

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 140**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/00** (2006.01)  
**F03D 11/00** (2006.01)  
**G01R 31/02** (2006.01)  
**H02G 13/00** (2006.01)  
**H05F 3/02** (2006.01)  
**G01R 31/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11177242 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2423499**

54 Título: **Protección contra rayos para turbinas eólicas**

30 Prioridad:

**31.08.2010 US 872198**

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

**22.05.2014**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)**  
**1 River Road**  
**Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**HARDISON, RICHARD ALLEN y**  
**OLSON, STEVEN HAINES**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 462 140 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

Protección contra rayos para turbinas eólicas

5 La presente invención se refiere en general a la protección contra rayos para turbinas eólicas. Más en particular, la invención se refiere a la protección contra rayos para turbinas eólicas y a la protección contra rayos para las palas de rotor de las turbinas eólicas. Específicamente, la invención se refiere a una pala de rotor, a un sistema de protección contra rayos, y a un procedimiento de fabricación de una pala de rotor.

10 El daño a las turbinas eólicas producido por las descargas de rayos ha sido reconocido como un problema creciente. La influencia de los fallos por rayos sobre la fiabilidad de las turbinas eólicas y parques eólicos se puede convertir en un problema, a medida que se incrementa la capacidad de las turbinas eólicas. Este es en particular el caso cuando varias turbinas eólicas de gran tamaño funcionan juntas en las instalaciones de parques eólicos, puesto que la pérdida potencial de varias unidades de producción de gran tamaño producida por un impacto de rayo puede ser significativa. A diferencia de otras instalaciones eléctricas, tales como los tendidos eléctricos aéreos y centrales de energía, es más difícil proporcionar a las turbinas eólicas los conductores de protección que se pueden disponer alrededor o por encima de la turbina eólica. Esto es debido al tamaño físico y a la naturaleza de las turbinas eólicas. 15 Las turbinas eólicas suelen tener dos o tres palas con un diámetro de varias decenas de metros hasta 100 metros o más. El rotor gira a una gran altura por encima del suelo. Además, hay un uso extensivo de materiales aislantes compuestos, tales como plástico reforzado de fibra de vidrio, como componentes de soporte de carga. Consideraciones aerodinámicas y la consideración de las palas de giro rápido también tienen que ser tomadas en cuenta para un sistema de protección contra rayos.

20 El sistema de conducción de rayos de una pala de turbina eólica típica consta de uno o más receptores metálicos conectados a un conductor de bajada que lleva la descarga del rayo desde el o los receptores al cojinete de pala y, eventualmente a través de la torre, a tierra. El rayo cae sobre las palas y no se nota primariamente a menos que haya daños externos. Sin embargo, las conexiones internas del conductor de bajada pueden resultar dañadas y no se encuentran fácilmente, a menos que se compruebe la continuidad mediante la comparación de la respuesta óhmica entre el o los receptores y la torre o la tierra. Para tener acceso al receptor de la punta de la pala se requiere una grúa o un caro aparato de cesta para operario. Este proceso de prueba es laboriosa, difícil y costoso, y sólo se puede realizar cuando el tiempo lo permita. 25

El documento DE 10 2005 017 865, por ejemplo, desvela un sistema contra rayos para una turbina eólica que incluye un circuito de mantenimiento.

30 En vista de lo anterior, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una pala de rotor para una turbina eólica, de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

Otras realizaciones que se refieren a las turbinas eólicas que incluyen palas de rotor y sistemas de protección contra rayos se describen en la presente memoria descriptiva, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

35 la figura 1 ilustra un dibujo esquemático de una turbina eólica que incluye un sistema de protección contra rayos para las palas de rotor, de acuerdo con un aspecto de la presente invención:

la figura 2 ilustra una porción de una pala de rotor que incluye receptores y un conductor de bajada en una pala de rotor, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

40 la figura 3 ilustra una porción de un conductor de bajada conectado a un receptor, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la figura 4 ilustra un dibujo esquemático de una pala de rotor que incluye un sistema de protección contra rayos para la pala de rotor, de acuerdo con un aspecto de la presente invención; y

la figura 5 ilustra un dibujo esquemático de una pala de rotor que incluye un sistema de protección contra rayos para la pala de rotor, de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

45 A continuación se hará referencia en detalle a los diversos aspectos y realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de la cual se ilustran en las figuras. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención y no se debe entender como una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de un aspecto se pueden utilizar en, o en combinación con, otros aspectos para producir todavía otro aspecto adicional. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

50 Las palas de turbinas eólicas modernas son estructuras fabricadas de diversos materiales, tales como plástico reforzado con vidrio (GRP), madera, laminado de madera y plástico reforzado con carbono (CRP). Las piezas y componentes, tales como las bridas de montaje, pesos, cojinetes, alambres y cables eléctricos están fabricados de metal.

En particular, para las palas construidas completamente de materiales no conductores, los puntos de descarga para los rayos, es decir los receptores, se encuentran principalmente cerca de la punta o distribuidos sobre la pala.

5 El problema genérico de la protección contra rayos para las palas de turbina eólica es conducir la corriente del rayo de forma segura desde el punto de descarga al cubo. Por lo tanto, el sistema tiene que estar plenamente integrado en las diferentes partes de la turbina eólica para garantizar que todas las partes que puedan ser puntos de descarga para los rayos son capaces de resistir el impacto de la descarga de los rayos.

10 La figura 1 ilustra una turbina eólica 100 a la que se puede aplicar el sistema de protección contra rayos de la presente invención. En la parte superior de la torre 20 se encuentra situada la góndola 54. El cubo 26 está montado giratoriamente en la góndola 54. El cubo está conectado además a las palas 28 de rotor. El punto más alto de incidencias de los rayos 105 está dado por la altura 32 de la torre y la longitud 34 de la pala, que es el radio del rotor, respectivamente. Con el fin de estar dentro de una clase de seguridad de protección contra rayos predeterminada, se debe impedir que rayo más próximo a una distancia predeterminada a una parte de la turbina eólica pueda dañar la instalación. La distancia del rayo 105 a la turbina eólica produce la distinción de las diferentes clases de seguridad de protección contra rayos. Un procedimiento general es el procedimiento de la esfera rodante para determinar las clases de protección contra rayos. De esta manera, una esfera 130 que tiene un radio 132 rueda virtualmente sobre cada parte del sistema a proteger. El área en riesgo de impacto de rayo es definida como la esfera cuyo centro es el canal director del rayo. La superficie de la esfera 130 es considerada como esos puntos desde los que se puede producir una descarga.

20 Diferentes radios se proporcionan para las diferentes clases de protección contra rayos, por ejemplo, 20 metros para la clase I. Para cada emplazamiento de la superficie una descarga de rayo tiene una cierta probabilidad. Cuanto menor sea el radio, más probabilidades habrá de que se produzca una descarga de rayo. Se proporciona protección para cada posición posible de la esfera 130 con un radio 132 que rueda sobre la turbina eólica.

25 Por ejemplo, con el fin de ser clase de seguridad de protección contra rayos 1, el rayo debe ser capaz de llegar tan cerca como la esfera 130 con el radio de 20 metros y la turbina eólica debe ser protegida de los rayos con un canal director que llega a una distancia tal que esa esfera de puntos con una posible descarga no toque la instalación. En otras palabras, es deseable tener un sistema de protección contra rayos para la turbina eólica y componentes de la misma de tal manera que la esfera con un radio que corresponde a una distancia que podría dañar la turbina eólica o a los componentes de la misma no toque la superficie de la turbina eólica.

30 Los receptores 110, 110' están situados sobre las palas 28 de rotor. Los receptores están conectados al conductor de bajada 120 dentro de las palas. Además, se establece una conexión eléctrica a través del cubo 26 y del conductor 122 de tal manera que las corrientes de los rayos que descargan sobre los receptores podrían circular a través del conductor de bajada 120, el conductor 122, que está puesto a tierra como se indica por la referencia 123.

35 De este modo, la protección contra rayos de las palas 28 se establece proporcionando los receptores 110, 110' en los puntos deseados de incidentes de descargas de rayos y proporcionando conductores 122 o un trayecto de conducción para descargar la descarga del rayo 105. El principio de este sistema de protección es proporcionar un trayecto preferido para el rayo.

40 De esta manera, el sistema de protección contra rayos puede tener receptores de rayos discretos 110, 110' situados en o cerca de la punta de la pala. Desde los receptores en la punta, un sistema interno de conductor de bajada 120 conduce la corriente del rayo a la raíz de la pala. De acuerdo con otro aspecto, las palas particularmente más largas están equipadas con varios receptores distribuidos sobre la pala. Los receptores que penetran en la superficie pueden ser colocados, de acuerdo con un aspecto, de tal manera que la probabilidad de descarga de un rayo contra la parte no protegida de la superficie de la pala se reduzca. El espaciamiento de los receptores discretos puede ser, de acuerdo con otro aspecto, por ejemplo, un espaciamiento en el que la tensión de descarga a lo largo de la superficie de la pala sea menor que la tensión de ruptura de la capa superficial de la pala. Como ejemplo, de acuerdo con una realización, los conductores sólidos pueden ser colocados sobre la superficie con un espaciamiento que varía desde 45 30 cm hasta 60 cm.

50 Sin embargo, los emplazamientos en los que el rayo 105 descarga contra la turbina eólica 100 o sus componentes están dados por un campo eléctrico local. Los daños a las turbinas eólicas, que han sido reportados previamente, muestran que en algunos casos el rayo descarga sobre el conductor de bajada o sobre el receptor directamente, especialmente al borde de salida de la pala de rotor. Las descargas de rayos sobre porciones de pala no conductoras pueden ser explicadas, al menos en parte, por el hecho de que el agua hace que las palas sean más conductoras. Otro factor puede ser que las palas 28 se pueden encontrar simplemente en el trayecto de un rayo que cae sobre la turbina eólica 100. Además, se sabe que las descargas se desarrollan a lo largo de una superficie más fácilmente que a través del aire.

55 Cuando un rayo descarga sobre el conductor de bajada 120 directamente a través de una parte no conductora de la pala 28 de rotor, por ejemplo, el borde de salida de la pala, el daño al GRP de la pala de rotor se puede producir

debido a la carbonización superficial de las fibras de vidrio, perforaciones y delaminación. Este daño puede deteriorar la funcionalidad y / o el tiempo de vida útil de la pala de rotor y además puede proporcionar un trayecto preferido para una segunda descarga de rayos y otras adicionales.

5 El daño severo a la palas 28 de la turbina eólica es producido cuando el rayo forma arcos dentro de la pala. Los arcos se pueden formar en las cavidades llenas de aire dentro de la pala o a lo largo de las superficies interiores. La onda de choque de presión producida por los citados arcos internos puede destruir las capas superficiales de la pala. Los arcos internos a menudo se forman entre el punto de descarga del rayo en la punta de la pala y algún componente interno conductor de la pala. Otro tipo de daño se produce cuando la corriente del rayo o parte de ella es conducida en o entre las capas de materiales compuestos, presumiblemente debido a que tales capas tienen algo de humedad.

De acuerdo con diversos aspectos que se describen en la presente memoria descriptiva, la intensidad del campo eléctrico alrededor del conductor de bajada 120, que determina si un rayo se descarga sobre el conductor de bajada directamente, puede ser reducida proporcionando una lámina de aislamiento alrededor del conductor de bajada.

15 De este modo, el elemento conductor de bajada 120, 122 se puede proporcionar en forma de un primer cable aislado o de un conductor de aluminio tejido o de cable pareado con un segundo alambre o conductor aislado. Se entiende que cubrir los conductores primero y segundo con una lámina de aislamiento significa que esencialmente todo el conductor está cubierto con excepción en esas partes, por ejemplo, en las que las conexiones a los receptores o puntos de terminación se encuentran presentes. De acuerdo con otro aspecto, las conexiones a los receptores 110, 110' pueden ser aisladas también con un material aislante. En otros aspectos el primer conductor puede no tener un recubrimiento aislante.

20 El aislamiento alrededor de los conductores reduce la intensidad del campo eléctrico alrededor de los conductores y, por lo tanto, puede evitar las averías eléctricas. Además, de acuerdo con otro aspecto, el aislamiento alrededor del o de los conductores puede homogeneizar el campo eléctrico alrededor de los conductores. De acuerdo con una unión de malla de fibra - vidrio que se ha utilizado comúnmente, el campo eléctrico no podría ser controlado para que fuese homogéneo. De acuerdo con los aspectos descritos en la presente memoria descriptiva, el aislamiento alrededor del conductor permite un control de un campo eléctrico homogéneo.

Un sistema de conductor de bajada puede tener una sección transversal suficiente para ser capaz de soportar una descarga directa de rayo y conducir toda la corriente del rayo. De acuerdo con una realización, la sección transversal mínima para el aluminio puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 50 mm<sup>2</sup>. El sistema conductor de bajada está conectado a los receptores en la pala. Estos conductores montados en la superficie de la pala pueden deteriorar la aerodinámica de la pala o generar un ruido indeseable. Para los conductores de rayos incrustados en la pala, se pueden usar alambres o trenzas de aluminio o de cobre, por ejemplo. Los conductores de bajada de rayos se puede disponer dentro de la pala. Los accesorios metálicos para el conductor penetran en la superficie de la pala y sirven como receptores discretos de rayos. Los materiales utilizados para la protección contra rayos de las palas de turbina eólica deberán ser capaces de soportar las tensiones eléctricas, térmicas y electrodinámicas impuestas por la corriente del rayo.

30 La figura 2 ilustra una porción de una pala 28 de rotor. La dirección de rotación es ilustrada por la flecha 202. La pala 28 de rotor tiene un borde director 28a y borde de salida 28b. La pala 28 de rotor incluye un receptor 110' en la punta de la pala de rotor y un receptor 110 dentro de la pala de rotor. Los receptores 110, 110' están conectados por el conductor de bajada 120.

35 Para los sistemas de protección contra rayos de uso común se han observado las siguientes situaciones. Por un lado, hay descargas de rayos 204 en uno de los receptores y la carga se descarga a través del conductor de bajada 120. Por otro lado, también puede haber rayos 206, 206' que penetran en la pala 28 de rotor, en los que el conductor de bajada 120 es impactado directamente por un rayo. De este modo, se producen los daños que se han mencionado más arriba. En este último caso, las conexiones internas o la integridad del conductor de bajada pueden ser dañados o comprometidos. Ha sido muy difícil poder identificar y localizar este daño interno en el conductor de bajada.

40 La figura 3 ilustra una porción de un conductor de bajada 300 de acuerdo con un aspecto de la presente invención. Este diseño utiliza un conductor de bajada de tira de aluminio tejido como un primer conductor 310, y coloca un segundo alambre o conductor aislado 320 por el centro del primer conductor 310. El segundo conductor puede tener un recubrimiento aislante 322. Ambos conductores 310 y 320 están conectados al o los receptores 110, 110' en la punta de la pala (y / o en otros lugares) a través del conector 315. El primer conductor 310 está también conectado a una conexión a tierra. La conexión a tierra puede ser el cojinete de inclinación longitudinal, el cojinete de pala o un perno de la pala situado en la sección de la raíz de la pala. Esta conexión a tierra está configurada para tener un trayecto a tierra 123 de baja resistencia.

55 El segundo conductor aislado 320 no está conectado a tierra cerca de la raíz de la pala, sino que por el contrario puede estar engarzado y unido a una pared interna o superficie cerca del cojinete de pala o de la raíz de la pala de

manera que no actuará como un trayecto de puesta a tierra. Durante la inspección o en el sistema de protección contra rayos, entonces es un asunto sencillo para un técnico utilizar un medidor de resistencia eléctrica directamente en el segundo conductor aislado 320 y en el cojinete de la raíz de la pala (u otro punto de puesta a tierra) para comprobar el sistema y la continuidad del conductor de bajada. Si alguna parte de la conexión del receptor o de cable conductor de bajada 300 fuese dañada, la lectura indicaría un problema. Si el sistema de protección contra rayos o el conductor de bajada están dañados, la resistencia del trayecto de conducción tendrá un valor que indica un problema. Como un ejemplo no limitativo, si una descarga de rayo cortó el conductor exterior 310, la resistencia del conductor de bajada sería mayor de la deseada.

La figura 4 ilustra una vista lateral de una pala de rotor o del cuerpo de pala 28 de rotor de acuerdo un aspecto de la presente invención. La pala de rotor o el cuerpo de la pala 28 de rotor incluye al menos un receptor 410 que está conectado a un conductor de bajada 300. El primer conductor 310 se desplaza hacia abajo a lo largo de la longitud de la pala 28 y pueden estar unido a uno de los pernos 430 en la raíz de la pala 28 que está unido al cubo en el cojinete de inclinación longitudinal 440. Cuando la pala 28 se atornilla en su posición en el cojinete de inclinación longitudinal 440, esto proporciona un trayecto de conducción a través de la torre de acero o de los cables de puesta a tierra 122 a la tierra 123. El segundo conductor o interior 320 no está conectado a tierra, y se deja sin poner a tierra y situado en una pared interna de la pala 28 cerca de la raíz. Este emplazamiento permite el acceso al segundo conductor 320 por un técnico de mantenimiento.

La figura 5 ilustra una vista lateral de una pala de rotor o el cuerpo de pala 28 de rotor de acuerdo con otro aspecto de la presente invención. La pala 28 de rotor incluye al menos un receptor 510 que está conectado a un conductor de bajada 500. El conductor de bajada 500 incluye dos alambres separados que se desplazan hacia abajo a lo largo de la longitud de la pala 28. Un primer conductor 515 puede estar unido a uno de los pernos 430 en la raíz de la pala 28 que está unido al cubo en el cojinete de inclinación longitudinal 440. Cuando la pala 28 se atornilla en su posición en el cojinete de inclinación longitudinal 440, se proporciona un trayecto de conducción a través de la torre de acero o cables de puesta a tierra 122 en la tierra 123. El segundo conductor 520 no está conectada a tierra, y se deja sin puesta a tierra y situado en una pared interna de la pala 28 cerca de la raíz. Este emplazamiento permite el acceso al segundo conductor 520 por un técnico de mantenimiento.

Este diseño no impondrá la necesidad de acercarse a la punta de la pala anualmente para su inspección. Además, si el daño en la punta se ve o se sospecha, el sistema de puesta a tierra del rayo se puede comprobar muy rápida y fácilmente, permitiendo que el administrador del parque tome la decisión de llamar a un equipo de reparación, o no.

Un procedimiento para la fabricación o el montaje de una pala de rotor para una turbina eólica se desvela en la presente memoria descriptiva. El procedimiento incluye las etapas de proporcionar un cuerpo de pala de rotor, proporcionando al menos un receptor en el cuerpo de la pala de rotor, en el que el receptor está adaptado para ser un emplazamiento para el impacto del rayo. Otra etapa proporciona al menos un conductor de bajada y la conexión del conductor de bajada al receptor. La etapa de proporcionar el al menos un conductor de bajada también incluye las etapas de proporcionar un primer conductor, y conectar el primer conductor para al el al menos un receptor y una conexión a tierra de la turbina eólica, y proporcionar un segundo conductor aislado, y conectar el segundo conductor aislado al el al menos un receptor y un emplazamiento no puesto a tierra de la turbina eólica.

Una etapa adicional de realizar una prueba de continuidad mediante la evaluación de un trayecto desde la conexión a tierra del primer conductor al emplazamiento no puesto a tierra del segundo conductor aislado, también se puede realizar. Esta etapa también puede incluir también la obtención de la resistencia del trayecto utilizando un medidor de resistencia. La resistencia se puede comparar con los valores conocidos que pueden indicar un funcionamiento correcto o incorrecto del conductor de bajada o del sistema de protección contra rayos. Además, el primer conductor y el segundo conductor aislado pueden formar sustancialmente un conductor coaxial, en el que el segundo conductor aislado se encuentra sustancialmente dentro del primer conductor.

El elemento conductor de bajada puede ser proporcionada en forma de un cable o alambre aislado, o de cualquier otro conductor adecuado. El aislamiento alrededor de la totalidad o parte del conductor de bajada reduce la intensidad del campo eléctrico alrededor del conductor de bajada y puede, por lo tanto, evitar la ruptura eléctrica del mismo. Además, de acuerdo con otro aspecto, el aislamiento alrededor del conductor de bajada puede homogeneizar el campo eléctrico alrededor del conductor de bajada. De acuerdo con la unión de malla de fibra - vidrio que se ha utilizado comúnmente, el campo eléctrico no podría ser controlada para que fuese homogéneo. De acuerdo con los aspectos descritos en la presente memoria descriptiva, la lámina de aislamiento alrededor del conductor de bajada permite un control de un campo eléctrico homogéneo.

El aislamiento reduce el riesgo de descarga de rayos directamente al conductor de bajada. De esta manera, el trayecto de descarga deseado a lo largo de los receptores 310, del conductor 312 al conductor de bajada, y del mismo conductor 320 tiene una probabilidad incluso mayor. En consecuencia, la probabilidad de que una descarga de un rayo se una directamente al conductor de bajada a través de partes no conductoras del casco de la pala de rotor se puede reducir.

De acuerdo con otro aspecto, la sección transversal del conductor de bajada puede ser circular o tiene al menos un radio mínimo de curvatura superior a 2 mm. En comparación con los conductores de bajada rectangulares, una sección transversal del conductor de bajada curvado puede disminuir aún más el campo eléctrico, lo que se produce durante la descarga de rayos, y por lo tanto reducir aún más el riesgo de la descarga de rayos. De acuerdo con una realización adicional, la resistencia eléctrica del aislante tiene al menos una resistencia eléctrica de 50 kV / mm. Típicamente, de acuerdo con otra realización, la resistencia eléctrica está por encima de 100 kV / mm. El grosor del aislamiento puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 0,5 a 5 mm. De acuerdo con otras realizaciones, se puede proporcionar una lámina dieléctrica multicapa que actúa como un aislamiento del conductor de bajada. Sin embargo, el conductor de bajada y cualesquiera conductores individuales pueden tener cualquier forma deseada en sección transversal (por ejemplo, rectangular, ovalada, poligonal, etc.) como se desee en la aplicación específica.

De acuerdo con otros aspectos adicionales, el conductor de bajada puede incluir cobre o aluminio como material para la conducción de la descarga. Dependiendo de los materiales, el área de la sección transversal del conductor de bajada puede ser al menos de 30 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup>, o incluso superior. De este modo, se tiene que considerar que dependiendo de la sección transversal y la resistividad correspondiente a la misma, la temperatura del conductor de bajada puede aumentar más o menos cuando se produce una descarga de rayo. En una descarga de rayo se puede esperar un aumento de la temperatura del conductor de bajada de hasta 100°C o más. Por lo tanto, en combinación con la temperatura exterior, el material aislante debe tener una resistividad a las temperaturas de 150°C, 160°C, 180°C, o temperaturas incluso más altas. Típicamente, la resistividad a la temperatura puede ser una resistividad a la temperatura a largo plazo con el fin de mantener la durabilidad del aislamiento durante toda la vida útil de la pala de rotor. De acuerdo con diferentes realizaciones, uno de los siguientes materiales pueden ser usado: copolímero de etileno - clorotrifluoretileno, copolímero de etileno - tetrafluoretileno, o polifluoretilenopropileno..

De acuerdo con otra realización, el conductor de bajada está situado dentro de la pala 28 de rotor, de manera que el conductor de bajada se encuentre esencialmente a lo largo del eje neutro de la pala de rotor. Durante el funcionamiento de una turbina eólica, las palas de rotor experimentan flexión producida por las fuerzas del viento que actúan sobre las mismas. En general, con independencia de si la pala de rotor es pretensada, hay un eje neutro (fibra neutra) o un área con una compresión o tensión mínima de la pala de rotor. El elemento conductor de bajada se coloca típicamente a lo largo de esta zona con la mínima compresión del material o tensión del material. Por ejemplo, esto podría aplicarse al menos a una porción central de la pala de rotor. De acuerdo con otra realización, el material del aislamiento del conductor de bajada tiene un módulo de Young de aproximadamente 10 kN / mm<sup>2</sup>, 5 kN / mm<sup>2</sup> o menos. De este modo, la elasticidad de la pala de rotor apenas se ve afectada por proporcionar un aislamiento para el conductor de bajada.

La presente descripción utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica practique la invención, incluyendo la realización y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurrirán a los expertos en la técnica. Otros ejemplos de estos tipos están concebidos para encontrarse dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieran del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una pala (28) de rotor para una turbina eólica (100) que comprende:
- un cuerpo de pala (28) de rotor;
  - al menos un receptor (410), adaptado para ser un emplazamiento para el impacto de un rayo;
  - 5 al menos un conductor de bajada (300) conectado al el al menos un receptor (410) y situado dentro del cuerpo de pala de rotor, comprendiendo el, al menos, un conductor de bajada:
  - un primer conductor (310) conectado al el al menos un receptor y una conexión a tierra de la turbina eólica;  
**que se caracteriza por:**
  - 10 un segundo conductor aislado (320) conectado al el, al menos, un receptor y un emplazamiento sin conexión a tierra de la turbina eólica en el que el segundo conductor aislado (320) se encuentra sustancialmente dentro del primer conductor (310);
  - en el que se forma un trayecto desde la conexión a tierra del primer conductor (310) al emplazamiento sin conexión a tierra del segundo conductor aislado (320), facilitando el trayecto una prueba de continuidad que se utiliza para evaluar una condición del trayecto.
- 15 2. La pala (28) de rotor de la reivindicación 1, en la que el al menos un receptor (410) está situado cerca de una punta del cuerpo de pala de rotor.
3. La pala (28) de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la conexión a tierra del primer conductor comprende uno o más de entre:
- un cojinete de pala, un cojinete de inclinación longitudinal y un perno de la sección de raíz de la pala.
- 20 4. La pala (28) de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer conductor (310) es uno o más de entre:
- un conductor de cobre, un conductor de aluminio y un conductor de aluminio tejido.
5. La pala (28) de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer conductor (310) y el segundo conductor aislado (320) forman sustancialmente un conductor coaxial.
- 25 6. La pala (28) de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el emplazamiento sin conexión a tierra del segundo conductor aislado está unido a una pared interna de la pala de rotor cerca de un cojinete de inclinación longitudinal.
7. Un sistema de protección contra rayos para una turbina eólica (100), teniendo la turbina eólica una góndola, un cubo y una o más palas (28) de rotor como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 30 8. Una turbina eólica (100) que tiene un sistema de protección contra rayos como se ha definido en la reivindicación 7.

35

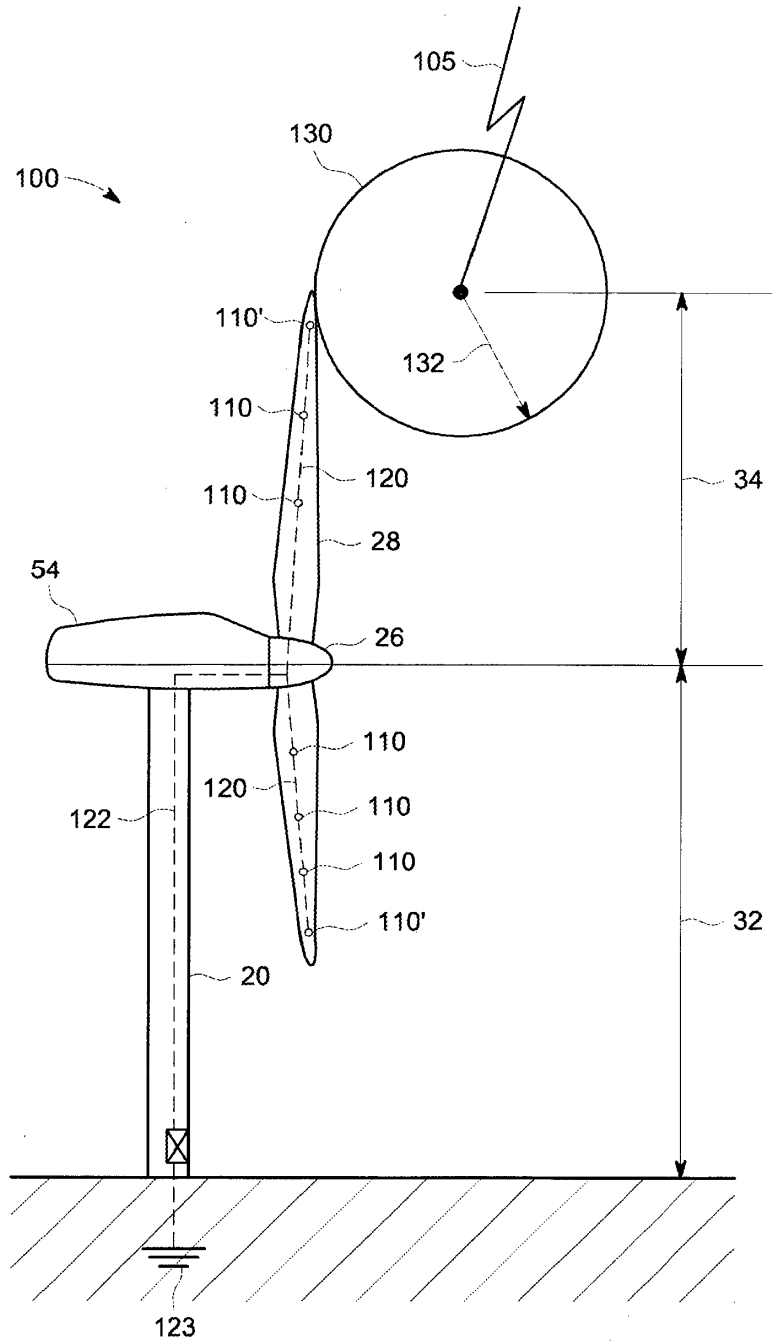


FIG. 1



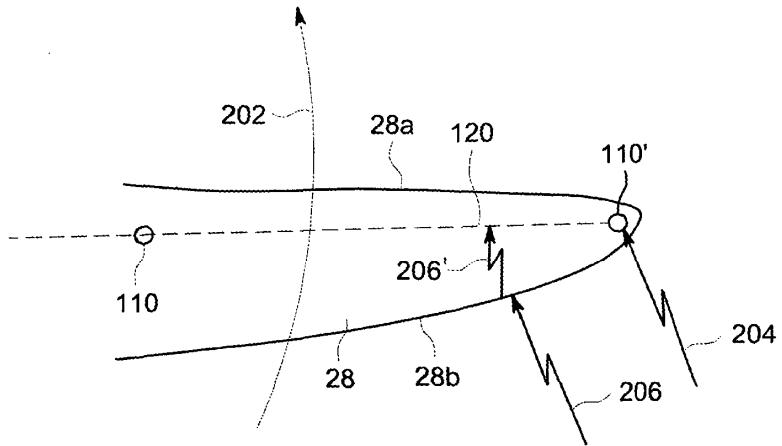


FIG. 2

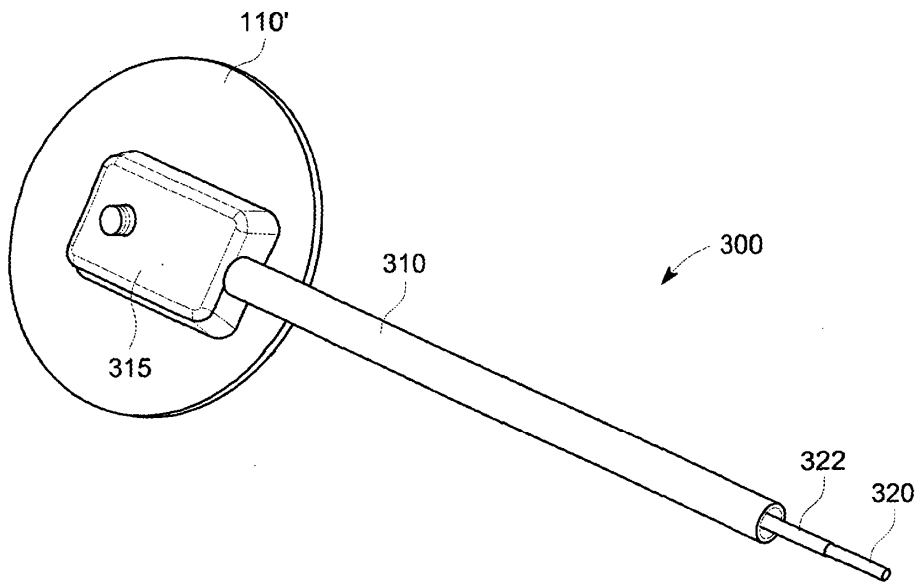


FIG. 3

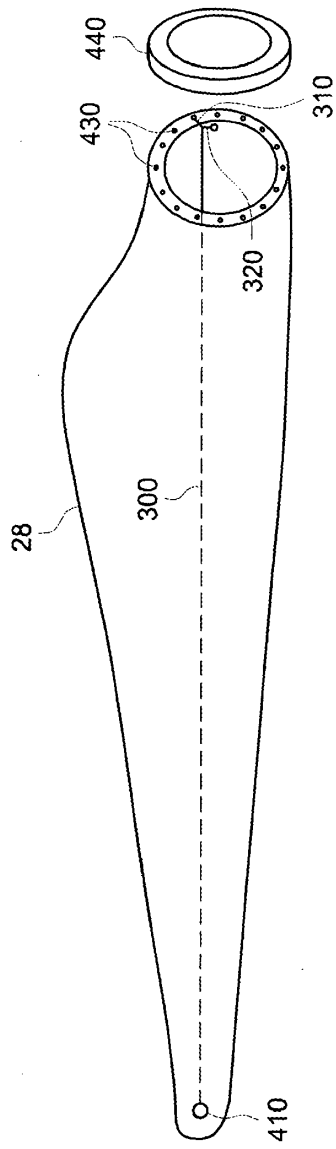


FIG. 4

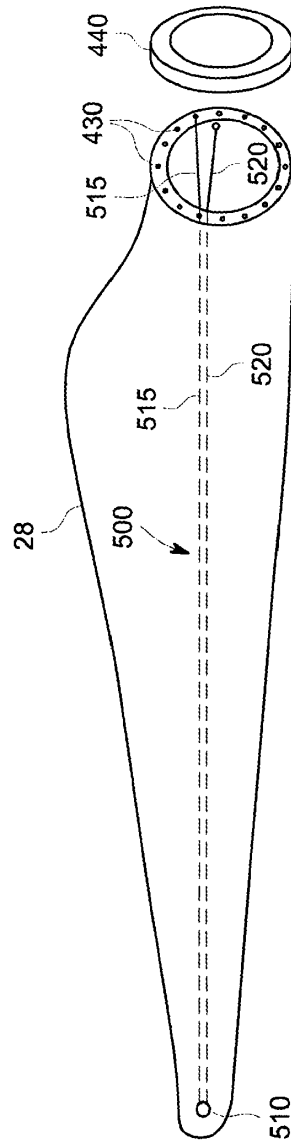


FIG. 5