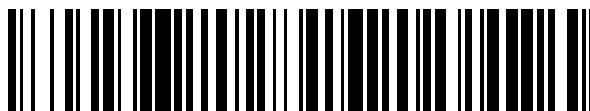


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 152**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2013 PCT/EP2013/069755**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2014 WO14044855**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2013 E 13770660 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2898215**

54 Título: **Unidad de rotor para una turbina eólica**

30 Prioridad:

24.09.2012 BE 201200632

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

18.04.2017

73 Titular/es:

**JOVAL NV (100.0%)
Munkendoornstraat 12
8500 Kortrijk, BE**

72 Inventor/es:

VERSAVEL, JOZEF, ROBRECHT, JAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 609 152 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

Unidad de rotor para una turbina eólica

5 La invención se refiere a una turbina eólica, más específicamente a una unidad de rotor para una turbina eólica. Las turbinas eólicas se usan frecuentemente para generar energía eléctrica mediante la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica. Una turbina eólica que comprende un eje horizontal comprende una torre, una góndola y una unidad de rotor con una pluralidad de álabes. La unidad de rotor se monta en la góndola por medio de un eje que se conecta directa o indirectamente a un generador para generar energía eléctrica.

10 Una turbina eólica conocida se describe en el documento WO2008/067083, que describe una turbina eólica con una unidad de rotor. Dicho ensamble del rotor comprende un cubo central con un eje de rotación central y una pluralidad de álabes, cada una de los cuales se acopla al cubo central por su primer extremo central y cuyo eje longitudinal se extiende sustancialmente de manera radial con respecto al eje de rotación central hasta su segundo extremo radial. Cada uno de
15 estos álabes comprende un separador que se dispone en la ubicación de un punto intermedio situado entre el primer extremo central y el segundo extremo radial. Este separador coopera con un sistema de cables que ancla el álabe al cubo central a través de tres cables para reforzar así la estructura del álabe. Sin embargo, para anclar los cables al cubo central, se requiere una rueda auxiliar, cuya función es importante para proporcionar una base más amplia para los puntos de acoplamiento para los cables con el fin de reducir las fuerzas que se generan en los cables. En particular, las fuerzas que
20 se generan en los cables como resultado de la deformación del álabe transversalmente al eje de rotación central. Otra turbina eólica que comprende un rotor con álabes que tienen un separador y un sistema de cables se conoce del documento WO2008/111841. Para ampliar la base para los cables que tienen que absorber transversalmente la deformación al eje de rotación, estos cables se unen a los álabes cercanos. Sin embargo, de esta manera, esta deformación se absorbe de manera menos eficiente, ya que el efecto de soporte de estos cables se anula tras una
25 deformación similar de todas los álabes. Además, el sistema de cables se complementa con una estructura con varillas que se extienden desde el separador hasta el cubo central y que también tienen que absorber fuerzas de presión, lo que limita su longitud. Esto limita la distancia desde el separador al eje de rotación central. Aún otras modalidades de las turbinas eólicas que comprenden un rotor con los arreglos de arriostramiento se conocen por ejemplo de los documentos EP2112372 o US4316699.
30 Aún otro ejemplo de turbina eólica se conoce del documento DE19606359; este mecanismo sólo es capaz de absorber la deformación del álabe a lo largo del eje de rotación central. Además, esta también usa un mecanismo de varillas, lo que limita su longitud y por lo tanto limita la distancia del separador al eje de rotación.

35 Como resultado de ello, existe una necesidad de una unidad de rotor para una turbina eólica que supere los inconvenientes antes mencionados y más particularmente una unidad de rotor para una turbina eólica que comprenda álabes con un mejor sistema de cables de modo que los álabes puedan ofrecer más resistencia a la carga a la que se someten y puedan fabricarse de una manera más simple y más ligeras.

40 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona una unidad de rotor para una turbina eólica que comprende,

- un cubo central con un eje de rotación central; y
- una pluralidad de álabes, cada una de las cuales se acopla al cubo central por su primer extremo central y cuyo eje longitudinal se extiende sustancialmente de manera radial con respecto al eje central de rotación hasta su segundo extremo radial; cada uno de estos álabes comprende:
 - 45 – un separador que se dispone en la ubicación de un punto intermedio situado entre el primer extremo central y el segundo extremo radial; y
 - un sistema de cables que coopera con el álabe y el cubo central,
 -

caracterizado porque

- 50 – el cubo central comprende al menos tres primeros puntos de acoplamiento;
- el álabe comprende al menos tres segundos puntos de acoplamiento correspondientes a la disposición del segundo extremo radial;
- el separador comprende al menos tres terceros puntos de acoplamiento correspondientes;
- 55 – el álabe comprende al menos tres cuartos puntos de acoplamiento correspondientes en la ubicación del punto intermedio, en donde la distancia desde el eje longitudinal del álabe hasta el segundo y cuarto puntos de acoplamiento es más pequeña que hasta el primer y tercer puntos de acoplamiento; y

- el sistema de cables que comprende:
 - un primer sistema de cables que comprende al menos tres cables correspondientes que conectan respectivamente los primeros puntos de acoplamiento a los cuartos puntos de acoplamiento correspondientes; y
 - un segundo sistema de cables que comprende al menos tres cables correspondientes que conectan respectivamente los primeros puntos de acoplamiento a los segundos puntos de acoplamiento correspondientes a través de los terceros puntos de acoplamiento correspondientes.

La unidad de rotor de acuerdo con la invención hace que sea posible limitar la base para el acoplamiento de los cables del primer sistema de cables en el cubo central, porque se acoplan en la localización del separador y cerca del eje longitudinal del álabe. Estructuras adicionales para el acoplamiento de los cables ya no son necesarias. Además, esto puede lograrse por medio de álabes de una estructura simple y ligera.

De acuerdo con una modalidad, los primeros puntos de acoplamiento y los terceros puntos de acoplamiento correspondientes para cada pala se disponen de manera que:

- al menos un punto de acoplamiento se sitúa a cada lado del plano cubierto por el eje longitudinal L de los álabes; y
- al menos un punto de acoplamiento se sitúa a cada lado del plano formado por el eje longitudinal del álabe y el eje central.

La unidad de rotor de acuerdo con la invención es capaz, además, de absorber la deformación de los álabes en el plano cubierto por el eje longitudinal de los álabes de manera más eficiente ya que estas fuerzas se producen directamente a través de los cables del primer sistema de cables que se acoplan cerca del eje longitudinal del álabe y no en los extremos de los brazos del separador, lo que reduce así la carga en el separador.

De acuerdo con una modalidad adicional, la distancia al eje longitudinal de los primeros puntos de acoplamiento se corresponde sustancialmente con la de los terceros puntos de acoplamiento correspondientes.

De acuerdo con aún una modalidad adicional, los primeros puntos de acoplamiento se disponen de manera que corresponden sustancialmente a una proyección de los al menos tres terceros puntos de acoplamiento a lo largo del eje longitudinal del álabe.

De acuerdo con una modalidad preferida, el álabe comprende una primera parte central del álabe que se extiende desde el primer extremo central hasta un punto intermedio; y una segunda parte radial del álabe que se acopla a la primera parte central del álabe y se extiende desde el punto intermedio hasta el segundo extremo radial.

El separador también puede colocarse más cerca del extremo radial del álabe, lo que hace posible maximizar una superficie cubierta por la parte radial del álabe. Además, esto ofrece la posibilidad de limitar la longitud máxima de los componentes de la unidad de rotor, lo que es ventajoso durante la transportación.

Preferentemente, sólo la segunda parte radial del álabe comprende un ala que tiene una forma de manera que es adecuada para accionarse por el viento.

De acuerdo con una modalidad, el ala se produce como un perfil extrudido.

De esta manera, la unidad de rotor de acuerdo con la invención puede hacer uso de un ala que puede producirse de una manera simple.

De acuerdo con una modalidad, la primera parte central del álabe comprende un tubo.

De acuerdo con una modalidad adicional, la segunda parte radial del álabe comprende un tubo que puede adaptarse al tubo de la primera parte central del álabe en la posición del punto intermedio y al que se acopla el ala.

De acuerdo con todavía otra modalidad, el ala se monta de manera giratoria en el tubo de la segunda parte radial del álabe.

De acuerdo con una modalidad, el ala, a lo largo del eje longitudinal del álabe, comprende una cavidad interna en la que puede introducirse el tubo de la segunda parte radial del álabe.

Esto hace que sea posible producir la unidad de rotor mediante el uso de componentes simples.

5 Preferentemente, el álabe comprende un mecanismo de posicionamiento y un dispositivo de control que se acopla a este y que, tras la activación, se configura para ajustar la posición del ala; y el ala se forma y/o adapta de manera que el ala gira de manera que deja de hacer resistencia al viento tras la desactivación del dispositivo de control.

10 De acuerdo con una modalidad, el mecanismo de posicionamiento y el dispositivo de control acoplado a este se configuran de manera que hacen girar el ala de manera que deja de hacer resistencia al viento cuando se alcanza una velocidad predeterminada de rotación de la unidad de rotor.

Esto hace que sea posible proteger la unidad de rotor contra una sobrecarga.

15 De acuerdo con una modalidad, el mecanismo de posicionamiento comprende un actuador hidráulico y el dispositivo de control que se acopla a este comprende un circuito hidráulico.

De acuerdo con una modalidad adicional, el mecanismo de posicionamiento y/o el dispositivo de control acoplado a este se adaptan en la unidad de rotor, donde el dispositivo de control comprende además:

- 20 – un suministro de energía que se configura para cargarse por medio de un generador eléctrico que se adapta al ensamble del rotor o por una fuente de energía estacionaria por medio de transferencia inalámbrica de energía; y/o
- un módulo de comunicación inalámbrica configurado para hacer posible la comunicación inalámbrica entre el dispositivo de control y un dispositivo de control estacionario.

25 Esto hace que sea posible adaptar y accionar los actuadores de la unidad de rotor de una manera sencilla y sin transmisiones mecánicas complicadas.

La invención se describirá ahora en más detalle con referencia a los dibujos, en los que:

30 La Figura 1 muestra una modalidad de una turbina eólica de acuerdo con la invención;
Las Figuras 2 y 3 muestran una ilustración parcial de la unidad de rotor de la turbina eólica a partir de la figura 1; y
Las Figuras 4A-C y 5 muestran una modalidad de un mecanismo de posicionamiento para los álabes.

35 La Figura 1 muestra una modalidad que comprende una turbina eólica 1 con una unidad de rotor 10 de acuerdo con la invención. Esta abarca una turbina eólica de eje horizontal 1 con una góndola 3 que se adapta de manera giratoria para que pueda girar alrededor de un eje de rotación vertical en una torre 2. La propia unidad del rotor 10 se ajusta de manera giratoria en la góndola para girar alrededor de un eje de rotación central R sustancialmente horizontal. La unidad de rotor 10 se dispone "a favor del viento", lo que significa en el lado posterior de la góndola 3 durante el funcionamiento, de acuerdo con la dirección del viento W. Dicha disposición ofrece la ventaja de que no se requiere un mecanismo adicional para mantener la unidad de rotor 10 en el viento. De acuerdo con una modalidad alternativa, la unidad de rotor 10 también puede disponerse "en contra del viento", por ejemplo para prevenir los efectos desventajosos de la turbulencia en la parte trasera de la torre, pero esto requiere un mecanismo adicional para mantener la unidad de rotor en el viento, tales como, por ejemplo, un álabe del clima o un sensor de viento en combinación con un motor auxiliar.

40 La unidad de rotor 10 puede girar alrededor de un eje de rotación central R sustancialmente horizontal y comprende un cubo central 12, cuyo eje central coincide con la rotación horizontal del eje central R. Tres álabes 14 se acoplan a este cubo central. Es evidente que, de acuerdo con modalidades alternativas, puede ajustarse un número múltiple diferente de álabes, como por ejemplo dos, cuatro, cinco, etc. Los álabes 14 se acoplan al cubo central 12 por medio de sus primeros extremos centrales 22 y se extienden sustancialmente de manera radial con respecto al eje de rotación central R a lo largo de su eje longitudinal L a su segundo extremo radial 32.

45 Como se ilustra en la Figura 1 y además en más detalle en las Figuras 2 y 3, cada uno de dichos álabes 14 comprende un separador 40 que se ajusta en el lugar de un punto intermedio situado entre el primer extremo central 22 y el segundo extremo radial 32. Además, estos álabes 14 también comprenden cada uno un sistema de cables 60 que coopera con el álabe 14 y el cubo central 12. Este sistema de cables 60 se asegura de evitar la deformación del álabe 14. Tanto la deformación a través de la carga sobre los álabes a lo largo de la dirección del eje de rotación central R, como la deformación de los álabes 14 en ángulo recto con el eje central de rotación R, están comprendidas. Con este fin, el sistema de cables 60 comprende un primer sistema de cables 61 y un segundo sistema de cables 62 que tienen al menos tres cables que cooperan con diferentes puntos de acoplamiento para evitar la deformación de los álabes 14 en estas dos

direcciones. Como se describe más abajo en más detalle, los puntos de acoplamiento para dos de estos tres cables, particularmente los dos cables que se ajustan "en contra del viento", se forman a cada lado del plano por el eje longitudinal L del álabe 14 y el eje central R. Estos dos cables se ajustan "en contra del viento" y el tercer cable se ajusta "a favor del viento", es decir a uno y otro lado del plano abarcado por el eje longitudinal L de los álabes 14.

5

El álabe 14 se divide en dos partes del álabe, es decir que el álabe 14 comprende una primera parte central del álabe 20 que se extiende desde el primer extremo central 22 hasta el punto intermedio 42. A esta primera parte central del álabe 20, que de acuerdo con esta modalidad se configura como un tubo 24, se acopla después una segunda parte radial del álabe 30. Esta parte radial del álabe 30 se extiende desde el punto intermedio 42 hasta el segundo extremo radial 32.

Como puede observarse, de acuerdo con esta modalidad, esta segunda parte radial del álabe 30 consiste en un tubo 34 que se acopla al tubo 24 de la primera parte central del álabe 20 en la disposición del punto intermedio 42. Un ala 35 conformada de manera que pueda ser accionada por el viento se ajusta en torno a este tubo 34 de la parte radial del álabe 30. Esta ala 35 puede acoplarse de manera fija a este tubo 34, pero de acuerdo con una modalidad preferida, esta ala 35 se monta de manera giratoria sobre este tubo 34 de manera que puede girarse a diferentes posiciones por medio de un actuador 72, como se verá más adelante con referencia a las Figuras 4A-C. Separar el álabe 14 en dos partes es ventajoso debido a que de esta manera el álabe 14 puede transportarse más fácilmente en este estado sin ensamblar. Además, esto también hace posible la producción del ala 35 mediante el uso de un perfil que es fácil de producir, por ejemplo un perfil extrudido de aluminio o de plástico. Una modalidad de tal perfil para el ala 35 se ilustra, por ejemplo, en las Figuras 4A-C, en las que el ala 35 comprende una cavidad interna 38 a lo largo del eje longitudinal L del álabe 14 en la que puede introducirse el tubo 34 de la segunda parte radial del álabe 30.

20

El primer sistema de cables 61 comprende tres cables 96, 97, 99 que se ajustan entre los tres puntos de acoplamiento 16, 17, 19 en el cubo central 12 y los tres puntos de acoplamiento 56, 57, 59 en el álabe 14 en el lugar del punto intermedio 42. Los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 se disponen a una distancia d_1 con respecto al eje longitudinal L del álabe 14. Como se ilustra en la Figura 2, los puntos de acoplamiento 56, 57, 59 se disponen en el tubo 24 de la parte central del álabe 20 en el lugar del separador 40. De acuerdo con una variante de modalidad, los puntos de acoplamiento también pueden disponerse en una manera similar cerca del eje longitudinal L, por ejemplo en el separador 40 o en el tubo 34 de la parte radial del álabe 30. En este caso, es importante que la distancia al eje longitudinal L del álabe 14 de los puntos de acoplamiento 56, 57, 59 sea menor que la distancia d_1 del eje longitudinal L a los puntos de acoplamiento correspondientes 16, 17, 19. De esta manera, estos cables 96, 97, 98 se ajustan para formar un ángulo A1. Cuanto más pequeño sea este ángulo A1, mayores serán las fuerzas que se desarrollarán en los cables 96, 97, 98 debido a las cargas sobre el álabe 14 transversalmente al eje longitudinal L. Tales cargas pueden producirse como resultado de la carga del viento en los álabes 14, pero además, por ejemplo, como resultado del propio peso de estas, incluso en el estado de descarga. A medida que los puntos de acoplamiento 56, 57, 59 se disponen lo más cerca posible al eje longitudinal L, el ángulo A1 se determina en gran medida por la distancia d_1 del punto de acoplamiento 16, 17, 19 con respecto al eje longitudinal L y la longitud L1 de la parte central del álabe 20. La distancia d_1 está limitada por las dimensiones del cubo central 12, y por la distancia mínima que tiene que mantenerse entre los cables y la torre 2. Al limitar la distancia L1, es decir mediante el ajuste de los cables 96, 97, 99 en la disposición del punto intermedio 42, el ángulo A1 puede mantenerse suficientemente grande sin necesidad de ayudas para aumentar la distancia d_1 en la disposición del cubo central 12. Como puede observarse además en la Figura 2, los cables en la disposición de los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 están provistos de tensores de cable conocidos con el fin de ser capaces de ajustar la tensión de los cables 96, 97, 99 de manera que pueda impartirse la rigidez deseada a la parte central del álabe 20, sin la necesidad de perfiles complicados para el tubo 24 o materiales que tienen una rigidez muy alta. El tubo 24 puede, por ejemplo, fabricarse de un metal adecuado, tal como por ejemplo acero o aluminio. De esta manera, es posible garantizar una construcción simple y ligera de esta parte central del álabe 20.

35

40

45

50

55

El segundo sistema de cables 62 comprende tres cables 106, 107 y 109 que se ajustan entre los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 en el cubo central 12 y los correspondientes puntos de acoplamiento 36, 37, 39 que se disponen en la posición del extremo radial 32 del álabe 14. Para maximizar además el ángulo A2 entre los cables 106, 107 y 109 y el eje longitudinal L del álabe 14, los cables 106, 107, 109 en la posición del extremo radial 32 se ajustan lo más cerca posible al eje longitudinal L, por ejemplo en el tubo 34, y se guían a través de los puntos de acoplamiento correspondientes 46, 47, 49 en los extremos de los brazos correspondientes 43, 44, 45 del separador 40. Estos puntos de acoplamiento 43, 44, 45 en los extremos de los brazos separadores 43, 44, 45 se ajustan a una distancia d_2 con respecto al eje longitudinal L. En este caso también, la distancia d_2 se selecciona para ser tan grande como sea posible, y la limitación de la distancia mínima que debe respetarse entre los cables 106, 107, 109 del segundo sistema de cables 62 y la torre 2 se aplica de la misma manera como lo hace para la distancia d_1 . Además, es ventajoso usar también los mismos puntos de acoplamiento 16, 17, 19 para los cables 106, 107, 109 en el cubo central 12 como para los cables 96, 97, 99 del primer sistema de cables 61. En este caso, como se ilustra para las modalidades en las Figuras 1 a 3, la distancia d_1 con respecto al eje longitudinal L de los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 en el cubo central 12 corresponde sustancialmente a la distancia

d2 de los puntos de acoplamiento correspondientes 46, 47, 49 en los extremos de los brazos 43, 44, 45 del separador 40. Además, de acuerdo con esta modalidad, los cables 106, 107, 109 se extienden sustancialmente paralelos al eje longitudinal L del álabe 14 entre los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 en el cubo central 12 y los puntos de acoplamiento 46, 47, 49 en los extremos de los brazos 43, 44, 45 del separador 40, como resultado de lo cual los puntos de acoplamiento respectivos 16, 17, 19 corresponden sustancialmente a una proyección de los puntos de acoplamiento correspondientes 46, 47, 49 a lo largo del eje longitudinal L del álabe 14. Debido a los puntos de acoplamiento cerca del extremo radial 32 del álabe 14, el segundo sistema de cables 62, además, puede aumentar la rigidez de la parte radial del álabe 30 y, debido a la acción del separador 40, se puede reducir la carga en los cables 106, 107, 109 por un factor de tres a cuatro. En este caso también, el ángulo A2 se mantiene lo suficientemente grande mediante la limitación de la longitud L2 de la parte radial del álabe 30, es decir mediante la disposición de los puntos de acoplamiento 46, 47, 49 en los extremos de los brazos separadores 43, 44, 45 en la disposición del punto intermedio 42, incluso si los cables 106, 107, 109 son guiados hasta el extremo radial 32 del álabe 14. Como puede observarse en la Figura 2, estos cables 106, 107, 109 también están provistos de tensores de cable conocidos en la disposición de los puntos de acoplamiento 16, 17, 19 con el fin de ser capaces de ajustar la tensión de los cables 106, 107, 109 de manera que la rigidez deseada puede impartirse a la parte radial del álabe 30 sin que perfiles complicados o materiales de muy alta rigidez se requieran para el tubo 34. El tubo 34 puede entonces, de una manera similar a la del tubo 24, por ejemplo fabricarse de un metal adecuado, tal como por ejemplo acero o aluminio, que también hace que una construcción simple y ligera de esta parte radial del álabe 30 sea posible.

Como puede observarse en las Figuras 1-3, solamente la parte radial del álabe 30 está provista de un ala 35. Aunque es posible, de acuerdo con una variante de modalidad, proporcionar además un ala en la parte central del álabe 20, esto dará lugar frecuentemente a una forma más complicada del ala, en particular cerca del cubo central 12. Además, la potencia que se genera por la unidad de rotor 10 es proporcional a la superficie que está cubierta por las alas de los álabes 14 y una unidad de rotor 10 como se ilustra en las Figuras 1-3 puede, debido al hecho de que las alas 35 con las alas fácilmente producibles 35 están dispuestas a una cierta distancia desde el cubo central 12, para una determinada longitud del ala L2 una superficie más grande puede estar cubierta si esta distancia aumenta. Como resultado de esto, es conveniente poder elegir la distancia L1 al punto intermedio 42 para que sea lo suficientemente grande. Además, también es ventajoso para el transporte de la unidad de rotor 12, si la longitud L2 de la parte radial del álabe 30 y la longitud L1 de la parte central del álabe 20 permanecen dentro de ciertos límites legales. Por lo tanto, la longitud L1 y L2 pueden ser, por ejemplo, aproximadamente 6 o 12 metros, de manera que puedan transportarse por medio de contenedores estándar.

Tras la instalación, ambas partes del álabe pueden conectarse entre sí por medio de miembros de acoplamiento adecuados, tales como por ejemplo tornillos o una conexión de sujeción en la disposición del punto intermedio 42. En la modalidad ilustrativa de las Figuras 1-3, el primer sistema de cables 61 y el segundo sistema de cables 62 en cada caso comprenden tres cables, cuyos puntos de acoplamiento 16, 17, 18 al cubo central 12 y los puntos de acoplamiento correspondientes 46, 47, 49 a los extremos de los brazos separadores 43, 44, 45 se disponen de manera que imparten estabilidad con respecto a todas las cargas en el álabe 14 transversalmente al eje longitudinal L. Con este fin, los puntos de acoplamiento 16, 17; 46, 47 y el punto de acoplamiento 19; 49 se disponen a uno y otro lado del plano abarcado por el eje longitudinal L de los álabes 14 para absorber cargas sustancialmente a lo largo de la dirección del eje de rotación. En este caso, dos puntos de acoplamiento 16, 17; 46, 47 se colocan en el lado "en contra del viento" porque la carga es mayor en este lado durante el funcionamiento normal y por lo tanto puede distribuirse sobre los dos cables correspondientes 96, 97; 106, 107 en este lado. Por otra parte, el punto de acoplamiento 16; 106 y el punto de acoplamiento 17; 107 se disponen a uno y otro lado del plano formado por el eje longitudinal L del álabe 14 y el eje central R, lo que hace posible absorber además las cargas transversalmente a la dirección del viento de una manera óptima. El sistema de cables 60 que comprende tres cables como se describió anteriormente es óptimo con respecto a minimizar la resistencia adicional del aire de la unidad de rotor. De acuerdo con variantes de modalidades de la unidad de rotor 10, por ejemplo es posible, además, ajustar cuatro, cinco o más cables para distribuir aún más la carga a través de los cables o para proporcionar redundancia en caso de que un cable se rompa.

Si el ala 35 se ajusta en una posición fija, por ejemplo fijada en el tubo 34, entonces los componentes del álabe 14 se dimensionan de manera que puedan soportar la carga más alta posible que pueda provocar el viento. Para reducir la carga máxima en los componentes del álabe 14 y en consecuencia ser capaz de producir una construcción más ligera y más simple, se prefiere acoplar el ala 35 al tubo 34 de la segunda parte radial del álabe 30 de manera que gire. De esta manera, el ala 35 puede girarse de manera que deja de hacer resistencia al viento en caso de sobrecarga inminente, es decir, puede girarse a una posición sobre el eje longitudinal L del álabe 14 donde el impacto del viento es mínimo. Para la modalidad ilustrada en las Figuras 1-3, el ala 35 a lo largo del eje longitudinal L del álabe 14 se proporciona para este fin provisto con una cavidad interna 38 en la que puede introducirse el tubo 34 de la segunda parte radial del álabe 30, y a la que el ala 35 puede acoplarse de manera giratoria por medio de un cojinete adecuado.

Una modalidad de un mecanismo de posicionamiento 70 y un dispositivo de control 80 acoplado a él se ilustra en forma de diagrama en las Figuras 4A-C. El mecanismo de posicionamiento 70 se configura como un actuador hidráulico 72, por

ejemplo un actuador hidráulico de acción única 72 con una función de resorte de retorno, pero de acuerdo con modalidades alternativas esto puede ser, además, un actuador eléctrico, neumático o de cualquier otro tipo adecuado. Por un lado, el actuador hidráulico 72 se conecta al tubo 34 de la parte radial del álabe 30 mediante un brazo 76, que puede, por ejemplo, coincidir con el brazo 45 del separador 40. Por otro lado, el actuador 72 se conecta al ala 35 a través de un brazo 74. El actuador 72 es así capaz de determinar la posición del ala 35 que se ajusta en el tubo 34 de la parte radial del álabe 30 de modo que pueda girar por medio de un cojinete 78.

La Figura 4B muestra el ala 35 en su posición de partida. En esta posición, el viento tiene un impacto bastante grande en el ala 35 para generar un torque suficiente para ser capaz de poner la unidad de rotor 10 en movimiento a partir de un punto muerto. En este caso, el ala 35 está en un ángulo bien definido de incidencia con respecto a la dirección relativa del viento. Este ángulo de incidencia de la dirección del viento garantiza la generación de un torque de arranque la cual es lo más grande posible. Una vez que la unidad de rotor 10 se ha puesto en movimiento a partir del punto muerto, el actuador 72 puede accionarse por el dispositivo de control 80 de manera que el ala 35 se mueva a la posición ilustrada en la Figura 4A. En esta posición, el ala se coloca sustancialmente transversal a la dirección del viento para encontrar así un mejor equilibrio entre la fuerza generada por el viento en el ala y la resistencia del aire que el ala 35 experimenta durante la rotación de la unidad de rotor 10 durante el funcionamiento normal de la turbina eólica 1. Finalmente, la Figura 4C muestra el ala 35 en una posición que se asume tras la desactivación de la turbina eólica, por ejemplo para evitar la sobrecarga a velocidades excesivas del viento o para fines de mantenimiento. En esta posición, el ala 35 se alinea sustancialmente con la dirección del viento, de manera que se reduce el torque generada por la unidad de rotor 10. Para garantizar un funcionamiento seguro de la unidad de rotor 10, el ala 35 se conforma de manera que, o está provista de medios, tales como muelles, actuadores u otros elementos que garantizan que, tras la desactivación del dispositivo de control 80, el ala 35 se gira de manera que deja de hacer resistencia al viento, para que asuman la posición como se ilustra en la Figura 4C. En caso de exceder una velocidad predeterminada de rotación de la unidad de rotor 10, que puede determinarse por ejemplo por medio de un sensor de rotación angular adecuado o por medio de elementos que se accionan por una fuerza centrífuga, el ala 35 se gira, además, a la posición ilustrada en la Figura 4C para prevenir la sobrecarga de la unidad de rotor 10.

La Figura 5 muestra una modalidad de un dispositivo de control 80 para el actuador 72 ilustrado en las Figuras 4A-C. Este dispositivo de control 80 comprende, por ejemplo, un circuito hidráulico 84, 85, 86 con componentes hidráulicos, opcionalmente complementados por una unidad electrónica de procesamiento 81 y el suministro de energía adecuado y/o fuentes de energía 82, 86. Además, el dispositivo de control se acopla a los sensores adecuados 88, 89, por ejemplo, para determinar la velocidad de rotación de la unidad de rotor 10 o la posición de las alas 35. El circuito hidráulico 84, 85, 86 se acciona de tal manera por la unidad de procesamiento electrónico 81 que la posición del actuador 72 se controla en dependencia de la velocidad de rotación de la unidad de rotor 10 o sobre la base de la configuración de un operador, por ejemplo para que sea posible llevar a cabo el mantenimiento de la turbina eólica 1. Con este fin, el circuito hidráulico comprende una fuente de energía adecuada 86 con un suministro de líquido hidráulico, tal como un recipiente de presión hidráulica o un acumulador en combinación con, por ejemplo, una bomba hidráulica adecuada que es capaz de suministrar el líquido hidráulico o descargarlo desde el actuador 72. Además, el circuito hidráulico comprende, por ejemplo, una válvula centrífuga 84 que, en dependencia de la velocidad de rotación de la unidad de rotor 10, acciona el actuador 72 cuando se supera la velocidad máxima admisible de rotación para desactivar las alas 35 moviéndolas a la posición ilustrada en la Figura 4C. Además, el circuito hidráulico también comprende una válvula accionada eléctricamente 85. Esta válvula 85 se acciona de manera que se suministra líquido hidráulico hacia el actuador 72 o se descarga desde este, de manera que el actuador 72 mueve el ala 35 a la posición deseada o la mantiene en la posición deseada. La válvula 35 se acciona por una unidad de procesamiento electrónico 81 que, por ejemplo, determinará automáticamente la posición correcta del actuador 72 por medio de la válvula 85, sobre la base de los datos de los sensores, tal como por ejemplo un sensor de rotación angular 88 que detecta la posición del ala 35 y un sensor de rotación angular 89 que registra la velocidad de rotación de la unidad de rotor 10. Como se mencionó anteriormente, la unidad de procesamiento electrónico 81 puede accionarse, además, por medio de instrucciones de un operador, por ejemplo para desactivar las alas 35 de manera que la unidad de rotor 10 puede llevarse fácilmente a un punto muerto para facilitar las operaciones de mantenimiento. La unidad de procesamiento electrónico 81 está provista de corriente a partir de un suministro de energía eléctrica 82, tal como por ejemplo, un condensador o una batería adecuada. Este suministro de energía eléctrica 82 puede a su vez suministrar energía a la fuente de energía hidráulica 86, por ejemplo a la bomba hidráulica.

Preferentemente, no sólo el mecanismo de posicionamiento 70, sino además el dispositivo de control 80 que se acopla a él se disponen en la unidad de rotor 10. Esto significa que todos los medios necesarios para el funcionamiento del mecanismo de posicionamiento 70 también se ajustan al ensamble del rotor 10, por ejemplo en el ala 35 o en el álabe 14 o en el cubo central 12. En este caso, el suministro de energía eléctrica 82 girará junto con la unidad de rotor 10. Para cargar este suministro de energía 82, es entonces posible, por ejemplo, utilizar la transferencia de energía inalámbrica. Esto puede implementarse, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 5, por medio de un acoplamiento inductivo entre el suministro de energía eléctrica 82 que está montado en la unidad de rotor 10 y una fuente de energía eléctrica estacionaria

87, por ejemplo una estación de carga de batería inductiva que se dispone en la góndola 3 o en la torre 2. De acuerdo con una modalidad alternativa, el suministro de energía 82 puede cargarse a través de un dinamo o alternador u otro generador eléctrico adecuado que también se monta en la unidad de rotor. El generador eléctrico se coloca en la unidad de rotor de manera que la rotación de la unidad de rotor 10 se convierte en una rotación del generador eléctrico para generar así energía eléctrica que pueda añadirse al suministro de energía eléctrica 82. Esto puede, por ejemplo, lograrse mediante el ajuste del estator del generador eléctrico en la unidad de rotor 10 y mediante el acoplamiento del rotor del generador eléctrico a la góndola 3, de modo que, durante la rotación de la unidad de rotor 10, el rotor del generador eléctrico gira con respecto a su estator que se mueve de manera concomitante con la unidad de rotor 10. Para permitir la comunicación entre el dispositivo de control 80 que está presente en la unidad de rotor 10 y otros dispositivos de control 90 que están montados de manera estacionaria, por ejemplo un dispositivo de control de la turbina eólica que está presente en la torre 2 o la góndola 3 o un terminal de servicio para su uso por un operador, pueden usarse sistemas conocidos para la comunicación inalámbrica de datos. Con este fin, el dispositivo de control 80 que se dispone en la unidad de rotor comprende un módulo de comunicación inalámbrica 83, por ejemplo un wifi, móvil, bluetooth u otro módulo adecuado que permita la comunicación inalámbrica con un dispositivo de control estacionario 90. De esta manera, todos los elementos para asegurar el funcionamiento óptimo de la unidad de rotor 10 se disponen en el propio ensamble del rotor 10 y pueden funcionar sin acoplamientos complicados para cables para la transferencia de energía o la comunicación entre la unidad de rotor 10 y la góndola 3 o la torre 2 de la turbina eólica 1.

De acuerdo con una variante de modalidad, una tercera parte del álabe puede añadirse al ensamble del rotor 10 de acuerdo la invención, en el otro extremo del álabe 14. En este caso, un segundo separador 40 se ajusta además entre la segunda parte del álabe y la tercera parte del álabe para un tercer sistema de cables que se guía al extremo radial del álabe que ahora se forma por el extremo radial de la tercera parte del álabe. De manera similar, es posible además proporcionar aún una cuarta, quinta o más partes de los álabes.

Obviamente, la invención no se limita a las modalidades que se describen a manera de ejemplo y se ilustran en los dibujos, sino que además comprende todas las alternativas y combinaciones que caen dentro del alcance de la protección de las reivindicaciones.

Reivindicaciones

1. Una unidad de rotor (10) para una turbina eólica (1) que comprende,
 - un cubo central (12) con un eje de rotación central (R); y
 - una pluralidad de álabes (14), cada una de las cuales se acopla al cubo central (12) por su primer extremo central (22) y cuyo eje longitudinal (L) se extiende sustancialmente de manera radial con respecto al eje central de rotación (R) hasta su segundo extremo radial (32); estos álabes (14) comprenden cada una:
 - un separador (40) que se dispone en la ubicación de un punto intermedio (42) situado entre el primer extremo central (22) y el segundo extremo radial (32); y
 - un sistema de cables (60) que coopera con el álabes (14) y el cubo central (12),caracterizado porque
 - el cubo central (12) comprende al menos tres primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 19);
 - el álabes (14) comprende al menos tres segundos puntos de acoplamiento correspondientes (36, 37, 39) en la disposición del segundo extremo radial (32);
 - el separador (40) comprende al menos tres terceros puntos de acoplamiento correspondientes (46, 47, 49);
 - el álabes (14) comprende al menos tres cuartos puntos de acoplamiento correspondientes (56, 57, 59) en la disposición del punto intermedio (42), en donde la distancia desde el eje longitudinal (L) del álabes hasta los segundos y cuartos puntos de acoplamiento (36, 37, 39; 56,57,59) es más pequeña que para los primeros y terceros puntos de acoplamiento (16, 17, 18; 46, 47, 49); y
 - el sistema de cables (60) que comprende:
 - un primer sistema de cables (61) que comprende al menos tres cables correspondientes que conectan respectivamente los primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 19) a los cuartos puntos de acoplamiento correspondientes (56, 57, 59); y
 - un segundo sistema de cables (62) que comprende al menos tres cables correspondientes que conectan respectivamente los primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 19) a los segundos puntos de acoplamiento correspondientes (36, 37, 39) a través de los terceros puntos de acoplamiento correspondientes (46, 47, 49).
2. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizado porque los primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 18) y los terceros puntos de acoplamiento correspondientes (46, 47, 49) para cada pala (14) se disponen de manera que:
 - al menos un punto de acoplamiento se sitúa a cada lado del plano cubierto por el eje longitudinal L de los álabes (14); y
 - al menos un punto de acoplamiento se sitúa a cada lado del plano formado por el eje longitudinal (L) del álabes (14) y el eje central (R).
3. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la distancia al eje longitudinal (L) de los primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 18) se corresponden sustancialmente con la de los terceros puntos de acoplamiento correspondientes (46, 47, 48).
4. El dispositivo como se reivindica en una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los primeros puntos de acoplamiento (16, 17, 18) se disponen de manera que corresponden sustancialmente a una proyección de los al menos tres terceros puntos de acoplamiento (46, 47, 48) a lo largo del eje longitudinal (L) del álabes (14).
5. El dispositivo como se reivindica en una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el álabes (14) comprende una primera parte central del álabes (20) que se extiende desde el primer extremo central (22) hasta un punto intermedio (42); y comprende una segunda parte radial del álabes (30) que se acopla a la primera parte central del álabes (20) y se extiende desde el punto intermedio (42) hasta el segundo extremo radial (32).
6. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 5, caracterizado porque sólo la segunda parte radial del álabes (30) comprende un ala (35) que tiene una forma de manera tal que es adecuada para ser accionada por el viento.
7. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 6, caracterizado porque el ala (35) se produce como un perfil extrudido.
8. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque la primera parte central del álabes (20) comprende un tubo (24).

- 5 9. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 8, caracterizado porque la segunda parte radial del álabe (30) comprende un tubo (34), que puede adaptarse al tubo (24) de la primera parte central del álabe (20) en la posición del punto intermedio (42), y al que se une el ala (35).
- 10 10. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 9, caracterizado porque el ala (35) se monta de manera giratoria al tubo (34) de la segunda parte radial del álabe (30).
- 10 11. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 10, caracterizado porque el ala (35), a lo largo del eje longitudinal (L) del álabe (14), comprende una cavidad interna (38) en la que puede introducirse el tubo (34) de la segunda parte radial del álabe (30).
- 15 12. El dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 10 u 11, caracterizado porque el álabe (14) comprende un mecanismo de posicionamiento (70) y un dispositivo de control (80) que se acopla a este y que, tras la activación, se configura para ajustar la posición del ala (35); y en la que el ala (35) se forma y/o equipa de manera que el ala (35) resulta del viento sobre la desactivación del dispositivo de control (80).
- 20 13. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 12, caracterizado porque el mecanismo de posicionamiento (70) y el dispositivo de control (80) acoplado al mismo están configurados de manera que se saque el ala (35) fuera del viento cuando se excede una velocidad determinada de rotación de la unidad de rotor (10).
- 25 14. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 12 o 13, caracterizado porque el mecanismo de posicionamiento (70) comprende un accionamiento hidráulico (72) y porque el dispositivo de control (80) acoplado al mismo comprende un circuito hidráulico.
- 30 15. El dispositivo como se reivindica en las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado porque el mecanismo de posicionamiento (70) y/o el dispositivo de control (80) acoplado al mismo se montan en la unidad de rotor (10), el dispositivo de control (80) que comprende además:
 - un suministro de energía (82) que se configura para ser cargado por medio de un generador eléctrico que se monta en la unidad de rotor o por una fuente de energía estacionaria (87) por medio de transferencia inalámbrica de energía; y/o
 - un módulo de comunicación inalámbrica (83) configurado para hacer posible la comunicación inalámbrica entre el dispositivo de control (80) y un dispositivo de control estacionario (90).

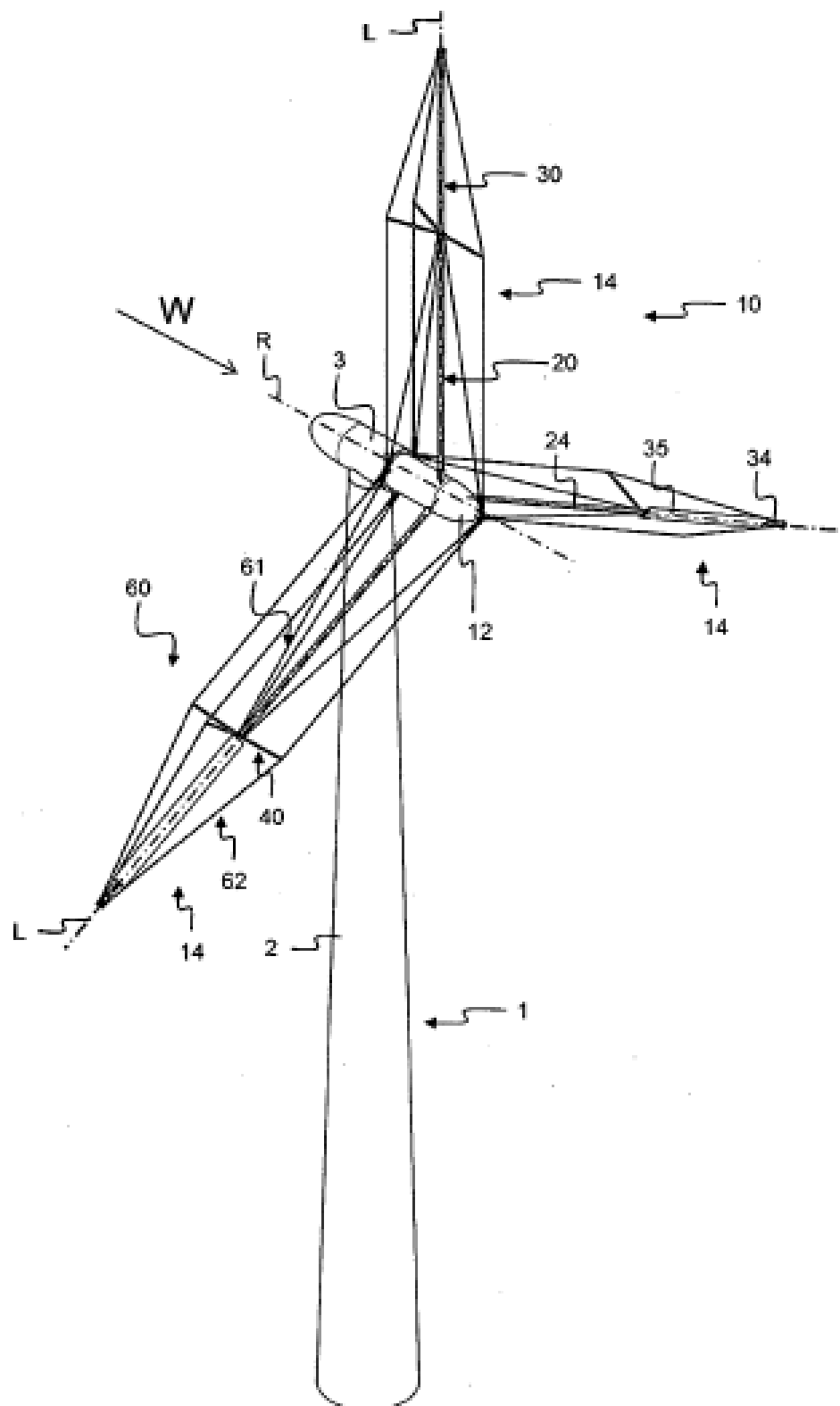


Fig. 1

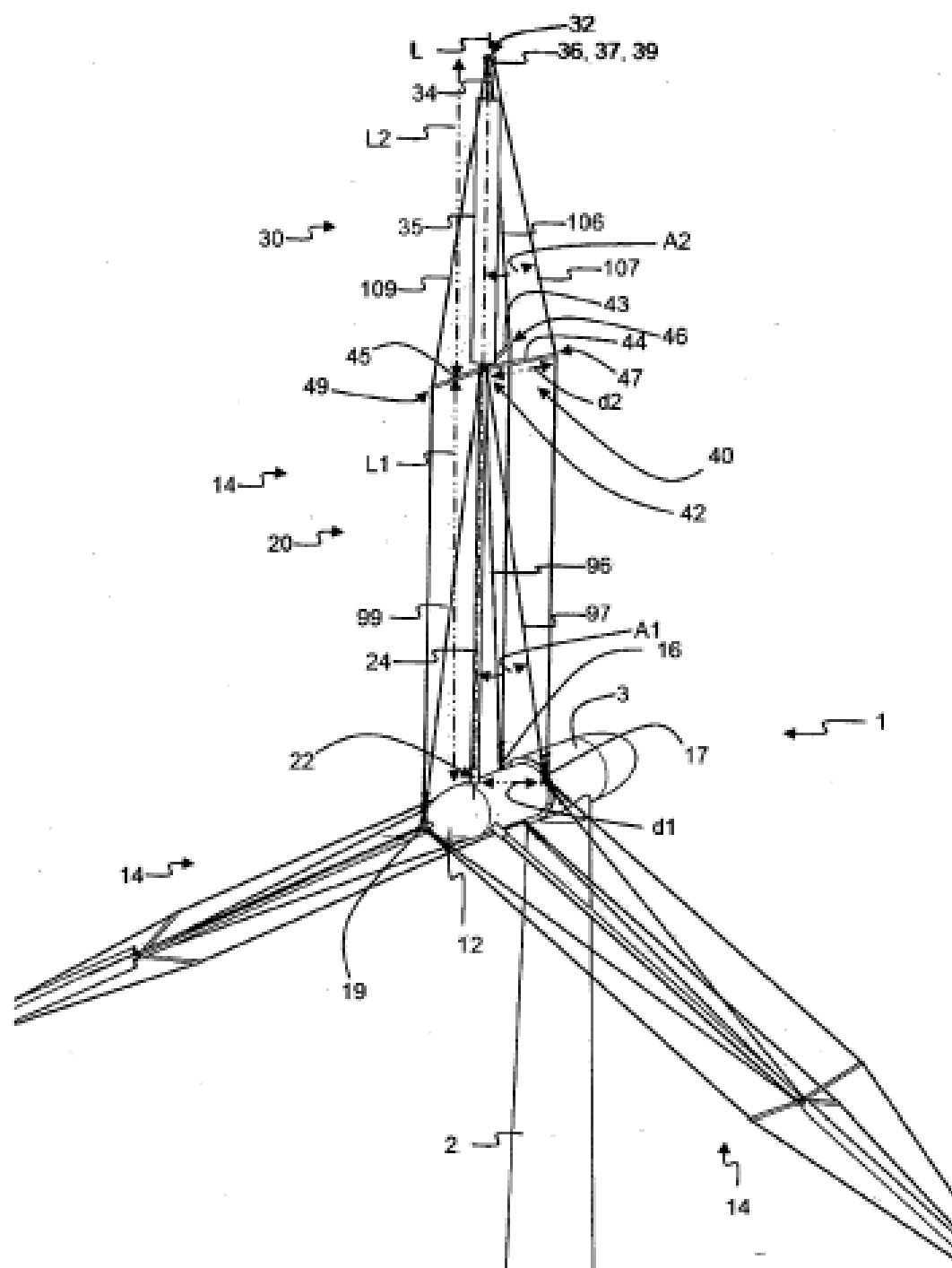


Fig. 2

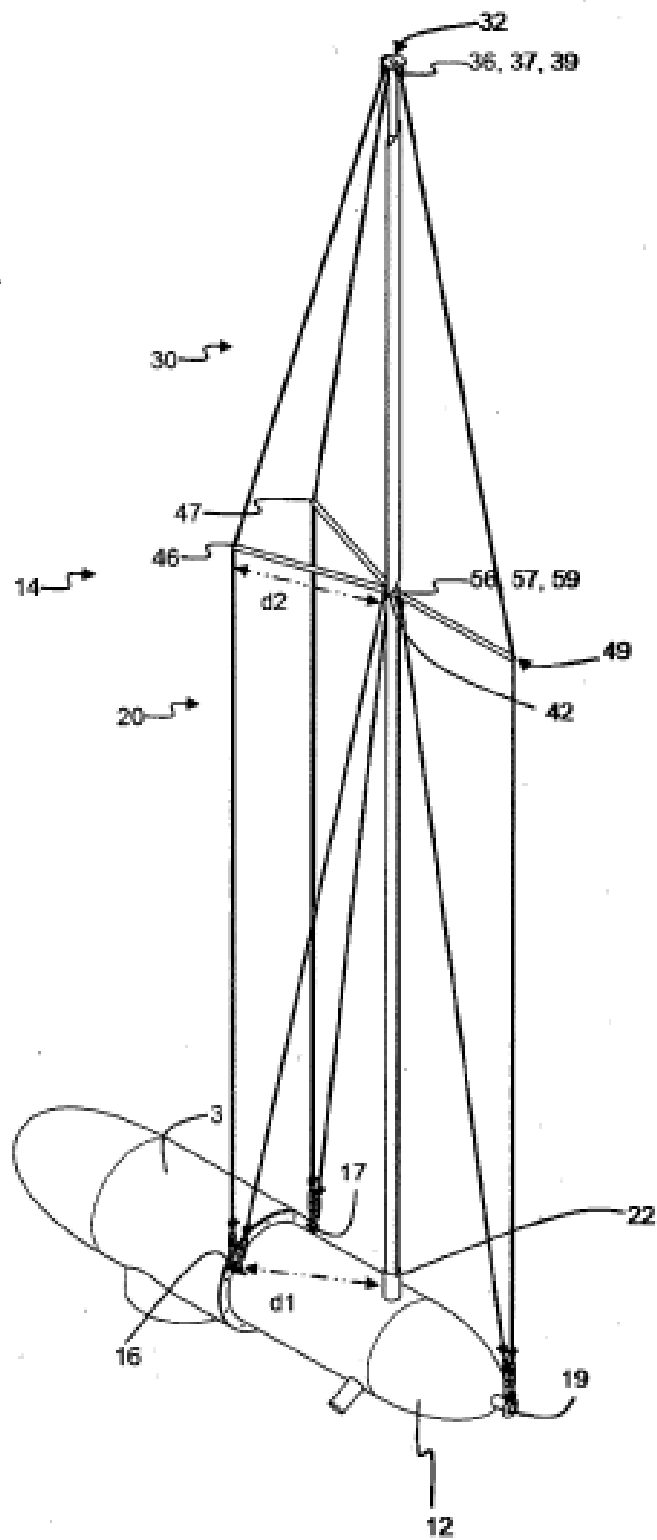
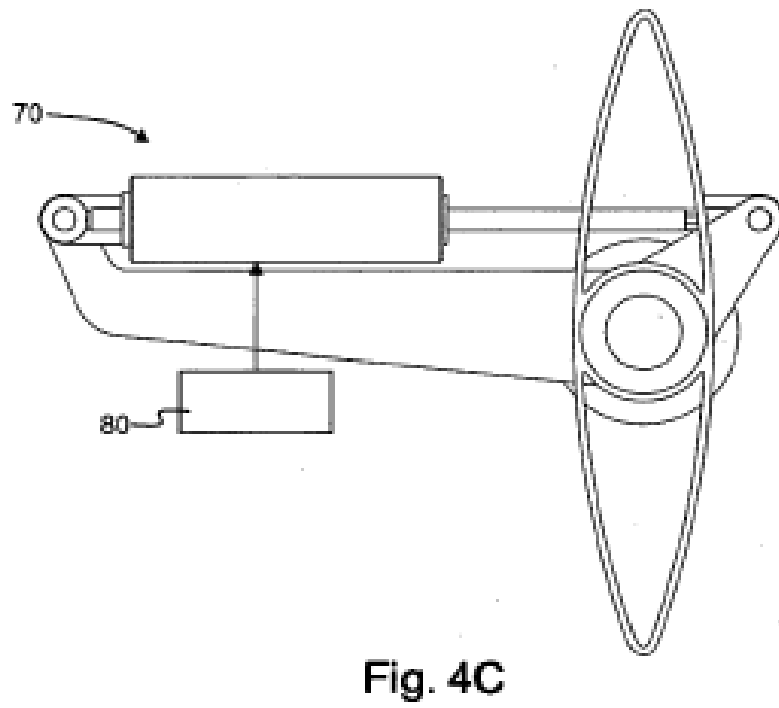
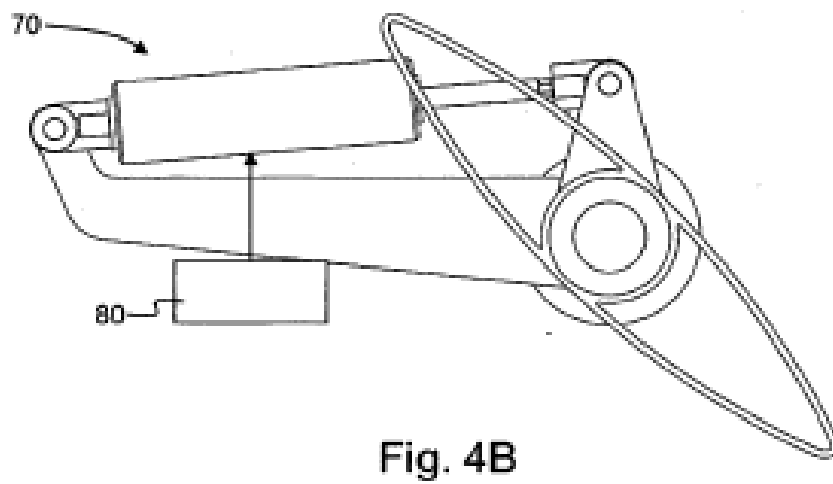
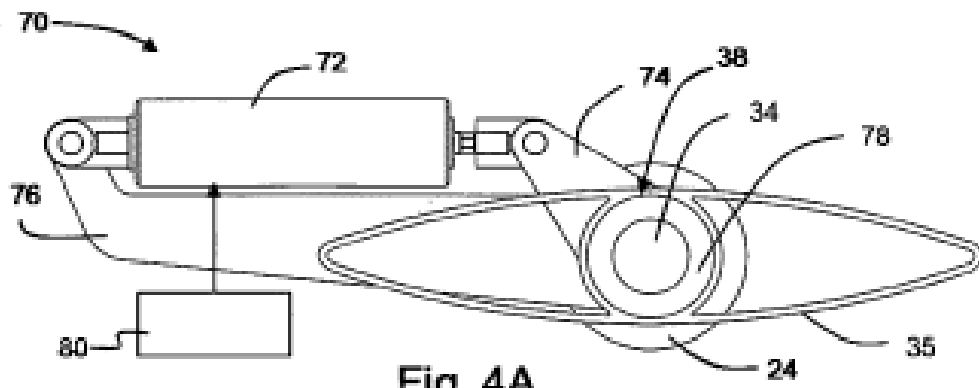


Fig. 3



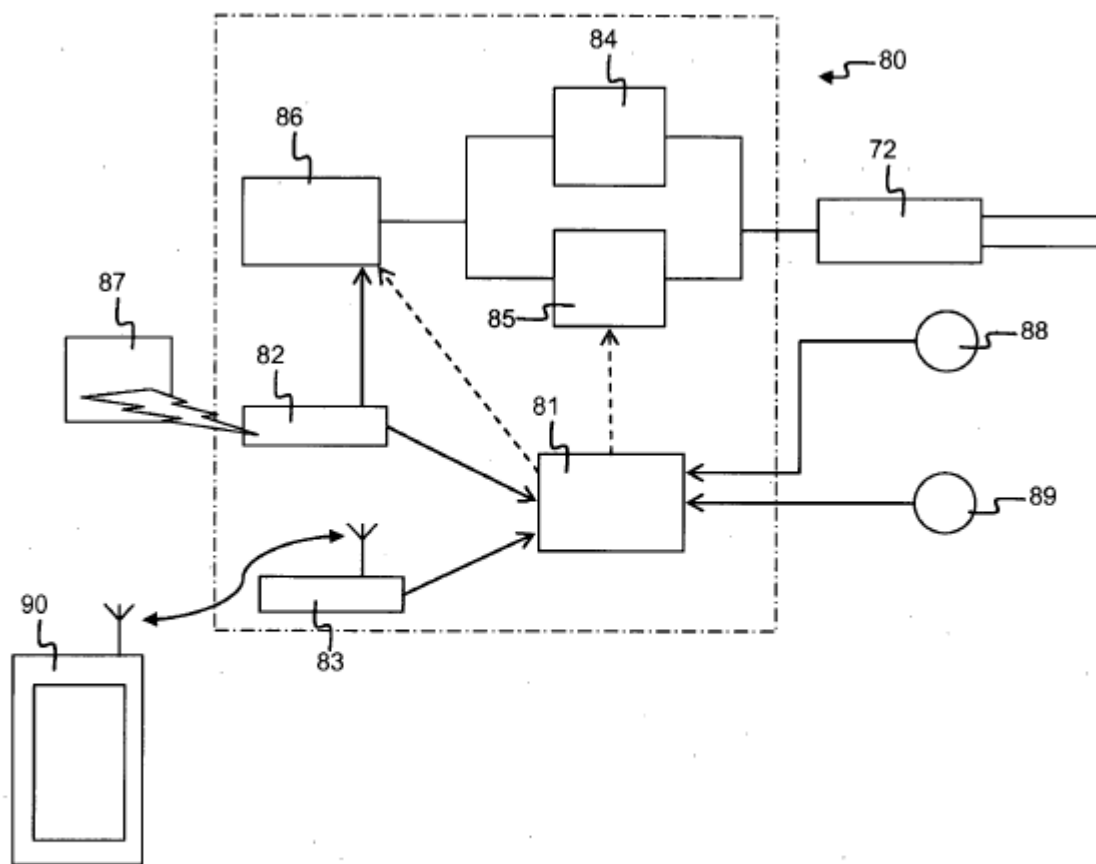


Fig. 5