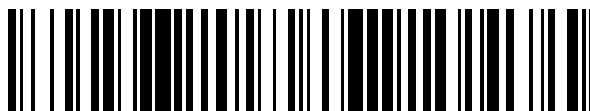


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 338**

51 Int. Cl.:

F03D 13/00 (2006.01)

H01Q 1/50 (2006.01)

H01Q 1/22 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.05.2014 PCT/EP2014/060536**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14187895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2014 E 14725484 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 3004638**

54 Título: **Sistema de protección contra rayos para una paleta de turbina eólica**

30 Prioridad:

24.05.2013 EP 13169221

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

03.10.2017

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)

Jupitervej 6

6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

HANSEN, LARS BO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 635 338 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

Sistema de protección contra rayos para una paleta de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de protección contra rayos para una paleta de turbina eólica, en especial una paleta de turbina eólica que tiene un módulo conductor interno, por ejemplo, un sistema de sensor de paleta, una antena, etc.

Antecedentes de la invención

10 En los crecientes esfuerzos para mejorar los sistemas de monitoreo y control del funcionamiento de una turbina eólica, en algunas ocasiones se han proporcionado sistemas adicionales a las paletas de turbina eólica que se incorporan al diseño de la paleta. Estos sistemas pueden comprender sensores de paleta y dispositivos de monitoreo, por ejemplo, sensores de carga y deformación, acelerómetros, actuadores para el control y la operación de dispositivos de paleta, tales como dispositivos de elevación activo, por ejemplo, solapas, disruptores, etc.; y/o dispositivos de monitoreo de posición y desviación.

15 Como estos sistemas se basan frecuentemente en la utilización de un sistema electrónico para control, esto puede resultar en la provisión de paletas de turbina eólica que tienen módulos de conducción internos que se proporcionan a lo largo de la longitud de la paleta, separados del extremo de raíz. Estos módulos conductores pueden actuar para atraer una descarga de rayos, y de acuerdo con esto, requieren de un sistema de protección contra rayos adecuado.

20 La protección contra rayos tradicional de los elementos conductores en una paleta incluye la utilización de una pluralidad de receptores de rayos externos que tienen franjas de desviación que se extienden libremente a partir de los mismos, como se observa en la Patente Europea No. EP1709705. Sin embargo, la creciente complejidad de los módulos conductores internos y sus funciones ha conducido a la deficiencia de estas soluciones actuales, en cuanto a la provisión de una protección contra rayos que resulte suficiente en combinación con una baja interferencia con el funcionamiento de los módulos. Se conoce una paleta de turbina eólica en el arte previo a partir del documento US 2012/0141277 A1. Un objeto de la invención es proporcionar un sistema de protección contra rayos para una paleta de turbina eólica que proporciona un funcionamiento mejorado con respecto a las soluciones.

Resumen de la invención

30 De acuerdo con esto, se proporciona una paleta de turbina eólica que comprende un sistema de protección contra rayos de acuerdo con la reivindicación 1. La paleta de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, la paleta de turbina eólica comprende además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como además un borde delantero y un borde trasero con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre estos bordes, y el contorno perfilado, al momento del impacto mediante un flujo de aire incidente, que genera una elevación, teniendo la paleta al menos un módulo o elemento conductor interno que se ubica a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta separado del extremo de raíz de la paleta. El sistema de protección contra rayos comprende además:

35 al menos una banda conductora a ubicarse alrededor de la circunferencia de la paleta de turbina eólica en la ubicación longitudinal de dicho al menos un módulo o elemento conductivo interno, dicha banda conductora se acoplará con un conductor de rayos en dirección descendente de la paleta para la conexión con un plano a tierra.

40 Mediante la provisión de una banda conductora a tierra alrededor del perímetro de la paleta de turbina eólica en la ubicación del módulo conductor interno, se protege el módulo contra la posibilidad de una descarga de rayos sobre la paleta, ya que cualquier corriente de rayos será conducida lejos del módulo interno hacia la tierra mediante la banda conductora. Cuando el módulo interno comprende un sistema electrónico relativamente sensible, por ejemplo sistemas de sensores de paleta, sistemas de antena, etc., la utilización de estos sistemas de protección contra rayos en una paleta de turbina eólica aumenta significativamente la vida útil de dichos módulos. Se comprenderá que la paleta de turbina eólica se proporciona Preferiblemente como una estructura de armazón que se forma de material compuesto por fibras, por ejemplo fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se suspenden en una resina curada. Se comprenderá además que dicho al menos un módulo conductor interno se ubica dentro de la cavidad interna que se define a partir de la estructura de armazón. Preferiblemente, dicho al menos un medio de conducción se aplica por fuera de dicha estructura de armazón. Se comprenderá además que la paleta de turbina eólica puede tener una longitud que excede los 30 metros.

45 En un aspecto, dicho al menos una banda conductora se forma a partir de una banda conductora continua, en la que dicha banda conductora forma una jaula de Faraday parcial alrededor de dicho al menos un módulo conductor interno.

55 En un aspecto alternativo, dicha al menos una banda conductora se forma a partir de una franja de desviación conductora, preferiblemente una franja de desviación segmentada. Preferiblemente, un receptor de rayos se acopla

con dicha franja de desviación conductora en dicha ubicación longitudinal, en el que dicho receptor de rayos se acopla con dicho conductor de rayos en dirección descendente de la paleta.

5 La utilización de franjas de desviación segmentadas significa que la ubicación adyacente de la franja de desviación con respecto al módulo conductor interno tendrá sustancialmente cero impacto sobre el funcionamiento del módulo, por ejemplo, como un resultado de interferencia electromagnética. La franja de desviación puede proporcionarse como un conjunto de elementos o botones conductores que se disponen en un sustrato aislante. Cuando dichos elementos conductores se exponen a un campo eléctrico potente, como una descarga de rayos, se crea un canal conductor ionizado en el aire por encima de los elementos en el que la corriente de rayos puede conducirse a una conexión a tierra adecuada, por ejemplo, mediante el conductor de rayos en dirección descendente de la paleta.

10 En un aspecto alternativo, la franja de desviación puede constituirse como una franja que tiene partículas o polvo de conducción que se disponen en la franja, por ejemplo, polvo de aluminio, dichas partículas funcionan para formar dicho canal ionizado en el caso de una descarga de rayos para conducir una corriente de rayos a tierra.

15 Preferiblemente, la amplitud de dicha banda conductora a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta de manera que resulte mayor que la amplitud del módulo conductor interno, de manera tal que los bordes opuestos de dicha banda conductora se separen en la dirección longitudinal con respecto a los lados opuestos correspondientes del módulo conductor interno.

20 Al seleccionar la amplitud de la banda en base a las dimensiones del módulo conductor interno a proteger, de manera tal que los bordes de la banda proyectan una distancia con respecto a ambos lados del módulo interno, se reduce más el riesgo de impacto de una descarga de rayos contra el módulo interno. Preferiblemente, se selecciona la amplitud de dicha banda conductora de manera que sea al menos el 150% de la amplitud del módulo conductor interno a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta.

En un aspecto, la amplitud de dicha banda conductora a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta oscila entre 5-20 cm, preferiblemente, entre 5-10 cm.

25 Preferiblemente, dicha banda conductora forma una trayectoria conductora continua alrededor de la circunferencia o perímetro de la pala de turbina eólica en la posición longitudinal de dicho al menos un módulo conductor interno

Preferiblemente, dicha banda conductora forma una trayectoria de conducción continua alrededor de la circunferencia o perímetro de la paleta de turbina eólica en la posición longitudinal de dicho al menos un módulo conductor interno.

30 Proporcionando una trayectoria de conducción continua alrededor del perímetro de la paleta, cualquier golpe de rayo sobre la paleta en la ubicación del módulo interno será recibido por la banda, la cual puede entonces ser conducida a tierra.

Preferiblemente, dicha banda conductora se constituye a partir de al menos lo siguiente: una franja conductora continua, cinta, lámina o anillo; una malla o tejido conductor; una capa de pintura conductora, etc.

35 Preferiblemente, dicha banda conductora comprende cualquier material conductor adecuado, por ejemplo, un material metálico, por ejemplo, cobre, aluminio, acero, etc.

En un aspecto, el sistema de protección contra rayos puede constituirse en forma integral con una estructura de paleta de turbina eólica.

40 Se puede proporcionar la banda como una parte integral de la estructura de la paleta, por ejemplo, como parte de un proceso de fabricación de la paleta. En una realización como tal, la al menos una banda conductora puede incorporarse en el procedimiento de moldeo de una paleta compuesta por fibras, en el que la banda se ubica en un molde de paleta en combinación con capas del material compuesto por fibras que se infunde posteriormente con una resina curada para constituir un armazón de paleta de turbina.

45 En un aspecto como tal, la paleta de turbina eólica puede constituirse a partir de una pluralidad de armazones de paleta separados que se ensamblan juntos para constituir una paleta de turbina eólica, en la que dichas bandas conductoras comprenden un primer segmento que se proporciona en un primer armazón de paleta y un segundo segmento que se proporciona en un segundo armazón de paleta, en la que dichos segmentos primero y segundo se acoplan juntos para constituir dicha banda conductora mediante el ensamble de dichos armazones primero y segundo para constituir dicha paleta de turbina eólica.

50 En este caso, los armazones primero y segundo pueden comprender armazones de paleta a barlovento y a sotavento, respectivamente.

En un aspecto alternativo, el sistema de protección contra rayos se dispone para modernizar una paleta de turbina eólica existente.

Como la banda puede aplicarse a una superficie de paleta, puede modernizar con facilidad una paleta existente. Tal operación de modernización puede comprender fijar una banda de conducción a una superficie de paleta, por ejemplo, a través de un enlace adhesivo, pernos, remaches, etc., y/o aplicar una pintura conductora a la superficie de la paleta, por ejemplo, a través de una operación de pulverización de pintura.

- 5 En un aspecto alternativo o adicional, la banda conductora puede incorporarse dentro de una ranura o cavidad en la superficie de la paleta de turbina eólica, de manera tal que la banda conductora se alinea sustancialmente con la superficie adyacente de la paleta.

Al posicionar la banda en línea con la superficie adyacente, se minimizan el impacto en la aerodinámica de la paleta y las propiedades de ruido debido a la presencia de la banda. Un sistema como tal puede incluir la fabricación o el corte de una ranura adecuada en la superficie de una paleta existente para recibir a la banda.

10

Se proporciona además una paleta de turbina eólica que tiene un sistema de protección contra rayos como se describe anteriormente.

Preferiblemente, dicho al menos un módulo conductor interno comprende una antena.

15

La utilización de una antena dentro del interior de la paleta puede permitir que se transmita una señal de radio inalámbrica a partir de una ubicación a lo largo de la longitud de la paleta de turbina eólica. Una señal como tal puede utilizarse para transmitir los resultados de los sensores de la paleta a partir de una ubicación relativamente remota a lo largo de la longitud de la paleta, y/o la señal puede utilizarse como parte de un sistema que se mide por tiempo de vuelo, para monitorear la desviación de la paleta. Preferiblemente, dicha antena es una antena adecuada para transmitir una señal de banda ultra ancha (UWB).

20

De manera adicional o alternativa, dicho al menos un módulo conductor interno puede comprender un módulo sensor de paleta, por ejemplo, un sensor de ubicación, un sensor de aceleración; o un módulo de suministro de energía, por ejemplo, un sistema de batería, un generador cinético.

Preferiblemente, dicho conductor de rayos en dirección descendente es un conductor de rayos en dirección descendente interno.

25

El conductor descendente se ubica Preferiblemente dentro de la cavidad interna de la paleta.

Preferiblemente, dicha paleta comprende al menos un receptor de rayos que se ubica hacia el extremo de punta de la paleta, en la que dicho conductor de rayos en dirección descendente se extiende a partir de dicho al menos un receptor de rayos hasta el extremo de raíz de la paleta para conexión a un plano a tierra.

30

Preferiblemente, la paleta de turbina eólica comprende al menos una estructura transportadora de señales que se acopla a dicho al menos un módulo conductor interno. Dicha al menos una estructura transportadora de señales puede comprender cualquier aparato adecuado para transportar una señal hacia o desde dicho módulo, por ejemplo, un cable de señales, una guía de ondas, etc. De manera adicional o alternativa, dicha estructura transportadora de señales puede disponerse para suministrar energía a dicho al menos un módulo conductor interno.

35

Además, se proporciona también un conductor de rayos en dirección descendente para una paleta de turbina eólica, en el que se incorpora una estructura transportadora de señales dentro del interior del conductor de rayos en dirección descendente, en el que dicho conductor de rayos en dirección descendente se configura para proteger la estructura transportadora de señales interna.

40

Mediante la combinación de la estructura transportadora de señales con el conductor de rayos en dirección descendente, de acuerdo con esto, se reduce el número de trayectorias de conducción diferentes que son posibles dentro de la paleta de turbina eólica. De manera adicional, debido al efecto de protección de la construcción del conductor descendente, la estructura transportadora de señales no resultará dañada por una descarga de rayos, ni tampoco recibirá el impacto de cualquier otra interferencia electromagnética en las proximidades del conductor descendente.

En una realización, el conductor de rayos en dirección descendente comprende:

45

un núcleo central;

una primera capa aislante que se ubica alrededor de la circunferencia de dicho núcleo central; y

una capa conductora de protección que se ubica alrededor de la circunferencia de dicha primera capa aislante, en el que dicho núcleo central comprende una estructura transportadora de señales.

50

La capa conductora de protección se selecciona para proporcionar un efecto de protección con respecto a la estructura transportadora de señales, así como también actúa como una trayectoria adecuada a tierra para cualquier descarga de rayos que impacta en la paleta.

Preferiblemente, el conductor de rayos en dirección descendente comprende además una segunda capa aislante que se ubica alrededor de la circunferencia de dicha capa conductora de protección.

5 En otra realización, el conductor de rayos en dirección descendente comprende una pluralidad de cables conductores que se ubican adyacentes a dicha estructura transportadora de señales interna, en el que dicha pluralidad de cables conductores se separan entre sí de manera equidistante alrededor de la circunferencia de la estructura transportadora de señales interna.

Preferiblemente, dicha pluralidad de cables conductores comprenden un núcleo conductor rodeado de una capa aislante.

Preferiblemente, dicho conductor de rayos en dirección descendente comprende al menos tres cables conductores.

10 Preferiblemente, dicha estructura transportadora de señales interna comprende al menos uno de los siguientes: un cable de señal, por ejemplo, un cable coaxial o cable coax, o una guía de ondas. Dicha estructura transportadora de señales interna puede comprender una capa de material aislante que se ubica alrededor del perímetro de dicha estructura transportadora de señales interna.

15 Preferiblemente, dicha capa conductora de protección o dicho núcleo conductor comprende un conductor metálico, por ejemplo, cobre.

20 Preferiblemente, dicha capa aislante o material aislante comprende cualquier material aislante eléctrico adecuado, por ejemplo, un material de plástico, un polímero, un material de cerámica, etc. Preferiblemente, dicho aislante comprende un material de polietileno. De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de protección contra rayos para una paleta de turbina eólica, comprendiendo la paleta de turbina eólica al menos una antena que se monta externamente, proyectándose dicha al menos una antena desde la superficie de la paleta de turbina eólica hasta una altura H por encima de la superficie de la paleta, en el que el sistema de protección contra rayos comprende un receptor de rayos a ubicarse por encima de dicha al menos una antena a una altura mayor que H por encima de la superficie de la paleta, en el que dicho receptor de rayos se dispone para conexión con una plano a tierra.

25 Preferiblemente, dicho receptor de rayos comprende una barra de rayos.

De manera adicional o alternativa, el receptor de rayos puede comprender una placa o banda conductora de protección, por ejemplo, un conductor sustancialmente plano, que se proyecta sobre la ubicación de la antena, y dicha placa o banda conductora de protección se ubica sustancialmente en paralelo a la superficie de la paleta de turbina eólica.

30 En un aspecto, dicha antena se proporcionada en un soporte que se proyecta a partir de la superficie de la paleta de turbina eólica, y en el que se dispone dicho receptor de rayos para proyectarse a partir de dicho soporte. Un soporte como tal puede ser fácilmente modernizado con respecto a la superficie de una paleta.

Descripción de la invención

35 Se describirá ahora una realización de la invención a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra una turbina eólica;

La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una paleta de turbina eólica de acuerdo con la invención;

La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica de la paleta de la Fig. 2;

40 La Fig. 4 muestra una vista esquemática de la paleta de turbina eólica de la Fig. 2, vista desde arriba y desde el lado;

La Fig. 5 ilustra una vista isométrica del corte en sección transversal de una paleta de acuerdo con una realización de la invención;

La Fig. 6 ilustra una vista agrandada de una parte de los componentes de la paleta de la Fig. 5; y

45 La Fig. 7 ilustra vistas en sección transversal de realizaciones de conductores de rayos en dirección descendente de acuerdo con la invención que incorporan una estructura transportadora de señales integrada.

Se comprenderá ahora que los elementos comunes a las realizaciones diferentes de la invención se proporcionan con las mismas referencias numéricas en los dibujos.

50 La Figura 1 ilustra una turbina 2 eólica a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una barquilla 6, y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un cubo 8, y tres paletas 10 que se extienden en forma radial a partir del cubo 8, y cada una de ellas tiene una raíz 16

de paleta lo más cerca del cubo y una punta 14 de paleta lo más alejada del cubo 8. El rotor tiene un radio que se indica como R .

5 La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una paleta 10 de turbina eólica. La paleta 10 de turbina eólica tiene la forma de una paleta de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz lo más cerca del cubo, una región perfilada o una región 34 de superficie aerodinámica lo más alejada del cubo y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 de superficie aerodinámica. La paleta 10 comprende un borde 18 delantero frente a la dirección de giro de la paleta 10, cuando la paleta se monta sobre el cubo, y un borde 20 trasero frente a la dirección opuesta del borde 18 delantero.

10 La región 34 de superficie aerodinámica (también denominada la región perfilada) tiene una forma de paleta ideal o casi ideal con respecto a la generación de fuerza de empuje, mientras que la región 30 de raíz, debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica que por ejemplo, hace que la paleta 10 se pueda montar en el cubo de manera más fácil y segura. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz es normalmente constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente a partir de la forma 40 circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil 50 de superficie aerodinámica (como se muestra en la Fig. 3) de la región 34 de superficie aerodinámica. La longitud de la cuerda de la región 32 de transición aumenta normalmente en forma sustancialmente lineal con el aumento de la distancia r a partir del cubo.

15 La región 34 de superficie aerodinámica tiene un perfil 50 de superficie aerodinámica (como se muestra en la Fig. 3) con una cuerda que se extiende entre el borde 18 delantero y el borde 20 trasero de la paleta 10. El ancho de la cuerda disminuye con el aumento de la distancia r a partir del cubo.

20 Debería indicarse que las cuerdas de secciones diferentes de la paleta no se encuentran normalmente en un plano común, debido a que la paleta puede retorcerse y/o curvarse (es decir, previamente doblada), proporcionando de este modo el plano de cuerda con un curso correspondientemente retorcido y/o curvado, siendo este el caso más frecuente para compensar la velocidad local de la paleta que depende del radio a partir del el cubo.

25 La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 de superficie aerodinámica de una paleta normal de una turbina eólica que se representa con diversos parámetros que se utilizan normalmente para definir la forma geométrica de un perfil de superficie aerodinámica. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, los que durante el uso, es decir, durante rotación del rotor, se encuentran normalmente de cara a barlovento (o contra el viento) y de cara a sotavento (o a favor del viento), respectivamente. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene una cuerda 60 con una longitud c de cuerda que se extiende entre un borde 56 delantero y un borde 58 trasero de la paleta. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene un espesor t , que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El espesor t de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación a partir del perfil simétrico es dada mediante una línea 62 de combadura que es una línea media a través del perfil 50 de superficie aerodinámica. La línea media puede encontrarse al dibujar círculos inscritos desde el borde 56 delantero hasta el borde 58 trasero. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia a partir de la cuerda 60 se denomina la combadura f . La asimetría se puede definir además mediante la utilización de parámetros denominados la combadura superior (o combadura del lado de succión) y combadura inferior (o combadura del lado de presión), que se definen como las distancias a partir de la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente.

30 Los perfiles de superficie aerodinámica se caracterizan frecuentemente por los siguientes parámetros: la longitud c de la cuerda, la combadura f máxima, la posición d_f de la combadura f máxima, el espesor t máximo de superficie aerodinámica, que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de combadura media, la posición d_t del espesor t máximo, y un radio de nariz (no se muestra). De este modo, estos parámetros se definen normalmente como relaciones a la longitud c de la cuerda. Por lo tanto, un espesor t/c de paleta relativo local es dado como el radio entre el espesor t máximo local y la longitud c de la cuerda local. Además, la posición d_p de la combadura máxima del lado de presión puede utilizarse como un parámetro de diseño, y por supuesto, también se puede hacer lo mismo con la combadura máxima del lado de succión.

35 La Fig. 4 muestra algunos otros parámetros geométricos de la paleta. La paleta tiene una longitud L total de paleta. Como se muestra en la Fig. 2 el extremo de raíz se ubica en posición $r = 0$, y el extremo de punta se ubica en $r = L$. El soporte 40 de la paleta se ubica en una posición de $r = L_w$ y tiene un ancho W de soporte, que es igual a la longitud de cuerda en el soporte 40. El diámetro de la raíz se define como D . Además, la paleta se proporciona previamente doblada, que se define como Δy que corresponde a la desviación fuera de plano a partir de un eje 22 de inclinación de la paleta.

40 Con referencia a la Fig. 2, la paleta 10 de turbina eólica comprende un armazón constituido de un polímero reforzado por fibras y se constituye normalmente como un lado de presión o parte 24 de armazón a barlovento y un lado de succión o parte 26 de armazón a sotavento que se adhieren juntos a lo largo de las líneas 28 de enlace que se extienden a o largo del borde 20 trasero y el borde 18 delantero de la paleta 10. Las paletas de turbina eólica se constituyen por lo general de material de plástico reforzado por fibras, por ejemplo, fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para constituir una estructura sólida. Las paletas

de turbina eólica modernas pueden tener frecuentemente una longitud que excede los 30 o 40 metros, y diámetros de raíz de paleta de varios metros. Las paletas de turbina eólica se diseñan por lo general para tener una vida útil relativamente larga y para soportar cargas dinámicas y estructurales considerables.

5 Con referencia a la Fig. 5, la paleta 10 comprende un conductor 70 de rayos en dirección descendente interno que puede proporcionarse en la forma de un cable conductor. El conductor 70 descendente se conecta con al menos un receptor 72 de rayos proporcionado en el extremo 14 de punta de la paleta 10, y se extiende a través del interior de la paleta 10 hasta el extremo 16 de raíz, donde el conductor 70 descendente puede conectarse a tierra mediante la estructura mayor de turbina eólica. El conductor 70 descendente puede ser soportado por redes 73 estructurales internas que se proporcionan dentro de la cavidad interna de la paleta 10. El conductor 70 descendente actúa para proporcionar una trayectoria de conducción a un plano a tierra dentro de la paleta 10, actuando para conducir una corriente de rayos a través de la paleta 10 en el caso de una descarga de rayos en el receptor 72 de rayos sin dañar la estructura de la paleta.

15 La paleta 10 comprende al menos un elemento 74 conductor adicional que se ubica dentro de la paleta 10, el al menos un elemento 74 conductor se separa del extremo 16 de raíz de la paleta 10 en dirección al extremo 14 de punta de la paleta 10. Se comprenderá que el al menos un elemento 74 conductor puede incluir cualquier dispositivo adecuado que puede ubicarse a lo largo de la longitud de la paleta 10, por ejemplo, el al menos un elemento 74 conductor puede comprender uno o una combinación de cualquiera de los siguientes: un módulo de sensor de paleta; por ejemplo un sensor de posición, un sensor de aceleración; un módulo remoto de suministro de energía, por ejemplo un sistema de batería, un generador cinético; una antena; un transmisor; un receptor; un transceptor. 20 En un aspecto, el elemento 74 conductor comprende una antena que se dispone para transmitir o recibir una señal que tiene una pantalla reflectora de radar que se dispone sustancialmente alrededor de la antena, por ejemplo, un reflector angular. Preferiblemente, el al menos un elemento 74 conductor comprende una antena adecuada para transmitir una señal de comunicación de banda ultra ancha (UWB). Preferiblemente, la antena se utiliza como parte de un sistema que se mide por tiempo de vuelo, para monitorear si existe desviación de la paleta 10 de turbina eólica durante el funcionamiento de la turbina. Preferiblemente, la paleta 10 comprende dos elementos 74 conductores que se ubican en la mitad distal de la paleta 10 de turbina eólica, un primer elemento se ubica relativamente próximo al extremo 14 de punta de la paleta 10 y un segundo elemento se ubica separado del primer elemento en dirección al extremo 16 de raíz.

30 Como el al menos un elemento 74 conductor puede proporcionar una ubicación para una posible descarga de rayos, se requieren medidas de protección adicionales para el funcionamiento seguro de la paleta 10 de turbina eólica. De acuerdo con esto, en la ubicación a lo largo de la longitud de la paleta 10 de turbina eólica donde se ubica el al menos un elemento 74 conductor, se dispone una banda 76 conductora alrededor de la circunferencia de la paleta 10 en dicha ubicación, de manera tal que el elemento 74 conductor que se ubica internamente es efectivamente protegido contra una descarga de rayos en la paleta 10 en esa ubicación. El elemento 76 conductor se conecta con el conductor 70 de rayos en dirección descendente, de manera que una descarga de rayos en la banda 76 conductora se conducirá a tierra como se describe anteriormente.

40 Con referencia a la Fig. 6 se presenta una vista agrandada de el al menos un elemento 74 conductor, la banda 76 conductora, y una parte del conductor 70 de rayos en dirección descendente. La banda 76 conductora se dispone alrededor de la periferia de la paleta 10 de turbina eólica en la ubicación de el al menos un elemento 74 conductor de manera tal que la banda 76 asume el perfil de superficie aerodinámica de la paleta en dicha ubicación. La banda 76 conductora puede constituirse a partir de cualquier material conductor adecuado, en cualquier estructura adecuada. La banda 76 puede constituirse a partir de uno de los siguientes: una franja conductora continua, una cinta, lámina o anillo; una malla o tejido conductor; una capa de pintura conductora, etc.

45 En una realización preferida que no se ilustra, la banda 76 puede estar constituida de una franja de desviación segmentada que se dispone alrededor de la circunferencia de la paleta 10. La franja puede extenderse a partir de la ubicación adyacente a un receptor de rayos, conectándose el receptor de rayos con un conductor 70 de rayos en dirección descendente interno. Una franja de desviación segmentada como tal puede comprender un conjunto de elementos o botones conductores separados que se proporcionan en un sustrato no conductor. En el caso de una descarga de rayos en la ubicación de la franja, se forma un canal de ionización por encima de la superficie de la franja, lo que permite la conducción de una corriente de rayos entre los botones adyacentes de la franja, de manera tal que una corriente de rayos puede conducirse mediante la franja de desviación hacia el receptor de rayos, para una conducción posterior a tierra por medio del conductor 70 descendente interno.

55 La utilización de una franja de desviación segmentada como la banda 76 conductora permite la protección contra rayos del elemento 74 conductor que se ubica internamente, sin afectar el funcionamiento del elemento 74 conductor, por ejemplo, mediante interferencia electromagnética o efectos de protección. Esto resulta especialmente ventajoso en los casos en los que el elemento 74 conductor puede comprender una antena, transmisor, o receptor, etc., en el que la transmisión o recepción de una señal de radio inalámbrica mediante el elemento 74 conductor puede recibir un impacto mediante el efecto de protección de una banda 76 conductora en la forma de una franja continua de material conductor.

La banda 76 conductora puede comprender cualquier material conductor adecuado, por ejemplo, un material metálico tal como cobre, aluminio, acero, etc.

5 La banda 76 conductora se dispone alrededor de la circunferencia de la paleta 10 en la ubicación del al menos un elemento 74 conductor interno, para impedir que una descarga de rayos en dicha ubicación penetre la paleta 10 y golpee el al menos un elemento 74 conductor interno, independientemente de la orientación de la descarga de rayos. En una mejora adicional de la invención, la amplitud de la banda 76 conductora puede seleccionarse de manera tal que se proyecte más allá de ambos lados del elemento 74 conductor interno a lo largo de la dirección longitudinal de la paleta 10, para proporcionar mayor protección contra una descarga de rayos que penetra hacia el interior de la paleta. Preferiblemente, la banda 76 conductora se selecciona para tener una amplitud de al menos el 150% de la longitud del elemento 74 conductor interno cuando se mide a lo largo de la dirección longitudinal de la paleta 10, la banda 76 se dispone de manera que se proyecta a igual distancia con respecto a ambos lados del elemento 74 conductor interno. En un aspecto alternativo, la banda 76 conductora se selecciona para tener una amplitud de al menos el 100% de la longitud del elemento 74 conductor interno.

15 En un aspecto adicional de la invención, la banda 76 conductora puede proporcionarse con una pluralidad de franjas de desviación, preferiblemente franjas de desviación segmentadas, que se extienden libremente a partir de la banda 76 conductora sobre la superficie de la paleta 10, proporcionado así una mayor protección contra una descarga de rayos para el elemento 74 conductor que se ubica internamente.

20 Se comprenderá que el al menos un elemento 74 conductor puede proporcionarse como un módulo de paleta autónomo, por ejemplo, que tiene una fuente de energía remota y es capaz de funcionar en forma remota. En un aspecto adicional, la paleta 10 puede proporcionarse con una estructura 78 transportadora de señales que se dispone para transmitir una señal de datos y/o una señal de energía a lo largo de la longitud de la paleta hacia y desde dicho al menos un elemento 74 conductor. La estructura 78 transportadora de señales puede acoplarse con una transmisor o receptor de señales, y/o suministro de energía, que se ubican en el extremo 16 de raíz de la paleta 10 o en el cubo 8 o la barquilla 6 de la estructura de turbina eólica. En la realización que se muestra en la Fig. 6, la estructura 78 transportadora de señales se proporciona como un cable que puede integrarse dentro del conductor 70 de rayos descendente. El conductor 70 de rayos descendente puede disponerse para proporcionar una protección a la estructura 78 transportadora de señales, de manera tal que la estructura transportadora de señales no se verá dañada por una descarga de rayos, ni recibirá el impacto de cualquier otra interferencia electromagnética en las proximidades del conductor descendente.

30 En la Fig. 6, la estructura 78 transportadora de señales se integra con el conductor 70 de rayos descendente, en la que, la ubicación del al menos un elemento 74 conductor, la estructura 78 transportadora de señales se conecta con el elemento 74 conductor, por ejemplo, para provisión de energía, transmisión de datos, etc. En dicha ubicación, el conductor 70 de rayos en dirección descendente se conecta con la banda 76 conductora, y se establece una conexión de conducción de la banda 76 conductora a tierra.

35 Con referencia a la Fig. 7, se ilustran en sección transversal dos posibles configuraciones del conductor 70 de rayos en dirección descendente con una estructura 78 transportadora de señales integrada.

40 En la Fig. 7(a), se proporciona la estructura 78 transportadora de señales como un núcleo central de un cable conductor de rayos en dirección descendente, en el que una capa 80 aislante se ubica entre el núcleo 78 transportador de señales y una capa de material conductor formando la trayectoria de conducción del conductor 70 de rayos en dirección descendente. A continuación se dispone una segunda capa 82 aislante alrededor del exterior de la capa de material 78 conductor. Preferiblemente, la segunda capa 82 aislante tiene un espesor de aproximadamente 4,5 mm, preferiblemente se constituye a partir de PEX.

45 En la Fig. 7(b), el conductor de rayos en dirección descendente comprende una pluralidad de cables 70a, 70b, 70c conductores que se ubican alrededor de una estructura 78 transportadora de señales interna en la forma de un cable, preferiblemente un cable coaxial. La pluralidad de cables 70a, 70b, 70c conductores, preferiblemente al menos tres, se posiciona de manera equidistante alrededor de la circunferencia de la estructura 78 transportadora de señales interna. Esta estructura proporciona una construcción relativamente simple, que puede constituirse mediante la utilización de una colección de cables previamente existentes que se disponen en la configuración indicada. Además, las dimensiones de los cables 70a, 70b, 70c conductores puede seleccionarse de manera tal que estos cables pueden conducir la descarga de rayos en partes iguales a través de cada uno de ellos. Con respecto a esto, se puede seleccionar una colección de tres cables 70a, 70b, 70c individuales para que cada uno de ellos conduzca 1/3 de la carga que sería conducida por un único cable conductor de rayos en dirección descendente, relativamente más grande. El montaje de los cables 70a, 70b, 70c, 78 puede asegurarse a través de la aplicación de una vaina o funda 84 externa.

55 Mientras que se puede proporcionar la estructura 78 transportadora de señales como un cable conductor, se comprenderá que la estructura 78 transportadora de señales puede proporcionarse como una guía de onda para la transmisión de una señal a ser transmitida mediante una antena que se ubica en el al menos un elemento 74 conductor.

5 En una realización adicional, la paleta 10 de turbina eólica puede proporcionarse con al menos una antena 84 que se monta externamente, que se ubica hacia el extremo 16 de raíz de la paleta 10. La antena 84 puede utilizarse en conexión con una aplicación de alcance o medición-distancia, para monitorear la desviación de la paleta 10 de turbina eólica durante el funcionamiento de la turbina. Para minimizar el efecto de las desviaciones de señales a partir de la superficie de la paleta 10 de turbina eólica, la antena 84 se ubica a una altura H por encima de la superficie de la antena 10. La antena 84 puede ubicarse en un soporte externo. Un receptor 86 de rayos adicional se ubica por encima de la antena 84, para proporcionar protección a la antena 84 ante la posibilidad de una descarga de rayos en la antena 84. El receptor 86 de rayos se dispone Preferiblemente a una altura por encima de la superficie de la paleta 10 que es mayor que una longitud H. Más Preferiblemente, el receptor 86 se proporciona como una placa o banda de protección conductora, por ejemplo, un conductor sustancialmente plano, que se proyecta sobre la ubicación de la antena. El receptor 86 se dispone Preferiblemente en dirección sustancialmente paralela con respecto a la superficie de la paleta, de manera tal que el receptor proporciona una protección efectiva a la antena 84 cubierta, independientemente de la orientación o inclinación de la paleta 10 de turbina eólica. Preferiblemente, el receptor 86 de rayos se conecta conductivamente al conductor 70 de rayos en dirección descendente para 15 conexión posterior a tierra, o el receptor 86 puede comprender una conexión a tierra por separado.

20 Se comprenderá que el sistema de protección contra rayos de la invención puede proporcionarse como una parte integral de una paleta de turbina eólica durante la fabricación de la paleta o puede modernizar una paleta existente. En el caso de la banda 76 conductora, la banda puede constituirse en forma integral con los componentes de la paleta, por ejemplo, aplicarse como parte de un procedimiento de laminación en un molde de paleta, o la banda puede aplicarse a la superficie de una paleta de turbina eólica posteriormente a la fabricación. Para la readaptación de una banda 76 conductora en la superficie de una paleta 10, se puede constituir o fabricar una ranura o canal para recibir la banda 76 en la superficie de la paleta, para permitir que la banda 76 se ubique en la paleta sustancialmente a ras con la superficie circundante de la paleta, para minimizar cualquier afectación negativa con respecto a la aerodinámica de la paleta.

25 La utilización de una paleta que tiene un sistema de protección contra rayos como tal proporciona protección para los componentes de la paleta en el caso de una descarga de rayos sobre la paleta.

La invención no se limita a la realización que se describe en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin abandonar el alcance de la presente invención de acuerdo con las presentes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una paleta (10) de turbina eólica que comprende un sistema de protección contra rayos, la paleta de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, la paleta de turbina eólica comprende además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como también un borde delantero y un borde trasero con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre los dos bordes, y el contorno perfilado, al momento de recibir el impacto de un flujo de aire incidente, que genera una elevación, la paleta de turbina eólica comprende además al menos una antena (84) que se monta externamente, dicha al menos una antena se proyecta a partir de la superficie de la paleta (10) de turbina eólica a una altura H por encima de la superficie de la paleta, en la que el sistema de protección contra rayos comprende un receptor (86) de rayos a una altura mayor que dicha altura H por encima de la superficie de la paleta, y dicho receptor (86) de rayos se dispone para conectar con un plano a tierra.
- 10 2. La paleta de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicho receptor (86) de rayos comprende una barra de rayos
- 15 3. La paleta de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el receptor de rayos puede comprender una placa o banda de protección conductora que se proyecta sobre la ubicación de la antena (84), dicha placa o banda de protección conductora puede ubicarse de manera sustancialmente paralela con respecto a la superficie de la paleta de turbina eólica.
- 20 4. La paleta de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de la reivindicaciones 1-3, en la que dicha antena (84) se proporciona con un soporte que se proyecta a partir de la superficie de la paleta de turbina eólica, y en la que dicho receptor de rayos se dispone para proyectarse a partir de dicho soporte.
- 25 5. La paleta de turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la paleta comprende al menos un módulo o elemento conductor interno que se ubica a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta separado del extremo de raíz de la paleta, comprendiendo el sistema de protección contra rayos:
al menos una banda (76) conductora a ubicarse alrededor de la circunferencia de la paleta de turbina eólica en la ubicación longitudinal del dicho al menos un módulo o elemento conductor interno, dicha banda (76) conductora se acopla con un conductor (70) de rayos en dirección descendente de la paleta para conexión con un plano a tierra.
- 30 6. La paleta de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la amplitud de dicha banda (76) conductora a lo largo de la longitud longitudinal de la paleta se selecciona para que sea mayor que la amplitud del módulo conductor interno, de manera tal que los borde opuestos de dicha banda conductora se separan en la dirección longitudinal a partir de los lados opuestos correspondientes del módulo conductor interno.
- 35 7. La paleta de turbina eólica como se reivindica en la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en la que dicha al menos una banda (76) conductora se constituye mediante una banda conductora continua, en la que dicha banda conductora se dispone para constituir una jaula de Faraday parcial alrededor de dicho al menos un módulo conductor interno de la paleta de turbina eólica.
- 40 8. La paleta de turbina eólica de como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en la que dicha banda (76) conductora se constituye a partir de al menos uno de los siguientes: una franja conductora continua, cinta, lámina o anillo; una malla o tejido conductor; una capa de pintura conductora.
- 45 9. La paleta de turbina eólica como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en la que dicha al menos una banda (76) conductora se constituye mediante una franja de desviación continua, preferiblemente, una franja de desviación segmentada, por ejemplo, en la que un receptor (72) de rayos adicional se acopla con dicha franja de desviación conductora en dicha ubicación longitudinal, en la que dicho receptor de rayos se acopla con un conductor de rayos en dirección descendente de la paleta.
- 50 10. La paleta de turbina eólica como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5-9, en la que el sistema de protección contra rayos se constituye de manera integral con la paleta de turbina eólica, o en la que el sistema de protección contra rayos moderniza la paleta de turbina eólica.
11. La paleta de turbina eólica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la paleta comprende un conductor (70) de rayos en dirección descendente, en la que se incorpora una estructura transportadora de señales dentro del interior del conductor de rayos en dirección descendente, y el conductor de rayos en dirección descendente se configura para proteger la estructura transportadora de señales interna.
12. La paleta de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 11, en la que el conductor de rayos en dirección descendente comprende:
un núcleo central;
una primera capa aislante que se ubica alrededor de la circunferencia de dicho núcleo central; y

una capa de protección conductora que se ubica alrededor de la circunferencia de dicha primera capa aislante, en la que dicho núcleo central comprende dicha estructura transportadora de señales.

5 13. La paleta de turbina eólica como se reivindica en la reivindicación 11, en la que el conductor (70) de rayos en dirección descendente comprende una pluralidad de cables conductores que se ubican adyacentes a dicha estructura transportadora de señales interna, en la que dicha pluralidad de cables conductores se separa en forma equidistante alrededor de la circunferencia de la estructura transportadora de señales interna.

14. La paleta de turbina eólica como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5-10, en la que dicho al menos un módulo conductor interno comprende una antena, y/o

10 en la que dicho al menos un módulo conductor interno comprende un sensor de paleta o un módulo de suministro de energía que comprende al menos uno de los siguientes: un sensor de posición, un sensor de aceleración, un sensor de tensión, un sistema de batería, un generador cinético.

15. Una turbina eólica que comprende al menos una paleta de turbina eólica como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-14.

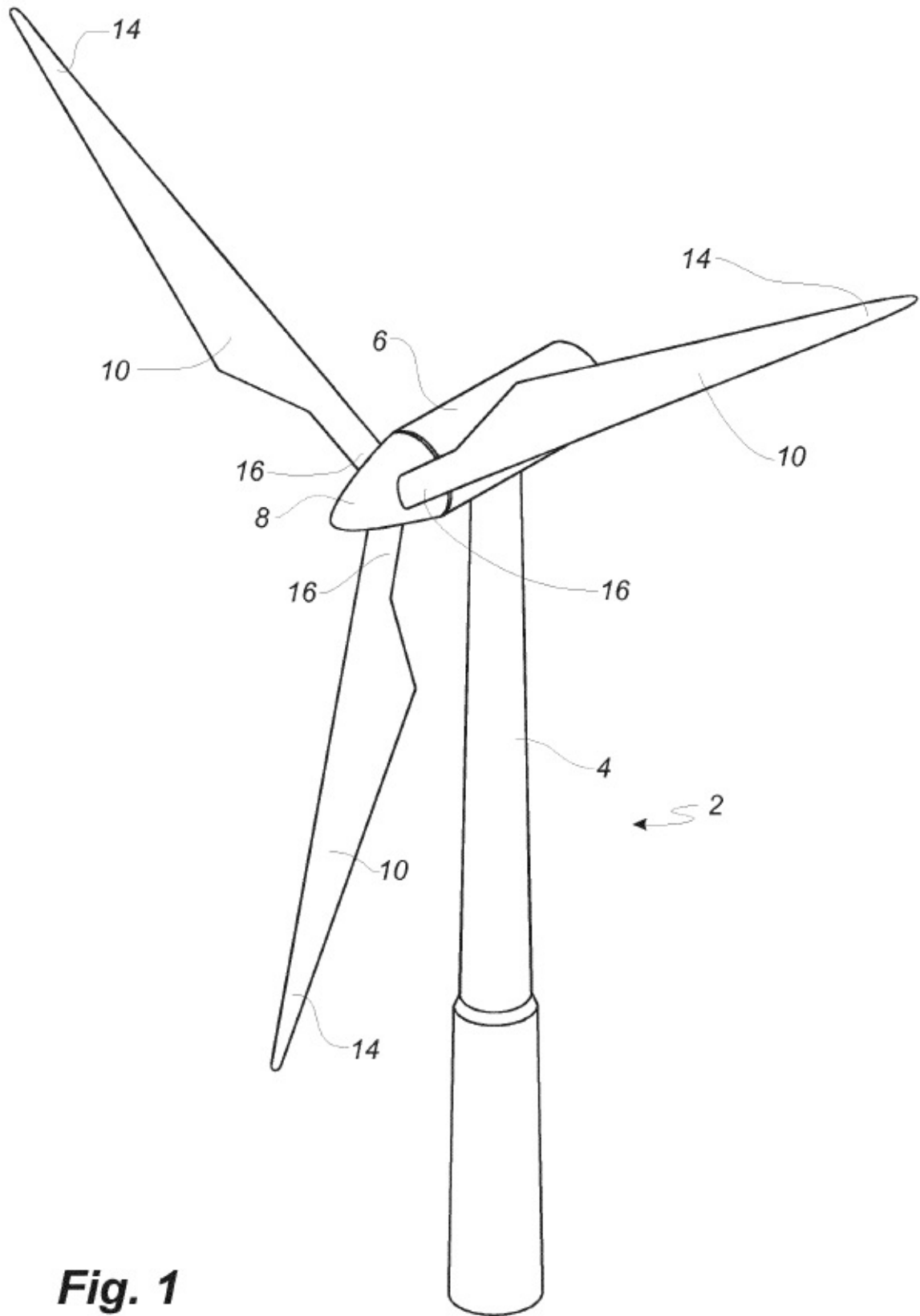


Fig. 1

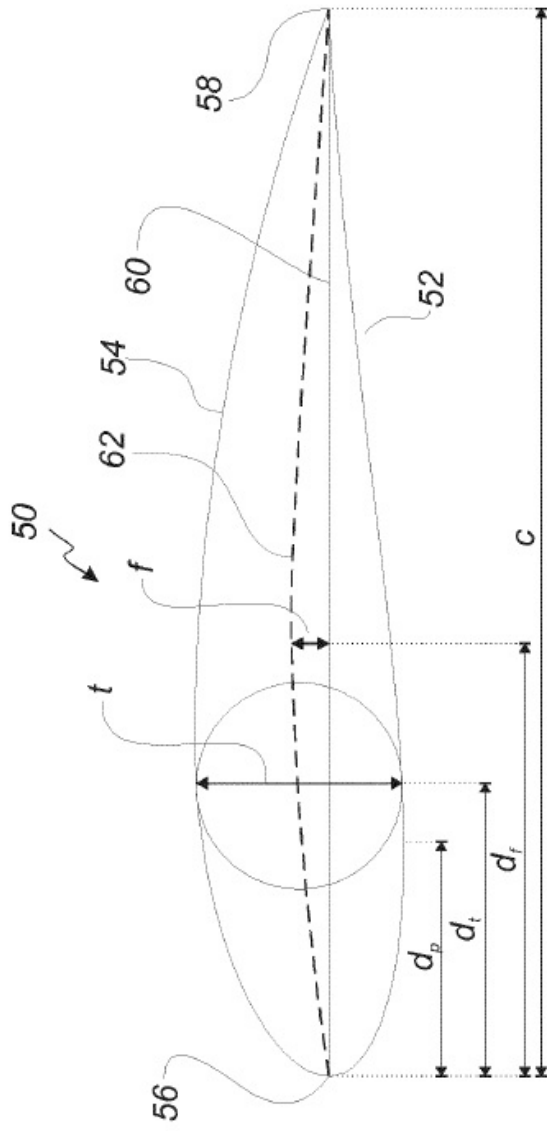


Fig. 3

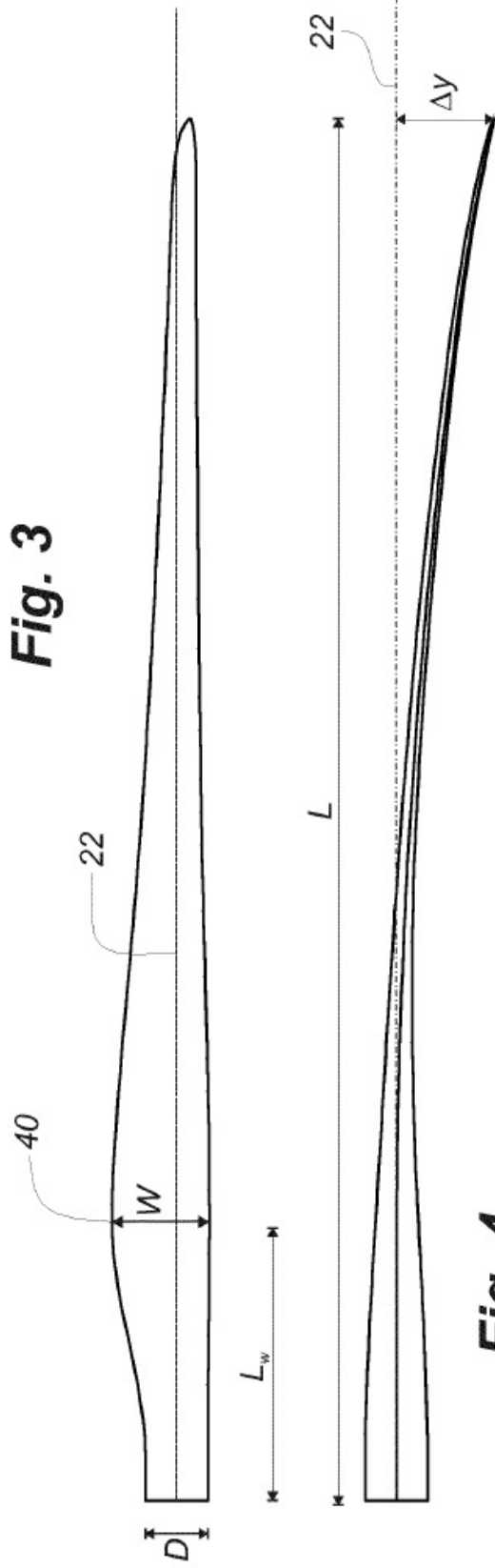


Fig. 4

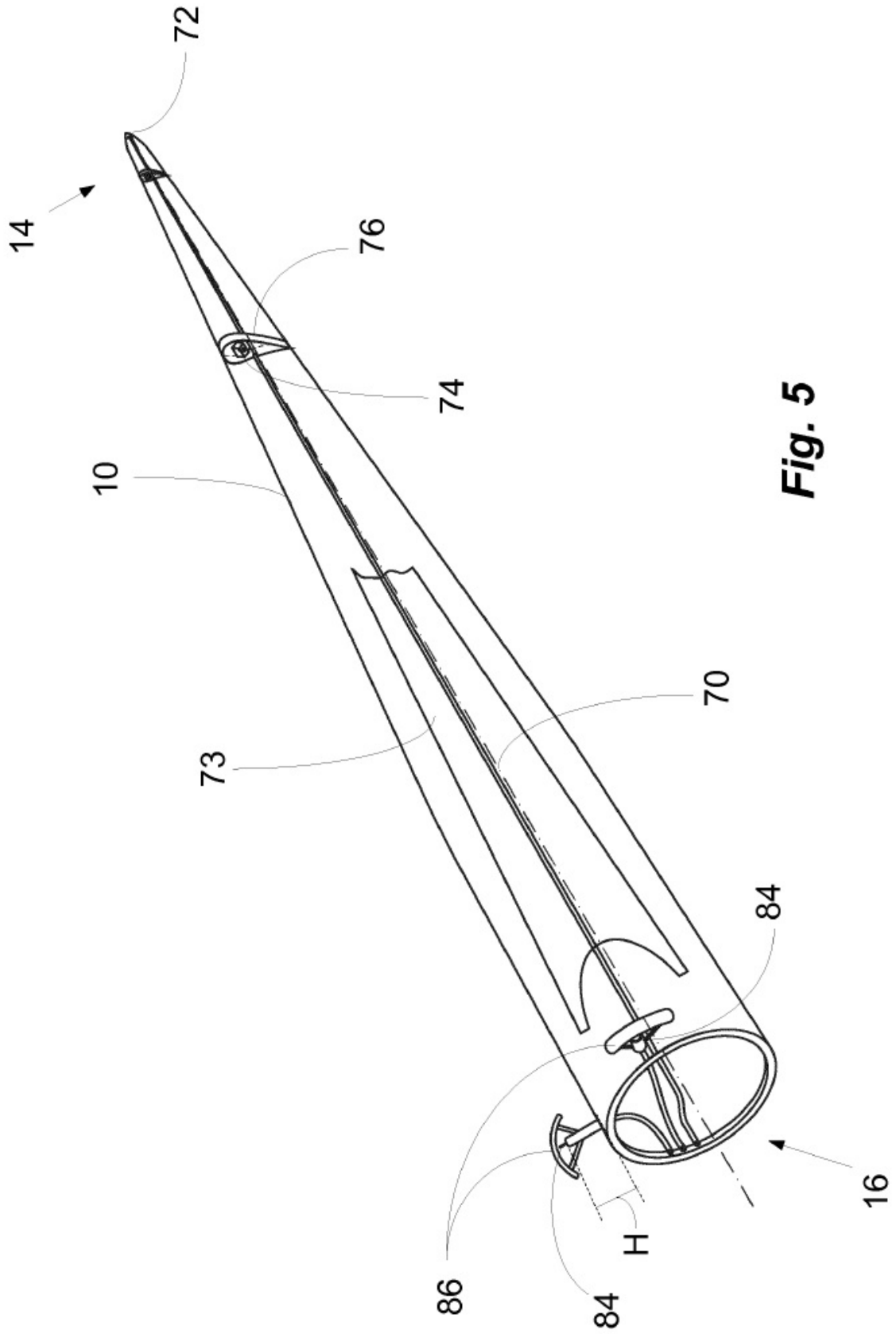


Fig. 5

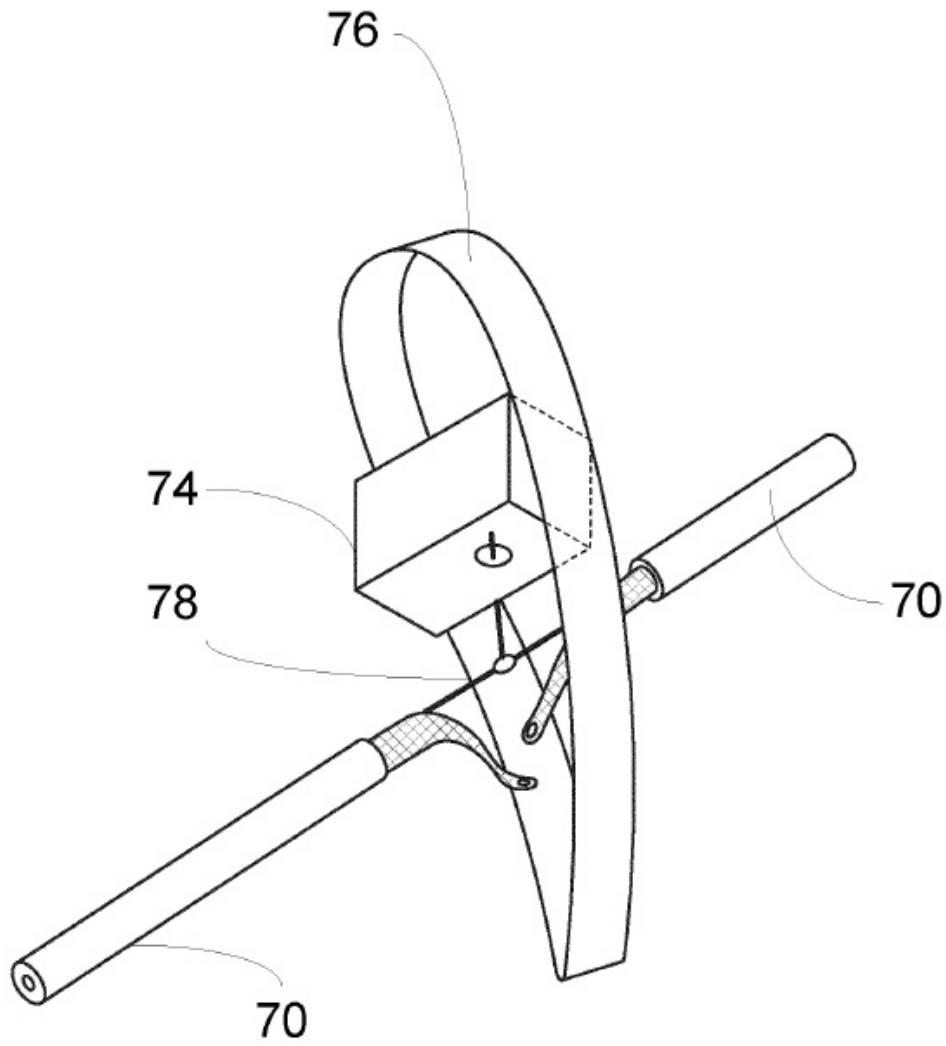


Fig. 6

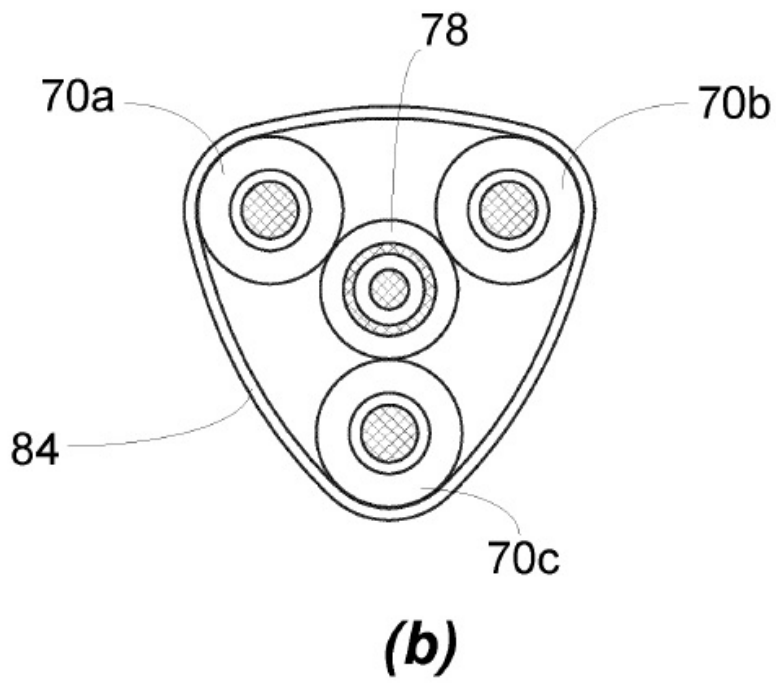
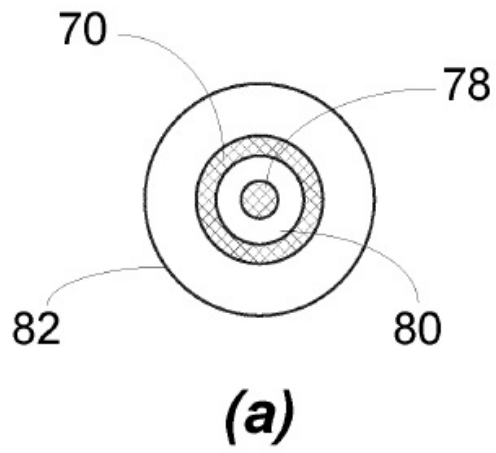


Fig. 7