(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 694 429**

(51) Int. CI.:

F03D 80/30 (2006.01)
F03D 80/40 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2014 E 14164233 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2930358**

(54) Título: **Pala de rotor de turbina eólica con un elemento de compensación del potencial**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.12.2018

(73) Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

(72) Inventor/es:

OHLERICH, NICK

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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).

DESCRIPCION

Pala de rotor de turbina eólica con un elemento de compensación del potencial

La invención se refiere a una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de protección de los rayos en el lado de la presión y en el lado de aspiración, que están conectados entre sí eléctricamente a través de un elemento de compensación de potencial.

Se conoce conservar las palas de rotor de turbina eólica con una instalación de protección de los rayos contra daños a través de un impacto de rayo. A tal fin se dispone, en general, en la zona de la punta de la pala un receptor de protección de los rayos. La corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección de los rayos se derivada sobre un conductor de protección de los rayos hacia la raíz de la pala y desde allí a través de la góndola y la torre de la turbina eólica hacia la tierra. Surgen dificultades especiales cuando dentro de la pala de rotor de turbina eólica están dispuestos varios elementos conductores de electricidad más o menos paralelos. Debido a las altas corrientes del rayo se producen entonces, a través de inducción electromagnética, grandes diferencias de potencial entre los diferentes elementos conductores de electricidad, que pueden conducir a sobre descargas y, por lo tanto, a un daño e incluso a la destrucción de la pala de rotor de turbina eólica. Se conoce contrarrestar tales sobrecargas a través de elementos de compensación de potencial.

Se conoce a partir de la publicación WO 00/79128 A1 una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de protección de los rayos dispuesto en el centro. Otras dos líneas eléctricas se extienden de la misma manera en dirección longitudinal de la pala de rotor y sirven para alimentar una instalación calefactora eléctrica. Están conectadas en la zona de la punta de la pala por medio de trayectos de radios con el conductor central de protección de los rayos. No están previstos elementos adicionales de compensación del potencial.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 692 752 B1 una pala de rotor de turbina eólica, en la que un larguero conductor de electricidad, colocado en el interior, está conectado con un conductor de protección de los rayos dispuesto adyacente. A tal fin están previstos en el interior de la pala del rotor elementos de compensación del potencial, que conectan el larguero y el conductor de protección de los rayos entre sí a través de una línea eléctrica. El contacto con el larguero se establece a través de una cinta plana conductora.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 664 528 B1 una pala de rotor de turbina eólica con cordones principales conductores de electricidad de un material de fibras de carbono y dos conductores de protección de los rayos dispuestos en el interior de la pala de rotor. Los cordones principales están conectados a través de rejillas de cobre con receptores de protección de los rayos. Entre los receptores de protección de los rayos y los conductores de protección de los rayos colocados en el interior se establece una conexión eléctrica a través de conductores eléctricos colocados en el interior.

Se conoce a partir de la publicación DE 10 2012 108 124 A1 una pala de rotor de turbina eólica, en la que un conductor de protección de los rayos está constituido de una banda de un material conductor de electricidad, que está dispuesto alrededor del canto extremo perfilado en el lado exterior de la pala de rotor. En el canto extremo perfilado existe, además, un dispositivo de reducción del ruido con dientes de metal, que están conectados de forma conductora de electricidad con la banda conductora y actúan como receptores de protección de los rayos.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 112 448 B2 una pala de rotor de turbina eólica con varios cordones conductores de electricidad de un material de fibras de carbono. Para la elevación de la conductividad eléctrica de los cordones se emplean fibras de carbono recubiertas de metal, de manera que la conductividad de corriente de los cordones debe ser suficiente para un empleo como conductor de protección del rayo. Adicionalmente se puede emplear un conductor de protección de los rayos metálico dispuesto en el centro. Los cordones y, dado el caso, el conductor de protección de los rayos metálico adicional están conectados entre sí en varias posiciones longitudinales sobre elementos de compensación del potencial en forma de conductores eléctricos interiores.

La publicación JP 2010059813A muestra una pala de rotor de turbina eólica con varios receptores de protección de los rayos, que están conectados en cada caso con un conductor de protección de los rayos en el lado de presión y con un conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración. En el lado exterior de la pala de rotor existen adicionalmente primeros y segundos medios de derivación, que presentan en cada caso una capa conductora de electricidad, por ejemplo una lámina metálica fina, y una capa aislante de electricidad. Los primeros medios de derivación están dispuestos a lo largo del canto del saliente perfilado y del canto del extremo perfilado, los segundos medios de derivación se extienden en la dirección de la profundidad del perfil, respectivamente, sobre un receptor de protección de los rayos, con el que están conectados de forma conductora de electricidad.

La publicación JP 2012246815 A describe una pala de rotor de turbina eólica, que presenta en algunos ejemplos de realización dos conductores de protección de los rayos, que están dispuestos en la zona del canto saliente perfilado o bien en la zona del canto extremo perfilado. En el ejemplo de realización de la figura 17, los conductores de

protección de los rayos están conectados en cada caso con dos receptores de protección de los rayos, uno de los cuales está dispuesto en el lado de aspiración y uno está dispuesto en el lado de presión. Los receptores de protección de los rayos están conectados entre sí por medio de capas conductoras de electricidad guiadas alrededor del canto saliente perfilado o bien alrededor del canto extremo perfilado.

Partiendo de aquí, el cometido de la invención es proporcionar una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de protección de los rayos en el lado de presión y con un conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración, que están conectados entre sí a través de un elemento de compensación de potencial, que se puede fabricar más fácilmente y posibilita una protección mejorada contra rayos, así como un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica de este tipo.

Este cometido se soluciona por medio de la pala de rotor de turbina eólica con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes siguientes.

La pala de rotor de turbina eólica tiene una raíz de pala, un lado de presión, un lado de aspiración, un canto extremo perfilado, un conductor de protección de los rayos en el lado de presión y un conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración, de manera que los dos conductores de protección de los rayos se extienden desde un punto de conexión en la zona de la raíz de la pala hasta la zona de una punta de pala y están configurados para derivar una corriente de los rayos en dirección de la raíz de la pala, y un elemento de compensación de potencial, que conecta los dos conductores de protección de los rayos eléctricamente entre sí, en el que el elemento de compensación de potencial está dispuesto en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica y está guiado alrededor del canto extremo perfilado.

La pala de rotor de turbina eólica puede estar destinada para una turbina eólica con eje esencialmente horizontal. Puede estar fabricada de un material compuesto de fibras, en particular de dos semicáscaras conectadas entre sí. Puede presentar una envoltura aerodinámica, que está formada, por ejemplo, por los lados exteriores de las dos semicáscaras así como uno o varios cordones, por ejemplo de plástico reforzado con fibras de vidrio o fibras de carbono. Las dos semicáscaras pueden estar conectadas entre sí por medio de una o varias nervaduras, que pueden estar dispuestas en particular entre dos cordones principales opuestos entre sí.

Los dos conductores de protección de los rayos pueden extenderse esencialmente sobre toda la longitud de la pala de rotor de turbina eólica. Se extienden desde un punto de conexión en la zona de la raíz de la pala hasta la zona de la punta de la pala. Allí pueden estar conectados con un receptor de protección de los rayos dispuesto en la punta de la pala. También pueden terminar a una distancia del receptor de protección de los rayos. Una conexión eléctrica entre el receptor de protección de los rayos y al menos uno de los conductores de protección de los rayos puede estar establecida a través de un elemento de conexión.

La invención se basa en el reconocimiento de que el montaje de elementos de compensación de potencial dispuestos en el interior de la pala del rotor, conocidos a partir del estado de la técnica entre dos conductores de protección de los rayos asociados al lado de presión y al lado de aspiración implica considerables dificultades. Esto se aplica especialmente en posiciones de radio de la pala del rotor colocadas relativamente muy exteriores, en particular tal vez en el tercio exterior de la pala de rotor de turbina eólica. Allí el espesor del perfil de la pala de rotor de turbina eólica es, en general, tan reducido que el interior de la pala del rotor no es ya accesible sin más después del ensamblaje de la pala de rotor de turbina eólica, por ejemplo de dos semicáscaras. Al mismo tiempo, es especialmente importante una compensación fiable del potencial precisamente cerca de la punta de la pala, por que los dos conductores de protección de los rayos están dispuestos allí a una distancia relativamente reducida entre sí, de manera que se producen rápidamente descargas.

La invención soluciona estas dificultades por que el elemento de compensación de potencial está dispuesto en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica y está guiado alrededor del canto extremo de potencial. El elemento de compensación de potencial se puede montar después del ensamblaje de la pala de rotor de turbina eólica, por ejemplo a partir de dos semicáscaras. A tal fin, el elemento de compensación de potencial debe estar fijado en la pala de rotor de turbina eólica y debe establecerse una conexión eléctrica entre el elemento de compensación de potencial y los dos conductores de protección de los rayos, lo que es posible con facilidad desde el exterior utilizando medios de unión adecuados. El elemento de compensación del potencial puede estar alineado en la dirección de la circulación de la pala de rotor de turbina eólica, para perjudicar lo menos posible la actividad aerodinámica de la pala de rotor de turbina eólica.

Otra ventaja de la disposición de acuerdo con la invención del elemento de compensación de potencial es que el elemento de compensación de potencial propiamente dicho puede servir como otro receptor de protección de los rayos. La conducción del elemento de compensación de potencial alrededor del canto extremo perfilado favorece esta actuación por que en la zona del canto extremo perfilado que termina generalmente en punta aparecen intensidades de campo especialmente altas, condicionadas por la geometría.

Se entiende que la pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con la invención puede presentar varios elementos de compensación de potencial del tipo descrito, especialmente distribuidos sobre una sección longitudinal en el tercio exterior de la pala de rotor de turbina eólica. Por ejemplo, dos o más elementos de compensación de potencial pueden estar dispuestos a una distancia entre sí y desde la punta de la pala en esta zona.

En una configuración, el elemento de compensación de potencial presenta un carril de metal en el lado de la presión y un carril de metal en el lado de aspiración, que están conectados eléctricamente entre sí en la zona del canto extremo perfilado o se intercalan entre sí. Los carriles metálicos pueden estar constituidos, por ejemplo, de cobre, de aluminio, de hierro o de una aleación con una conductividad eléctrica suficiente. Los carriles metálicos pueden estar constituidos de metal macizo. La utilización de carriles metálicos asegura una capacidad suficiente de soporte de corriente y favorece una fijación sencilla y segura en la pala de rotor de turbina eólica. De manera alternativa, pueden formar una unidad prefabricada. También es posible una configuración de una sola pieza, por ejemplo en forma de un único carril metálico, que está doblado alrededor del canto extremo perfilado. En este caso, los dos carriles metálicos se intercalan en el canto extremo perfilado.

En una configuración, el carril metálico en el lado de presión y/o el carril metálico en el lado de aspiración presentan, respectivamente, una sección transversal de 25 mm^2 o más y/o una anchura de 30 mm o más. La sección transversal puede tener también 50 mm^2 o más de 100 mm^2 la anchura puede tener también más de 50 mm o más de 80 mm. Carriles metálicos de formato grande correspondientes presentan una capacidad de soporte de corriente alta y forman un receptor de protección de los rayos especialmente eficaz.

En una configuración, el carril metálico en el lado de la presión y/o el carril metálico en el lado de aspiración presentan una altura, que se reduce en bordes laterales y/o en un borde delantero hasta 1 mm o menos. Por ejemplo, la altura de los carriles metálicos puede ser por término medio 3 mm o más o 5 mm o más. En la sección transversal, los carriles metálicos pueden presentar una superficie exterior curvada o pueden estar configurados, por ejemplo, de forma trapezoidal. La ventaja de la altura que se reduce en los bordes es un perjuicio especialmente reducido de las relaciones aerodinámicas y aeroacústicas en la pala de rotor de turbina eólica.

En una configuración, los dos carriles metálicos sobresalen con sus extremos traseros sobre el canto extremo perfilado y están adyacentes entre sí en la superficie. Cuando se utilizan ahora y a continuación indicaciones de la dirección como "detrás" o "delante", éstas se refieren a la dirección de la circulación alrededor de la pala de rotor de turbina eólica en el funcionamiento. El canto saliente perfilado está delante, el canto extremo perfilado está detrás. En particular, una superficie de contacto entre los dos extremos traseros de los carriles metálicos puede ser mayor que 10 mm^2 o mayor que 30 mm^2. Los dos carriles metálicos pueden estar soldados entre sí. Los ensayos han mostrado que el saliente de los carriles metálicos sobre el canto extremo perfilado es tolerable desde puntos de vista aerodinámicos. De esta manera se puede establecer un contacto eléctrico de superficie grande, sin debilitar el canto extremo perfilado dispuesto debajo de los carriles metálicos. El canto formado en el lugar de unión en el extremo trasero de los carriles metálicos se puede extender paralelamente al canto extremo perfilado.

En una configuración, los dos carriles metálicos están conectados entre sí en la zona del canto extremo perfilado por medio de una unión atornillada. Por medio de la unión atornillada se comprimen las superficies de contacto de los dos carriles metálicos, de manera que resulta una unión con capacidad de soporte de corriente de los rayos. En particular, se puede utilizar un bulón roscado con una rosca-M6 o mayor, para influir lo menos posible en la geometría en el contorno del canto extremo. La unión atornillada puede estar guiada en particular a través de un taladro a través de la pala de rotor de turbina eólica en la zona del canto extremo perfilado, de manera que adicionalmente a la conexión eléctrica se consigue al mismo tiempo una fijación mecánica de los carriles metálicos en la zona del canto extremo perfilado. De manera alternativa, los carriles pueden estar también remachados entre sí.

En una configuración, los dos carriles metálicos presentan en sus extremos traseros conjuntamente una altura de 5 mm o menos. En particular, la altura de los dos carriles metálicos se puede seleccionar de manera que corresponde a un espesor del canto extremo perfilado, por ejemplo en el intervalo de 2 mm a 4 mm. En este caso, el aire en el extremo trasero del elemento de compensación del potencial circula de manera similar lisa como en zonas vecinas del canto extremo perfilado.

En una configuración, un extremo delantero del carril metálico en el lado de presión está dispuesto en la dirección de la circulación detrás de un cordón principal en el lado de presión y/o un extremo delantero del carril metálico en el lado de aspiración está dispuesto en la dirección de la circulación detrás de un cordón principal en el lado de aspiración. En este caso, se consigue la conexión eléctrica entre los extremos delanteros de los carriles metálicos y los conductores de protección contra rayos sin poner en peligro la integridad de los cordones. Además, una disposición de los carriles metálicos colocada relativamente más atrás es ventajosa desde el punto de vista aerodinámico.

En una configuración, el disco metálico en el lado de la presión y/o el disco metálico en el lado de aspiración

presentan una curvatura, que corresponde a una curvatura de la superficie del lado de la presión o bien del lado de aspiración. En particular, los discos metálicos se apoyan esencialmente con toda su superficie dirigida hacia la pala de rotor de turbina eólica en la superficie de la pala de rotor de turbina eólica. Los discos metálicos pueden estar encolados con la superficie del rotor de la pala de rotor de turbina eólica.

En una configuración, el conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración están dispuestos en un lado interior de una semicáscara del lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos en el lado de la presión está dispuesto en un lado interior de una semicáscara del lado de la presión de la pala de rotor de turbina eólica. En principio, el conductor de protección de los rayos puede estar dispuesto también a una distancia de las paredes de las semicáscaras respectivas. No obstante, una disposición integrada en el lado interior y/o total o parcialmente en las semicáscaras respectivas tiene la ventaja de que es posible de una manera especialmente sencilla el establecimiento de una conexión eléctrica con los conductores de protección de los rayos desde el lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica.

En una configuración, el conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos en el lado de la presión presentan en cada caso un conductor metálico con una sección transversal de 25 mm^2 o más. En particular, la sección transversal puede tener también 50 mm2 o más. En principio, como conductor de protección de los rayos se contemplan también cordones conductores de electricidad, en particular de un material de fibras de carbono. La utilización de conductores metálicos con la sección transversal mínima mencionada representa, sin embargo, una solución especialmente sencilla y económica.

En una configuración, el conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración se extiende a lo largo de un cordón en el lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos en el lado de la presión se extiende a lo largo de un cordón en el lado de la presión. En particular, en el caso de un cordón de un material conductor de electricidad, especialmente con fibras de carbono, se puede establecer un contacto eléctrico entre el conductor de protección de los rayos y el cordón, de manera que los elementos de compensación de potencial no sólo establecen una compensación del potencial entre los dos conductores de protección de los rayos, sino al mismo tiempo entre los cordones conductores de electricidad.

En una con figuración, la pala de rotor de turbina eólica presenta en un lado exterior en la zona de un canto saliente perfilado una instalación calefactora. En particular, se puede tratar de una instalación calefactora eléctrica, que presenta, por ejemplo, un conductor eléctrico plano. La disposición de acuerdo con la invención del elemento de compensación del potencial alrededor del canto extremo perfilado se puede combinar sin más con tal instalación calefactora. En particular, no se produce ningún perjuicio de la actuación del calor a través del elemento de compensación del potencial y tampoco un perjuicio de la instalación calefactora como consecuencia de un impacto de rayo en el elemento de compensación del potencial.

El cometido mencionado anteriormente se soluciona de la misma manera a través del procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica con las características de la reivindicación 13. Una configuración ventajosa se indica en la reivindicación dependiente que se conecta a continuación.

El procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica presenta las siguientes etapas:

- fabricación de una semicáscara en el lado de la presión, que presenta un conductor de protección de los rayos en el lado de la presión,
- fabricación de una semicáscara en el lado de aspiración, que presenta un conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración, en el que el conductor de protección de los rayos en el lado de la presión y el conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración se extienden desde un punto de conexión en la zona de la raíz de la pala hasta la zona de una punta de la pala,
- ensamblaje de las dos semicáscaras para formar la pala de rotor de turbina eólica,
- disposición de un elemento de compensación del potencial en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica, de manera que el elemento de compensación del potencial se conduce alrededor de un canto extremo perfilado de la pala de roto de la instalación de turbina eólica,
- establecimiento de una conexión eléctrica entre el elemento de compensación de potencial y el conductor de protección de los rayos en el lado de la presión así como entre el elemento de compensación del potencial y el conductor de protección en el lado de aspiración.

El procedimiento se puede utilizar en particular para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica, que corresponde a una o varias de las configuraciones explicadas en particular anteriormente. Se entiende que el procedimiento se puede combinar con las características explicadas anteriormente de la pala de rotor de turbina eólica.

Una particularidad del procedimiento consiste en que el elemento de compensación del potencial se dispone en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica, que ha sido ensamblado ya con anterioridad a partir de dos

semicáscaras. Con respecto a las ven tajas y características del procedimiento se remite a las explicaciones anteriores de la pala de rotor de turbina eólica, que se aplican de manera correspondiente.
En una configuración del procedimiento, el elemento de compensación del potencial presenta un carril metálico en el lado de la presión y/o un carril metálico en el lado de aspiración, que se provee antes de la disposición del elemento de compensación del potencial en la pala de rotor de turbina eólica con una curvatura, que corresponde a una curvatura de la superficie del lado de la presión o bien del lado de aspiración. Con otras palabras, se prefabrican uno o los dos carriles metálicos con ajuste exacto, con lo que se simplifica adicionalmente el montaje del elemento de compensación del potencial en la pala de rotor de turbina eólica.

A continuación se explica la invención en detalle con la ayuda de un ejemplo de realización representado en las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra una pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con la invención en una representación en perspectiva simplificada.

La figura 2 muestra una sección transversal a través de la pala de rotor de turbina eólica de la figura 1 a lo largo del plano designado con A-A.

La figura 3 muestra una ampliación fragmentaria de la zona designada con B en la figura 2.

La figura 4 muestra una ampliación fragmentaria de la zona designada con C en la figura 1.

La pala de rotor de turbina eólica 10 de la figura 1 tiene una raíz de pala 12 y una punta de pala 14. En la figura, la visión está dirigida esencialmente sobre el lado de la presión 16; sobre el lado alejado del observador, la pala de rotor de turbina eólica 10 tiene un lado de aspiración 18.

La pala de rotor de turbina eólica 10 tiene un canto extremo perfilado 20 y un canto saliente perfilado 22. En la zona de la punta de la pala 14 está dispuesto un receptor de protección de los rayos 24, que está conectado de forma conductora de electricidad con un conductor de protección de los rayos 26 en el lado de la presión indicado con línea de trazos. A través del conductor de protección de los rayos 26 en el lado de la presión se puede desviar la corriente de un rayo que incide en el receptor de protección de los rayos 24 en dirección hacia la raíz de la pala 12.

En la figura 1 se indica de la misma manera sólo un conductor de protección de los rayos 28 en el lado de aspiración, que se extiende de la misma manera desde la raíz de la pala 12 hasta la zona de la punta de la pala 14. Tres elementos de compensación del potencial 30 establecen una conexión eléctrica en entre el conductor de protección de los rayos 26 en el lado de aspiración y el conductor de protección de los rayos 28 del lado de la presión. Están dispuestos aproximadamente en el tercio exterior de la pala de rotor de turbina eólica 10 y presentan en cada caso una distancia entre sí así como con respecto a la punta de la pala 14.

Los detalles de los elementos de compensación del potencial 30 se pueden deducir mejor a partir de las otras figuras. La figura 2 muestra una sección transversal a lo largo del plano designado con A-A en la figura 1. Se reconoce una semicáscara 32 en el lado de aspiración y una semicáscara 34 en el lado de la presión, que están conectadas entre sí en la zona del canto saliente perfilado 22 y en la zona del canto extremo perfilado 20 así como por medio de una nervadura 36. La altura de la nervadura 36 en la posición representada de la sección transversal se encuentra, por ejemplo, en el intervalo de 50 mm a 200 mm, de manera que el interior de la pala de turbina de turbina eólica no es accesible sin más.

La semicáscara 32 en el lado de aspiración presenta un cordón principal 38 en el lado de aspiración. La semicáscara 34 en el lado de la presión presenta un cordón principal 40 en el lado de la presión 40. Los dos cordones principales 38, 40 están constituidos en el ejemplo de un material de fibras de carbono. Los restantes componentes de las dos semicáscaras 32, 34 están constituidos en el ejemplo de un material compuesto de fibras con fibras de vidrio.

El conductor de protección de los rayos 26 en el lado de aspiración está dispuesto en el lado interior de la semicáscara 32 en el lado de espiración y esté integrado en ésta. Se extiende cerca del cordón principal 38 en el lado de aspiración y está conectado eléctricamente por medio de un tejido de cobre 42 con el cordón principal 38 en el lado de aspiración. El conductor de protección de los rayos 28 en el lado de la presión está dispuesto en el lado interior de la semicáscara 34 en el lado de la presión y está integrado en ésta. Se extiende a lo largo del cordón principal 40 en el lado de la presión y está conectado de forma conductora con éste a través de otro tejido de cobre 42.

Una instalación conductora de electricidad con un elemento calefactor 44 de un material de fibras de carbono está dispuesto en la zona del canto saliente perfilado 22 en el lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica 10.

El elemento de compensación de potencial 30 presenta un carril metálico 46 en el lado de aspiración y un carril

metálico 48 en el lado de la presión. El extremo delantero del carril metálico 46 del lado de aspiración está conectado eléctricamente a través de un elemento de conexión 50 con el conductor de protección de los rayos 26 en el lado de aspiración. El extremo delantero del carril metálico 48 en el lado de la presión está conectado eléctricamente a través de un elemento de conexión 42 con el conductor de protección de los rayos 28 en el lado de la presión.

Los extremos traseros de los dos carriles metálicos 46, 48 sobresalen sobre el canto extremo perfilado 20 y se apoyan entre sí superficialmente detrás del canto extremo perfilado 20. Allí están conectados entre sí por medio de soldadura.

En la ampliación fragmentaria de la figura 3 se reconoce la superficie de contacto grande 56 entre los dos carriles metálicos 46, 48. Además, se caracteriza por una altura 54 de los dos carriles metálicos 46, 48, que corresponde esencialmente al espesor del canto extremo perfilado 20.

La figura 4 muestra uno de los elementos de compensación del potencial 30 en una vista en perspectiva. Se reconoce también en esta vista la confluencia del carril metálico 46 en el lado de aspiración y del carril metálico 48 en el lado de la presión en la zona del canto extremo perfilado 20. De la misma manera se puede reconocer que los dos carriles metálicos 46, 48 terminan finos en sus bordes lateral y delantero hasta una altura de 1 mm o menos. En la sección transversal, los dos carriles metálicos 46, 48 están configurados en forma trapezoidal. El elemento de unión 52 establece la conexión eléctrica entre el carril metálico 48 en el lado de la presión y el conductor de protección de los rayos 28 en el lado de la presión no representado en la figura 4.

Lista de los signos de referencia utilizados

10	Pala de rotor de turbina eólica
12	Raíz de la pala
14	Punta de la pala
16	Lado de presión
18	Lado de aspiración
20	Canto extremo perfilado
22	Canto saliente perfilado
24	Receptor de protección de los rayos
26	Conductor de protección de los rayos en el lado de aspiración
28	Conductor de protección de los rayos en el lado de la presión
30	Elemento de compensación de potencial
32	Semicáscara en el lado de aspiración
34	Semicáscara en el lado de la presión
36	Nervadura
38	Cordón principal en el lado de aspiración
40	Cordón principal en el lado de la presión
42	Tejido de cobre
44	Elemento calefactor
46	Carril metálico en el lado de aspiración
48	Carril metálico en el lado de la presión
50	Elemento de unión
52	Elemento de unión
54	Altura
56	Superficie de contacto

REIVINDICACIONES

1.- Pala de rotor de turbina eólica (10) con una raíz de pala (12), con un lado de la presión (16), un lado de aspiración (18), un canto extremo perfilado (20), un conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión y un conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración, en el que los dos conductores de protección de los rayos (26, 28) se extienden desde un punto de conexión en la zona de la raíz de la pala (12) hasta la zona de la punta de la pala (14) y están configurados para desviar una corriente de rayos en dirección a la raíz de la pala (12), y con un elemento de compensación del potencial (30), que conecta eléctricamente los dos conductores de protección de protección de los rayos (26, 28), **caracterizada** porque el elemento de compensación de potencial (30) está dispuesto en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica (10) y está guiado alrededor del canto extremo perfilado (20).

2.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque el elemento de compensación de potencial (30) presenta un carril metálico (48) en el lado de la presión y un carril metálico (46) en el lado de aspiración, que están conectados eléctricamente entre sí en la zona del canto extremo perfilado (20) o se intercalan entre sí.

3.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque el carril metálico (48) en el lado de la presión y/o el carril metálico (46) en el lado de aspiración presentan una sección transversal de 25 mm2 o más y/o una anchura de 30 mm o más y/o una altura de 3 mm o más.

4.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, **caracterizada** porque el carril metálico (48) en el lado de la presión y/o el carril metálico (46) en el lado de aspiración presentan una altura, que se reduce en bordes laterales y/o en un borde delantero hasta 1 mm o menos.

5.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizada** porque los dos carriles metálicos (46, 48) sobresales con sus extremos traseros sobre el canto extremo perfilado (20) y están adyacentes entre sí en la superficie.

6.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizada** porque los dos carriles metálicos (46, 48) están conectados entre sí en la zona del canto extremo perfilado (20) por medio de una unión atornillada.

7.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizada** porque los dos carriles metálicos (46, 48) presentan en sus extremos traseros conjuntamente una altura (54) de 5 mm o menos.

8.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 7, **caracterizada** porque un extremo delantero del carril metálico (48) en el lado de la presión está dispuesto en la dirección de la circulación detrás de un cordón principal (40) en el lado de la presión y/o un extremo delantero del carril metálico (46) en el lado de aspiración está dispuesto en la dirección de la circulación detrás de un cordón principal (38) en el lado de aspiración.

9.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizada** porque el carril metálico (48) en el lado de la presión y/o el carril metálico (46) en el lado de aspiración presentan una curvatura, que corresponde a una curvatura de la superficie del lado de la presión (16) o bien del lado de aspiración (18).

10.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque el conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración está dispuesto en un lado interior de una semicáscara (32) en el lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión (28) está dispuesto en un lado interior de una semicáscara (34) en el lado de la presión de la pala de rotor de turbina eólica (10).

11.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** porque el conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión presentan un conductor metálico con una sección transversal de 25 mm^2 o más.

12.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada** porque el conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración (26) se extiende a lo largo de un cordón principal (38) en el lado de aspiración y/o el conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión se extiende a lo largo de un cordón principal (40) en el lado de la presión.

13.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada** porque la pala de rotor de turbina eólica (12) presenta una instalación de calefacción (44) en un lado exterior en la zona de un

canto saliente perfilado (22).

14.- Procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica (10) las siguientes etapas:

- fabricación de una semicáscara (34) en el lado de la presión, que presenta un conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión,
- fabricación de una semicáscara (32) en el lado de aspiración, que presenta un conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración, en el que el conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión y el conductor de protección de los rayos (26) en el lado de aspiración se extienden desde un punto de conexión en la zona de la raíz de la pala (12) hasta la zona de una punta de la pala (14),
- ensamblaje de las dos semicáscaras (32, 34) para formar la pala de rotor de turbina eólica (10),
- disposición de un elemento de compensación del potencial (30) en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica (10), de manera que el elemento de compensación del potencial (30) se conduce alrededor de un canto extremo perfilado (20) de la pala de roto de la instalación de turbina eólica (10),
- establecimiento de una conexión eléctrica entre el elemento de compensación de potencial (30) y el conductor de protección de los rayos (28) en el lado de la presión así como entre el elemento de compensación del potencial (28) y el conductor de protección en el lado de aspiración (26).

15.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado** porque el elemento de compensación del potencial (30) presenta un carril metálico (48) en el lado de la presión y/o un carril metálico (46) en el lado de aspiración, que provee antes de la disposición del elemento de compensación del potencial (30) en la pala de rotor de turbina eólica (10) con una curvatura, que corresponde a una curvatura de la superficie del lado de la presión (16) o bien del lado de aspiración (18).

Fig. 1

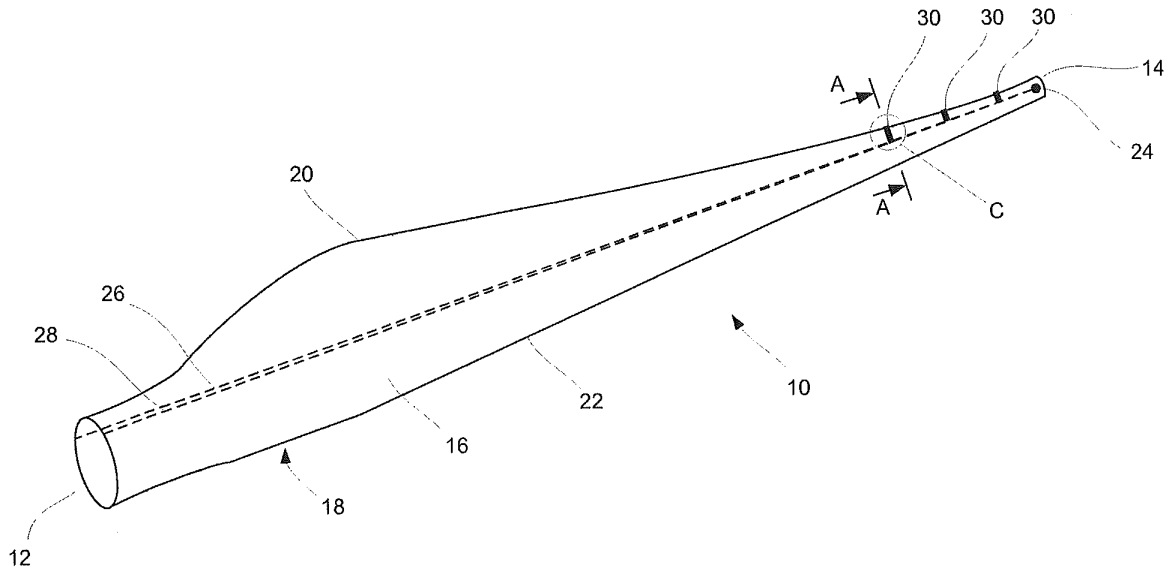

Fig. 2

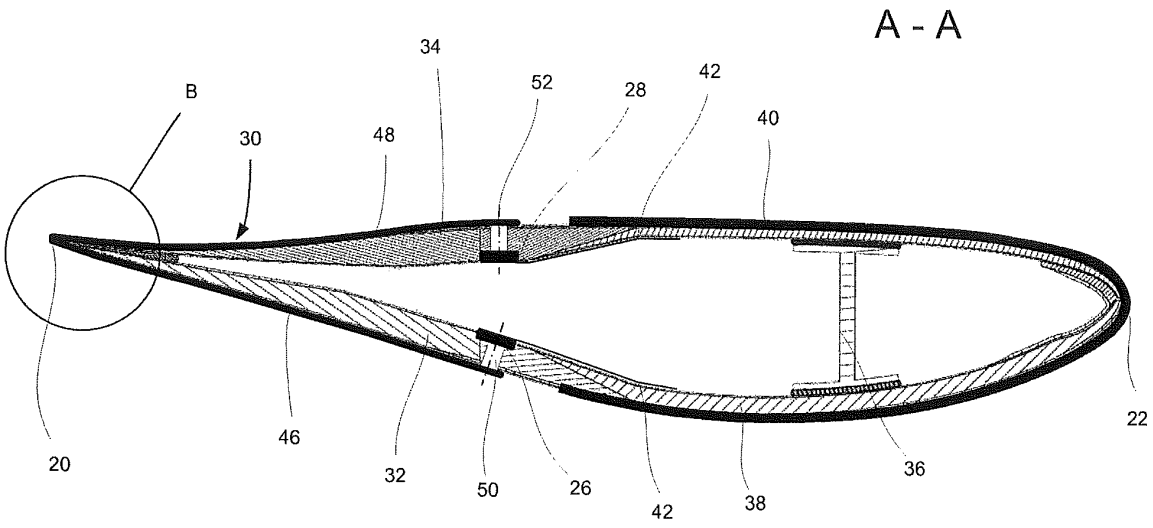

Fig. 3

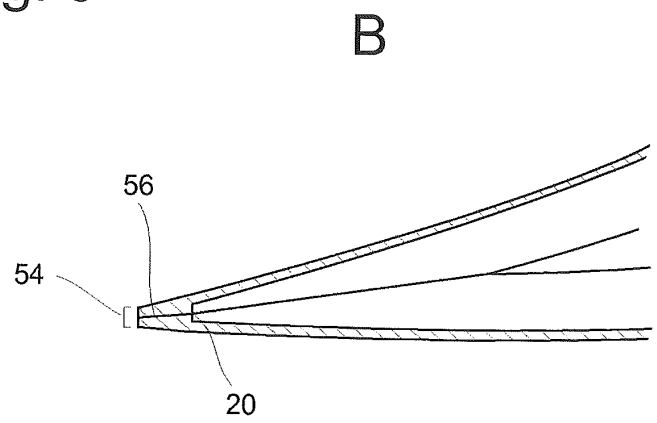
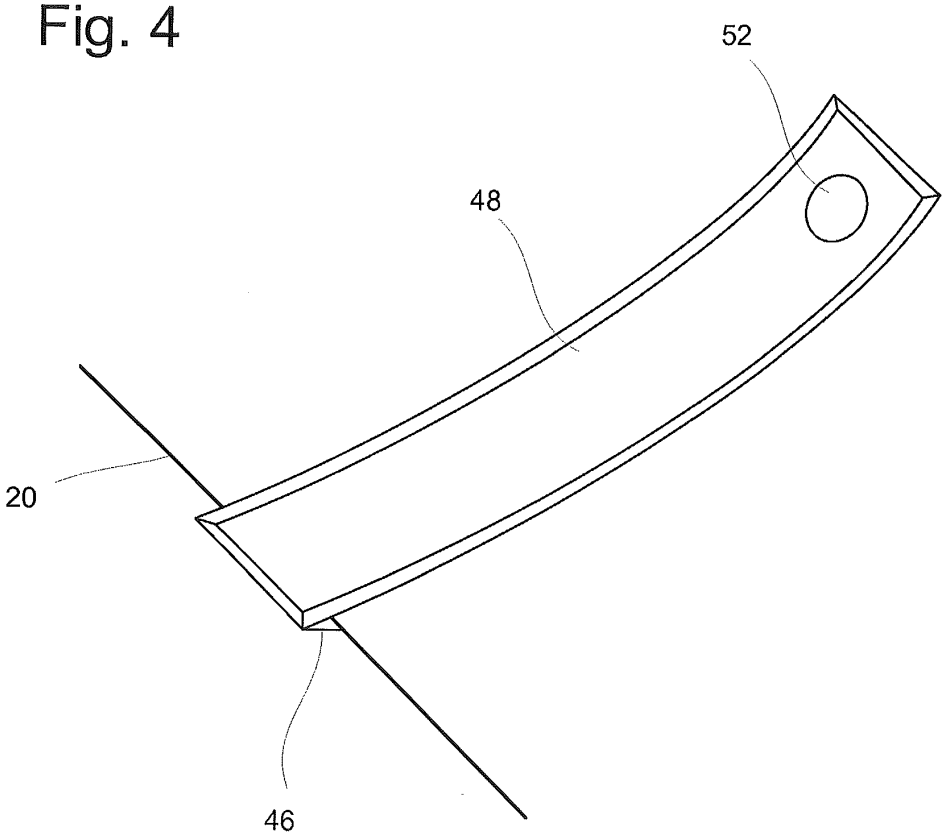
Fig. 4