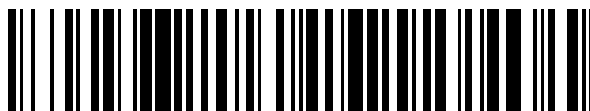


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 156**

51 Int. Cl.:

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: **27.05.2013 PCT/EP2013/060867**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013 WO13182447**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2013 E 13727083 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2855929**

54 Título: **Sistema de derivación de rayos de pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

04.06.2012 EP 12170679

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

27.06.2018

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL
TECHNOLOGY II APS (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

HANSEN, LARS BO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 674 156 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 derivación de rayos de pala de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que tiene un sistema de protección contra rayos, en particular un sistema de derivación de rayos para una pala de turbina eólica para proporcionar a la caída de un rayo en una pala de turbina eólica una trayectoria a tierra que evita los componentes de la turbina eólica sensibles.

Antecedentes de la invención

10 Uno de los desafíos en el diseño de una pala de turbina eólica es la provisión de un sistema de protección contra rayos eficaz. Tales sistemas adoptan generalmente la forma de un receptor de rayos provisto en el exterior de una pala, normalmente el extremo de punta de la pala, el receptor acoplado con un conductor descendente de rayos ubicado dentro de la pala. El receptor actúa para recibir la caída de un rayo, que se conduce a través del conductor descendente al extremo de raíz de la pala, en cuyo punto el sistema de protección contra rayos se acopla a una conexión a tierra provista en la estructura de torre de la turbina eólica más grande.

15 Diversos tipos diferentes de sistemas de conexión se conocen para la conexión de un conductor descendente de rayos a una conexión a tierra adecuada en un extremo de raíz de una pala, en particular para dirigir la caída de un rayo alrededor de cualquier componente de pala sensible en la raíz de pala, por ejemplo un sistema de paso. Un sistema conocido es el de una solución de entrehierro, donde un conductor descendente de rayos se acopla a una placa conductora externa separada del extremo de raíz de pala. Un brazo flexible se extiende desde el buje de turbina eólica o góndola, y se proporciona adyacente a la placa externa. Un entrehierro entre la placa y el elemento conductor en el brazo proporciona una trayectoria conductora a tierra para la caída de un rayo en la pala de turbina eólica, la trayectoria a tierra evitando los componentes de extremo de raíz de la pala.

25 Un sistema alternativo se describe en la solicitud de patente alemana número DE 102008 045 939, que divulga un sistema de derivación de rayos en el que una corriente de rayos puede dirigirse a través de un perno en T de sujeción en el externo de raíz de la pala. El perno en T pasa a través de una rendija en el sistema de paso de la pala al espacio interno del buje de turbina eólica, en el que una corriente de rayos se dispone para acoplarse con una conexión a tierra posterior, por ejemplo a través de una conexión de entrehierro posterior. Sin embargo, aunque la rendija a través del sistema de paso puede proporcionarse con un material aislante entre el perno en T y el sistema de paso, el uso de tal disposición tendrá problemas debido a la entrada de humedad en los espacios entre las interfaces del sistema, teniendo como resultado la formación de entrehierros artificiales entre componentes del sistema de paso y la trayectoria de rayos a tierra. Tales entrehierros pueden tener como resultado daños en los componentes relativamente sensibles del sistema de turbina eólica en el caso de la caída de un rayo.

30 Por consiguiente, es un objeto de la invención proporcionar un sistema de derivación de rayos de pala de turbina eólica que pueda conducir más eficazmente la caída de un rayo a tierra sin dañar los componentes de pala sensibles.

35 Sumario de la invención

Por consiguiente, se proporciona un sistema de derivación de rayos para una pala de turbina eólica, comprendiendo el sistema de derivación de rayos:

40 al menos un perno de soporte o conector formado a partir de un material aislante eléctricamente, el perno de soporte aislante dispuesto para extenderse desde un extremo de raíz de una pala de turbina eólica a un buje de una turbina eólica, en el que el perno de soporte aislante comprende un núcleo de material conductor eléctricamente,

el sistema de derivación de rayos dispuesto para conducir una corriente de rayos desde una pala de turbina eólica a un buje de turbina eólica a través de dicho núcleo eléctricamente conductor.

45 Al usar al menos un perno de soporte eléctricamente aislado con un núcleo conductor, es posible proporcionar una solución de derivación de rayos para una pala de turbina eólica que puede incorporarse relativamente con facilidad en un diseño de pala de turbina eólica existente, y que tiene el suficiente aislamiento para evitar daños en la pala de turbina eólica, particularmente el extremo de raíz o una pala de turbina eólica, cuando se conduce la caída de un rayo usando el sistema de derivación. Se entenderá que el sistema también puede usarse para conducir corriente de rayos desde el extremo de raíz de una pala de turbina eólica a un elemento que puede proporcionarse en un buje de turbina eólica, por ejemplo un dispositivo extensor de buje que se proyecta desde un buje de turbina eólica.

50

- 5 Tal perno de soporte aislante asegura que no exista una fusión de rayos desde el núcleo del perno de soporte eléctricamente conductor a los elementos circundantes de la turbina eólica, proporcionando una capa adecuada de aislamiento alrededor de la trayectoria conductora a través del interior del perno de soporte. El efecto de aislamiento del perno de soporte se extiende desde un primer extremo ubicado dentro del cuerpo de la pala de turbina eólica, a un segundo extremo que se proyecta preferentemente separado de cualquier elemento de montaje potencialmente conductor, proporcionando así una distancia despejada desde donde el núcleo conductor se expone a cualquier componente conductor de la turbina eólica, por ejemplo un sistema de paso metálico, reduciendo así significativamente la posibilidad de un contorneamiento eléctrico de rayos desde el núcleo conductor a cualquier otro elemento conductor.
- 10 Esto contrasta con los sistemas de la técnica anterior, en los que un perno conductor se usa con una capa aislante relativamente fina proporcionada solo entre el material conductor y el sistema de paso conductor, lo que no evita el contorneamiento eléctrico de corriente de rayos en los bordes del manguito aislante, y es más susceptible además de tener fallos en el manguito aislante relativamente fino.
- 15 Mediante perno de soporte, se entenderá que esto se interpreta como un perno u otro conector adecuado usado para el acoplamiento de elementos en una turbina eólica.
- 20 Preferentemente, el al menos un perno de soporte aislante está dispuesto para acoplarse a un elemento de montaje proporcionado en el buje de una turbina eólica, en el que el al menos un perno de soporte comprende un primer extremo a incrustar en el extremo de raíz de una pala de turbina eólica y un segundo extremo a proyectar desde dicho extremo de raíz de la pala de turbina eólica para acoplarse con dicho elemento de montaje, en el que dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte aislante está dispuesto para proyectarse a través de dicho elemento de montaje y sobresalir de dicho elemento de montaje.
- 25 Al disponer el perno de soporte aislante para extenderse a través del elemento de montaje del lado del buje, de manera que el segundo extremo del perno de soporte aislante se separa del elemento de montaje, por consiguiente el riesgo de contorneamiento eléctrico desde el segundo extremo del núcleo del perno de soporte al elemento de montaje se reduce significativamente debido a la separación incrementada entre los elementos conductores. Además, la posibilidad de la formación de entrehierros eficaces ente componentes debido a la entrada de humedad, etc., también se reduce.
- 30 Se entenderá que el elemento de montaje puede comprender cualquier mecanismo de acoplamiento adecuado entre una pala de turbina eólica y un buje de rotor de turbina eólica o extensor de buje, y que puede ser conductor, por ejemplo un sistema de paso de palas, un reborde de montaje, etc.
- Preferentemente, el diámetro del núcleo conductor es menor que la mitad del diámetro total del perno de soporte incluyendo el núcleo conductor.
- 35 Al proporcionar un perno de soporte aislante o un conector donde el cuerpo aislante exterior del perno soporte se extiende durante una distancia relativamente sustancial alrededor del núcleo aislante, las propiedades aislantes de la trayectoria conductora a tierra para la caída de un rayo se mejoran, ya que existe el riesgo reducido de fallo de la capa exterior aislante del perno de soporte.
- 40 También se proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo el rotor un buje, desde el que la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en dirección radial cuando se monta en el buje, la pala de turbina eólica extendiéndose en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y teniendo un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo además la pala de turbina eólica un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde anterior y un borde posterior con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre medias, el contorno perfilado, cuando recibe el impacto de un flujo de aire incidente, generando una elevación,
- 45 comprendiendo además la pala de turbina eólica al menos un receptor de rayos, y un círculo de pernos que comprende una probabilidad de pernos de soporte proporcionados en dicho extremo de raíz para acoplar dicha pala de turbina eólica a un buje de turbina eólica,
- 50 en el que la pala de turbina eólica comprende además un sistema de derivación de rayos que comprende al menos un perno de soporte proporcionado en dicho círculo de pernos formado de un material aislante eléctricamente, teniendo el perno de soporte un núcleo de material eléctricamente conductor, el perno de soporte teniendo un primer extremo incrustado en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica y un segundo extremo que se proyecta desde dicho extremo de raíz,
- 55 en el que el núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte se acopla conductivamente a dicho al menos un receptor de rayos, el sistema de derivación de rayos operable para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos en dicho núcleo eléctricamente conductor a un buje de turbina eólica.

- 5 Ya que la solución de derivación de rayos puede incorporarse fácilmente en el círculo de pernos de una pala de turbina eólica existente, un método fiable y seguro de conducir la corriente de rayos desde el extremo de raíz de la pala de turbina eólica sin daños en los elementos de extremos de raíz de la pala puede proporcionarse. Ya que la trayectoria conductora se proporciona en el núcleo de un perno de soporte eléctricamente aislado, la fiabilidad del sistema de derivación se mejora sobre los sistemas de la técnica anterior usando manguitos o cubiertas aislantes flexibles. El núcleo eléctricamente conductor puede conectarse a un sistema de puesta a tierra de rayos provisto del buje de turbina eólica. Preferentemente, el núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte se acopla conductivamente a dicho al menos un receptor de rayos por medio de un conductor descendente de rayos o cable conductor provisto en la pala de turbina eólica.
- 10 Preferentemente, el al menos un perno de soporte aislante se dispone para acoplarse a un elemento de montaje proporcionando en el buje de una turbina eólica, en el que el al menos un perno de soporte comprende un primer extremo a incrustar en el extremo de raíz de una pala de turbina eólica y un segundo extremo a proyectar desde dicho extremo de raíz de la pala de turbina eólica para acoplarse con dicho elemento de montaje, en el que dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte aislante se dispone para proyectarse a través de dicho elemento de montaje y sobresalir de dicho elemento de montaje.
- 15 Preferentemente, dicho sistema de derivación de rayos comprende al menos dos pernos de soporte que tienen un núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho al menos dos pernos de soporte se separan de manera equidistante alrededor de la circunferencia del círculo de pernos en dicho extremo de raíz.
- 20 La conductividad total del sistema de derivación de rayos puede incrementarse utilizando una pluralidad de pernos de soporte que tienen núcleos eléctricamente conductores en el círculo de pernos de extremo de raíz. Los núcleos conductores diferentes proporcionan trayectorias conductoras separadas o bucles para los rayos a conducir a través del sistema de paso a tierra. En tal caso, los pernos de soporte del sistema de derivación se separan igualmente preferentemente alrededor de la circunferencia del círculo de pernos, para reducir la carga experimentada por los pernos de soporte del sistema de derivación.
- 25 En una realización particularmente preferente, dicho sistema de derivación de rayos comprende un primer perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor y un segundo perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho primer y dicho segundo perno de soporte se ubican en lados opuestos de dicho círculo de pernos en dicho extremo de raíz.
- 30 En tal sistema, la corriente de rayos que fluye a través de cada trayectoria o bucle del sistema de derivación se divide a la mitad, reduciendo además la posibilidad de que la caída de un rayo dañe los componentes del sistema de derivación.
- 35 Preferentemente, dicho primer perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica en dicho círculo de pernos adyacente al borde anterior de dicha pala de turbina eólica, y dicho segundo perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica dicho círculo de pernos adyacente al borde posterior de dicha pala de turbina eólica.
- Proporcionar las dos trayectorias o bucles separados en bordes opuestos de la pala de turbina eólica tiene como resultado unas cargas mecánicas reducidas que actúan en los pernos de soporte, reduciendo la posibilidad de un fallo del perno de soporte.
- 40 Alternativamente, dicho sistema de derivación de rayos comprende un único perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho perno de soporte único que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica en dicho círculo de pernos adyacente al borde anterior o al borde posterior de la pala de turbina eólica.
- En estas realizaciones, el perno o pernos de soporte se ubican en el borde anterior y/o borde posterior de la pala, donde la carga experimentada por el círculo de pernos está en un mínimo, asegurando así que la carga experimentada por el perno o pernos de soporte de la solución de derivación de rayos se minimice.
- 45 Preferentemente, dicho sistema de derivación de rayos comprende al menos un cojinete de raíz de pala proporcionado en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica, en el que dicho al menos un perno del soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se recibe parcialmente en dicho al menos un cojinete de raíz de pala, en el que dicho al menos un cojinete de raíz de pala se forma de un material eléctricamente aislante.
- 50 El uso de un cojinete de raíz de pala de un material eléctricamente aislante proporciona protección adicional contra cualquier daño que pueda ocurrir en el extremo de raíz de la pala debido a la conducción de una corriente de rayos a través del sistema de derivación.

5 Preferentemente, dicha pala de turbina eólica comprende un sistema de paso proporcionado en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica, dicho sistema de paso dispuesto para acoplarse con dicha pluralidad de pernos de soporte de dicho círculo de pernos en dicho extremo de raíz, en el que dicho al menos un perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se extiende a través de dicho sistema de paso, de manera que dicho sistema de derivación de rayos es operable para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos a través de dicho sistema de paso en dicho núcleo eléctricamente conductor a un buje de turbina eólica.

Ya que el núcleo conductor del perno de soporte se extiende a través del sistema de paso de la pala, esto proporciona un sistema eficaz, seguro y simple para que el paso de la corriente de rayos desde una pala de turbina eólica hasta tierra evite el sistema de paso de pala sin dañar los componentes del sistema de paso.

10 Preferentemente, dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte está dispuesto para acoplarse con un sistema de puesta a tierra de rayos proporcionado en un buje de pala de turbina eólica. Preferentemente, dicho sistema de puesta a tierra de rayos comprende un sistema de entrehierro.

Preferentemente, dicho núcleo eléctricamente conductor se proyecta desde dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte.

15 Ya que el núcleo eléctricamente conductor del perno de soporte se proyecta desde el segundo extremo del perno de soporte, esto permite una conexión relativamente fácil del núcleo eléctricamente conductor con un sistema de puesta a tierra adecuado en el buje.

Preferentemente, el sistema de derivación de rayos comprende un aislante contra contorneamientos eléctricos proporcionando en dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte.

20 Preferentemente, la pala de turbina eólica comprende al menos un conductor descendente de rayos interno que se extiende desde dicho al menos un receptor de rayos a un elemento de conexión, dicho elemento de conexión extendiéndose desde el interior de dicha pala de turbina eólica a un punto de contacto con el núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte de dicho sistema de derivación de rayos.

25 En una realización, dicho primer extremo de dicho al menos un perno de soporte comprende un elemento de cabeza formado de un material conductor conectado a dicho núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho elemento de conexión se proporciona en contacto con dicho elemento de cabeza para formar una trayectoria conductora desde dicho al menos un receptor de rayos a dicho núcleo eléctricamente conductor.

Preferentemente, la relación del diámetro del núcleo eléctricamente conductor con el diámetro total del al menos un perno de soporte del sistema de derivación de rayos es aproximadamente 1 : 3.

30 El uso de tal construcción asegura que cualquier falla o rotura en el material aislante se evite, eliminando la probabilidad de daños en los componentes de la turbina eólica durante la caída de un rayo. En general, preferentemente el área del núcleo eléctricamente conductor, preferentemente un núcleo de cobre, es al menos 50 mm² para una trayectoria de conductor descendente de rayos. Si dos núcleos eléctricamente conductores se usan en una realización, preferentemente el área de cada núcleo eléctricamente conductor separado es al menos 25 mm².

35 En una realización, el diámetro del núcleo eléctricamente conductor es aproximadamente 12 mm, y el diámetro total del al menos un perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor es aproximadamente 36 mm. Sin embargo, se entenderá que cualquier dimensión adecuada puede seleccionarse, basándose en los requisitos de construcción de la pala de turbina eólica.

40 Preferentemente, dicho al menos un perno de soporte y/o dicho cojinete de raíz de pala de dicho sistema de derivación de rayos se forma de al menos uno de los siguientes: un material de plástico, un material de vidrio, un material cerámico, y/o un material de caucho. Preferentemente, dicho núcleo eléctricamente conductor y/o dicho elemento de cabeza de dicho sistema de derivación de rayos se forman de un elemento metálico eléctricamente conductor, por ejemplo cobre.

45 También se proporciona una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica como se ha descrito antes.

Se proporciona además un método de proporcionar un sistema de derivación de rayos en una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:

50 proporcionar al menos un perno de soporte formado de un material eléctricamente aislante que tiene un núcleo de material eléctricamente conductor en un círculo de pernos ubicado en el extremo de raíz de una pala de turbina eólica, y

acoplar conductivamente dicho núcleo eléctricamente conductor con al menos un receptor de rayos de la pala de turbina eólica para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos a través de dicho núcleo eléctricamente conductor a un sistema de puesta a tierra de rayos de una turbina eólica.

5 Preferentemente, dicho al menos un perno de soporte aislante se dispone para acoplarse a un elemento de montaje proporcionado en el buje de una turbina eólica, y en el que el método comprende la etapa de disponer dicho al menos un perno de soporte aislante para proyectarse desde dicho círculo de pernos de manera que dicho al menos un perno de soporte aislante se proyecta a través de dicho elemento de montaje, un extremo libre de dicho al menos un perno de soporte aislante sobresaliendo de dicho elemento de montaje para la conexión del núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte aislante en dicho extremo libre a un sistema de puesta a tierra de rayos de una turbina eólica.

10 Al disponer el perno de soporte o conector para proyectarse libremente desde el elemento de montaje, por ejemplo, un reborde de extremo de raíz de pala, un sistema de paso, etc., el riesgo de contorneamiento eléctrico desde el núcleo conductor en el extremo libre del perno se reduce. Esto puede mejorarse además a través del uso de conectores de prevención de contorneamiento eléctrico adecuados, etc., en el extremo libre. Se entenderá que el elemento de montaje puede comprender un material eléctricamente conductor.

Descripción de la invención

Las realizaciones de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una turbina eólica;

20 la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica;

la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de la pala de la figura 2;

la figura 4 ilustra una vista en sección transversal de un sistema de derivación de rayos de acuerdo con la invención;

la figura 5 es una vista en sección transversal por el plano X-X de la figura 4; y

25 la figura 6 es una vista en sección de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica que comprende una realización del sistema de derivación de rayos de la figura 4.

La figura 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y 3 palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una teniendo una raíz 16 de pala más cerca del buje y una punta 14 de pala más lejos del buje 8. El rotor tiene un radio indicado con R.

30 La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de la pala de turbina eólica 10 que puede usarse de acuerdo con una realización de la invención. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cerca del buje, una región aerodinámica o perfilada 34 más lejos del buje y una región en transición 32 entre la región de raíz 30 y la región aerodinámica 34. La pala 10 comprende un borde anterior 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala se monta en el buje, y un borde posterior 20 orientado hacia la dirección opuesta del borde anterior 18.

35 La región aerodinámica 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar elevación, mientras que la región de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace que sea más fácil o seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 es normalmente constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región transición 32 tiene un perfil de transición 42 que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la región de raíz 30 al perfil aerodinámico 50 de la región aerodinámica 34. La longitud de la cuerda de la región de transición 32 normalmente se incrementa sustancialmente de manera lineal con la distancia creciente r desde el buje.

40 La región aerodinámica 34 tiene un perfil aerodinámico 50 con una cuerda que se extiende entre el borde anterior 18 y el borde posterior 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con la distancia creciente r desde el buje.

45 Debería apreciarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no descansan en un plano común, ya que la pala puede retorcerse y/o curvarse (es decir, predoblarse) proporcionando así al plano de cuerda un curso correspondientemente retorcido y/o curvado, siendo este a menudo el caso para compensar la velocidad

local de la pala que depende del radio desde el buje.

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros que se usan normalmente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir durante la rotación del rotor, normalmente se orientan hacia el lado contra el viento (o barlovento) y el lado a sotavento (o a favor del viento), respectivamente. El perfil aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde anterior 56 y un borde posterior 58 de la pala. El perfil aerodinámico 50 tiene un espesor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El espesor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación desde un perfil simétrico se proporciona por una línea de peralte 62, que es una línea media a través de perfil aerodinámico 50. La línea media puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el borde anterior 56 al borde posterior 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o la distancia desde la cuerda 60 se llama el peralte f . La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros llamados peralte superior y peralte inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

Los perfiles aerodinámicos a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud de cuerda c , el peralte máximo f , la posición d_f del peralte máximo f , el espesor aerodinámico máximo t , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea de peralte media 62, la posición d_t del espesor máximo t y un radio de proa (no se muestra). Estos parámetros se definen normalmente como relaciones respecto a la longitud de cuerda c .

Una vista en sección transversal de sistema de derivación de rayos de acuerdo con la invención se ilustra en la figura 4. La figura 4 muestra una vista ampliada de la interfaz entre una sección de un extremo de raíz de pala de turbina eólica 16 y un buje de turbina eólica 8. El sistema de paso 70 se ubica entre la pala de turbina eólica 10 y el buje 8, el sistema de paso 70 comprendiendo un anillo de paso interior 72 acoplado al extremo de raíz de pala 16 y un anillo de paso exterior 74 acoplado al buje de turbina 8 mediante pernos 78. El anillo interior 72 puede cambiar el paso en relación con el anillo exterior 74, permitiendo que la pala de turbina eólica 10 cambie el paso basándose en condiciones de viento en la ubicación de la turbina eólica. El sistema de paso 70 se forma generalmente de un material eléctricamente conductor y metálico.

En general, una pluralidad de cojinetes de raíz de pala 76 se ubican alrededor de la circunferencia de la raíz de pala de turbina eólica 16, los cojinetes 76 dispuestos para recibir una pluralidad de pernos de raíz de pala (no se muestran) para acoplar el anillo de paso interior 72 al extremo de raíz de pala 16, dichos pernos de raíz de pala generalmente formados de un material eléctricamente conductor y metálico. Además, el anillo de paso exterior 74 se acopla al buje de turbina 8 usando una pluralidad de pernos pasantes 78. Preferentemente, dichos cojinetes de raíz de pala 76 se forman de un material no conductor y aislante, por ejemplo un material de plástico, material de vidrio, material cerámico y/o material de caucho.

En referencia a la figura 4, para el sistema de derivación de rayos, al menos un perno de raíz de pala se sustituye por un perno de soporte 80 formado de un material aislante, es decir no conductor, por ejemplo caucho, plástico, cerámica, vidrio. Un primer extremo de raíz de pala 80a del perno de soporte aislante 80 se recibe en el cojinete de raíz de pala 76, el perno de soporte aislante 80 dispuesto para extenderse a través de una rendija de empernado proporcionada en el anillo de paso interior 72. Un segundo extremo distal 80b del perno de soporte aislante 80 se proyecta más allá de la superficie opuesta del anillo de paso interior 72, en el espacio interno definido dentro del buje de turbina eólica 8.

El perno de soporte aislante 80 está provisto de un núcleo central 82 formado de un material conductor, por ejemplo un conductor metálico tal como cobre, acero, aluminio, plata, etc. El núcleo central conductor 82 comprende un primer extremo de raíz de pala 82a ubicado dentro del cojinete de raíz de pala 76, extendiéndose el núcleo 82 a través del centro del perno de soporte aislante 80 a un segundo extremo de buje distal 82b ubicado más allá del extremo distal 80b del perno de soporte aislante 80, el segundo extremo de buje distal 82a del núcleo 82 ubicado dentro del espacio interno definido por el buje 8.

Un conductor descendente de rayos (no se muestra) está provisto dentro del interior de la pala de turbina eólica 10, y se extiende desde al menos un receptor de rayos (no se muestra) provisto en la pala 10. En el extremo de raíz 16 de la pala 10, el conductor descendente se acopla conductivamente a un elemento de conexión 84. El elemento de conexión 84 se extiende desde el interior de la pala de turbina eólica 10, a través de una porción de la pared lateral del cuerpo de la pala de turbina eólica 10, y dentro del interior del cojinete de raíz de pala 76 del sistema de derivación de rayos. El elemento de conexión 84 se acopla conductivamente al primer extremo 82a del núcleo central conductor 82 del perno de soporte aislante 80.

En la realización mostrada en la figura 4, el primer extremo del perno de soporte aislante 80 ubicado dentro del cojinete de raíz de pala 76 puede sustituirse por una porción de cabeza 86 formada de un material conductor, la porción de cabeza 86 teniendo una rendija de dimensiones adecuadas dispuesta para recibir y acoplarse

mecánicamente con una porción de proyección de dicho elemento de conexión 84, para proporcionar una conexión robusta y segura entre el núcleo conductor 82 y el elemento de conexión 84. La figura 5 ilustra una vista en sección transversal del elemento de conexión 84 de la figura 4 cuando se recibe en dicha porción de cabeza 86 dentro de dicho cojinete 76, cuando se toma por la línea X-X de la figura 4.

5 El segundo extremo 82b del núcleo conductor 82 se dispone para acoplarse con un sistema de conducción descendente 88 provisto en el buje de turbina eólica 8, el sistema de conducción descendente 88 operable para conducir una corriente de rayos a tierra 90. En la realización mostrada en la figura 4, el sistema de conducción descendente 88 se dispone como una conexión de entrehierro a un circuito de tierra, pero se entenderá que cualquier sistema de conducción descendente 88 adecuado puede usarse.

10 El segundo extremo 82b del núcleo conductor 82 puede proporcionarse con un aislante contra contorneamientos eléctricos 92, el aislante contra contorneamientos eléctricos 92 dispuesto para evitar cualquier contorneamiento eléctrico desde dicho segundo extremo 82b hacia los componentes conductores proporcionados en el extremo de raíz de pala 16, por ejemplo el sistema de paso 70. El aislante contra contorneamientos eléctricos 92 puede comprender un elemento de tapa encajado sobre dicho segundo extremo 82b, comprendiendo la tapa al menos un collar de proyección o anillo formado de un material aislante.

15 Por consiguiente, el sistema de derivación de rayos de la invención proporciona una trayectoria conductora desde los receptores de rayos de pala dispuestos en la pala de turbina eólica 10, a través del conductor descendente, y el elemento de conexión 84 y el núcleo central conductor 82 del perno de soporte 80, al segundo extremo de buje distal 82b del núcleo conductor 82. Esta disposición proporciona una trayectoria conductora para una caída de un rayo en la pala de turbina eólica 10 que evita el contacto con cualquiera de los componentes sensibles de la turbina eólica ubicados en la raíz de pala 16, y que puede conducirse a tierra usando un sistema de conducción descendente 88 adecuado ubicado en el buje de turbina eólica 8 o en la góndola 6. El uso de un perno de soporte 80 formado de un material aislante, que tiene un núcleo conductor 84, proporciona un sistema de derivación de rayos que es relativamente simple de instalar y puede encajarse fácilmente en palas de turbina eólica existentes que tienen al menos un cojinete de raíz de pala no conductor sin una alteración significativa, evitando a la vez la aparición de cualquier efecto de contorneamiento eléctrico si se somete a la caída de un rayo.

20 En referencia a la figura 6, una vista en sección de una realización preferente de una pala de turbina eólica que tiene un sistema de derivación de rayos de acuerdo con la invención se ilustra, mostrando el círculo de pernos 88 proporcionado en el extremo de raíz 16 de la pala de turbina eólica 10. En la realización de la figura 6, el sistema de derivación de rayos comprende respectivos primeros y segundos pernos de soporte aislantes que tienen núcleos conductores 90, 92 como se ilustra en la figura 4, dichos primeros y segundos pernos de soporte 90, 92 separados en un círculo de pernos 88 proporcionado en el extremo de raíz 16 de la pala de turbina eólica 10. Los primeros y segundos pernos de soporte 90, 92 se acoplan conductivamente en paralelo al sistema conductor descendente de rayos de la pala de turbina eólica 10, para conducir la caída de un rayo en la pala a una conexión a tierra adecuada en el buje de turbina eólica 8. La provisión de más de un perno de soporte que tiene un núcleo conductor para conducir la caída de un rayo en paralelo en trayectorias conductoras separadas en el extremo de raíz de pala 16 significa que la corriente de rayos transportada por cada núcleo conductor se reducirá, reduciendo por tanto el riesgo de daños a los componentes del sistema de derivación de rayos.

30 Preferentemente, el primer y segundo perno de soporte 90, 92 se disponen de manera que el primer perno de soporte 90 se ubique en el círculo de pernos 88 de pala en el punto más cercano al borde anterior 18 de la pala de turbina eólica 10, mientras que el segundo perno de soporte 92 se ubica en el círculo de pernos 88 de pala en el punto más cerca del borde posterior 20 de la pala de turbina eólica 10. La ubicación de los pernos de soporte 90, 92 en el borde anterior 18 y el borde posterior 20 de la pala 10 asegura que las cargas mecánicas experimentadas por los pernos de soporte 90, 92 se minimicen, reduciendo el riesgo de fallo del perno de soporte durante la operación de la turbina.

35 Aunque la realización de la figura 6 ilustra un sistema de derivación de rayos que tiene dos pernos de soporte que comprenden núcleos conductores, se entenderá que cualquier pluralidad de tales pernos de soporte puede usarse, con la ubicación de tales pernos de soporte seleccionada para minimizar el efecto de cargas mecánicas en el sistema y optimizar las cargas soportadas por los pernos restantes en el círculo de pernos 88 de pala. Además, se entenderá que el sistema puede comprender un único perno de soporte que tiene un núcleo conductor, en el que dicho único perno de soporte se ubica preferentemente bien en el borde anterior 18 o el borde posterior 20 del círculo de pernos 88 de pala para asegurar unas cargas mecánicas mínimas en el perno de soporte.

40 Se entenderá que el diámetro del núcleo conductor y del perno de soporte aislante se elegirán para proporcionar una trayectoria conductora adecuada para la caída de un rayo mientras se asegura que los componentes del sistema de derivación de rayos no experimenten un fallo o avería. Preferentemente, la relación del diámetro del núcleo eléctricamente conductor con el diámetro total del al menos un perno de soporte del sistema de derivación de rayos es aproximadamente 1:3, por ejemplo, en una realización, el diámetro del núcleo eléctricamente conductor es aproximadamente 12 mm, y el diámetro total del al menos un perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente

conductor es aproximadamente 36 mm.

Se entenderá que el sistema de derivación de rayos de la presente invención puede usarse en combinación con cualquier otro sistema de conducción descendente de rayos, por ejemplo, un sistema de entrehierro proporcionado externamente de la pala de turbina eólica.

- 5 La invención no se limita a las realizaciones descritas en este documento, y puede modificarse o adaptarse sin alejarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo el rotor un buje (8), desde el que la pala de turbina eólica (10) se extiende sustancialmente en dirección radial cuando se monta en el buje, la pala de turbina eólica extendiéndose en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y teniendo un extremo de punta (14) y un extremo de raíz (30), la pala de turbina eólica comprendiendo además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde anterior y un borde posterior con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre medias, el contorno perfilado, cuando recibe un impacto de un flujo de aire incidente, generando una elevación,
- 5
- 10 comprendiendo además la pala de turbina eólica al menos un receptor de rayos, y un círculo de pernos que comprende una pluralidad de pernos de soporte (80) proporcionados en dicho extremo de raíz para el acoplamiento de dicha pala de turbina eólica con un buje de turbina eólica,
- en el que la pala de turbina eólica comprende además un sistema de derivación de rayos que comprende al menos un perno de soporte proporcionado en dicho círculo de pernos formado de un material eléctricamente aislante,
- 15 teniendo el perno de soporte un núcleo (82) de material eléctricamente conductor, el perno de soporte teniendo un primer extremo incrustado en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica y un segundo extremo que se proyecta desde dicho extremo de raíz,
- en el que el núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte se acopla conductivamente a dicho al menos un receptor de rayos, el sistema de derivación de rayos operable para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos en dicho núcleo eléctricamente conductor a un buje de turbina eólica.
- 20
2. La turbina eólica de la reivindicación 1, en la que la turbina eólica comprende además un elemento de montaje proporcionado acoplado a dicho buje, en el que el al menos un perno de soporte comprende un primer extremo a incrustar en el extremo de raíz de una pala de turbina eólica y un segundo extremo a proyectar desde dicho extremo de raíz de la pala de turbina eólica para acoplarse con dicho elemento de montaje, en el que dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte aislante se dispone para proyectarse a través de dicho elemento de montaje y sobresalir de dicho elemento de montaje.
- 25
3. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el sistema de derivación de rayos comprende al menos dos pernos de soporte que tienen un núcleo eléctricamente conductor, en el que dichos al menos dos pernos de soporte se separan de manera equidistante alrededor de la circunferencia del círculo de pernos en dicho extremo de raíz.
- 30
4. La pala de turbina eólica de la reivindicación 3, en la que dicho sistema de derivación de paso comprende un primer perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor y un segundo perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho primer y segundo perno de soporte se ubican en lados opuestos de dicho círculo de pernos en dicho extremo de raíz, por ejemplo en el que dicho primer perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica en dicho círculo de pernos adyacente al borde anterior de dicha pala de turbina eólica, y dicho segundo perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica en dicho círculo de pernos adyacente al borde posterior de dicha pala de turbina eólica.
- 35
5. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que dicho sistema de derivación de rayos comprende un único perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor, en el que dicho único perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se ubica en dicho círculo de pernos adyacente al borde anterior o el borde posterior de la pala de turbina eólica.
- 40
6. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que dicho sistema de derivación de rayos comprende al menos un cojinete de raíz de pala provisto en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica, en el que dicho al menos un perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se recibe parcialmente en dicho al menos un cojinete de raíz de pala, en el que dicho al menos un cojinete de raíz de pala se forma de un material eléctricamente aislante.
- 45
7. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que dicha pala de turbina eólica comprende un sistema de paso proporcionado en el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica, dicho sistema de paso dispuesto para acoplarse con dicha pluralidad de pernos de soporte de dicho círculo de pernos en dicho extremo de raíz, en el que dicho al menos un perno de soporte que tiene un núcleo eléctricamente conductor se extiende a través de dicho sistema de paso, de manera que dicho sistema de derivación de rayos es operable para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos a través de dicho sistema de paso en dicho núcleo eléctricamente conductor a un buje de turbina eólica.
- 50

8. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en la que dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte se dispone para acoplarse con un sistema de puesta a tierra de rayos proporcionado en un buje de pala de turbina eólica.
- 5 9. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en la que dicho núcleo eléctricamente conductor se proyecta desde dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte, en el que por ejemplo el sistema de derivación de rayos comprende un aislante contra contorneamientos eléctricos proporcionado en dicho segundo extremo de dicho al menos un perno de soporte.
- 10 10. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en la que la relación del diámetro del núcleo eléctricamente conductor con el diámetro total del al menos un perno de soporte del sistema de derivación de paso es menor que 1:2, preferentemente aproximadamente 1:3.
11. Un sistema de derivación de rayos para una pala de turbina eólica, comprendiendo el sistema de derivación de rayos:
- 15 al menos un perno de soporte (80) formado a partir de un material eléctricamente aislante, el perno de soporte dispuesto para extenderse desde un extremo de raíz de una pala de turbina eólica a un buje de una turbina eólica, en el que el perno de soporte comprende un núcleo (82) de material eléctricamente conductor,
- el sistema de derivación de rayos dispuesto para conducir una corriente de rayos desde una pala de turbina eólica a un buje de turbina eólica a través de dicho núcleo eléctricamente conductor.
12. El sistema de derivación de rayos de la reivindicación 11, en el que el diámetro del núcleo conductor es menor que la mitad del diámetro total del perno de soporte incluyendo el núcleo conductor.
- 20 13. Una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
14. Un método para proporcionar un sistema de derivación de rayos en una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:
- 25 proporcionar al menos un perno de soporte (80) formado de un material eléctricamente aislante que tiene un núcleo (82) de material eléctricamente conductor en un círculo de pernos (88) ubicado en el extremo de raíz (30) de una pala de turbina eólica, y
- acoplar conductivamente dicho núcleo eléctricamente conductor (82) con al menos un receptor de rayos de la pala de turbina eólica para conducir una corriente de rayos recibida por dicho al menos un receptor de rayos a través de dicho núcleo eléctricamente conductor a un sistema de puesta a tierra de rayos de una turbina eólica.
- 30 15. El método de la reivindicación 14, en el que dicho al menos un perno de soporte aislante está dispuesto para acoplarse a un elemento de montaje proporcionado en el buje de una turbina eólica, y en el que el método comprende la etapa de disponer dicho al menos un perno de soporte aislante para proyectarse desde dicho círculo de pernos de manera que dicho al menos un perno de soporte aislante se proyecta a través de dicho elemento de montaje, un extremo libre de dicho al menos un perno de soporte aislante sobresaliendo de dicho elemento de
- 35 montaje para la conexión del núcleo eléctricamente conductor de dicho al menos un perno de soporte aislante en dicho extremo libre a un sistema de puesta a tierra de rayos de una turbina eólica.

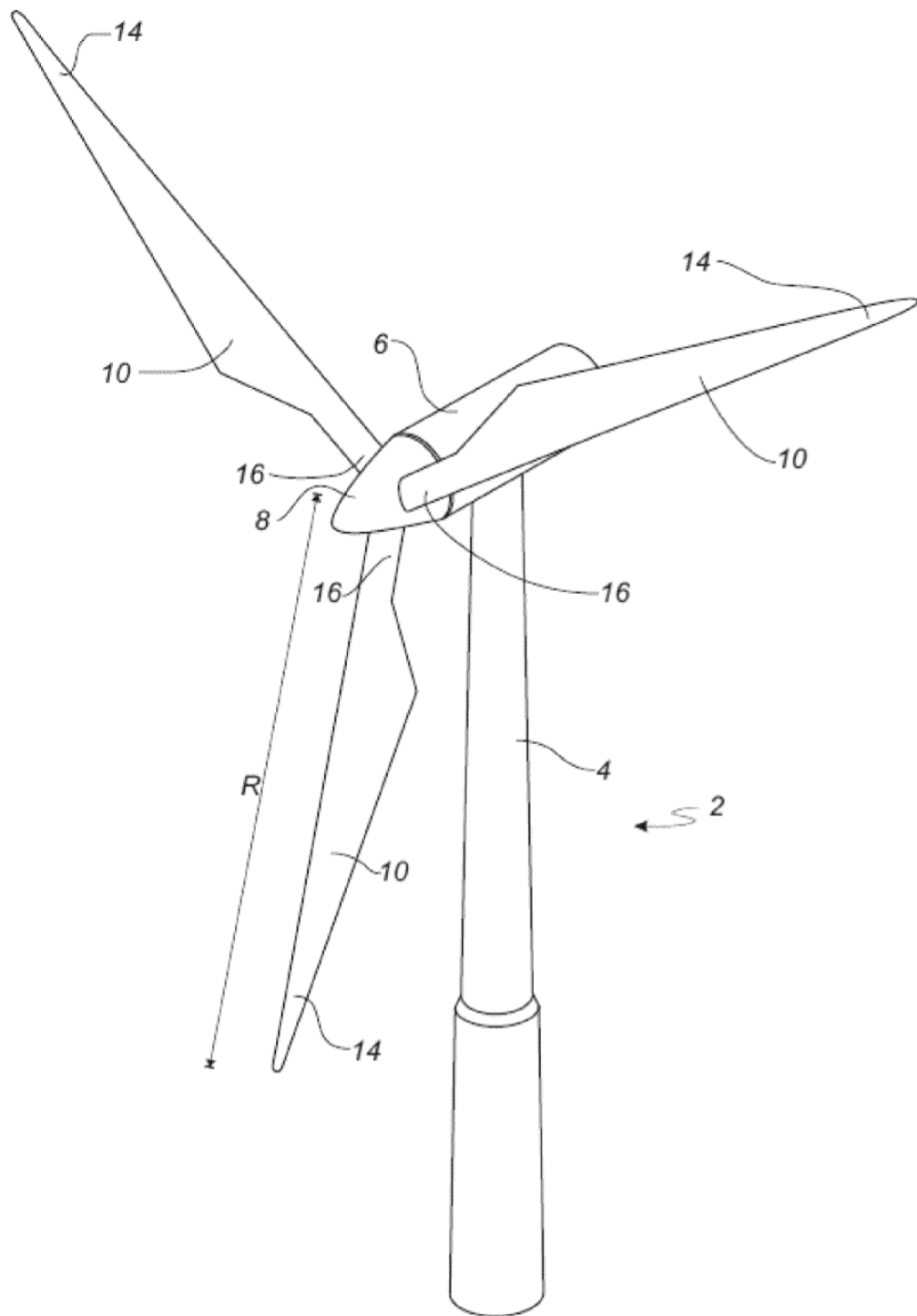


Fig. 1

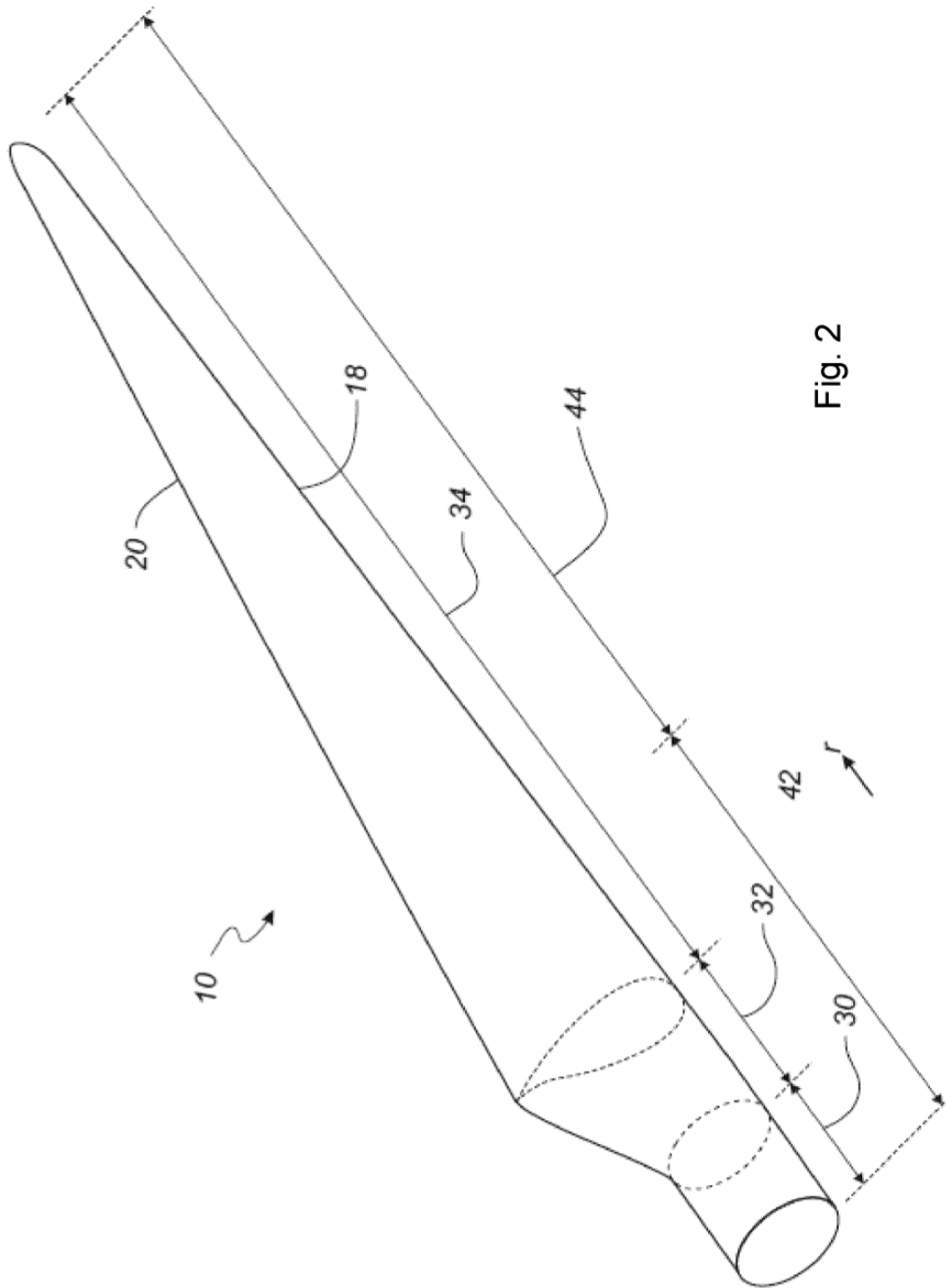


Fig. 2

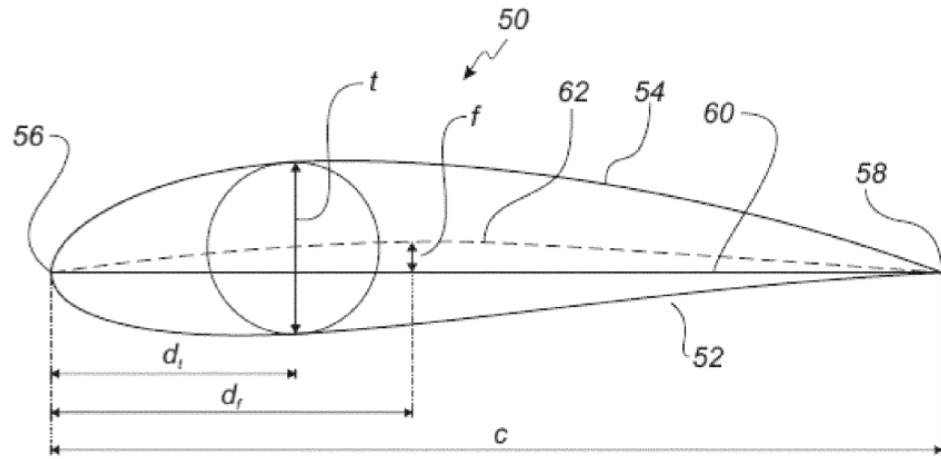


Fig. 3

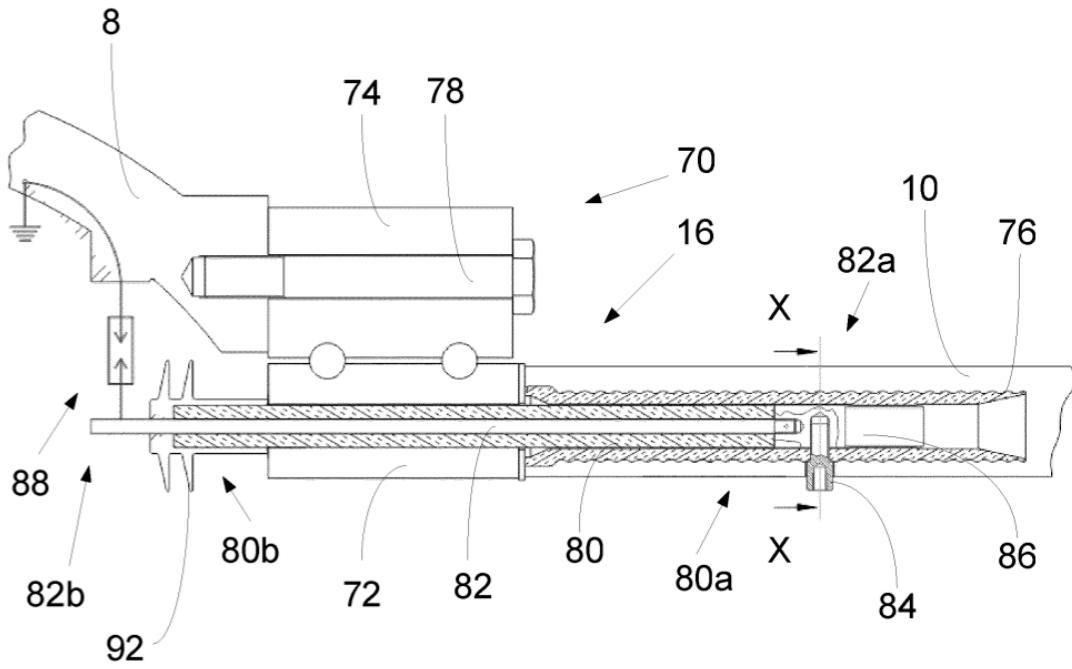


Fig. 4

