819 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015** **EP 2246559**

54 Título: **Pala de turbina eólica con sensor de atascamiento integrado y procedimiento asociado de detección del atascamiento de una pala de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**30.04.2009 US 433007**

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

**01.09.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FISHER, MURRAY**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 544 590 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

Pala de turbina eólica con sensor de atascamiento integrado y procedimiento asociado de detección del atascamiento de una pala de una turbina eólica

5 La presente invención se refiere en general a turbinas eólicas y, más particularmente, a una pala de turbina eólica que tiene un sensor de parada configurado en la misma.

10 La energía eólica es considerada una de las fuentes de energía más respetuosas del medio ambiente actualmente disponible, y las turbinas eólicas han ganado una mayor atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una caja de cambios, una góndola, y una o más palas de turbina. Las palas capturan la energía cinética del viento utilizando principios de lámina conocidos. Las palas transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para hacer girar un árbol que acopla las palas a una caja de cambios o directamente al generador. El generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que puede ser desplegada en una red de suministro eléctrico.

15 El perfil de la pala de la turbina es una característica importante del diseño. Las palas están diseñadas de manera que el flujo laminar sobre las palas imparte un par máximo de rotación al rotor en una gama de velocidades del viento, por ejemplo entre aproximadamente 15 y 35 mph (24,14 km/h y 56,32 km/h). Por diversas consideraciones, incluida la protección de los componentes de la turbina y del generador de aguas abajo, por lo general no se desea operar las turbinas por encima de su velocidad nominal del viento.

20 "Parada" es una condición en la que el ángulo de ataque del viento incidente con relación al perfil de la pala de la turbina aumenta con el aumento de la velocidad del viento hasta el punto en el que el flujo laminar sobre el lado de baja presión (trasero) de la pala se rompe y se induce el flujo de retorno. Aunque es más común en el lado de baja presión de la pala, la parada también puede ocurrir en el lado de alta presión (delantero) de la pala. En un estado de parada, la fuerza motriz en la pala se reduce significativamente. Otros factores que también pueden contribuir a la parada, tal como el paso de la pala, incrustación de la pala, etc. La parada es una consideración de diseño y la regulación de la parada es una característica de diseño eficaz para proteger las turbinas eólicas en condiciones de vientos fuertes, en particular turbinas con palas de paso fijo. En las turbinas de parada regulada, las palas se bloquean en su lugar y no pueden cambiar de paso con el cambio de velocidades del viento. En lugar de ello, las palas están diseñadas para parar gradualmente a medida que el ángulo de ataque a lo largo de la longitud de la pala aumenta con el aumento del viento. De acuerdo con ello, es importante conocer las características de flujo de un perfil de pala de turbina, en particular con respecto a la aparición de una parada.

30 Varias técnicas para la detección de parada o de la prestación de flujo de fluido visible sobre una superficie son conocidas, por ejemplo, a partir EP 1 010 011, US 2.373.089 y DE 44 43 665.

35 Se han hecho esfuerzos en la técnica para detectar la aparición de la parada de palas de turbina. Por ejemplo, la patente US 6.065.334 propone montar una serie de aletas pivotantes sobre la superficie controlada de una pala de turbina, con un lado de las aletas teniendo una apariencia visualmente distinta (es decir, diferente color o característica reflectante) en comparación con el lado opuesto de las aletas. El flujo de retorno sobre la superficie del pala provoca que las aletas se den la vuelta y por lo tanto presentan un cambio visualmente distinto y detectable. Sin embargo, existen limitaciones inherentes a este tipo de sistema de detección visual. Por ejemplo, el sistema depende de la capacidad para detectar con precisión la característica visual cambiada de las aletas desde el nivel del suelo, que puede ser difícil en condiciones de luz baja o sin luz, o en condiciones meteorológicas adversas. Por la noche cuando los vientos son típicamente mayores, el sistema requiere un dispositivo de iluminación dirigido a las palas, así como una cámara u otro dispositivo de detección óptica, con el fin de detectar el estado de cambio de las aletas. Para las turbinas más grandes, el tamaño de las palas puede hacer que sea muy difícil detectar ópticamente las aletas desde el nivel del suelo, incluso bajo una luz y las condiciones climáticas ideales y sin un detector óptico ampliado. Además, la capacidad de obtener una medición cualitativa exacta depende de la capacidad de distinguir entre las diferentes aletas unidas a lo largo de la superficie de la pala.

45 Por consiguiente, existe una necesidad de un sensor de parada mejorado para las palas del rotor de una turbina eólica que genera una indicación precisa y fiable de la parada de la pala sin los inconvenientes inherentes de los dispositivos conocidos.

Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

50 Varios aspectos de la invención, de acuerdo con las realizaciones preferidas y ejemplares, junto con otros aspectos y ventajas de la misma, se describen más particularmente en la siguiente descripción detallada tomada en conjunción con los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es una vista de una turbina eólica con un sensor de parada configurado en cada pala de turbina;

La figura 2 es una vista ampliada de una parte de una pala de turbina que tiene un sensor montado en el mismo;

55 La figura 3 es una vista superior de la realización ilustrada en la figura 3;

La figura 4 es una vista lateral de una realización de un sensor de parada montado sobre una superficie de baja presión de una pala de turbina;

La figura 5 es una vista lateral de la realización de la figura 4 con el sensor de parada indicando un estado de parada;

- 5 La figura 6 es una vista lateral de una realización alternativa de un sensor de parada montado sobre una superficie de baja presión de una pala de turbina;

La figura 7 es una vista de una turbina eólica y el sistema de sensores de parada; y

La figura 8 es una vista de una realización alternativa de una turbina eólica y un sistema de sensor de parada.

- 10 Ahora se hace referencia a realizaciones particulares de la invención, uno o más ejemplos de los cuales se ilustran en los dibujos. Cada realización se presenta a modo de explicación de los aspectos de la invención, y no debe tomarse como una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas con respecto a una realización pueden ser utilizadas con otra realización para producir todavía una realización adicional. Se pretende que la presente invención incluya estas y otras modificaciones o variaciones a las realizaciones descritas en este documento.

- 15 La figura 1 ilustra una turbina 10 eólica de construcción convencional. La turbina 10 eólica incluye una torre 22 con una góndola 14 montada en la misma. Una pluralidad de palas 12 de turbina están montadas en un rotor 16. Las palas 12 convierten la fuerza motriz del viento en energía mecánica de rotación para generar electricidad con un generador alojado en la góndola 14. La turbina 10 eólica individual puede incluir un controlador alojado en la góndola 14, y puede estar en comunicación con un controlador 20 basado en una conexión a tierra central a través de líneas 18 de transmisión que se ejecutan a través de la torre 22. El controlador 20 basado en una conexión a tierra se configura típicamente con un número de turbinas dentro de, por ejemplo, un parque eólico.

- 20 Al menos una de las palas 12 de turbina incluye un sensor 26 de parada configurado en cualquiera de la superficie 24 de baja presión o la superficie 23 de alta presión (sensores 26 en línea de trazos). En la realización de la figura 1, cada una de las palas 12 de turbina incluye al menos un sensor 26 de parada configurado en cada una de la superficie 24 de baja presión y la superficie 23 de alta presión. Se debe apreciar que las realizaciones de la presente invención abarcan cualquier combinación de sensores 26 de parada configurados en cualquier combinación de las diversas superficies de palas de turbina. Por ejemplo, sólo una pala 12 de una turbina de múltiples palas puede tener un sensor 12 de parada, o cada pala 12 puede tener uno o sensores 26 en una o ambas de las superficies 24, 23 de presión. Los sensores 26 de parada pueden estar en comunicación con el controlador de góndola a través de líneas 27 de transmisión para proporcionar una indicación de la señal electrónica de un estado de parada en la respectiva pala 12 de turbina. Esta señal puede ser utilizada por el controlador de la góndola para cualquier forma de funciones de control. Por ejemplo, en un sistema de control de paso activo, el controlador de góndola puede utilizar la señal como una variable para controlar el paso de las palas individuales de la turbina 12 para eliminar el estado de parada, reducir la potencia de la turbina, o cualquier otra función de control. La señal procedente de los sensores 26 de parada puede ser utilizada simplemente para generar una alarma u otra indicación de un estado de parada en las palas 12 de turbina. Las realizaciones de la invención no están limitadas por cualquier uso particular de las señales generadas por los sensores 26 de parada.

- 25 Las figuras 2 y 3 ilustran una realización de un sensor 26 de parada montado o fijado de otro modo sobre la superficie 24 de baja presión de una pala 12 de turbina eólica. El sensor 26 de parada incluye una base 28 estacionaria y un elemento de aleta 30 que pivota respecto a la base 28 en un eje 31 de pivote. La aleta 31 pivota entre una primera posición en la que se genera un flujo laminar sobre la superficie 24 de baja presión, como se indica mediante las flechas en las figuras 2 y 3 a una segunda posición en la que el flujo laminar se rompe y el flujo de retorno se induce en la superficie 24 de baja presión, como se indica mediante las flechas en la figura 5.

- 30 Cualquier forma de los componentes puede estar contenida dentro de la base 28, tales como circuitos 32 de control, una fuente 44 de alimentación dedicada, y similares. El circuito 32 de control está particularmente configurado para responder al movimiento de la aleta 30 desde la primera posición ilustrada en la figura 4 a la segunda posición ilustrada en la figura 5, y para generar una señal eléctrica correspondiente que indica el estado de parada representado en la figura 5.

- 35 El elemento de base 28 se puede montar sobre la superficie de la pala 12 de turbina mediante adhesivo u otros medios apropiados, tal como se indica en las figuras 4 y 5. En una realización alternativa que minimiza el perfil del sensor de parada con relación a la superficie 24 de baja presión de la pala 12 de turbina, el sensor 26 puede estar empotrado dentro de un rebaje 25 en la superficie 24 de baja presión de la pala de turbina, como se representa en la figura 6. Con esta realización particular, la primera posición de la aleta 30 está elevada en comparación con la forma de realización de las figuras 4 y 5 de manera que se encuentran esencialmente al ras o ligeramente por encima de la superficie 24 de baja presión. La aleta 30 puede incluir un labio 35 elevado para asegurar que la aleta 30 reacciona a condiciones el flujo de retorno sobre la superficie 24 de baja presión.

El sensor 26 de parada, y más particularmente el circuito 32 sensor, puede incorporar cualquier tipo de técnica conocida para convertir el movimiento de la aleta 30 en una señal eléctrica. Por ejemplo, en la realización ilustrada en las figuras 4 y 5, el circuito 32 sensor incluye un circuito abierto 33. La aleta 30 incluye un contacto 40 situado en una superficie que se desliza contra la base 28 tras el movimiento de la aleta 30 desde la primera posición a la segunda posición. En la segunda posición de la aleta 30, como se indica en la figura 5, el contacto 40 cierra el circuito 33. Con el circuito 33 cerrado, cualquier característica del circuito puede ser detectada por el circuito 32 sensor, tal como una tensión, resistencia, corriente, etc. El tipo de circuito se ilustra en las figuras 4 y 5 se conoce convencionalmente como un circuito de contacto de todo o nada en el que un estado "encendido" o "apagado" se indican sin un valor cuantitativo. En otras palabras, la disposición del sensor 26 se ilustra en las figuras 4 y 5, el circuito 32 sensor generará una señal que indica simplemente si un estado de parada está o no presente. El circuito 32 no genera una medición cuantitativa del grado relativo de movimiento de la aleta 30 respecto a la base 28.

En realizaciones alternativas, el sensor 26 de parada puede estar configurado para generar una indicación cuantitativa del grado relativo de movimiento de la aleta 30. Por ejemplo, el circuito 32 puede medir un cambio en una característica de circuito, tal como voltaje o resistencia, que varía con el movimiento relativo de la aleta 30. Haciendo referencia a la figura 6, cualquier forma convencional conocida o transductor utilizado en la técnica para medir el grado relativo de movimiento de un elemento con relación a otro se puede utilizar en este sentido. Por ejemplo, el circuito 32 puede incluir cualquier tipo de reóstato, potenciómetro, transductor de presión, medidor de deformación, o cualquier otro dispositivo adecuado para medir el movimiento relativo de la aleta 30 respecto a la base 28. Por ejemplo, en una realización particular, la aleta 30 puede estar sesgada hacia la primera posición por medio de un muelle u otro elemento de carga, y una célula de carga se puede utilizar para medir la resistencia de la aleta 30 a las condiciones flujo de retorno, con la magnitud de resistencia dando una indicación cuantitativa de la condición de parada en la superficie 24 de baja presión de la pala 12 de turbina. Por lo tanto, debe apreciarse fácilmente que el circuito 32 transductor se ilustra en la figura 6 está destinado a abarcar cualquier forma de dispositivo eléctrico, eléctrico-mecánico o mecánico que genera una señal en respuesta al movimiento de la aleta 30 respecto a la base 28. El sensor 26 de parada transmite la señal generada como una señal eléctrica.

En las realizaciones ilustradas, el sensor 26 incluye una fuente 44 de alimentación dedicada, tal como una batería interna. Las baterías 44 pueden ser recargadas desde el controlador de la góndola, o ser reemplazadas periódicamente. En una realización alternativa, el circuito 32 sensor puede ser suministrado desde el controlador de potencia de la góndola a través de las líneas 27 de transmisión (figura 1).

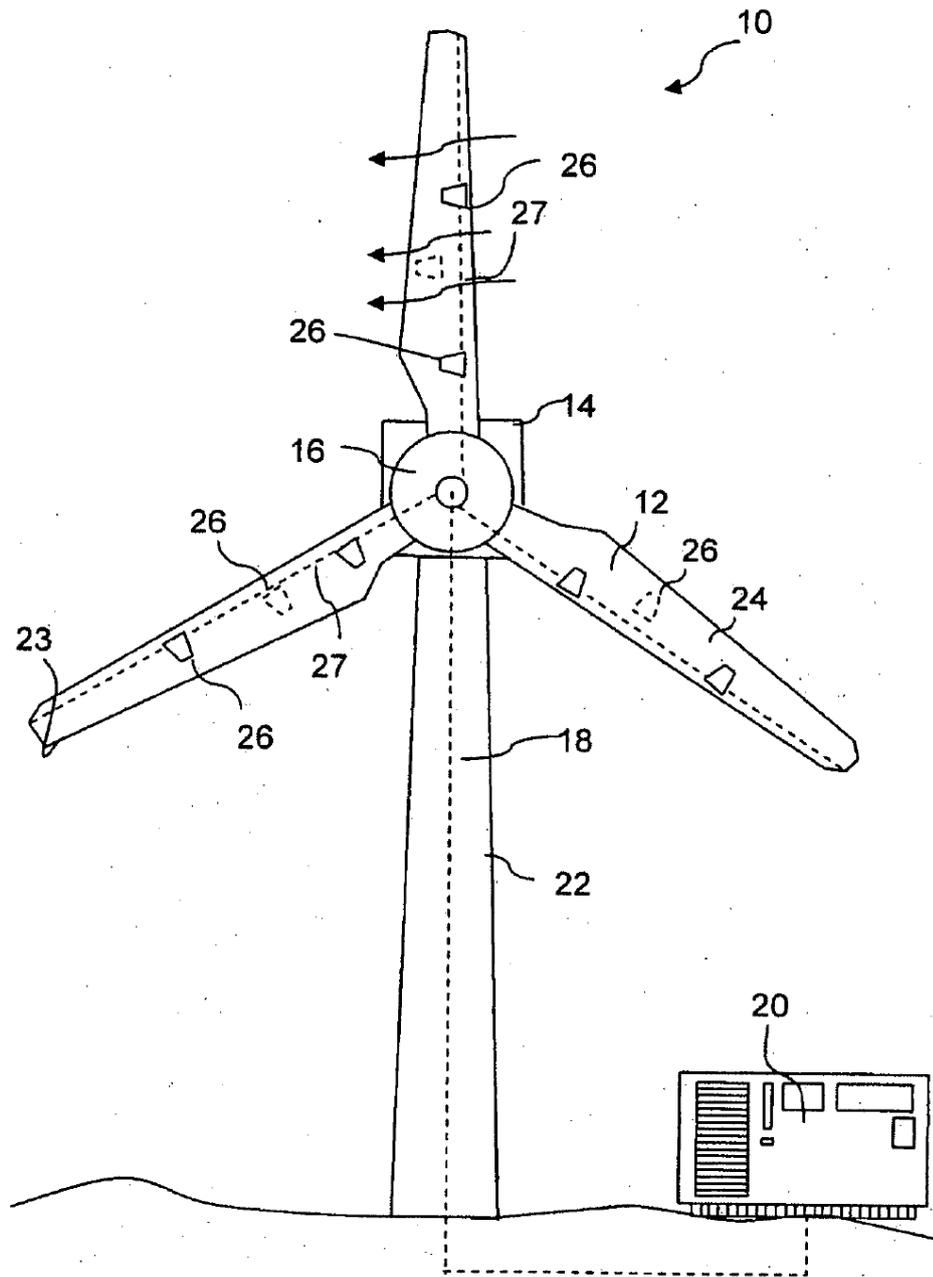
La señal del sensor 26 de parada indicativa de un estado de parada puede ser transmitida y procesada en diferentes maneras dependiendo de la configuración de control de la turbina eólica 10 individual. Por ejemplo, en referencia a la figura 7, un receptor 34 remoto, que puede ser cualquier tipo de hardware de control, puede estar en comunicación inalámbrica con la turbina 10 eólica a través de un transmisor/receptor 36 configurado con el controlador de la góndola 15. Los sensores de parada individuales 26 puede estar en comunicación con cable o inalámbrica con el controlador de la góndola 15 y, a través de esta configuración, las señales desde los sensores 26 de parada pueden comunicarse al receptor 34 remoto como una condición de alarma, o como una entrada a cualquier forma de la función de control, tal como el control de paso de las palas 12 de turbina, etc.

En una realización alternativa ilustrada en la figura 8, los sensores 26 de parada individuales pueden estar configurados para transmitir de forma inalámbrica directamente al receptor 34 remoto. Con esta realización particular, cada uno de los sensores 26 de parada está configurado con un transmisor para este propósito. Esta realización requeriría una fuente de alimentación más robusta para los sensores 26 de parada individuales. Se debe apreciar fácilmente que cualquier forma de sistema de transmisión se puede utilizar para la transmisión de las señales de control de los sensores 26 de parada individuales a cualquier tipo de controlador para la indicación de un estado de parada y/o función de control.

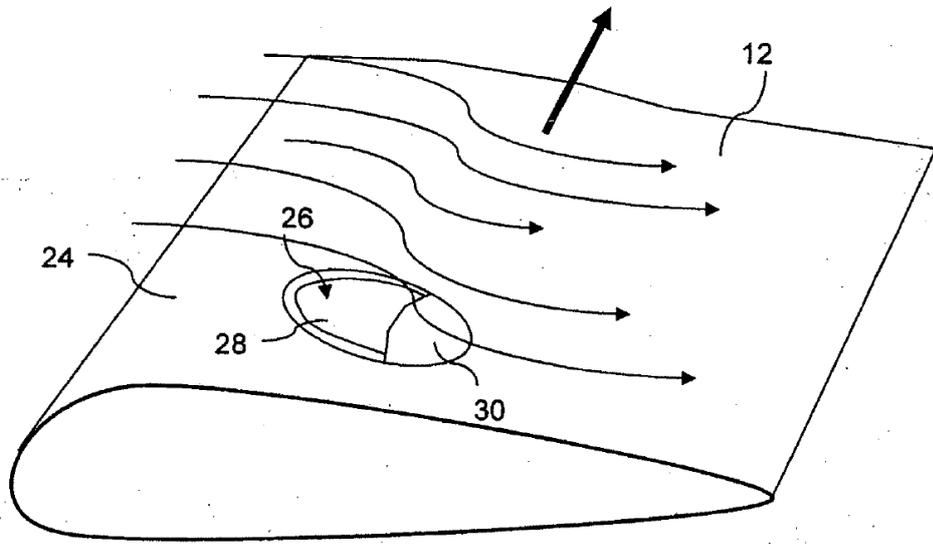
Las señales y la información generada por los sensores 26 de parada puede fomentar la ayuda en la comprensión de flujo inversa en una pala 12 de turbina, e incorporar este conocimiento en diferentes diseños de palas de turbina para evitar fenómenos de flujo adversos en las palas de la turbina. Los sensores 26 de parada pueden ser usados para controlar la incrustación de la pala que se cree que es una causa de la parada/flujo reservado, y que conduce a una degradación significativa del rendimiento de la turbina eólica. Por ejemplo, los sensores de parada se pueden utilizar para evaluar la correlación entre la cabina y la incrustación de la pala, y proporcionar un medio para que los equipos de servicio de campo cuantifiquen y analicen de la incrustación de la pala en términos de parada de energía, las reparaciones, las reclamaciones de garantía, etc. También, como se ha mencionado, los sensores de parada pueden también ser incorporados en el controlador de la turbina para detectar la parada y accionar la turbina fuera del estado de parada.

**REIVINDICACIONES**

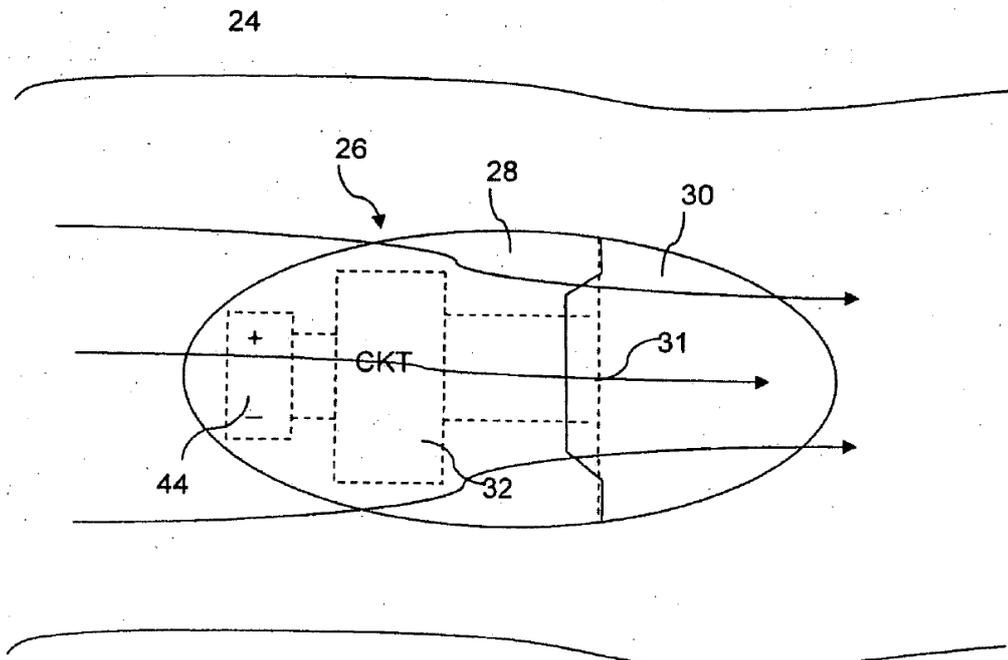
1. Una turbina (10) eólica, que comprende:
  - una pala (12) de turbina conectada a un buje de un rotor (16), comprendiendo dicha pala de turbina una superficie (24) de baja presión y una superficie (23) de alta presión;
- 5 un sensor (26) de atascamiento eléctrico configurado en al menos una de dicha superficie de baja presión o dicha superficie de alta presión en una ubicación para detectar el contraflujo en un estado de atascamiento en dicha superficie de presión respectiva, comprendiendo dicho sensor de atascamiento además:
  - una fuente (44) de alimentación;
- 10 una aleta (30) configurada de manera pivotante con respecto a dicha superficie de presión respectiva de manera que se puede mover desde una primera posición hacia una segunda posición por el contraflujo sobre dicha superficie de presión respectiva; y
  - un circuito (32) sensor que responde al movimiento de dicha aleta entre dichas posiciones primera y segunda y genera una señal eléctrica correspondiente que indica un estado de atascamiento, caracterizado porque dicho sensor (26) de atascamiento comprende un transductor que produce un parámetro de salida que varía como una función del movimiento relativo de dicha aleta (30) de manera que dicha señal eléctrica proporciona una indicación cuantitativa de la magnitud del contraflujo sobre dicha superficie (23, 24) de presión respectiva, y en la que dicha aleta está sesgada hacia dicha primera posición, comprendiendo dicho transductor una célula de carga que mide la resistencia de dicha aleta al contraflujo.
- 15
- 20 2. La turbina (10) eólica según la reivindicación 1, en la que dicho sensor (26) de atascamiento comprende además un transmisor (36), y que comprende además un receptor (34) remoto en comunicación inalámbrica con dicho sensor de atascamiento.
3. La turbina (10) eólica según cualquier reivindicación precedente, en la que dicho sensor de atascamiento comprende un elemento de base (28), estando dicha aleta (30) montada de forma pivotante en dicho elemento de base, estando dicha fuente (44) de alimentación y dicho circuito (32) sensor alojados en dicho elemento de base.
- 25 4. La turbina (10) eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicho circuito (32) sensor comprende un circuito (33) abierto, y un contacto (40) configurados en dicha aleta (30), en la que el contacto eléctrico deslizante entre dicho contacto y dicho circuito abierto tras el movimiento de dicha aleta desde dicha primera posición hacia dicha segunda posición produce dicha señal eléctrica.
- 30 5. La turbina (10) eólica según cualquier reivindicación precedente, que comprende una pluralidad de dichas palas de turbina (12) con al menos uno de dicho sensor (26) de atascamiento configurado en una respectiva dicha superficie (23, 24) de presión de cada una de dichas palas de la turbina.
- 35 6. Un procedimiento de detección del atascamiento de una pala (12) de turbina eólica, que comprende el montaje de un sensor (26) de atascamiento electrónico en una superficie (23, 24) de pala de turbina en una ubicación para estar expuesto a un contraflujo en un estado de atascamiento de la pala, estando el sensor de atascamiento configurado para producir una señal eléctrica al ser expuesto al contraflujo; transmitir la señal eléctrica desde el sensor de atascamiento a un receptor (34) remoto; y monitorizar el receptor remoto para indicaciones de atascamiento, caracterizado porque dicho sensor (26) de atascamiento comprende un transductor que produce un parámetro de salida que varía como una función del movimiento relativo de dicha aleta (30) de manera que dicha señal eléctrica proporciona una indicación cuantitativa de la magnitud del contraflujo sobre dicha superficie (23, 24) de presión respectiva, y en el que dicha aleta está sesgada hacia dicha primera posición, comprendiendo dicho transductor una célula de carga que mide la resistencia de dicha aleta al contraflujo.
- 40
7. El procedimiento según la reivindicación 6, que comprende detectar y transmitir un valor cuantitativo de la magnitud del atascamiento con el sensor (26) de atascamiento.
- 45 8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en el que el receptor (34) es un componente de un sistema (15, 20) de control para una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento además introducir directamente la señal eléctrica desde el sensor (26) de atascamiento como variable de entrada para el sistema de control.
- 50 9. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende además el montaje de un sensor (26) de atascamiento electrónico en cada una de una superficie (24) de baja presión y una superficie (23) de alta presión de la pala (12) de turbina de manera que se monitoriza un estado de atascamiento en cada una de las superficies de baja y alta presión de la pala de turbina.



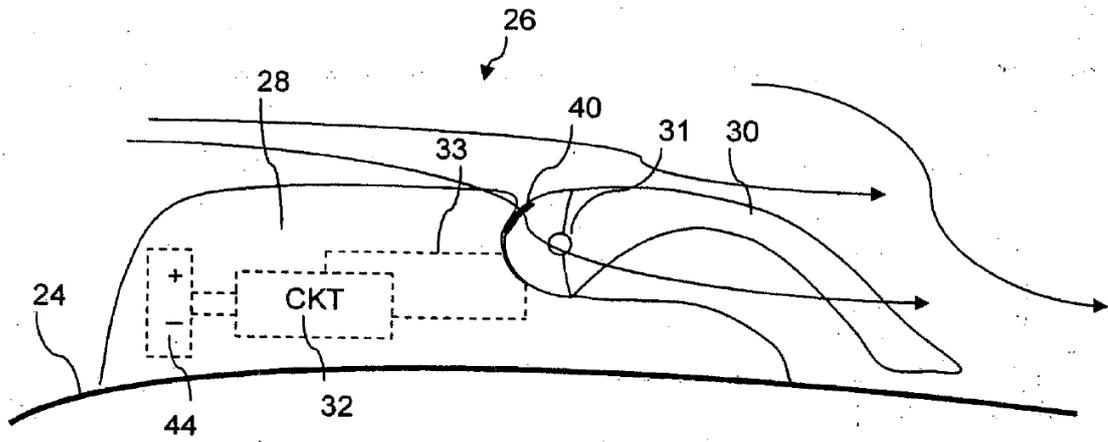
**Fig. 1**



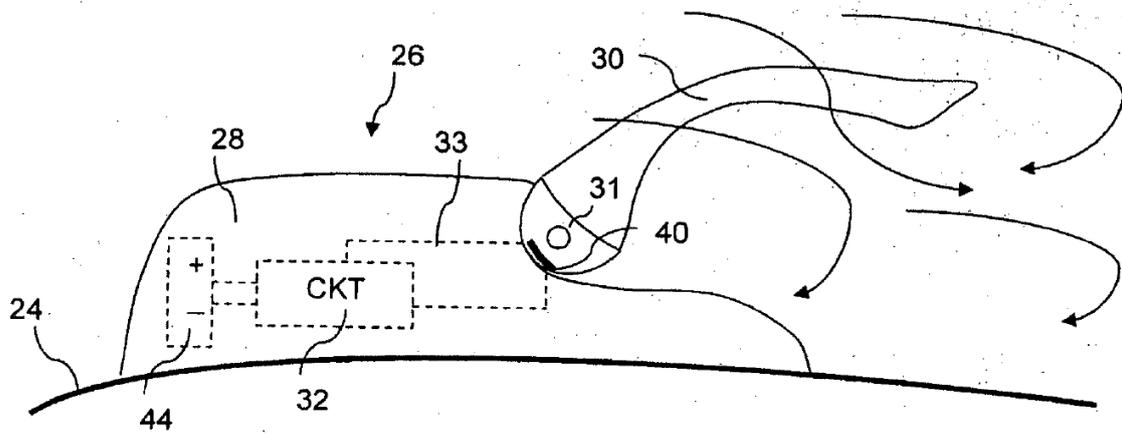
**Fig. 2**



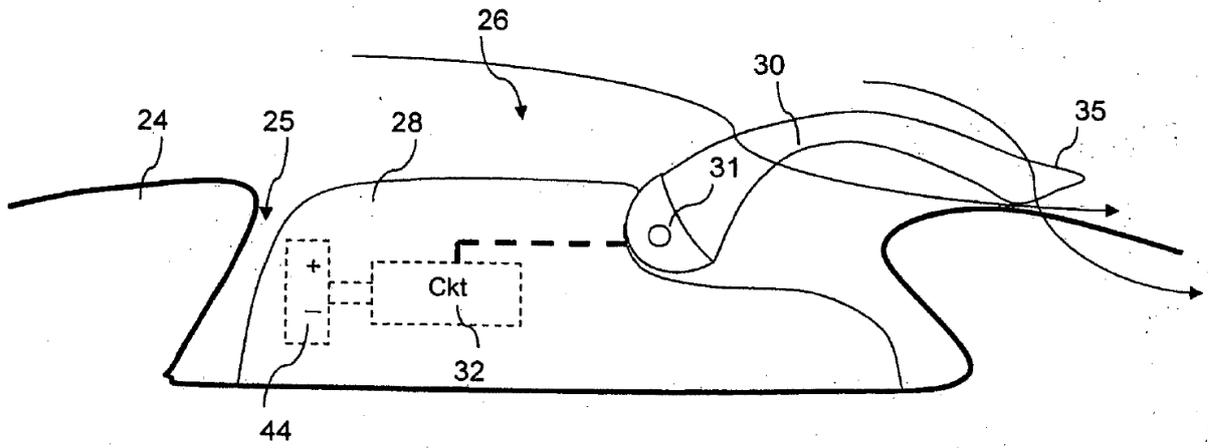
**Fig. 3**



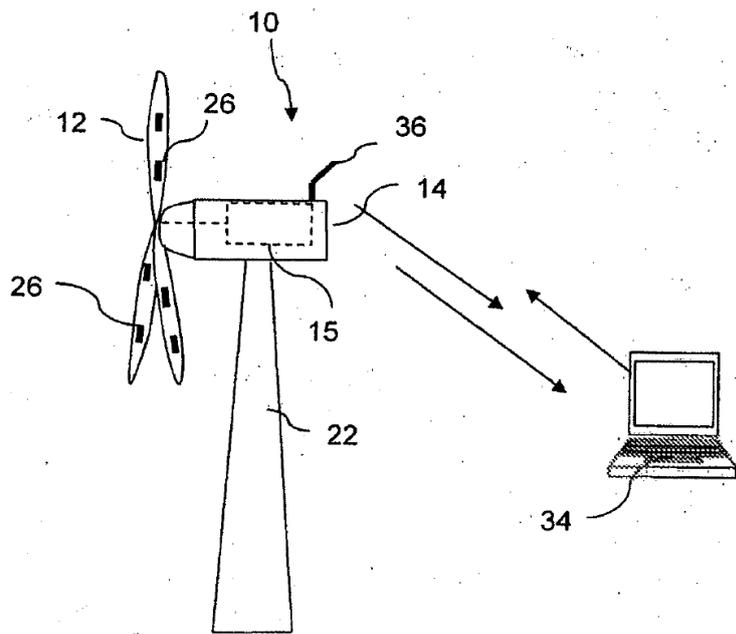
**Fig. 4**



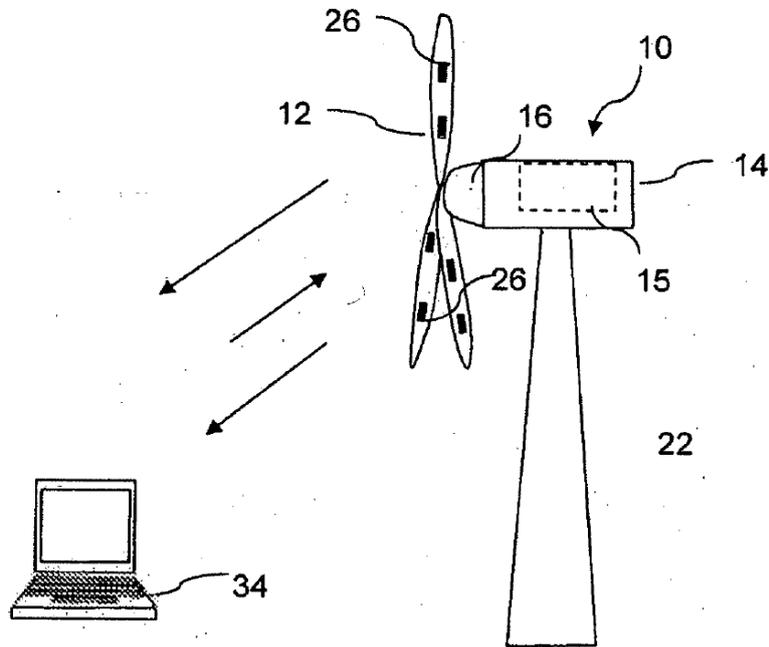
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**