

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 948**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2014 PCT/EP2014/060604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14187933**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2014 E 14726143 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 3004633**

54 Título: **Un ensamble del rotor para una turbina eólica que comprende un par de cables**

30 Prioridad:

**24.05.2013 BE 201300364**

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

**17.07.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LEIJNEN, PETER**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 719 948 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

Un ensamble del rotor para una turbina eólica que comprende un par de cables.

5 La invención se refiere a una turbina eólica, más específicamente a un ensamble del rotor para una turbina eólica.

Las turbinas eólicas se usan a menudo para generar energía eléctrica partir de energía eléctrica mediante la conversión de la energía cinética del viento. Una turbina eólica que comprende un eje horizontal comprende una torre, un estator y un ensamble del rotor con una pluralidad de paletas. El ensamble del rotor se monta en la cápsula por medio de un eje que se conecta directa o indirectamente a un generador para generar energía eléctrica.

Una turbina eólica conocida se describe en el documento US2009/0208337, que describe una turbina eólica con un ensamble del rotor. Dicho ensamble del rotor comprende un cubo central con un eje de rotación central y una pluralidad de paletas, cada una de las cuales se acopla al cubo central por su extremo central y el eje longitudinal del cual se extiende manera sustancialmente radial con respecto a eje de rotación central hasta su extremo radial. Las paletas comprenden una estructura de dos partes con un punto intermedio situado entre el extremo central y el extremo radial. Las paletas comprenden una parte central de la paleta que se extiende desde el extremo central hasta este punto intermedio. Además, las paletas también comprenden una parte radial de la paleta que se acopla a la parte central de la paleta y se extiende desde el punto intermedio hasta el extremo radial de la paleta. Además, este ensamble del rotor comprende un sistema de cables que coopera con las paletas y el cubo central. Ambas partes de paleta tienen una forma de ala y, particularmente la forma de ala de la parte central de la paleta da como resultado un riesgo de interferencia con el sistema de cables, en particular el par de cables de cada paleta que se sitúa entre el punto intermedio y el cubo central. Además, los puntos intermedios de las diferentes paletas también se conectan entre sí por medio de un cable. Esta conexión provoca cargas máximas indeseables resultantes de la interferencia de las deformaciones y las vibraciones de las diferentes paletas en el plano de rotación de las paletas.

Otra de dichas turbinas eólicas se conoce a partir del documento CN101235795B, que describe una turbina eólica con un ensamble del rotor que comprende un cubo central 1, con una brida de tubo cónica Z desde la cual las paletas que se extienden radialmente comprenden una estructura de dos partes como se explicó anteriormente con una parte central de la paleta A y una parte radial de la paleta B acoplada en un punto intermedio C1. Cada una de estas partes de paletas A y B se forma como un ala. Además, los puntos intermedios de las diferentes paletas también se conectan entre sí por medio de un gran anillo C que se muestra en la Figura 1 en líneas de puntos. Esto aumenta la complejidad y el peso del ensamble del rotor. Esta conexión también causa una carga máxima indeseable que resulta de la interferencia de las deformaciones y las vibraciones de las diversas paletas en el plano de rotación de las paletas. El sistema de cables del documento CN101235795B comprende tres cables 2, 3, 4 por paleta. Estos cables acoplan entre puntos de acoplamiento de paletas en el punto intermedio C1 y puntos de acoplamiento de cubo en la ubicación del cubo central 1 y su brida de tubería cónica Z. Estos tres cables 2, 3, 4 se alinean con el eje longitudinal de su paleta, visto a lo largo del eje de rotación central. Dos de estos tres cables 3, 4 están a cada lado del plano cubierto por el eje longitudinal de su paleta. La brida de tubería cónica Z y el tercer cable acoplado aumenta la complejidad de la construcción del cubo central 1, y aún más cuando se usa en una configuración sin viento en la que el ensamble del rotor se sitúa corriente abajo del mástil a lo largo de la dirección del viento durante el funcionamiento, el cable 4 es el que se expone a la carga más alta, ya que se expone a una carga de tensión, mientras que los cables 2 y 3 se exponen a una carga de presión que reduce la carga en estos cables.

Otra turbina eólica se conoce del documento DE19606359, este mecanismo usa un sistema de enlace en el que los enlaces se conectan en un extremo al rotor en aproximadamente el mismo punto donde la paleta se conecta al rotor; y los enlaces se conectan en su otro extremo al ala de la paleta. Esto no permite el uso de una paleta que comprende un ala giratoria a lo largo de eje longitudinal de la paleta. Además, provoca el riesgo de generar grandes fuerzas de torsión en los puntos de conexión de la paleta y el sistema conexión. Se describen algunas modalidades de dicha turbina eólica en el documento EP2112372 que comprenden un par de cables por paleta. Como se describió en el documento EP2112372, estas paletas solo se interconectan estructuralmente a través del cubo central. De acuerdo con algunas modalidades mostradas, el par de cables acopla a la paleta entre su extremo central y radial.

Se conoce por el documento WO13007359A1 producir un ala para su uso en tal aerogenerador por medio de un proceso de extrusión que hace uso de un troquel de extrusión giratorio o de una operación de torsión posterior para proporcionar un ala con una forma retorcida a lo largo de la dirección longitudinal de aproximadamente 3 a 5 grados por metro. Sin embargo, el uso de un troquel de extrusión giratorio de este tipo complica el proceso de extrusión y una operación de torsión posterior no siempre resulta en una torsión suficientemente uniforme a lo largo de toda la longitud del ala.

Como un resultado de ello, se necesita un ensamble del rotor para una turbina eólica que supere los inconvenientes mencionados anteriormente y, más particularmente un ensamble del rotor para una turbina eólica que comprende paletas con un sistema de cables mejorado para que las paletas puedan fabricarse de una manera más sencilla y ser más livianos y con un riesgo reducido de que el sistema de cables interfiera con la forma del ala de la paleta o de que se produzcan vibraciones indeseables debido a la interferencia de varias paletas en el sistema de cables. Además, existe la necesidad de un proceso de fabricación mejorado para las alas adecuado para su uso en tales turbinas eólicas.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, el ensamble del rotor para una turbina eólica que comprende,

- un cubo central con un eje de rotación central; y
- 5 – una pluralidad de paletas, cada una acoplada al cubo central por su extremo central y cada una que se extiende desde su extremo central hasta su extremo radial a lo largo de un eje longitudinal sustancialmente radial con respecto al eje de rotación central, y cada una que comprende:
  - un punto intermedio situado entre el extremo central y el extremo radial;
  - una parte central de la paleta que se extiende desde el extremo central hasta el punto intermedio;
  - 10 – una parte radial de la paleta que se acopla a la parte central de la paleta y se extiende desde el punto intermedio hasta el extremo radial de la paleta; y
  - un sistema de cables que coopera con la paleta y el cubo central, el sistema de cables que comprende un par de cables por paleta, ambos cables se acoplan entre puntos de acoplamiento de la paleta en la ubicación entre el extremo central y el extremo radial y puntos de acoplamiento del cubo en la ubicación del cubo central, ambos cables se ajustan de tal manera que:
    - 15 – ambos cables se alinean con el eje longitudinal de su paleta, visto a lo largo del eje de rotación central; y
    - ambos cables están a cada lado del plano cubierto por el eje longitudinal de su paleta,
    - la pluralidad de paletas solo se interconecta estructuralmente a través del cubo central y el sistema de cables consta de un solo par de cables por paleta.

20 Caracterizado porque

- solo la parte radial de la paleta (30) comprende un ala (35) que tiene una forma adecuada para accionarse por el viento;
- la parte central de la paleta (20) comprende un tubo (24) que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14); y la parte radial de la paleta (30) comprende un tubo (34) que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14), el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30) se adapta para ajustarse al tubo (24) de la parte central de la paleta (20);
- 25 – el ala (35) se acopla de manera giratoria al tubo (34) de la parte radial de la paleta (30);
- el ala (35), comprende una cavidad interna (38), que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14), en la cual puede introducirse el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30), de manera que dicha ala (35) se acopla de manera giratoria al tubo (34) de la parte radial de la paleta (30);
- 30 – ambos cables (62, 64) se acoplan en los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) en una ubicación de acoplamiento intermedia (43) entre el punto intermedio (42) y el extremo radial (32);
- los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) en la ubicación de acoplamiento intermedia (43) se ubican en el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30); y
- 35 – el ala (35) comprende para cada uno de los cables (62, 64) de su paleta (14) una abertura (36, 37) a través de la cual el sistema de cables (60) se extiende hasta la ubicación de acoplamiento intermedia (43), las aberturas (36, 37) se dimensionan de manera que permiten un intervalo de rotación predeterminado del ala (35) alrededor del eje longitudinal (L).

40 El ensamble del rotor de acuerdo con la invención permite aumentar la superficie cubierta por la forma de ala en la cual la geometría específica del sistema de cables permite una construcción simple y liviana de las paletas. Esto se logra mediante una construcción específica del ensamble del rotor en la que el sistema de cables reduce de manera óptima la carga en la parte central de la paleta. Además, las vibraciones y deformaciones de las paletas individuales ya no se transmiten a las otras paletas, por lo que se evitan las cargas máximas no deseadas debido a la interferencia de tales fenómenos. Además, esto ofrece la posibilidad de limitar la longitud máxima de los componentes individuales del ensamble del rotor, lo que es ventajoso durante el transporte.

50 Está claro que de esta manera el ensamble del rotor no comprende ningún elemento adicional que forme una conexión estructural directa entre dos de dicha pluralidad de paletas en una ubicación distinta de su extremo central.

De esta manera, cada una de las paletas está aislada entre sí de manera que se evitan cargas máximas que podrían resultar de deformaciones opuestas de las paletas individuales en el plano de rotación del eje longitudinal de las paletas.

55 Preferentemente, para cada paleta, la distancia desde el eje longitudinal de la paleta a los puntos de acoplamiento de la paleta es menor que la distancia desde el eje longitudinal de la paleta a los puntos de acoplamiento del cubo.

De esta manera, las deformaciones de la parte central de la paleta en la dirección del eje de rotación del ensamble del rotor pueden ser absorbidas de manera eficiente, con un sistema de cables que sólo tiene un impacto mínimo en la resistencia al aire del ensamble del rotor.

60 De acuerdo con la invención, la parte central de la paleta comprende un tubo que se extiende a lo largo del eje longitudinal de la paleta; y la parte radial de la paleta comprende un tubo que se extiende a lo largo del eje longitudinal de la paleta, el tubo de la parte radial de la paleta se adapta para ajustarse al tubo de la parte central de la paleta.

Esto hace posible producir el ensamble del rotor mediante el uso de componentes que son fáciles de producir.

5 De acuerdo con una modalidad adicional, el tubo de la parte radial de la paleta se ajusta al tubo de la parte central de la paleta en la ubicación del punto intermedio.

De esta manera, todos los medios de montaje para el sistema de cables y las partes de la paleta se ubican aproximadamente en la misma ubicación a lo largo del eje longitudinal de la paleta, lo que facilita la operación de montaje.

10 De acuerdo con la invención, el ala se acopla de manera giratoria al tubo de la parte radial de la paleta.

Esto permite un posicionamiento optimizado del ala en dependencia de, por ejemplo, la velocidad del viento y la velocidad de rotación del ensamble del rotor durante su uso.

15 De acuerdo con la invención, el ala comprende una cavidad interna, que se extiende a lo largo del eje longitudinal de la paleta, en la que puede introducirse el tubo de la parte radial de la paleta, de manera que dicha ala se acopla de manera giratoria al tubo de la parte radial de la paleta.

20 Esto permite una conexión giratoria simple y segura del ala al tubo de la parte radial de la paleta.

De acuerdo con la invención, la parte central de la paleta comprende un tubo. Preferentemente, la parte radial de la paleta comprende un tubo que puede ajustarse al tubo de la parte central de la paleta en la ubicación del punto intermedio y al que se acopla el ala. De acuerdo con otra modalidad preferida, el ala se acopla de manera giratoria al tubo de la parte radial de la paleta. Preferentemente, el ala, a lo largo de eje longitudinal de la paleta, comprende una cavidad interna en la que puede introducirse el tubo de la parte radial de la paleta.

25

Esto hace posible producir el ensamble del rotor mediante el uso de componentes que son fáciles de producir.

30 De acuerdo con la invención, ambos cables se acoplan en puntos de acoplamiento de las paletas en una ubicación de acoplamiento intermedia entre el punto intermedio y el extremo radial. Las paletas de los puntos de acoplamiento se ubican en el tubo de la parte radial de la paleta: y el ala comprende para cada uno de los cables una abertura a través del cual el cable se extiende a los puntos de acoplamiento de las paletas, la abertura se dimensiona de manera que permite un grado predeterminado de rotación del ala. Preferentemente, al menos uno de los cables se acopla al tubo de la parte radial de la paleta por medio de un conector de acoplamiento de la paleta adaptado para interactuar con la abertura de manera que el grado de rotación del ala se limita al grado predeterminado de rotación del ala.

35

De esta manera sistema de cables se minimiza la interferencia del ala con el sistema de cables, mientras que ya no existe la necesidad de usar topes adicionales o elementos similares para limitar el intervalo de movimiento de rotación de manera que no exceda los límites permitidos durante el uso.

40 De acuerdo con una modalidad no reivindicada, ambos cables se acoplan en puntos de acoplamiento de la paleta en la ubicación del punto intermedio. Preferentemente, los puntos de acoplamiento de la paleta se ubican en uno de los tubos en una ubicación que no está cubierta por el ala.

45 Una ubicación de este tipo para los puntos de acoplamiento de la paleta es ventajosa, ya que proporciona puntos de acoplamiento que limitan inherentemente la posibilidad de interferencia con el ala y pueden proporcionarse de una manera simple.

50 Preferentemente, la parte central de la paleta tiene una longitud en el intervalo de 20 % a 200 % de la longitud de la parte radial de la paleta, por ejemplo, en el intervalo de 40 % a 150 %, preferentemente de 45 % a 100 %, por ejemplo 50 %.

Tal intervalo de longitudes relativas permite una reducción adecuada de la longitud de la paleta cuando las partes de la paleta están en su estado desconectado, lo que es ventajoso durante el transporte del ensamble del rotor.

55 Preferentemente, la paleta comprende un mecanismo de posicionamiento y un dispositivo de control que se acopla al mismo y que, tras la activación, se configura para ajustar la posición del ala; y el ala se forma y/o ajusta de manera que el ala se aleja del viento al desactivar el dispositivo de control.

60 De acuerdo con una modalidad, el mecanismo de posicionamiento y el dispositivo de control acoplados al mismo se configuran de manera que giran el ala fuera del viento cuando se excede una velocidad de rotación predeterminada del ensamble del rotor.

Esto hace posible proteger el ensamble del rotor contra sobrecargas.

65 De acuerdo con una modalidad, el mecanismo de posicionamiento comprende un actuador hidráulico y el dispositivo de control que se acopla al mismo comprende un circuito hidráulico.

De acuerdo con una modalidad adicional, el mecanismo de posicionamiento y/o el dispositivo de control acoplado al mismo se ajustan en el ensamble del rotor, el dispositivo de control que comprende, además:

- 5
- un suministro de energía que se configura para cargarse por medio de un generador eléctrico que se instala en el ensamble del rotor o por una fuente de energía estacionaria por medio de transferencia inalámbrica de energía; y/o
  - un módulo de comunicación inalámbrica que se configura para hacer posible la comunicación inalámbrica entre el dispositivo de control y un dispositivo de control estacionario.
- 10 Esto hace posible ajustar y accionar los actuadores del ensamble del rotor de una manera sencilla sin transmisiones mecánicas complicadas.

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

- 15 De esta manera, el ensamble del rotor de acuerdo con la invención puede usar un ala que es fácil de producir.

De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un método no reivindicado método para fabricar un ala para su uso en un ensamble del rotor de acuerdo con un primer aspecto de la invención, en el que el ala se produce como un perfil extruido torcido, que se tuerce alrededor de su eje longitudinal, dicho perfil extruido trenzado tiene un grado de giro por metro de longitud del ala en el intervalo de 0,5° a 5°, por ejemplo 3°, caracterizado porque el perfil extruido trenzado se fabrica por medio de un proceso de extrusión que usa un canal de troquel de extrusión torcido con un grado predeterminado de torsión por metro de longitud del canal de troquel a lo largo de su eje longitudinal, en el intervalo de 1° a 5°, por ejemplo 3°.

25 De esta manera, puede fabricarse un ala que permite un ensamble del rotor con una mayor eficiencia de conversión de la energía eólica, por medio de un proceso de fabricación ventajoso sin aumentar la complejidad del proceso de fabricación ya que solo es necesario colocar un canal de troquel adecuadamente construido en la extrusor, lo que dará como resultado un grado de torsión más uniforme a lo largo del eje longitudinal cuando se compara con un proceso de extrusión mediante el uso de un troquel giratorio ya que ya no existe riesgo de variaciones en la velocidad de extracción del perfil extruido en comparación con la velocidad de rotación del troquel. El grado de torsión se determina únicamente por la forma retorcida del troquel y, por lo tanto, será sustancialmente uniforme a lo largo de toda la longitud del ala extruida. Adicionalmente, un canal de troquel trenzado de este tipo causará un nivel y una distribución de tensiones residuales más ventajosas dentro del perfil extruido, dando como resultado un ala extruida con propiedades mecánicas ventajosas para soportar las tensiones a las que se someterá durante el funcionamiento en un ensamble del rotor de un aerogenerador.

35 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona una turbina eólica que comprende un ensamble del rotor de acuerdo con el primer aspecto de la invención, caracterizada porque la turbina eólica comprende, además:

- 40
- una cápsula a la que se acopla el ensamble del rotor para que pueda girar a lo largo del eje de rotación esencialmente horizontal;
  - un mástil que tiene un eje longitudinal esencialmente vertical al que se acopla la cápsula para que pueda girar largo de un eje de rotación esencialmente vertical por medio de un sistema de rodamiento.

45 De acuerdo con una modalidad adicional, el sistema de rodamiento comprende al menos dos rodamientos, cuyo eje de rotación coincide con el eje de rotación esencialmente vertical y que se ajustan en varias ubicaciones a lo largo del eje longitudinal esencialmente vertical del mástil. Opcionalmente, los rodamientos del sistema de rodamiento son rodamientos cónicos. De acuerdo con otras modalidades adicionales, el sistema de rodamiento comprende uno o más rodamientos de giro.

50 Una construcción de este tipo hace posible absorber la carga radial y axial de la cápsula en el mástil de una manera eficiente sin la necesidad de un rodamiento con un gran diámetro.

La invención se describirá en más detalles con referencia a las figuras, en las cuales:

55 La Figura 1 muestra una modalidad de la turbina eólica de acuerdo con la invención;

Las Figuras 2 y 3 muestran una representación parcial del ensamble del rotor de la turbina eólica de la Figura 1;

60 Las Figuras 4A a C y 5 muestran una modalidad de un mecanismo de posicionamiento para las paletas;

La Figura 6 muestra en forma de diagrama una sección transversal parcial de una variante de modalidad de la turbina eólica de acuerdo con la invención;

65 Las Figuras 7 y 8 muestran esquemáticamente una modalidad de ala fabricada de acuerdo con un proceso de fabricación ventajoso;

La Figura 9, muestra un ala como se muestra en las Figuras 7 y 8, en uso en una paleta de una modalidad del ensamble del rotor como se muestra en las Figuras 10 a 16; y

5 Las Figuras 10 a 14 muestran esquemáticamente una modalidad adicional del ensamble del rotor.

10 La Figura 1 muestra una modalidad que comprende una turbina eólica 1 con un ensamble del rotor 10 de acuerdo con la invención. Se refiere a una turbina eólica de eje horizontal 1 que comprende una cápsula 3 que se coloca de manera que puede girar alrededor de un eje de rotación esencialmente vertical en un mástil o torre 2. El propio ensamble del rotor 10 se coloca de manera giratoria en la cápsula para girar alrededor de un eje de rotación central esencialmente horizontal R. El ensamble del rotor 10 se dispone "a favor del viento", es decir, de acuerdo con la dirección del viento W en la parte posterior de la cápsula 3 durante el funcionamiento. Dicha disposición tiene la ventaja de que no es necesario ningún mecanismo adicional para mantener el ensamble del rotor 10 en el viento. De acuerdo con una modalidad alternativa, el ensamble del rotor 10 también puede disponerse "contra el viento", por ejemplo, para evitar los efectos desventajosos de la turbulencia en la parte trasera de la torre, pero esto requiere un mecanismo adicional para mantener el ensamble del rotor en el viento, como por ejemplo una veleta o un sensor de viento en combinación con un servomotor.

20 El ensamble del rotor 10 puede girar alrededor de un eje de rotación horizontal esencialmente central R y comprende un cubo central 12, cuyo eje central coincide con el eje de rotación central horizontal R. Tres paletas 14 se acoplan a este cubo central. Está claro que, de acuerdo con modalidades alternativas, puede ajustarse una pluralidad de paletas diferente, como por ejemplo dos, cuatro, cinco, ... Las paletas 14 se acoplan al cubo central 12 por su extremo central 22 y se extienden a lo largo de su eje longitudinal L, esencialmente radialmente con respecto al eje de rotación central R, hasta su extremo radial 32.

25 Como se ilustró en la Figura 1 y también con más detalle en las Figuras 2 y 3, estas paletas 14 comprenden cada una un punto intermedio 42 situado entre el primer extremo central 22 y el segundo extremo radial 32.

30 La paleta 14 se divide en dos partes de paleta 20, 30, es decir que la paleta 14 comprende una parte central de la paleta 20 que se extiende desde el primer extremo central 22 hasta el punto intermedio 42. A esta primera parte central de la paleta 20, que de acuerdo con esta modalidad se configura como un tubo 24, se acopla una segunda parte radial de la paleta 30. Esta parte radial de la paleta 30 se extiende desde el punto intermedio 42 hasta el segundo extremo radial 32. Los ejes longitudinales L de las dos partes de paletas 20, 30 convergen virtualmente aquí. Como puede verse, de acuerdo con esta modalidad esta segunda parte radial de la paleta 30 consiste en un tubo 34 que se acopla al tubo 24 de la primera parte central de la paleta 20 en la ubicación del punto intermedio 42. Un ala 35 que tiene una forma de manera que puede impulsarse por el viento se ajusta alrededor de este tubo 34 de la parte radial de la paleta 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 en este tubo 34 de manera que puede girarse a diferentes posiciones por medio de un actuador 72, como se describirá a continuación con referencia a las Figuras 4A-C. La separación de la paleta 14 en dos partes es ventajosa porque de esta manera la paleta 14 puede transportarse más fácilmente en el estado desmontado. Además, esto también hace posible producir el ala 35 mediante el uso de un perfil que es fácil de producir, por ejemplo, un perfil extruido de aluminio o plástico. Una modalidad de dicho perfil para el ala 35 se ilustra, por ejemplo, en las Figuras 4A a C, en las que el ala 35 comprende una cavidad interna 38 a lo largo del eje longitudinal L de la paleta 14 en la que puede introducirse el tubo 34 de la segunda parte radial de la paleta 30.

45 Además, cada una de estas paletas 14 comprende además un sistema de cables 60 que coopera con la paleta 14 y el cubo central 12. Este sistema de cables 60 garantiza que se contrarreste la deformación de la paleta 14. Esta deformación se refiere a la deformación por carga en las paletas 14 a lo largo de la dirección del eje de rotación central R. Para este fin, el sistema de cables 60 contiene un solo par de cables por paleta 14 que comprende un primer cable 62 y un segundo cable 64. Estos dos cables 62, 64 se acoplan en cada caso entre puntos de acoplamiento 16, 17 en la ubicación del punto intermedio 42 y puntos de acoplamiento 18, 19 en la ubicación del cubo central 12. Como puede verse, estos dos cables 62, 64 se alinean con el eje longitudinal L de su paleta 14, visto a lo largo del eje de rotación central R. Estos dos cables 62, 64 están también a cada lado del plano que está cubierto por el eje longitudinal L de su paleta 14. En otras palabras, uno de los cables 62 del par de cables se coloca "contra el viento", mientras que el otro cable 64 del par de cables se coloca a favor del viento. Ambos cables del par de cables se sitúan a cada lado del plano que está cubierto por el eje longitudinal L de la paleta 14 durante una rotación alrededor del eje de rotación central R.

60 Como se ilustra en la Figura 2, los puntos de acoplamiento 16, 17 se disponen en el tubo 24 de la parte central de la paleta 20, en la ubicación del punto intermedio 42. De acuerdo con una variante de modalidad, los puntos de acoplamiento pueden disponerse, por ejemplo, en el tubo 34 de la parte radial de la paleta 30 de manera similar cerca del eje longitudinal L. En este caso, es importante que la distancia desde el eje longitudinal L de la paleta 14 hasta los puntos de acoplamiento 16, 17 es más pequeña que la distancia  $d_1$  desde el eje longitudinal L hasta los puntos de acoplamiento 18, 19 correspondientes. En consecuencia, ambos cables 62, 64 forman un ángulo A1. Cuanto menor sea este ángulo A1, mayores serán las fuerzas que se desarrollarán en los cables 62, 64 como resultado de las cargas en la paleta 14 en ángulo recto con el plano cubierto por el eje longitudinal L. Dichas cargas pueden crearse como un resultado de la carga del viento sobre las paletas 14. Como es visible además en las Figuras 2 y 3, los cables se proporcionan con tensores de cable conocidos en la ubicación de los puntos de acoplamiento 16, 17, 18 y/o 19 con el propósito de poder ajustar la

tensión de los cables 62, 64 de manera que proporcione la rigidez deseada a la parte central de la paleta 20, sin requerir perfiles complicados para el tubo 24 o materiales que tengan un grado muy alto de rigidez. El tubo 24 puede, por ejemplo, hacerse de un metal adecuado, tal como, por ejemplo, acero o aluminio. De esta manera, se hace posible una construcción simple y ligera de esta parte central de la paleta 20.

Como puede verse en las Figuras 1 a 3, solo la parte radial de la paleta 30 se proporciona con un ala 35. Esto es ventajoso, ya que la energía generada por el ensamble del rotor 10 es proporcional a la superficie cubierta por las alas de las paletas 14. Por lo tanto, debido al hecho de que las alas 35 se disponen a una cierta distancia del cubo central 12, un ensamble del rotor 10 como se ilustró en las Figuras 1 a 3 puede cubrir una superficie más grande para una cierta longitud de ala L2 si aumenta la distancia al eje de rotación central R. Como resultado de ello, puede elegirse una distancia óptima L1 del eje de rotación central R al punto intermedio 42. Además, esto también permite usar un ala 35 con un perfil que es fácil de producir, ya que la parte del ala 35 que se sitúa más lejos del eje de rotación R requiere una forma menos complicada que la parte que se sitúa más cerca del eje de rotación si se quiere alcanzar el mismo nivel de eficiencia. Además, también es ventajoso para el transporte del ensamble del rotor 10 si la longitud L2 de la parte radial de la paleta 30 y la longitud L1 de la parte central de la paleta 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 de la paleta 20, 30 pueden conectarse entre sí por medio de miembros de acoplamiento adecuados, como por ejemplo pernos o una conexión de sujeción en la ubicación del punto intermedio 42.

Además, de acuerdo con la modalidad mostrada en las Figuras 1 a 3, el sistema de cables 60 que comprende un par de cables con dos cables 62, 64 por paleta 14 como se describió anteriormente también brinda resultados óptimos con respecto a minimizar resistencia al aire adicional del ensamble del rotor 10, como más cables o elementos adicionales, tales como, por ejemplo, separadores para los cables, en cada caso causan resistencia al aire adicional. Además, se evita la posible interferencia con el ala 35 ya que el par de cables se dispone entre el punto intermedio 42 y el cubo central 12.

Si el ala 35 se coloca en una posición fija, por ejemplo, fija en el tubo 34, entonces los componentes de la paleta 14 deben dimensionarse de manera que puedan soportar la carga más alta posible que puede ser causada por el viento. Para reducir la carga máxima en los componentes de la paleta 14 y, por consiguiente, para poder producir una construcción más liviana y más simple, se prefiere acoplar el ala 35 en el tubo 34 de la segunda parte radial de la paleta 30 para que pueda girar. De esta manera, el ala 35 puede sacarse del viento en caso de sobrecarga inminente, es decir puede girarse a una posición alrededor del eje longitudinal L de la paleta 14 donde el impacto del viento es mínimo. Para la modalidad ilustrada en las Figuras 1 a 3, el ala 35 a lo largo del eje longitudinal L de la paleta 14 se proporciona para este fin con una cavidad interna 38 en la que puede introducirse el tubo 34 de la segunda parte radial de la paleta 30, y a la que se acopla el ala 35 de manera giratoria por medio de un rodamiento adecuado.

Una modalidad de un mecanismo de posicionamiento 70 y un dispositivo de control 80 acoplado al mismo se ilustra esquemáticamente en las Figuras 4A a C. El mecanismo de posicionamiento 70 se configura como un actuador hidráulico 72, por ejemplo, un actuador hidráulico de simple efecto 72 con resorte de retorno incorporado, pero de acuerdo con modalidades alternativas esto también puede ser un actuador eléctrico, neumático o cualquier otro tipo adecuado de actuador. Por un lado, el actuador hidráulico 72 se conecta al tubo 34 de la parte radial de la paleta 30 a través de un brazo 76, que se dispone, por ejemplo, en la ubicación del punto intermedio 42. En el otro lado, el actuador 72 se conecta al ala 35 a través de un brazo 74. El actuador 72 puede así determinar la posición del ala 35 que se coloca en el tubo 34 de la parte radial de la paleta 30 para que pueda girar por medio de un rodamiento 78.

La Figura 4B muestra el ala 35 en su posición inicial. En esta posición, el viento tiene un impacto suficientemente grande en el ala 35, de manera que puede generarse un torque suficiente para poder poner el ensamble del rotor 10 en movimiento desde un punto muerto. En este caso, el ala 35 está en un ángulo de incidencia bien definido con respecto a la dirección relativa del viento. Este ángulo de incidencia de la dirección del viento asegura que se genere un torque de inicial lo más grande posible. Una vez que el ensamble del rotor 10 se ha puesto en marcha desde el punto muerto, el dispositivo de control 80 puede accionar el actuador 72 de manera que el ala 35 se mueva a la posición ilustrada en la Figura 4A. En esta posición, el ala se coloca de manera sustancialmente transversal a la dirección del viento para así encontrar un mejor equilibrio entre la fuerza generada por el viento en el ala y la resistencia al aire que el ala 35 experimenta durante la rotación del ensamble del 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, con el propósito de evitar la sobrecarga a velocidades del viento excesivas o con fines de mantenimiento. En esta posición, el ala 35 se alinea sustancialmente con la dirección del viento, de manera que se reduce el torque generado por el ensamble del rotor 10. Con el propósito de garantizar un funcionamiento seguro del ensamble del rotor 10, el ala 35 tiene una forma tal que, o se proporciona con medios, tales como resortes, actuadores u otros elementos que aseguran que, al desactivar el dispositivo de control 80, el ala 35 está fuera del viento, asumen la posición que se ilustra en la Figura 4C. En caso de que se exceda una velocidad de rotación predeterminada del ensamble del rotor 10, que puede determinarse, por medio de, por ejemplo, un sensor de rotación angular adecuado o por medio de elementos que se accionan por una fuerza centrífuga, el ala 35 también se gira hacia la posición ilustrada en la Figura 4C con el propósito de evitar la sobrecarga del ensamble del rotor 10.

La Figura 5 muestra una modalidad de un dispositivo de control 80 para el actuador 72 ilustrado en las Figuras 4A a C. Este dispositivo de control 80 comprende, por ejemplo, un circuito hidráulico 84, 85, 86 con componentes hidráulicos, opcionalmente complementado por una unidad procesamiento electrónico 81 y suministros de energía adecuados y/o fuentes de energía 82, 86. Además, el dispositivo de control se acopla a sensores adecuado 88, 89 para, por ejemplo, determinar la velocidad de rotación del ensamble del rotor 10 o la posición de las alas 35. El circuito hidráulico 84, 85, 86 se acciona de tal manera por la unidad procesamiento electrónico 81 que la posición del actuador 72 se controla en dependencia de la velocidad de rotación del ensamble del rotor 10 o de la configuración por parte de un operador, por ejemplo, para hacer posible el mantenimiento de la turbina eólica 1. Para este fin, el circuito hidráulico comprende una fuente de energía adecuada 86 con un suministro de líquido hidráulico, como un recipiente de presión hidráulica o un acumulador combinado con, por ejemplo, una bomba hidráulica adecuado que puede 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 del ensamble del rotor 10, se acciona el actuador 72 cuando se excede la velocidad de rotación máxima permitida para desactivar las paletas 35 moviéndolas a la posición ilustrada en la Figura 4C. Además, el circuito hidráulico comprende además una válvula accionada eléctricamente 85. Esta válvula 85 se acciona de manera que el líquido hidráulico se suministra o se descarga desde el actuador 72, de manera que el actuador 72 mueve el ala 35 a la posición deseada o lo 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, 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 del ensamble del rotor 10. Como se mencionó anteriormente, la unidad procesamiento electrónico 81 también puede accionarse por medio de instrucciones de un operador, por ejemplo, para desactivar las alas 35, de manera que el ensamble del rotor 10 pueda detenerse fácilmente para facilitar las operaciones de mantenimiento. La unidad de procesamiento electrónico 81 se proporciona con corriente por medio de una fuente de energía eléctrica 82, tal como, por ejemplo, una batería adecuada o un capacitor. Esta fuente 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 solo el mecanismo de posicionamiento 70, sino también el dispositivo de control 80 que se acopla al mismo se dispone en el ensamble del rotor 10. Esto significa que todos los medios necesarios para el funcionamiento del mecanismo de posicionamiento 70 también se colocan en el ensamble del rotor 10, por ejemplo, en el ala 35 o en la paleta 14 o en el cubo central 12. En este caso, la fuente de energía eléctrica 82 girará junto con el ensamble del rotor 10. Con el propósito de cargar esta fuente de energía 82, es posible, por ejemplo, usar la transferencia de energía inalámbrica. Esto puede implementarse, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 5, por medio de un acoplamiento inductivo entre la fuente de energía eléctrica 82 que se instala en el ensamble del rotor 10 y una fuente de energía eléctrica estacionaria 87, por ejemplo, una estación de carga de batería inductiva que se dispone en la cápsula 3 o en el mástil 2. De acuerdo con una modalidad alternativa, el suministro de energía 82 puede cargarse por medio de un dinamo o alternador u otro generador eléctrico adecuado que también se monta en el ensamble del rotor. El generador eléctrico se dispone en el ensamble del rotor de manera que la rotación del ensamble del rotor 10 se convierte en una rotación del generador eléctrico con el propósito de generar de esta manera la energía eléctrica que puede añadirse a la fuente de energía eléctrica 82. Esto puede lograrse, por ejemplo, colocando el estator del generador eléctrico en el ensamble del rotor 10 y acoplando el rotor del generador eléctrico a la cápsula 3, de manera que, durante la rotación del ensamble del rotor 10, el rotor del generador eléctrico gira con respecto a su estator que se mueve concomitantemente con el ensamble del rotor 10. Con el propósito de permitir la comunicación entre el dispositivo de control 80 que está presente en el ensamble del rotor 10 y otros dispositivos de control 90 que se instalan de manera estacionaria, por ejemplo, un dispositivo de control de la turbina eólica que está presente en la torre 2 o en la cápsula 3 o un terminal de servicio para su uso por un operador, pueden usarse sistemas conocidos para la comunicación inalámbrica de datos. Para este fin, el dispositivo de control 80 que se dispone en el ensamble del rotor comprende un módulo de comunicación inalámbrica 83, por ejemplo, un módulo Wi-Fi, móvil, Bluetooth u otro adecuado que permite la comunicación inalámbrica con un dispositivo de control estacionario 90. De esta manera, todos los elementos para garantizar el funcionamiento óptimo del ensamble del rotor 10 se disponen en el propio ensamble del rotor 10 y pueden operarse sin complicados acoplamientos para cables para la transferir energía o comunicación entre el ensamble del rotor 10 y la cápsula 3 o el mástil 2 de la turbina eólica 1.

Una variante de modalidad de la turbina eólica 1 de acuerdo con la invención se ilustra en la Figura 6. El ensamble del rotor 10 corresponde esencialmente a la modalidad ilustrada en las Figuras 1 a 3. La sección transversal parcial de la Figura 6 muestra además cómo la cápsula 3, en la que se coloca el ensamble del rotor 10 para poder girar a lo largo del eje de rotación esencialmente horizontal R, se ajusta al mástil para poder girar. En el mástil 2, que tiene un eje longitudinal esencialmente vertical, la cápsula 3 se monta para poder girar a lo largo de un eje de rotación esencialmente vertical por medio de un sistema de rodamiento 50. Como puede verse, este sistema de rodamiento 50 comprende dos rodamientos 52, 54 cuyos ejes de rotación coinciden con el eje de rotación esencialmente vertical. Estos rodamientos 52, 54 se disponen en varias ubicaciones a lo largo del eje longitudinal esencialmente vertical del mástil 2. Estos rodamientos 52, 54 del sistema de rodamiento 50 son, por ejemplo, rodamientos cónicos, ya que dicho sistema de rodamiento 50 es capaz de absorber la carga radial y axial de una manera eficiente sin requerir rodamientos de un gran diámetro. Sin embargo, está claro que, de acuerdo con modalidades alternativas del sistema de rodamiento, podrían proporcionarse uno o más rodamientos adecuados, tal como, por ejemplo, uno o más rodamientos de giro adecuados de capacidad suficiente. Finalmente, también se ilustra un mecanismo 56 de posicionamiento de la cápsula y consiste en un actuador, por ejemplo, un actuador eléctrico o hidráulico que coopera con el mástil 2 y la cápsula 3 y que puede accionarse, por ejemplo, por



medio de un dispositivo de control adecuado para llevar la cápsula 3 y, por consiguiente, también el ensamble del rotor 10 a una posición adecuada con respecto a la dirección del viento.

5 La modalidad del ala 35 descrita anteriormente con referencia a, por ejemplo, las Figuras 4A a 4C comprende un perfil extruido lineal recto. Esto significa que, como se muestra en la Figura 7, el ala 35 que se extiende a lo largo de un eje longitudinal L entre un extremo central 351 y un extremo radial 352 comprende un extremo corriente arriba 353 y un extremo corriente abajo 354, ambos paralelos al eje longitudinal L, este eje longitudinal L forma, por ejemplo, el eje central de la cavidad interna 38 del ala 35. Aunque este tipo de ala 35 es de simple construcción, puede lograrse una mejor eficiencia de conversión de la energía eólica cuando dicha ala 35 comprende una forma torcida longitudinal, esto significa, como se muestra en la Figura 7, que el ala 35 a lo largo de su eje longitudinal L se proporciona con un grado predeterminado de giro por metro de longitud del ala 35, esto significa con una relación predeterminada entre el ángulo de rotación 35T alrededor del eje longitudinal L entre el extremo central 351 y el extremo radial 352 y la longitud del ala 35L. De acuerdo con un ejemplo, la longitud 35L del ala 35 es, por ejemplo, de aproximadamente 6 m, y el ángulo de rotación 35T es de aproximadamente 20°. Esto da como resultado un ala 35 con un perfil extruido torcido como se muestra en la Figura 8, cuyo eje central 351W, 352W a lo largo del ancho 35W del ala 35, que es, por ejemplo, 35 cm, gira aproximadamente 20° entre el extremo central 351 y el extremo radial 352. Está claro que otras modalidades del ala 35 pueden producirse como un perfil extruido torcido, que se tuerce alrededor de su eje longitudinal (L), siempre que, en general, dicho perfil extruido torcido tenga un grado de giro por metro de longitud del ala 35 en el intervalo de 1° a 5°, por ejemplo 3°, 4°, etcétera. Ventajosamente, el perfil extruido torcido del ala 35 se fabrica por medio de un proceso de extrusión que hace uso de un canal de troquel de extrusión torcido con predeterminado grado de torsión por metro de longitud del canal de troquel a lo largo de su eje longitudinal, en el intervalo de 1° a 5°, por ejemplo 3°, ya que esto permite un grado uniforme de giro a lo largo de toda la longitud del ala 35, que puede realizarse sin modificar nada en el proceso de extrusión convencional para fabricar un ala de perfil extruido recto excepto el canal del troquel. Está claro que otras longitudes, anchos y formas adecuados para el ala 35 son posibles siempre que permitan la fabricación por medio de un proceso de extrusión como se describió anteriormente y, preferentemente su sección transversal comprende una cavidad interna 38 a lo largo del eje longitudinal L adecuada para introducir un tubo de una paleta, como se muestra, por ejemplo, en la Figura 9, como se explicará con más detalle a continuación.

30 La Figura 10 muestra una turbina eólica que comprende un ensamble del rotor con paletas de acuerdo con la modalidad mostrada en la Figura 9. La construcción de esta modalidad es muy similar a la de las modalidades descritas anteriormente y se han identificado elementos similares con los mismos signos de referencia. La principal diferencia con la modalidad de las Figuras 1a 3 es que ambos cables 62, 64 se acoplan ahora en puntos de acoplamiento de la paleta 16, 17 en una ubicación de conexión intermedia 43 entre el punto intermedio 42 y el extremo radial 32. Como se muestra con mayor claridad en las Figuras 11 a 13, los puntos de acoplamiento de la paleta 16, 17 en la ubicación de acoplamiento intermedia 43 se ubican en el tubo 34 de la parte radial de la paleta 30. Como se muestra adicionalmente, el ala 35 comprende para cada uno de los cables 62, 64, una abertura 36, 37 a través de la cual el sistema de cables 60 se extiende hasta la ubicación de acoplamiento intermedia 43 en el tubo 34 de la parte radial de la paleta 30. Está claro que estas aberturas 36, 37 se dimensionan de manera que permiten un intervalo de rotación predeterminado del ala 35 alrededor de su eje longitudinal L. Cuando se alcanza la abertura final del intervalo de rotación del ala 35, la abertura interactúa, con el sistema de cables 60. De acuerdo con la modalidad mostrada en las Figuras 10 a 13, cada paleta 14 comprende dos conectores de acoplamiento de la paleta 66, 68 que acoplan los dos cables 62, 64 al tubo 34 de la parte radial de la paleta 30 en la ubicación de acoplamiento intermedia 43. Como se muestra, estos conectores de acoplamiento de la paleta 66, 68 se extienden en lados opuestos del tubo 34, sustancialmente transversal al eje longitudinal L del tubo 34 a través de las aberturas respectivas 36, 37 en el ala 35. A partir de estos conectores de acoplamiento 66, 68 se forman los puntos de acoplamiento de la paleta 16, 17 para los cables correspondientes 62, 64 que luego se extienden a sus puntos de acoplamiento del cubo 18, 19. Está claro que tal como se muestra mejor en la Figura 13, de esta manera los conectores de acoplamiento 66, 68 interactúan con su correspondiente abertura 36, 37 de manera que el intervalo de rotación de la banda 35 se limita a un intervalo de rotación deseado predeterminado del ala 35 alrededor del eje longitudinal L, ya que cuando se alcanzan estos límites, los conectores de acoplamiento forman un tope para el lado de la circunferencia de su abertura. De acuerdo con modalidades alternativas en lugar de los conectores de acoplamiento, cualquier otro elemento adecuado del sistema de cables, tales como, por ejemplo, los cables 62, 64 mismos podrían extenderse a través de la abertura correspondiente en la ubicación de acoplamiento intermedia 43 e interactuar con la abertura correspondiente, sustancialmente, de la misma manera como se describió anteriormente para limitar el intervalo de rotación del ala 35 al intervalo de rotación deseado predeterminado.

55 La Figura 14 muestra la modalidad de la paleta 14 de las Figuras 10 a 13 sin que el ala esté presente para mostrar más claramente el tubo radial 34 que debe insertarse en la cavidad interna 38 del ala 35 cuando se monta. De acuerdo con esta modalidad, como se muestra, el tubo 24 de la parte central de la paleta 20 comprende dos varillas de refuerzo que se extienden generalmente transversales al plano de los dos cables 62, 64 y proporcionan rigidez adicional contra fuerzas transversales al plano de los cables 62, 64. Además, también se proporciona un separador 35 en el punto intermedio 42 que se extiende transversal al eje longitudinal de la paleta 14 y proporciona puntos de acoplamiento de la paleta adicionales para los cables 62, 64 en el punto intermedio 42, de manera que la posición de los cables 62, 64; especialmente, en los alrededores del ala 35 se determina de manera segura. Está claro que tanto en los puntos de acoplamiento de la paleta en el punto intermedio 42 como en la ubicación de acoplamiento intermedia, la distancia desde el eje longitudinal L de la paleta 14 hasta los puntos de acoplamiento de la paleta 16, 17 es menor que la distancia desde el eje longitudinal L de la paleta 14 a los puntos de acoplamiento del cubo 18, 19.

5 Aunque son posibles variaciones de las longitudes respectivas de la parte central de la paleta 20 y la parte radial de la paleta 30, para proporcionar un transporte óptimo en el estado desmontado del ensamble del rotor, preferentemente la parte central de la paleta 20 tiene una longitud en el intervalo de 30 % a 300 % de la longitud de la parte radial de la paleta 30, por ejemplo en el intervalo de 50 % a 200 %, preferentemente de 75 % a 150 %, tal como, por ejemplo aproximadamente el mismo tamaño.

10 Está claro que son posibles otras modalidades alternativas, distintas de las modalidades descritas anteriormente, siempre que, en general, el ensamble del rotor no comprenda ningún elemento adicional que forme una conexión estructural directa entre dos de dicha pluralidad de paletas 14 en una ubicación diferente a su extremo central 22. Dicha conexión estructural directa, por ejemplo, por medio de un cable, una varilla, un borde, etcétera aumenta el riesgo de que se induzcan cargas máximas en las paletas 14 como se explicó anteriormente. Este riesgo se evita, como se describió anteriormente, cuando la pluralidad de paletas 14 solo se interconectan estructuralmente a través del cubo central 12 y el sistema de cables 60  
15 comprende solo un solo par de cables 62, 64 por paleta 14, ambos cables 62, 64 de los cuales se acoplan entre puntos de acoplamiento 16, 17 en la ubicación entre el extremo central 22 y el extremo radial 32 y los puntos de acoplamiento del cubo 18, 19 en la ubicación del cubo central 12, ambos cables 62, 64 se colocan de manera que se alinean con el eje longitudinal L de su paleta 14, visto a lo largo del eje de rotación central R; y ambos están a ambos lados del plano cubierto por el eje longitudinal L de su paleta 14.

20 Está claro que los cables 62, 64 en uso en el sistema de cables 60 de acuerdo con una modalidad podrían formarse como cables que comprenden dos o más cables que van uno al lado del otro y unidos, torcidos o trenzados entre sí para formar un único ensamble. Sin embargo, de acuerdo con modalidades alternativas los cables 62, 64 también podrían formarse  
25 alternativamente como conexiones alargadas de tipo cable, tal como, por ejemplo, varillas alargadas o barras adecuadas. Estas conexiones alargadas de tipo cable generalmente comprenden una rigidez más alta a lo largo de su dirección longitudinal, lo que reduce el nivel de pretensado que debe proporcionarse al sistema de cables 62, 64.

Además, queda claro que los cables 62, 64 de acuerdo con las modalidades descritas anteriormente podrían formarse como un cable continuo que se extiende desde sus puntos de acoplamiento de la paleta 16, 17 hasta sus puntos de  
30 acoplamiento del cubo 18, 19, pero de acuerdo con modalidades alternativas, también podrían comprender una secuencia adecuada de una pluralidad de porciones de cable conectadas secuencialmente 62A, 62B, 64A, 64B, como, por ejemplo, se muestra esquemáticamente en la Figura 14 en la que los cables 62, 64 comprenden cada uno dos varillas conectadas secuencialmente que se conectan en la ubicación del separador 65. Está claro que son posibles modalidades alternativas adicionales en las que dos porciones más de cable se conectan secuencialmente para formar el cable siempre que el eje longitudinal de cada una de las porciones del cable coincida sustancialmente con el de todo el cable.  
35

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

Reivindicaciones

1. Ensamble del rotor (10) para una turbina eólica (1) que comprende,
  - un cubo central (12) con un eje de rotación central (R); y
  - una pluralidad de paletas (14), cada una acoplada al cubo central (12) por su extremo central (22) y cada una se extiende desde su extremo central (22) hasta su extremo radial (32) a lo largo de un eje longitudinal (L) sustancialmente radialmente con respecto al eje de rotación central (R), y cada una que comprende:
    - un punto intermedio (42) situado entre el extremo central (22) y el extremo radial (32);
    - una parte central de la paleta (20) que se extiende desde el extremo central (22) hasta el punto intermedio (42);
    - una parte radial de la paleta (30) que se acopla a la parte central de la paleta (20) y se extiende desde el punto intermedio (42) hasta el extremo radial (32) de la paleta (14); y
    - un sistema de cables (60) que coopera con la paleta (14) y el cubo central (12), el sistema de cables (60) que comprende un par de cables (62, 64) por paleta (14), ambos cables (62, 64) de los cuales se acoplan entre los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) en la ubicación entre el extremo central (22) y el extremo radial (32) y los puntos de acoplamiento del cubo (18, 19) en la ubicación del cubo central (12), estos dos cables (62, 64) se colocan de manera que:
      - ambos cables (62, 64) se alinean con el eje longitudinal (L) de su paleta (14), visto a lo largo del eje de rotación central (R); y
      - estos dos cables (62, 64) están a cada lado del plano cubierto por el eje longitudinal (L) de su paleta (14),
    - la pluralidad de paletas (14) solo se interconectan estructuralmente a través del cubo central (12) y el sistema de cables (60) comprende solo un solo par de cables (62, 64) por paleta (14), caracterizado porque
      - solo la parte radial de la paleta (30) comprende un ala (35) que tiene una forma adecuada para accionarse por el viento;
      - la parte central de la paleta (20) comprende un tubo (24) que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14); y la parte radial de la paleta (30) comprende un tubo (34) que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14), el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30) se adapta para ajustarse al tubo (24) de la parte central de la paleta (20);
      - el ala (35) se acopla de manera giratoria al tubo (34) de la parte radial de la paleta (30);
      - el ala (35), comprende una cavidad interna (38), que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) de la paleta (14), en la cual puede introducirse el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30), de manera que dicha ala (35) se acopla de manera giratoria al tubo (34) de la parte radial de la paleta (30);
      - ambos cables (62, 64) se acoplan en los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) en una ubicación de acoplamiento intermedia (43) entre el punto intermedio (42) y el extremo radial (32);
      - los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) en la ubicación de acoplamiento intermedia (43) se ubican en el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30); y
      - el ala (35) comprende para cada uno de los cables (62, 64) de su paleta (14) una abertura (36, 37) a través de la cual el sistema de cables (60) se extiende hasta la ubicación de acoplamiento intermedia (43), las aberturas (36, 37) se dimensionan de manera que permiten un intervalo de rotación predeterminado del ala (35) alrededor del eje longitudinal (L).
2. Ensamble del rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el ensamble del rotor (2) no comprende ningún elemento adicional que forme una conexión estructural directa entre dos de dicha pluralidad de paletas (14) en una ubicación distinta de su extremo central (22).
3. Ensamble del rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque, para cada paleta (14), la distancia desde el eje longitudinal (L) de la paleta (14) hasta los puntos de acoplamiento de la paleta (16, 17) es menor que la distancia desde el eje longitudinal (L) de la paleta (14) hasta los puntos de acoplamiento del cubo (18, 19).
4. Ensamble del rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el tubo (34) de la parte radial de la paleta (30) se coloca en el tubo (24) de la parte central de la paleta (20) en la ubicación del punto intermedio (42).
5. Ensamble del rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de cables (60) de cada paleta (14) comprende al menos un conector de acoplamiento de la paleta (66, 68) configurado para:
  - acoplar al menos uno de los cables (62, 64) al tubo (34) de la parte radial de la paleta (30); y
  - interactuar con la abertura (36, 37) de manera que el intervalo de rotación del ala (35) esté limitado al intervalo de rotación deseado predeterminado del ala (35) alrededor del eje longitudinal (L).
6. Ensamble del rotor de acuerdo con cualquiera de reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la parte central de la paleta (20) tiene una longitud en el intervalo del 20 % al 200 % de la longitud de la parte radial de la paleta (30), por ejemplo, en el intervalo de 40 % a 150 %, preferentemente 45 % a 100 %, por ejemplo, 50 %.



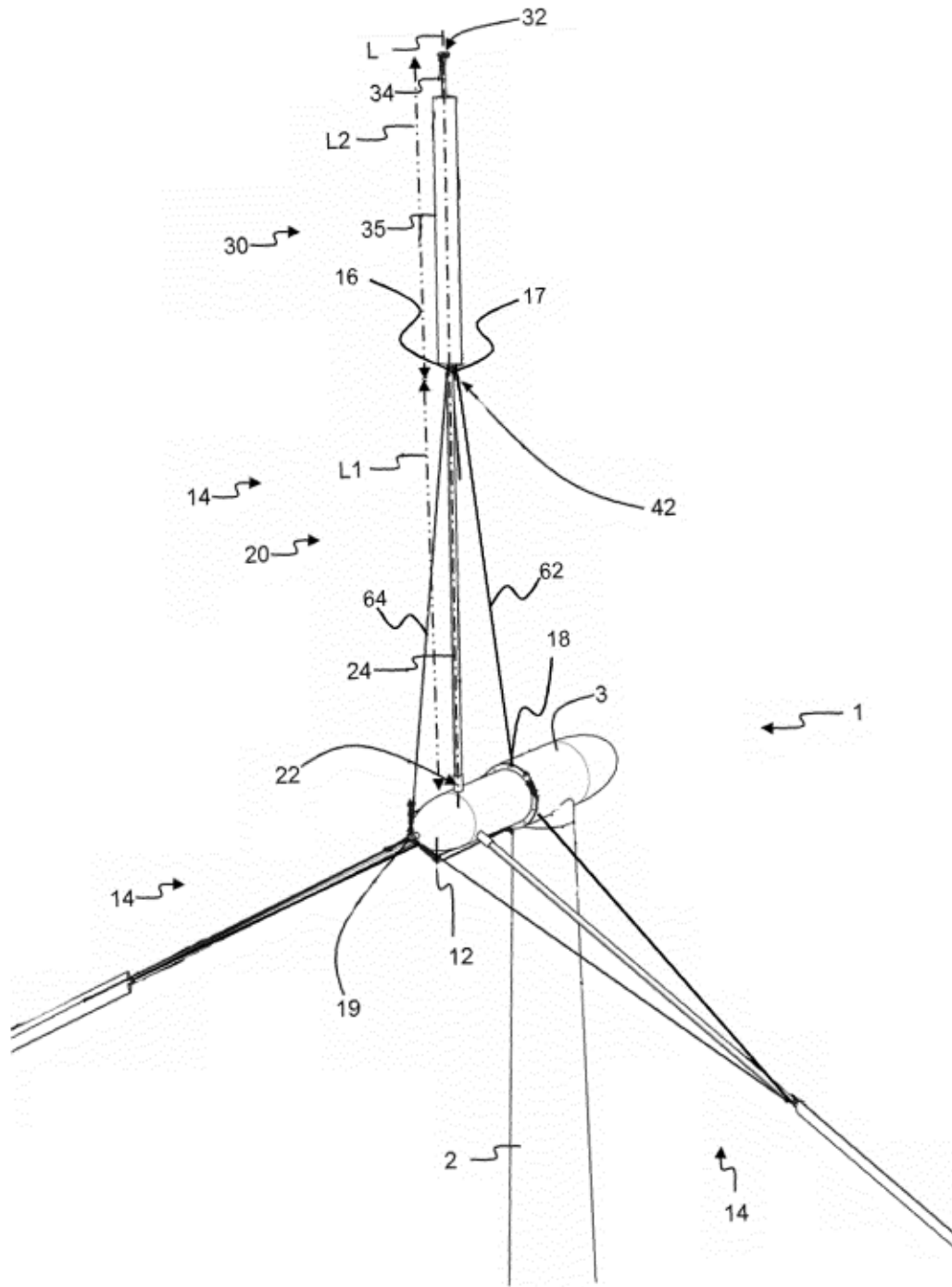


Fig. 2

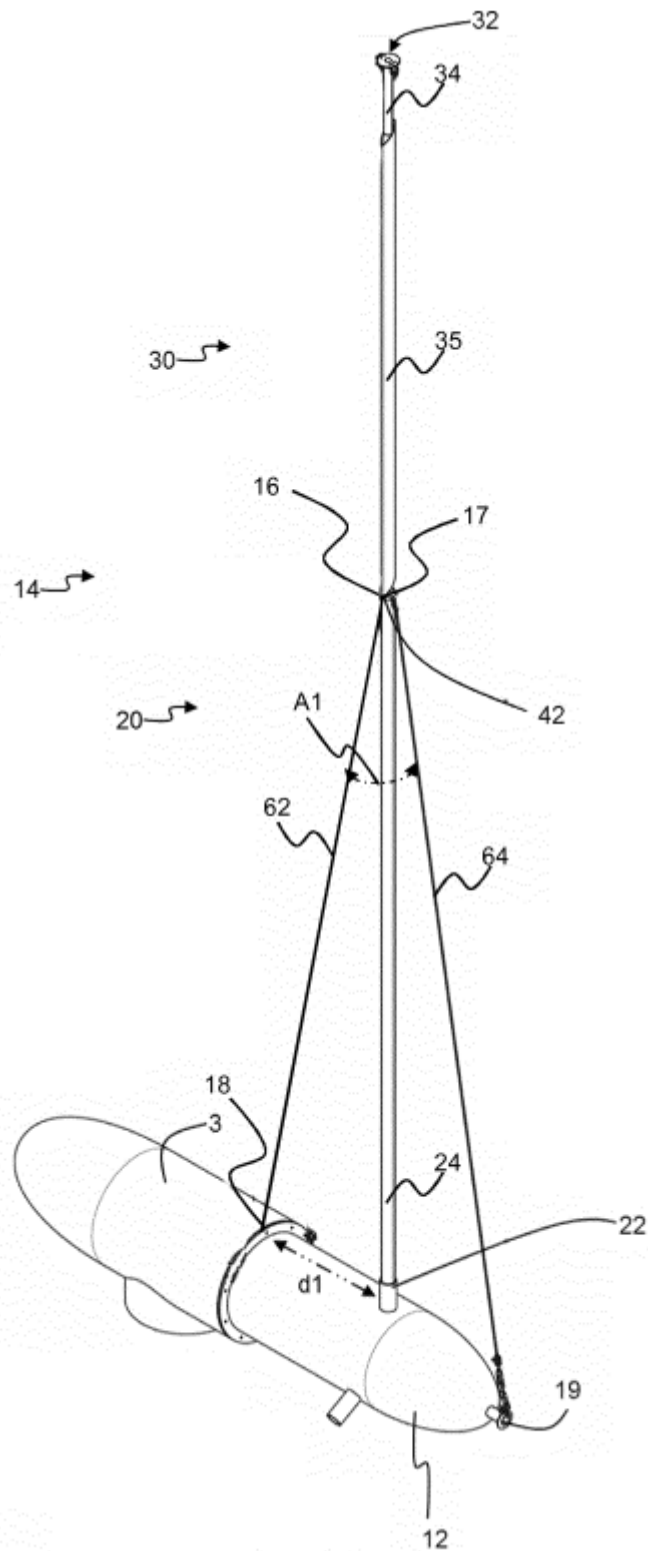


Fig. 3

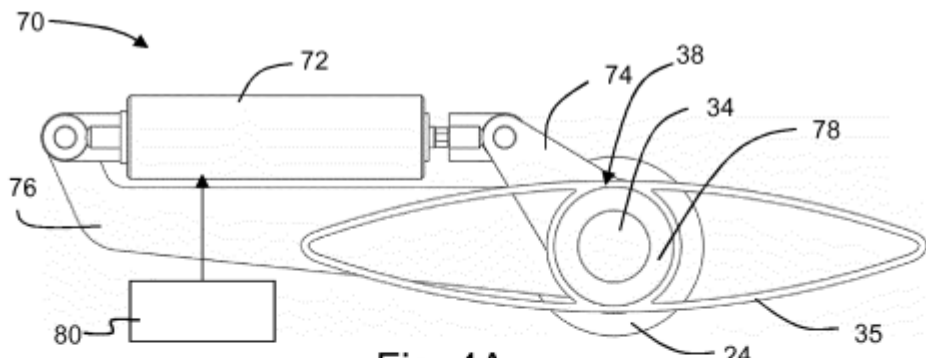


Fig. 4A

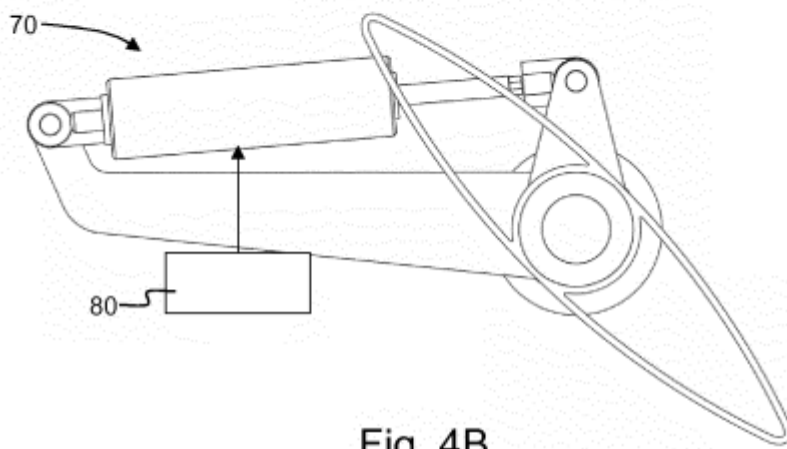


Fig. 4B

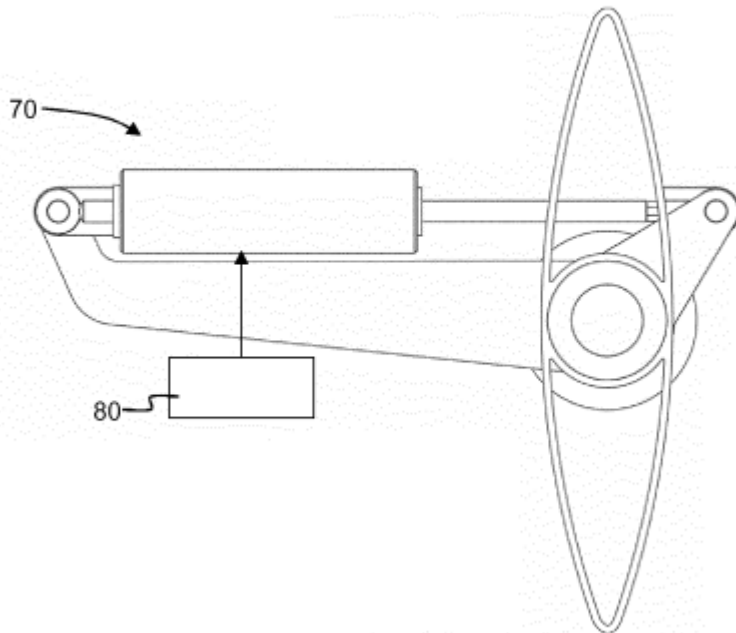


Fig. 4C

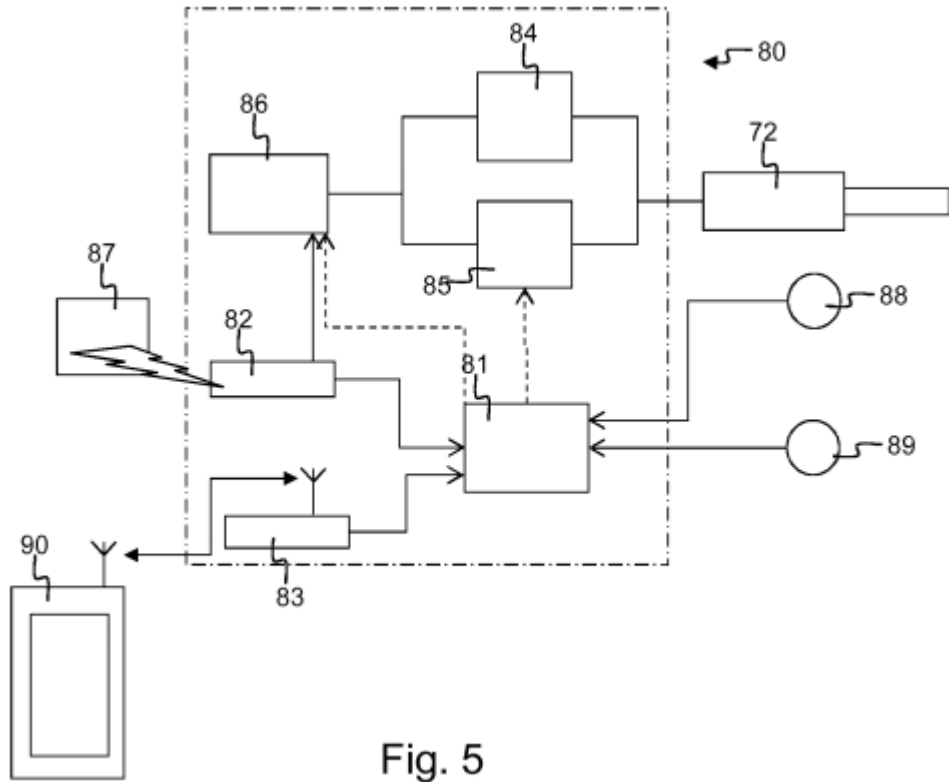


Fig. 5

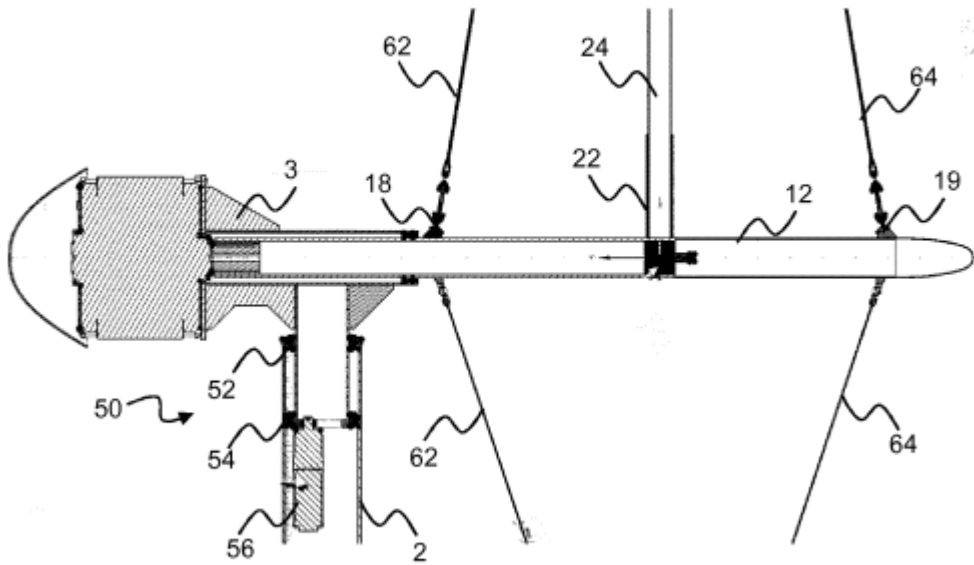


Fig. 6



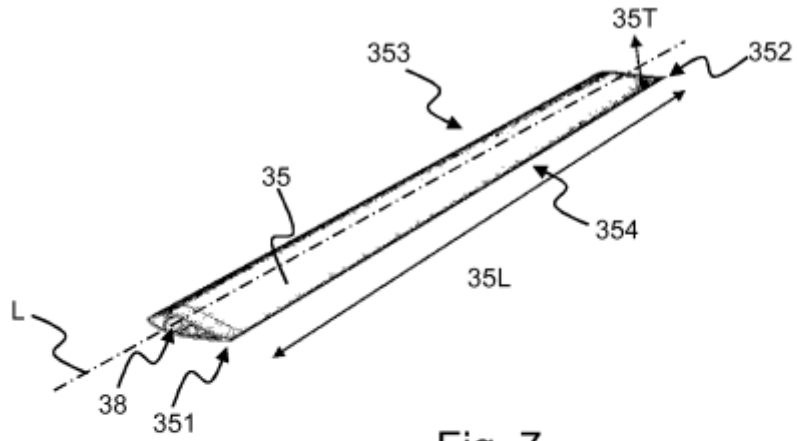


Fig. 7

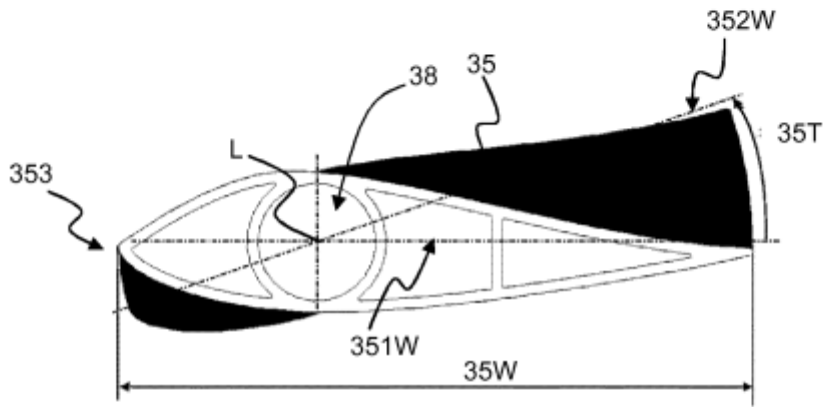


Fig. 8

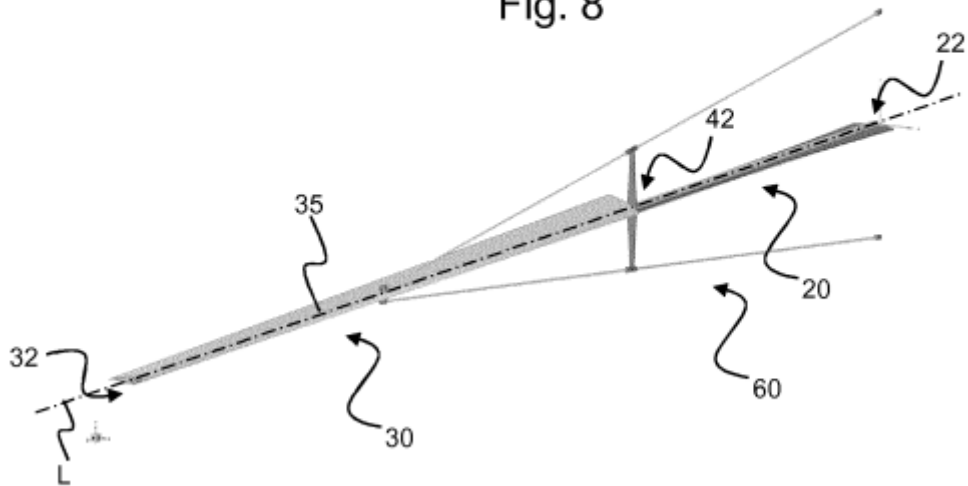


Fig. 9

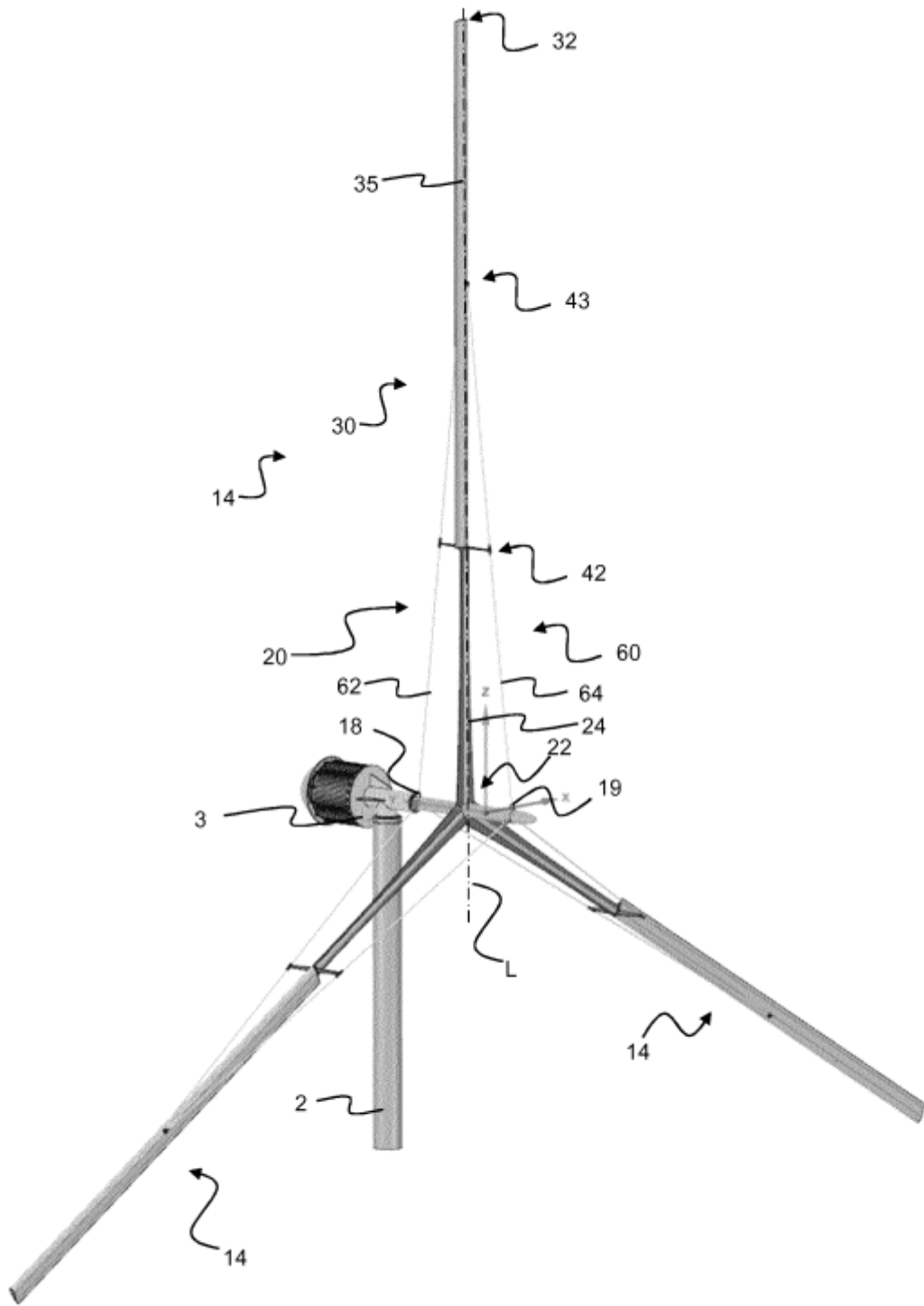


Fig. 10

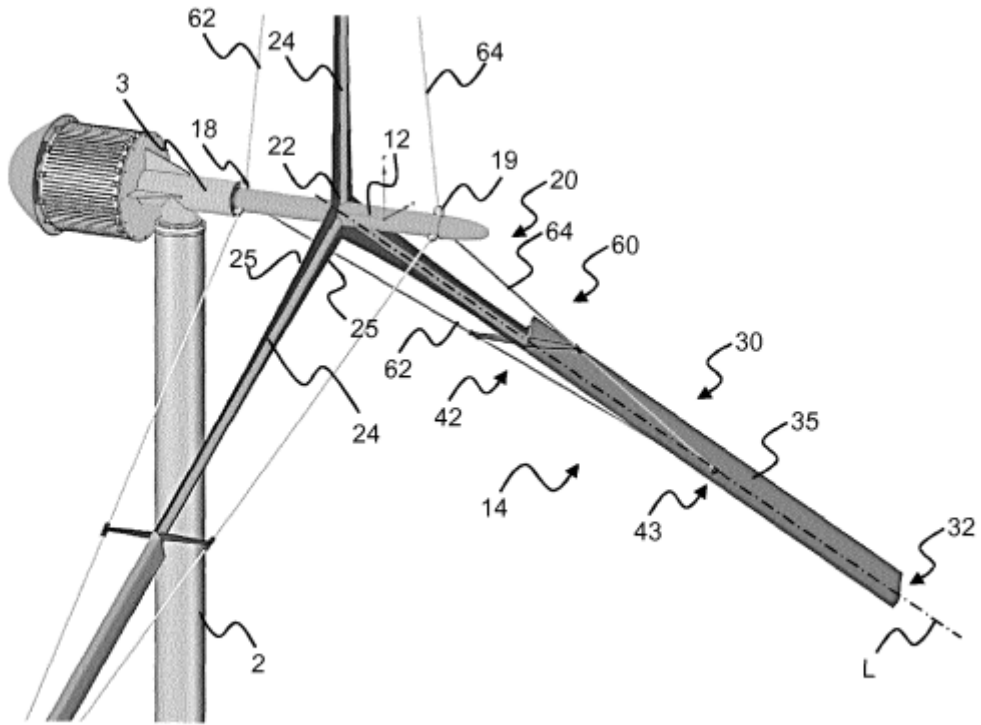


Fig. 11

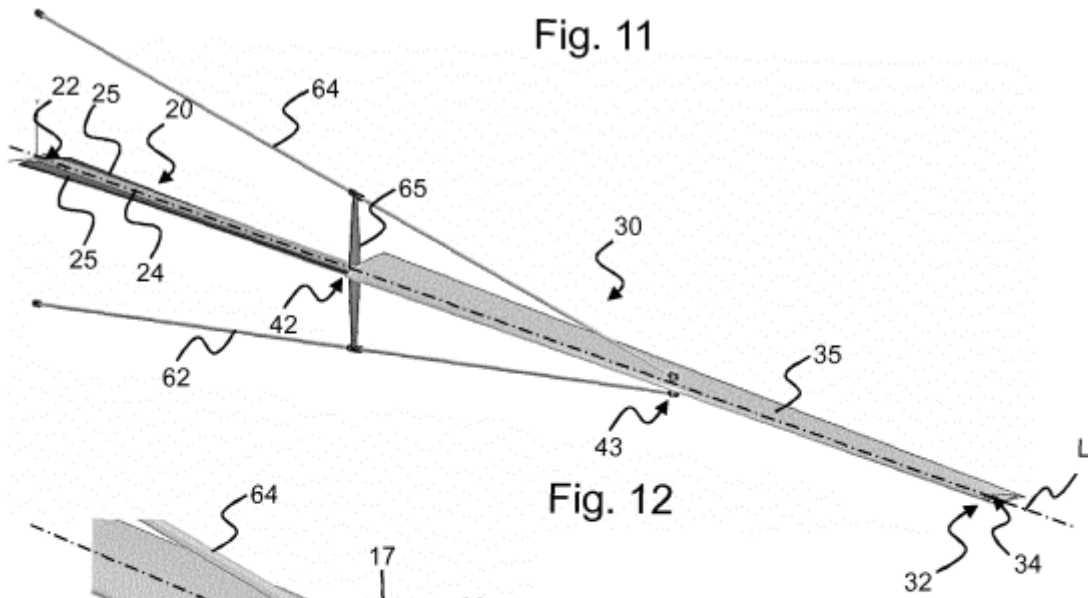


Fig. 12

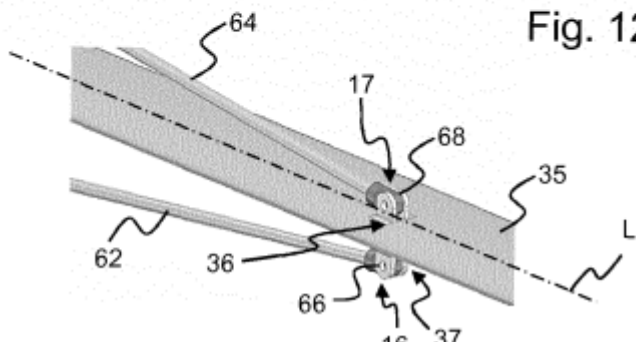


Fig. 13

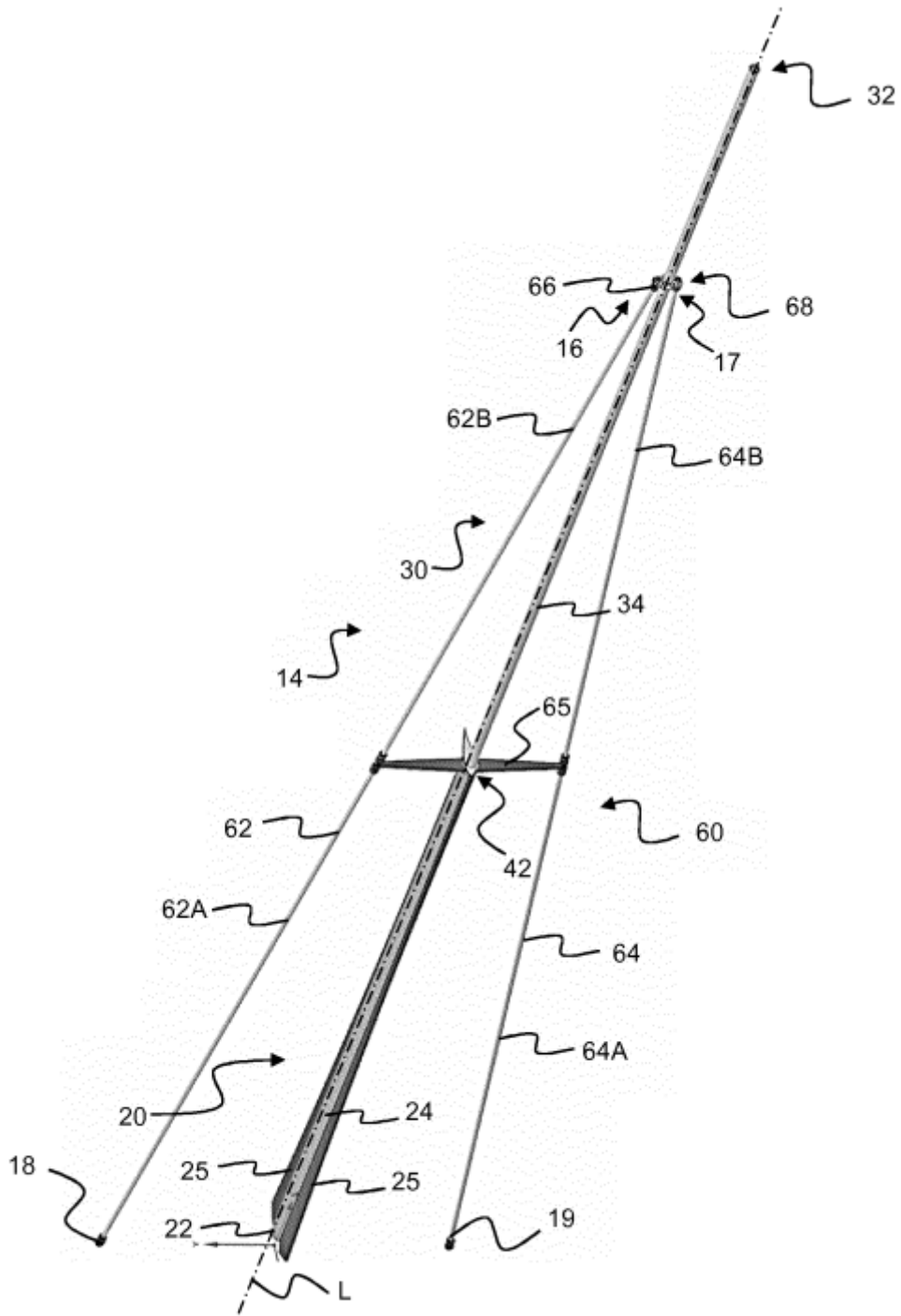


Fig. 14