



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 314 394**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04730202 .1**

96 Fecha de presentación : **29.04.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1623111**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.02.2006**

54 Título: **Álabe de turbina eólica con medios de regulación de fuerza ascensional.**

30 Prioridad: **05.05.2003 DK 2003 00670**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2009

73 Titular/es: **LM GLASFIBER A/S**
Rolles Moellevéj 1
6640 Lunderskov, DK

72 Inventor/es: **Pedersen, Bernt, Ebbe;**
Dahl Vestergaard, Jørgen;
Grabau, Peter y
Frydendal, Ib

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 314 394 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

Álabe de turbina eólica con medios de regulación de fuerza ascensional.

5 **Campo técnico**

El invento se refiere a un álabe de turbina eólica provisto de medios ajustables de regulación de fuerza ascensional dispuestos sobre o en la superficie del álabe de turbina eólica y que se extienden en la dirección longitudinal del álabe, y de medios de activación por mediación de los cuales los medios de regulación de fuerza ascensional se pueden
10 ajustar para variar las propiedades aerodinámicas del álabe, cuyos medios de regulación de fuerza ascensional y cuyos medios de activación están destinados a -y dispuestos de tal manera que- mediante el accionamiento de los medios de activación, la fuerza ascensional se puede reducir en una zona que se extiende desde una primera posición adyacente a la extremidad del álabe hasta una segunda posición situada entre la primera posición y el pie del álabe, y siendo variable esta segunda posición en la dirección longitudinal del álabe tras el accionamiento de los medios de activación.
15 El invento se refiere además a un rotor de turbina eólica que incluye dichos álabes de turbina eólica, a una turbina eólica y a un método para controlar dicha turbina eólica.

Las instalaciones eólicas de modulación-desmodulación, también denominadas turbinas eólicas o motores eólicos, se usan para producir energía eléctrica. Con frecuencia son unas estructuras muy grandes con unos álabes de hasta
20 -y por encima de- 60 metros y fabricadas de envueltas de polímero reforzadas con fibra. Estas turbinas eólicas están provistas de dispositivos de control que podrían prevenir una sobrecarga de la turbina eólica y en los álabes en presencia de ráfagas de viento con vientos de grandes velocidades. Dichos dispositivos de control se pueden usar también para frenar la turbina y llevarla hasta una parada total, si la velocidad del viento llega a ser demasiado alta. Adicionalmente a estos dispositivos, la turbina podría comprender un dispositivo de frenado instalado en comunicación con el eje
25 principal de la turbina eólica.

Los dispositivos de control podrían estar constituidos por unos álabes de paso regulable montados de tal manera sobre el cubo de tal manera que puedan girar alrededor del eje longitudinal. De ese modo, los álabes se podrían ajustar continuamente con el fin de proporcionar la fuerza ascensional que produzca la potencia prevista. En las turbinas
30 eólicas denominadas de separación de flujo (o de entrada en pérdida) los álabes están montados fijamente sobre el cubo y por tanto no son capaces de girar alrededor de su eje longitudinal. Las propiedades de separación de flujo (o de entrada en pérdida) de los álabes se usan para reducir la fuerza ascensional aerodinámica y por tanto la potencia de salida.

35 **Técnica anterior**

La patente de EE.UU. N° 6.361.275 (concedida a Wobben) describe una turbina eólica, en la que los ángulos de paso de cada álabe de turbina eólica se pueden ajustar con independencia, de tal manera que puedan hacerse correcciones para velocidades variables de viento en la zona barrida de los álabes de la turbina eólica. La velocidad
40 del viento a menudo aumenta con la distancia a la superficie del terreno, y por ello sería ventajoso ajustar la potencia de fuerza ascensional de los álabes de tal manera que la carga aplicada sobre el álabe sea sustancialmente uniforme durante la totalidad de la rotación. Sin embargo, esta solución se podría usar también para compensar por otros tipos de variaciones de la velocidad del viento en el plano del rotor.

No obstante, la turbina eólica de acuerdo con la patente de EE.UU. N° 6.361.275 está gravada por el inconveniente de que el ajuste no se puede realizar de un modo particularmente rápido, usándose para este fin el sistema hidráulico de paso convencional. El sistema hidráulico no está destinado a movimientos rápidos y casi instantáneos, dado que un
45 álabe de turbina eólica cuya carga muerta podría exceder de 10 toneladas, tiene una inercia comparativamente grande.

Según se ha mencionado anteriormente, en particular en las turbinas eólicas grandes, por ejemplo las turbinas eólicas de plataformas petrolíferas submarinas, la velocidad del viento podría variar enormemente en el área barrida por el rotor. El rotor podría tener un diámetro de más de 120 metros, por cuya razón la velocidad del viento podría
50 variar en gran cantidad debido a las ráfagas de viento locales y a turbulencia, tanto en altura como en anchura.

En el documento WO 97/01709 (Bonus Energy A/S) se hace referencia a unos álabes de turbina eólica con aletas activas ajustables para variar las propiedades aerodinámicas del álabe.
55

La patente de EE.UU. N° 4.692.095 describe un álabe de turbina eólica de acuerdo con el preámbulo a la reivindicación 1.
60

De acuerdo con un primer aspecto, el objeto del invento es proveer un álabe de turbina eólica del tipo modulador-desmodulador aerodinámico con propiedades perfeccionadas para aumentar el ajuste de la turbina eólica a diversas condiciones de viento.

65 **Descripción del invento**

De acuerdo con el invento, este objeto se alcanza en el sentido de que los medios de regulación de fuerza ascensional especificados en la introducción a esta memoria descriptiva están formados de al menos una aleta flexible que

se extiende en la dirección longitudinal del álabe y que es ajustable por medio de uno o más medios de activación para permitir que el valor de ajuste para la alteración de fuerza ascensional del mismo se cambie gradualmente en la dirección longitudinal de la aleta. Como resultado, se obtiene de una manera sencilla una variación particularmente suave y gradual de la fuerza ascensional del álabe.

La turbina eólica podría funcionar con elevadas velocidades de viento porque se puede reducir la fuerza ascensional desde la extremidad del álabe y hacia dentro a medida que aumenta la velocidad del viento. Como resultado, la turbina puede funcionar a velocidades de viento superiores a la denominada “velocidad de viento de desconexión”, en la que, de no ser así, se tendría que parar la turbina debido a una carga excesiva. Estas opciones hacen posible proveer una turbina eólica con unos álabes más largos que los usuales, cuyos álabes son aliviados de la carga cuando aumente la velocidad del viento, con lo que se aumenta el intervalo operativo de la turbina eólica con respecto a la velocidad del viento. Una ventaja considerable es que se puede reducir el momento de flexión al que está sometido el pie del álabe. Las fuerzas que actúan sobre la parte más exterior del alabe junto a la extremidad del mismo tienen un impacto comparativamente intenso sobre el momento de flexión en el pie del álabe, por cuya razón es ventajoso reducir la fuerza ascensional en la parte más exterior del álabe.

De acuerdo con una realización, los medios de regulación de fuerza ascensional del álabes podrían estar constituidos por al menos dos aletas desplazadas entre sí en la dirección longitudinal del álabe. Esta realización es particularmente sencilla.

De acuerdo con la realización particularmente sencilla, la aleta (o las aletas) está soportada (o están soportadas) fijamente a lo largo de una línea en la dirección longitudinal del álabe y conformadas de modo flexible. Es ésta una modalidad particularmente simple y segura de provisión de la aleta, evitándose por ello además el uso de miembros de articulación mecánica.

Los medios de activación, por ejemplo, podrían ser hidráulicos, electromagnéticos, neumáticos o de fibras piezoeléctricas. En especial, unos medios de activación piezoeléctricos son capaces de activar una aleta con una velocidad de variación significativamente mayor de la que, por ejemplo, se obtiene con medios de activación hidráulicos. La velocidad de variación del tipo de medios de activación piezoeléctricos anteriormente mencionados es prácticamente instantánea, permitiendo realizar un ajuste rápido de las propiedades aerodinámicas del álabe. Además, resulta fácil y mecánicamente simple instalar medios de activación piezoeléctricos, siendo la única instalación requerida el suministro de energía a cada uno o a una serie de medios de activación. Por tanto, dicha solución no lleva elementos mecánicos y en la práctica carece de mantenimiento.

De acuerdo con una realización, la aleta se podría conformar como una aleta de generación de separación de flujo (o entrada en pérdida) adyacente al borde de ataque del álabe, y cuando se activase dicha aleta se alterarían las propiedades de separación de flujo del álabe. Tales medios promueven la tendencia a la separación de flujo del álabe, es decir, la formación de flujos de aire separados sobre el lado de succión aerodinámica del álabe.

De acuerdo con una realización preferida, el álabe incluye unos detectores de carga instalados en o sobre el álabe, cuyos detectores miden las cargas sobre el álabe en la forma, por ejemplo, de presión o esfuerzo del viento. Estos detectores se podrían usar adecuadamente para ajustar los medios de regulación de fuerza ascensional.

De acuerdo con una realización ventajosa, el álabe de turbina eólica incluye un sistema de control con una unidad de control que comunica con los medios de activación y los detectores de carga de tal manera que la unidad de control puede accionar los medios de activación y de ese modo ajustar la aleta (o las aletas) de acuerdo con las medidas realizadas por los detectores de carga. De ese modo, dicho álabe de turbina eólica podría ser “controlado automáticamente” en el sentido de que adapta *per se* su fuerza ascensional de acuerdo con la carga y por ello no requiere control externo.

De acuerdo con una realización particularmente ventajosa del álabe de turbina eólica, el sistema de control del mismo se podría adaptar de tal manera que pudiese estar vinculado con otros álabes correspondientes de turbina eólica en la misma turbina eólica para permitir el accionamiento de los medios de activación basándose en las medidas de carga de uno o más de los otros álabes. Como resultado, por ejemplo cuando en la turbina impacta una ráfaga de viento, el álabe podría alcanzar con más facilidad las propiedades de fuerza ascensional basándose en datos de carga recibidos de otro álabe antes de someterse a las cargas a las que el otro álabe justo acaba de someterse. En una situación típica, los álabes están sometidos a mayores velocidades de viento cuando se encuentran en la parte superior del plano del rotor durante su rotación, que cuando están en la parte inferior del plano del rotor. De ese modo, un álabe podría recibir datos de un álabe que mire hacia arriba y realizar su adaptación antes de que *per se* alcance la posición ascendente durante la rotación. En errores de guiñada, es decir, cuando la góndola no está ajustada de manera óptima en relación con la dirección del viento, los álabes están sometidos a cargas, que varían de acuerdo con su posición en el plano de rotación. Tales cargas variables podrían compensarse también por medio del álabe de acuerdo con el invento.

Un segundo aspecto del invento se refiere a un rotor de turbina eólica que tiene un número de dichos álabes de turbina eólica, cuyo rotor comprende un sistema de control central con una unidad de control, por ejemplo incorporada en el núcleo del rotor, y conectada con los detectores de carga y la aleta (o las aletas) de uno o más de los álabes basándose en las medidas de carga de cada álabe y/o en el valor de ajuste de la aleta (o las aletas) de cada álabe.

El invento se refiere también a una turbina eólica que comprende los álabes de turbina eólica anteriormente mencionados o el rotor antes citado.

Finalmente, el invento se refiere a un método de controlar dicha turbina eólica, en el que la segunda posición entre la primera posición y el pie de álabe se varía en la dirección longitudinal del álabe mediante el ajuste de los medios de activación basándose en las cargas medidas o en las velocidades de viento medidas.

El método resulta particularmente adecuado para controlar una turbina eólica que tenga álabes de paso controlado y en el que la velocidad de rotación de los álabes se mantiene sustancialmente constante.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se explica el invento con mayor detalle con referencia a los dibujos que ilustran realizaciones del invento, y en los que

La Figura 1 muestra una turbina eólica,

La Figura 2 es una vista isométrica de una parte de una zona de un perfil de álabe provisto de medios de regulación de acuerdo con una realización,

La Figura 3 es una vista isométrica de una parte de una zona de un perfil de álabe de acuerdo con una segunda realización,

La Figura 4 es una vista en corte transversal a través de un álabe de turbina eólica con medios de regulación de acuerdo con el invento,

La Figura 5 es una vista esquemática de un rotor de turbina eólica con un sistema de control.

La Figura 6 es una vista lateral de un álabe de turbina eólica,

La Figura 7 es un gráfico que muestra la fuerza ascensional de un perfil de álabe de turbina eólica en función de la distancia al pie de álabe, y

La Figura 8 es un gráfico como el mostrado en la Figura 7, habiéndose reducido en este caso la fuerza ascensional en una zona a lo largo de la parte exterior del álabe.

Modos óptimos para realizar el invento

La Figura 1 ilustra una turbina eólica de modulación-desmodulación convencional con una torre 4, una góndola 6 y un rotor que incluye un cubo 8 y tres álabes 10 que se extienden desde el mismo. Los álabes 10 podrían estar provistos de medios de regulación, que mediante el accionamiento de los medios de activación a grandes velocidades de viento pueden reducir gradualmente la fuerza ascensional del álabe en una zona que se extiende desde la extremidad 14 del álabe hasta una posición situada entre la extremidad del álabe y el pie 16 del álabe. Como resultado, con grandes velocidades de viento el álabe 10 se alivia en una zona que se extiende desde la extremidad 14 de álabe y hacia dentro en dirección al pie 16 de tal manera que una turbina eólica 2 con un álabe determinado 10 pueda permanecer en funcionamiento a velocidades de viento mayores de las usuales. El invento hace posible también proveer una turbina eólica 2 con álabes 10' más largos que los usuales, cuyos álabes se alivian simplemente mediante los medios de regulación a velocidades de viento crecientes y por tanto con cargas crecientes, de tal manera que se previene una sobrecarga de la turbina y del álabe.

La Figura 2 es una vista en corte de un perfil de álabe, habiéndose mostrado diversas realizaciones de los medios de regulación de fuerza ascensional en la forma de dos aletas ajustables 12 adyacentes al borde 22 de salida en el lado de succión aerodinámica 20 y una sola aleta 13 comparativamente larga de generación de separación de flujo en el lado de succión aerodinámica 20 y una sola aleta 13 comparativamente larga de generación de separación de flujo en el lado de succión aerodinámica 20 y una sola aleta 13 comparativamente larga de generación de separación de flujo en el lado de succión aerodinámica 20. Las aletas mostradas están formadas integralmente con el material de álabe y unidas a lo largo de unos bordes 25 soportados fijamente. Unos medios de activación (que no se han representado) se han provisto en la cara inferior de las aletas 12, 13. Cuando se accionan estos medios de activación, la aleta es impulsada hacia arriba para cambiar el perfil de la superficie del lado de succión 20. Los medios de activación podrían, por ejemplo, ser de la forma de medios (dispositivos de accionamiento) hidráulicos, neumáticos, electromagnéticos o piezoeléctricos. Es ventajoso que los medios de activación puedan reaccionar con relativa rapidez, en especial si las aletas tienen que ajustarse una o más veces para cada rotación del álabe de turbina eólica. Son especialmente interesantes los medios de activación piezoeléctricos basados en fibras piezoeléctricas. Dichos medios están prácticamente exentos de mantenimiento debido a la carencia de piezas que se desgasten por fricción.

Cada una de las dos aletas 12 situadas a lo largo del borde 22 de salida podría estar provista de un solo medio de activación. La aleta 13 situada junto al borde 23 de ataque del álabe está soportada fijamente al álabe a lo largo de dos bordes 25, 26 y provista de un medio de activación en un extremo. Debido a la flexibilidad del material de la aleta, la aleta 13 produce un efecto de reducción de fuerza ascensional creciente en la dirección del extremo de la aleta 13 que

ES 2 314 394 T3

está más lejos a la derecha en la Figura 2. Sin embargo, la aleta 13 se podría soportar fijamente también sólo a lo largo del borde largo 25 y estar provista de medios de activación en ambos extremos. En contraste a las aletas 12 adyacentes al borde 22 de salida del álabe que principalmente altera la fuerza ascensional del álabe sin generación de separación de flujo, la aleta 13 podría tener un efecto de generación de entrada en pérdida asegurando que, cuando se active, el flujo de aire se separe sobre el lado de succión 20 del álabe, y de ese modo reduciendo la fuerza ascensional del álabe.

La Figura 3 ilustra una segunda realización, en la que una pluralidad de aletas pequeñas 17, 15 provistas a lo largo del borde 22 de salida del álabe y adyacentes al borde 23 de ataque. Como resultado, se obtiene un ajuste más preciso de las propiedades de fuerza ascensional del álabe. Los medios de activación que no se han representado podrían ser de un solo tipo ajustables en dos o tres etapas o continuamente. Si se usa una pluralidad de aletas pequeñas 15, 17, como se muestra en la Figura 3, se podrían usar opcionalmente medios de activación simples de conexión/desconexión. Para obtener una fuerza ascensional reducida gradualmente en la dirección desde la extremidad del álabe, una primera área con una serie de aletas adyacente al pie de álabe podría tener medios de activación no activados, un área situada entre la primera área y la extremidad del álabe podría tener una serie de aletas de las que se activasen una aleta sí y otra no, y una tercera área adyacente a la extremidad del álabe, donde todas las aletas estén activadas. Como resultado se obtienen tres zonas, en las que la primera zona tiene fuerza ascensional invariable, una segunda zona tiene una fuerza ascensional parcialmente reducida y una tercera zona adyacente a la extremidad del álabe tiene una fuerza ascensional intensamente reducida.

Como se ve evidentemente en la Figura 4, que es una vista en corte transversal de un perfil de álabe, las aletas activas 19, 21 podrían estar dispuestas en el lado 18 de presión y/o en el lado 20 de succión del perfil de álabe. Mediante la colocación de las aletas activas 21 en el lado 18 de presión y específicamente en el borde 22 de salida del álabe en el lado de presión, es posible ajustar el álabe 10 a una fuerza ascensional óptima en velocidades de viento variables. De este modo, es posible a velocidades de viento crecientes realizar ajustes por medio de las aletas 21 en el lado de presión 18 del álabe para reducir la fuerza ascensional. La fuerza ascensional se podría reducir más con las aletas 19 en el lado 20 de succión del álabe junto al borde 23 de ataque del álabe.

La Figura 5 es una vista esquemática de un rotor con un cubo 8 y tres álabes 10 de turbina eólica que se extienden desde el cubo 8. Cada álabe 10 está provisto de un sistema de control que incluye una unidad 3 de control electrónico conectada a los medios de activación de los medios 12, 13, 15, 17, 19, 21 de regulación de fuerza ascensional. La unidad 3 de control está conectada además a unos detectores 5 de carga que miden la carga en el álabe de turbina eólica. Los detectores 5 de carga podrían ser, por ejemplo, extensómetros montados en la cara interior de la camisa del álabe o un refuerzo que interconecte las caras interiores de la camisa del álabe y de ese modo mida la deformación causada por la carga del viento. Opcionalmente se podrían usar como detectores de carga unos manómetros que midiesen la presión del viento sobre el álabe.

Como resulta evidente en la Figura 5, las unidades 3 de control de cada álabe 10 se podrían interconectar de tal manera que los datos sobre la carga sobre un primer álabe o el valor de ajuste de aleta del mismo se transmita a los otros álabes 10. Como resultado, las aletas 12 del mismo se pueden ajustar a la acción del viento al que están sometidas cuando adopten la posición del primer álabe 10 durante la rotación.

Los sistemas de control de los álabes se podrían interconectar de tal manera que una sola unidad 3 de control controlase todos los medios de regulación de fuerza ascensional de los álabes 10. Esta unidad 3 de control se podría situar en uno de los álabes, en el cubo, en la góndola, en la torre 4 de turbina o fuera de la turbina.

La Figura 6 es una vista lateral de un álabe de turbina eólica. La Figura 7 muestra un gráfico que ilustra esquemáticamente la fuerza ascensional L del álabe en función de la distancia X desde el pie del álabe. Así, la fuerza ascensional del álabe aumenta gradualmente a lo largo del mismo y disminuye hasta 0 en la extremidad del álabe.

La Figura 8 ilustra una situación en la que los medios 12, 13, 15, 17, 19, 21 de regulación de fuerza ascensional están activados a lo largo de una zona exterior del álabe. En esta zona la fuerza ascensional se ha reducido hasta casi 0. La longitud de esta zona es ajustable dependiendo de la carga de viento; la transición abrupta se puede desplazar hacia dentro en dirección al pie del álabe - a la izquierda en la Figura 8 - o hacia fuera en dirección a la extremidad del álabe - hacia la derecha en la Figura 8. Los medios de regulación de fuerza ascensional y los medios de activación podrían formarse y/o ser ajustables de tal manera que la fuerza ascensional se reduzca gradualmente en la dirección hacia la extremidad del álabe. Mediante el uso de una serie de aletas ajustables escalonadamente, el gráfico en la zona activada se podría formar como un tramo de escalones.

Adicionalmente a los registros de velocidad de viento y a las medidas de deformaciones, se podrían usar también datos de potencia de salida del generador en la góndola.

Se podrían realizar también predicciones de viento usando la solución descrita en el documento WO 98/42980, en el que se mide la velocidad del viento a una distancia determinada por delante de la turbina eólica por medio de un equipo láser. Este método se combina ventajosamente con las aletas descritas anteriormente, estando de ese modo los álabes "listos" cuando se produce la situación de viento predeterminada en el plano del rotor.

El método de ajustar las propiedades aerodinámicas de los álabes anteriormente descrito hace más sencillo - en particular con turbinas eólicas de paso controlable - mantener una velocidad de rotación sustancialmente constante

ES 2 314 394 T3

incluso si la turbina eólica es afectada por ráfagas de viento, por ejemplo debidas a turbulencia, y por otras variaciones en la velocidad del viento. Además, la carga sobre los álabes es significativamente más uniforme en el sentido de que las variaciones en el perfil de velocidades del viento pueden ser una parte de los parámetros de regulación de tal manera que se puedan hacer correcciones por variaciones de viento en el plano del rotor. Es posible también hacer
5 correcciones por la sombra de viento ejercida por la torre de turbina sobre el rotor.

El invento se podría usar en conexión con turbinas eólicas de separación de flujo controlada con una velocidad constante de rotación y en conexión con turbinas eólicas con velocidad de rotación variable Sin embargo, el invento resulta particularmente ventajoso cuando se usa para trabajar con turbinas eólicas de paso controlado con un régimen
10 sustancialmente constante. De ese modo, se ahorra el coste de los componentes eléctricos caros requeridos para convertir la corriente alterna de frecuencia variable generada por las turbinas eólicas con velocidad de rotación variable en una corriente alterna de frecuencia constante.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un álabe (10) de turbina eólica que incluye unos medios (12, 13, 15, 17, 19, 21) ajustables de regulación de fuerza ascensional dispuestos sobre o en la superficie del álabe de turbina eólica y que se extienden en la dirección longitudinal del álabe, y unos medios de activación por mediación de los cuales los medios (12, 13, 15, 17, 19, 21) de regulación de fuerza ascensional se pueden ajustar y de ese modo alterar las propiedades aerodinámicas del álabe (10), cuyos medios (12, 13, 15, 17, 19, 21) de regulación de fuerza ascensional y los medios de activación están destinados y dispuestos de tal manera que por el accionamiento de los medios de activación, se puede reducir la fuerza ascensional en una zona que se extiende en la dirección longitudinal del álabe (10) desde una primera posición adyacente a la extremidad (14) del álabe hasta una segunda posición situada entre la primera posición y el pie (16) del álabe, y siendo variable esta segunda posición en la dirección longitudinal del álabe mediante el ajuste de los medios de activación, **caracterizado** porque los medios de regulación de fuerza ascensional están formados de cómo mínimo una aleta flexible o una pluralidad de aletas pequeñas, (12, 13, 15, 17, 19, 21), cuyas al menos una aleta o cuya al menos una pluralidad de aletas pequeñas se extienden en la dirección longitudinal del álabe (10) y son ajustables por mediación de uno o más medios de activación para permitir que el valor de ajuste de alteración de fuerza ascensional de la aleta o de la pluralidad de aletas pequeñas se varíe gradualmente en la dirección longitudinal de la aleta o de la pluralidad de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21).
2. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque los medios de regulación de fuerza ascensional están formados de como mínimo dos aletas o pluralidades de aletas pequeñas (12, 15, 17) que están desplazadas entre sí en la dirección longitudinal del álabe (10).
3. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque la aleta (o aletas) o la pluralidad (o pluralidades) de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21) es/están soportadas fijamente a lo largo de una línea (25) en la dirección longitudinal del álabe (10).
4. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque los medios de activación se accionan por sistemas hidráulicos, electromagnéticos, neumáticos o de fibras piezoeléctricas.
5. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la aleta o la pluralidad de aletas pequeñas es una aleta de generación de separación de flujo o una pluralidad de aletas pequeñas (13, 15, 19) de generación separación de flujo adyacentes al borde (23) de ataque del álabe (10).
6. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque comprende detectores (5) de carga dispuestos en o sobre el álabe y que miden cargas de viento en la forma de, por ejemplo, presión de viento o deformación por viento.
7. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque comprende un sistema de control con una unidad (3) de control conectada con los medios de activación y los detectores (5) de carga, de tal manera que la unidad (3) de control pueda accionar los medios de activación y de ese modo ajustar la aleta (o aletas) o la pluralidad (o pluralidades) de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21) de acuerdo con las medidas realizadas por los detectores (5) de carga.
8. Un álabe (10) de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque el sistema de control está adaptado de tal manera que se pueda vincular con otros álabes correspondientes (10) en la misma turbina eólica (2) para permitir el accionamiento de los medios de activación basándose en las medidas de carga de uno o más de los otros álabes (10).
9. Un rotor (8, 10) de turbina eólica con una pluralidad de álabes (10) de turbina eólica, preferiblemente tres, de acuerdo con la reivindicación 8, cuyo rotor de turbina eólica incluye un sistema de control central con una unidad de control, por ejemplo incorporada en el núcleo (8) del rotor, y conectada con los detectores (5) de carga una aleta (o aletas) o una pluralidad (o pluralidades) de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21) de cada álabe (10) para permitir que la unidad de control ajuste la aleta (o aletas) o pluralidad (o pluralidades) de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21) de uno o más de los álabes (10) basándose en las medidas de carga de cada álabe (10) y/o en el valor de ajuste de la aleta (o aletas) o de la pluralidad (o pluralidades) de aletas pequeñas (12, 13, 15, 17, 19, 21) de cada álabe (10).
10. Una turbina eólica (2) que comprende álabes (10) de turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8 o un rotor de acuerdo con la reivindicación 9.
11. Un método de controlar una turbina eólica (2) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la segunda posición entre la primera posición y el pie (16) del álabe se varía en la dirección longitudinal del álabe (10) mediante el ajuste de los medios de activación basándose en las cargas medidas o en las velocidades de viento medidas.
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11 para controlar una turbina eólica, en el que los álabes (10) son de paso controlable y en el que la velocidad de rotación de los álabes (10) se mantiene sustancialmente constante.

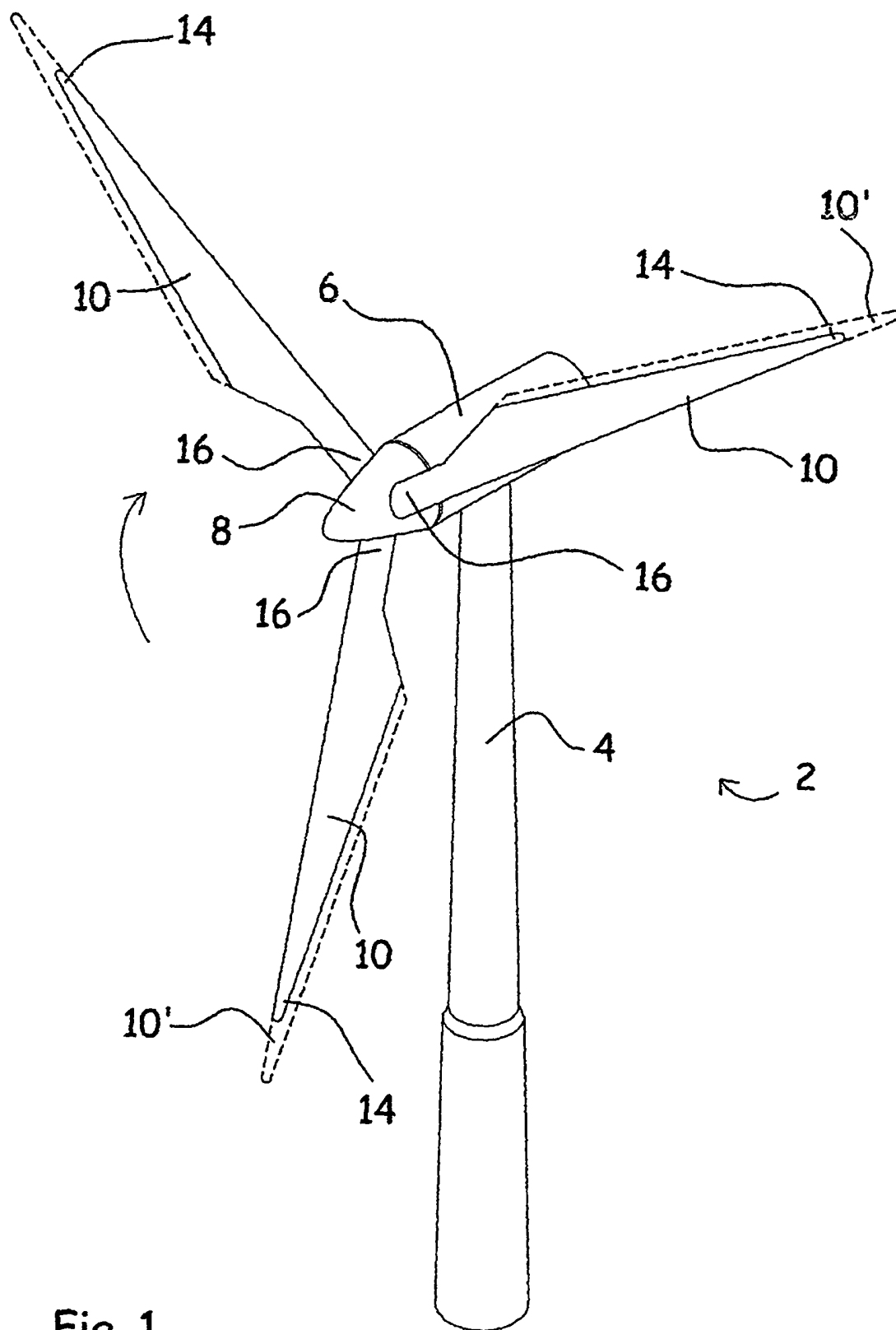
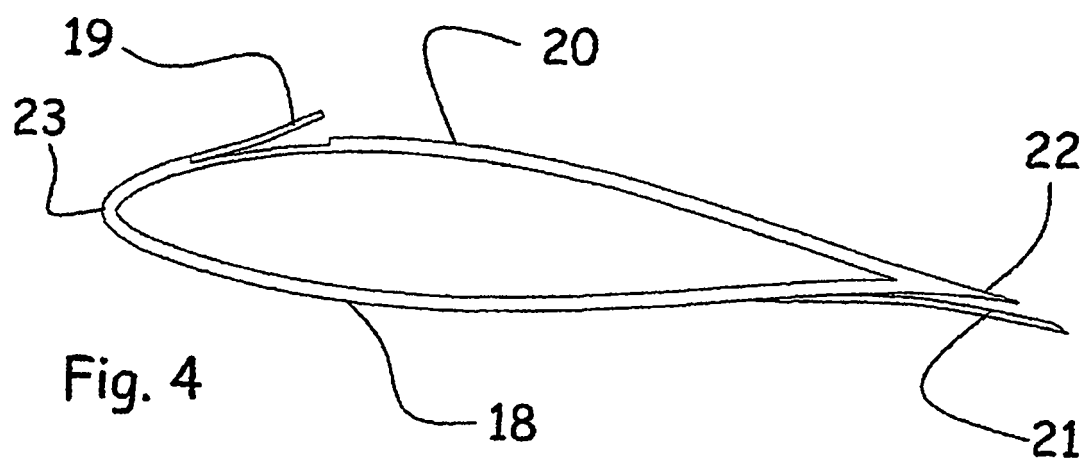
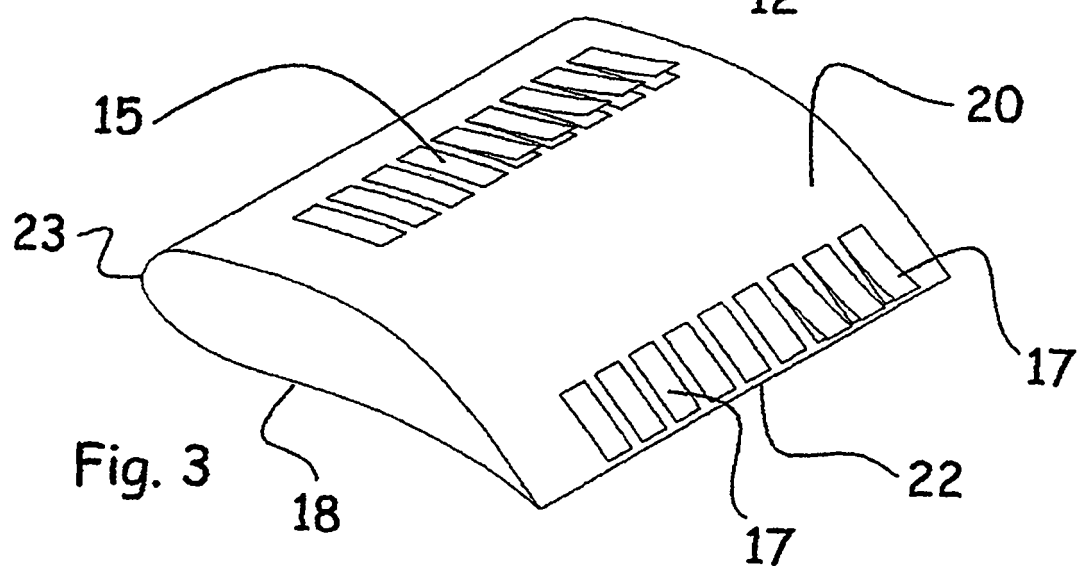
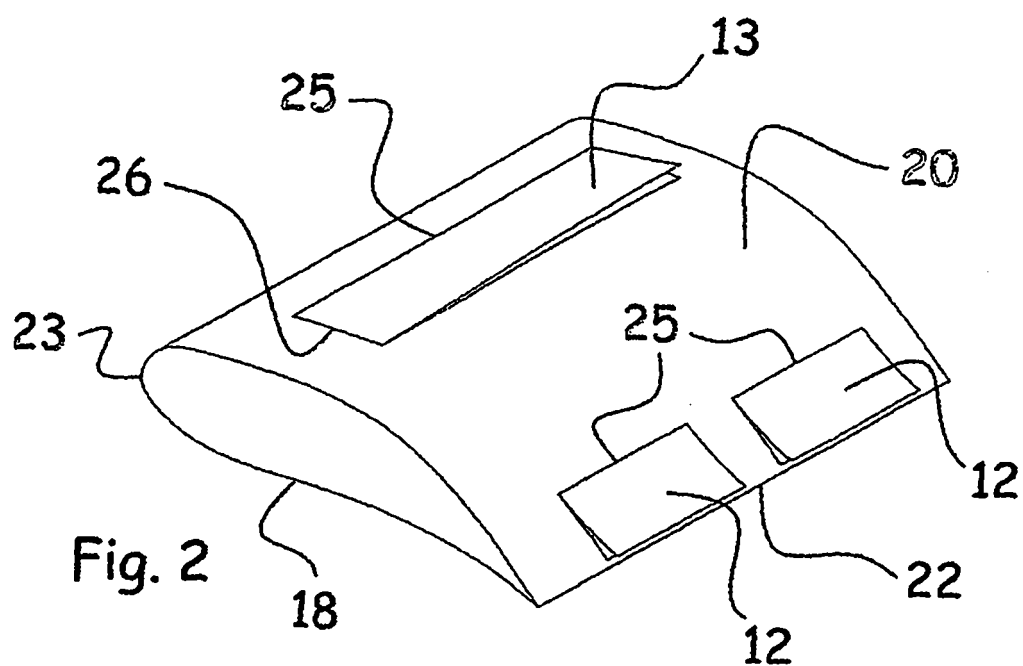


Fig. 1



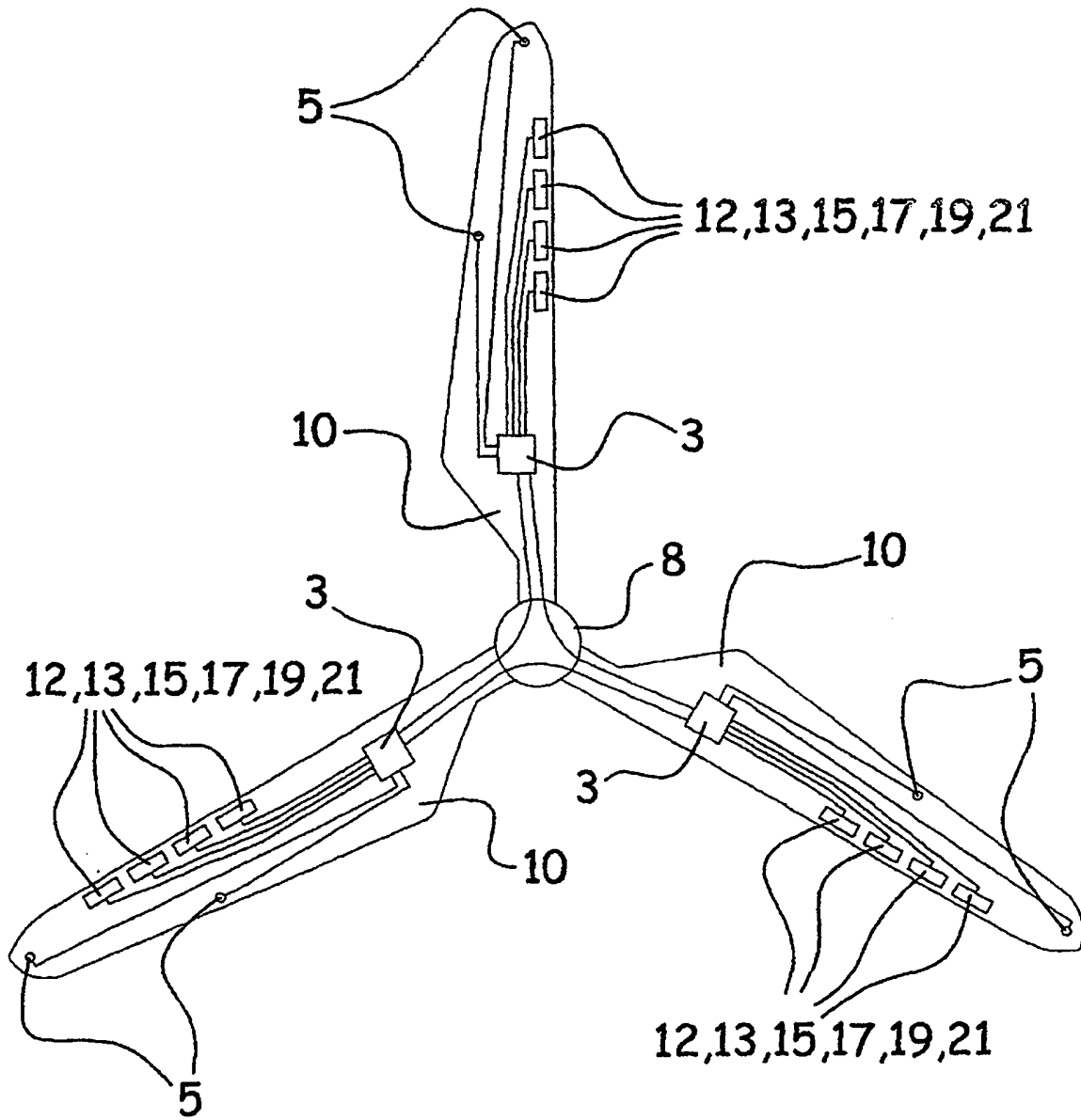


Fig. 5

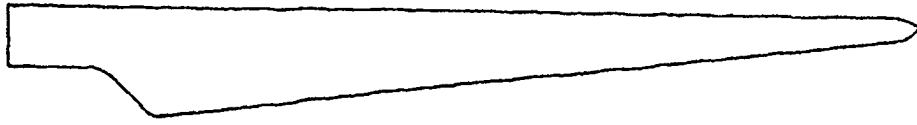


Fig. 6

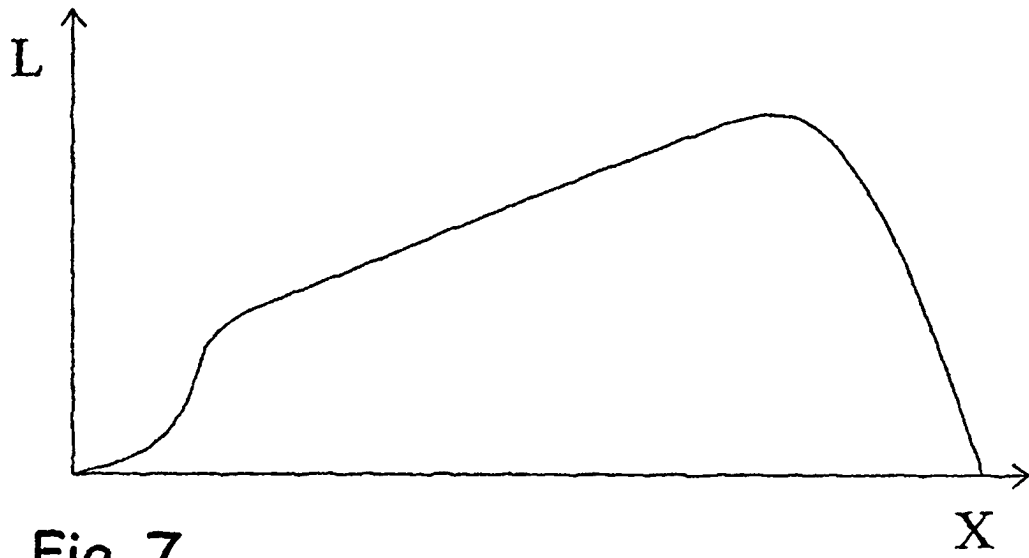


Fig. 7

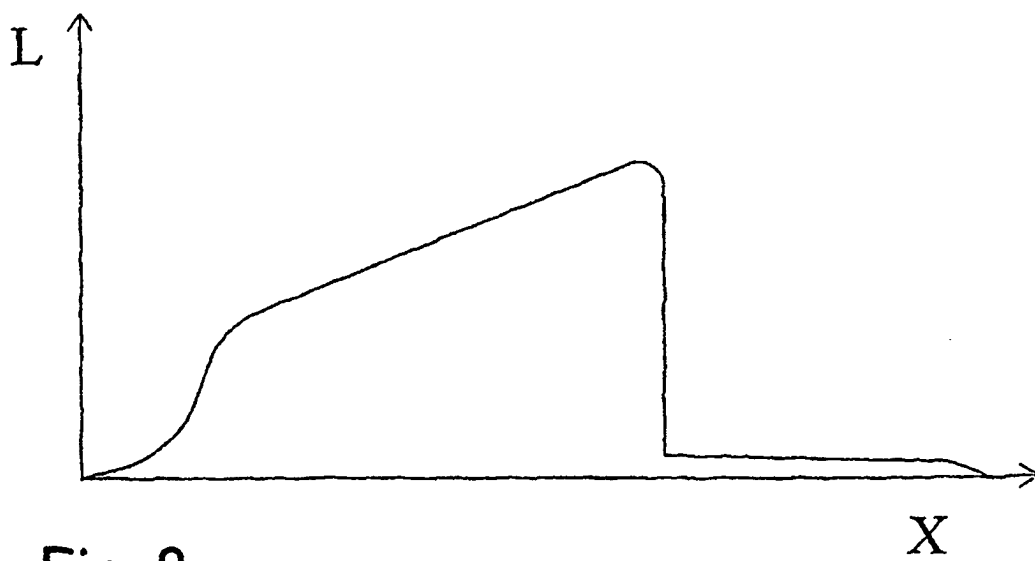


Fig. 8