

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 183**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2013** **E 13002688 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** **EP 2806160**

54 Título: **Pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo calefactor eléctrico y varios conductores de protección contra rayos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HENDRIK, KLEIN y
OHLERICH, NICK**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 637 183 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

Pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo calefactor eléctrico y varios conductores de protección contra rayos

5 La invención se refiere a una pala de rotor de aerogenerador con una raíz de pala de rotor, una punta de pala de rotor, un dispositivo calefactor eléctrico, un receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor y varios conductores de protección contra rayos que se extienden del receptor de rayos a la raíz de pala de rotor.

10 A causa de su gran altura constructiva, los aerogeneradores se ven afectados a menudo por el impacto de un rayo. El rayo impacta con mayor frecuencia en la zona de la punta de pala de rotor cuando la pala de rotor señala hacia arriba de manera inclinada o recta. A fin de impedir la destrucción de la pala de rotor debido al impacto de un rayo es conocido desde hace mucho tiempo disponer un receptor de protección contra rayos en la zona de la punta de pala de rotor y unirlo a un conductor de protección contra rayos. La corriente de un rayo, que impacta en el receptor de protección contra rayos, se descarga a continuación a través del conductor de protección contra rayos hacia la raíz de pala de rotor y desde aquí hacia el buje, pasando a través de la góndola y la torre, hasta llegar a tierra. Como conductor de protección contra rayos se disponen en primer lugar cables de cobre con una sección transversal relativamente grande dentro de la pala de rotor, en particular a lo largo de un larguero o alma de la pala de rotor.

20 Para contrarrestar una congelación de las palas de rotor se usan dispositivos calefactores eléctricos. Tales dispositivos están fabricados de un material conductor de electricidad y a través de los mismos circula durante el funcionamiento una corriente calefactora que produce un calentamiento del dispositivo calefactor. Los dispositivos calefactores de este tipo son estructuras adicionales, conductoras de electricidad, en o junto a la pala de rotor, que están dispuestas generalmente en una gran longitud más o menos en paralelo al conductor de protección contra rayos. Cuando un rayo impacta, las corrientes eléctricas con intensidades de corriente muy altas, que aumentan rápidamente, se descargan a través del conductor de protección contra rayos, lo que genera un campo magnético muy variable en el entorno del conductor de protección contra rayos sobre la base de la ley de Ampère-Maxwell. Por consiguiente, según la ecuación de Maxwell-Faraday se pueden inducir altas tensiones en el dispositivo calefactor eléctrico que dan como resultado diferencias de potencial entre el conductor de protección contra rayos y el dispositivo calefactor o entre el conductor de protección contra rayos y los conductores de corriente unidos al dispositivo calefactor. Estas diferencias de potencial pueden ascender a varios megavoltios en dependencia del gradiente de corriente y de las relaciones geométricas en la pala de rotor, por lo que se producen descargas entre el conductor de protección contra rayos y el dispositivo calefactor eléctrico o los conductores de corriente. Esto puede ocasionar averías en el dispositivo calefactor o en las estructuras contiguas de la pala de rotor e incluso daños irreparables.

40 Por el documento WO2006/051147A1 es conocida una pala de rotor de aerogenerador con una estructura portante, hecha de fibras de carbono, que no presenta un dispositivo calefactor eléctrico. Un conductor de protección contra rayos está unido a placas de metal en la estructura portante por medio de varios cables para una compensación de potencial entre el conductor de protección contra rayos y la estructura portante conductora de electricidad.

45 Por el documento WO2011/148049A1 es conocida una pala de rotor de aerogenerador con una estructura portante en forma de caja y con bordes de ataque de perfil y bordes de salida de perfil, unidos a la misma. En la zona de los bordes de ataque de perfil está situado un dispositivo calefactor eléctrico que presenta varios hilos calefactores. Hay además varios conductores de protección contra rayos distribuidos en la estructura portante en forma de caja y los bordes de ataque de perfil.

50 Por el documento EP1187988B1 es conocida una pala de rotor de aerogenerador con un conductor de protección contra rayos central, dispuesto aproximadamente en el centro de la pala de rotor. Un receptor de rayos, dispuesto en la zona de la punta de pala de rotor, está unido a este conductor de protección contra rayos central. En la zona del borde de ataque de perfil está situado un dispositivo calefactor eléctrico con varios elementos calefactores eléctricos que están unidos a dos líneas de conexión eléctricas, que discurren en dirección longitudinal de la pala de rotor, de modo que estos se pueden abastecer de una corriente calefactora. Los extremos de las líneas de conexión eléctricas, situados en el lado de la punta de pala de rotor, para los elementos calefactores están unidos al receptor de rayos mediante tramos de chispas. De este modo, una parte de la corriente del rayo se debe descargar a través de las líneas de conexión eléctricas de los elementos calefactores, por lo que éstas actúan al mismo tiempo como conductores de protección contra rayos. La diferencia de potencial entre las dos líneas de conexión debe ser siempre igual a cero o tan baja que los elementos calefactores no se puedan dañar a causa del impacto de un rayo.

60 Otro ejemplo es conocido por el documento EP1187988B1.

Partiendo de esto, el objetivo de la invención es poner a disposición una pala de rotor de aerogenerador con un dispositivo calefactor eléctrico y un conductor de protección contra rayos, que presente una protección mejorada contra rayos.

65 Este objetivo se consigue mediante la pala de rotor de aerogenerador con las características de la reivindicación 1.

Configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones secundarias subsiguientes.

La pala de rotor de aerogenerador tiene una raíz de pala de rotor, una punta de pala de rotor, un dispositivo calefactor eléctrico, un receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor y varios conductores de protección contra rayos que se extienden del receptor de rayos a la raíz de pala de rotor, y está caracterizada por que

- están presentes exactamente dos de los conductores de protección contra rayos,
- está presente al menos otro receptor de rayos dispuesto a una distancia de la punta de pala de rotor y unido a uno de los conductores de protección contra rayos y
- cada uno de los dos conductores de protección contra rayos está unido en una pluralidad de puntos entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor al dispositivo calefactor eléctrico de manera que conduce electricidad, por lo que al impactar un rayo se produce una compensación de potencial entre los dos conductores de protección contra rayos mediante el dispositivo calefactor eléctrico.

La pala de rotor de aerogenerador puede estar destinada para un aerogenerador con un rotor de eje horizontal. La pala puede estar fabricada de un material de plástico reforzado con fibras, por ejemplo, en un procedimiento de infusión al vacío. Puede estar ensamblada a partir de dos semiconchas de pala de rotor prefabricadas, en particular una semiconcha de pala de rotor en el lado de presión y una semiconcha de pala de rotor en el lado de succión. La pala de rotor de aerogenerador puede presentar una estructura portante con uno o varios cordones y una o varias almas dispuestas entre dos semiconchas o dos cordones. Alternativamente, la pala de rotor puede presentar como estructura portante central un larguero, por ejemplo, en forma de caja. Los elementos mencionados de la estructura portante, en particular los cordones, se pueden unir a las semiconchas de pala de rotor antes de ensamblarse las mismas para formar una pala de rotor. A tal efecto, estos se pueden prefabricar por separado e integrar en la misma al fabricarse las semiconchas. Alternativamente, se pueden fabricar junto con los demás componentes de las semiconchas, por ejemplo, mediante la inserción de fibras de refuerzo en los moldes de semiconchas.

En la raíz de pala de rotor de la pala de rotor de aerogenerador puede estar configurada una zona de conexión de pala para la unión con un buje de rotor, por ejemplo, una brida de fijación. La pala de rotor de aerogenerador presenta en la sección transversal un perfil aerodinámico con un borde de ataque de perfil y un borde de salida de perfil. La pala de rotor de aerogenerador puede presentar una longitud de, por ejemplo, 30 m o más, en particular 50 m o más.

Para prevenir una congelación o contrarrestar una congelación ya existente, la pala de rotor de aerogenerador presenta un dispositivo calefactor eléctrico. Éste se puede extender en una parte o a todo lo largo de la pala de rotor de aerogenerador. El dispositivo calefactor eléctrico está configurado para que una corriente eléctrica circule a través del mismo y lo caliente de esta manera. Éste puede estar situado en la zona del borde de ataque de perfil de la pala de rotor de aerogenerador. En particular, el dispositivo calefactor eléctrico se puede extender aproximadamente del borde de ataque de perfil a una zona de espesor máximo de perfil, tanto en el lado de presión como en el lado de succión de la pala de rotor de aerogenerador. El dispositivo calefactor eléctrico puede estar configurado para calentar más o menos de manera uniforme la superficie mencionada de la pala de rotor de aerogenerador. El dispositivo calefactor eléctrico puede estar dispuesto en una superficie aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador.

La pala de rotor de aerogenerador presenta un receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor. En este caso se puede tratar de un cuerpo metálico que forma una parte de la superficie de la pala de rotor de aerogenerador o está dispuesto muy cerca de esta superficie, por ejemplo, separado de la superficie solo por una capa de pintura. El receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor puede estar formado también por la propia punta de pala de rotor que en este caso está hecha preferentemente de metal. Alternativamente, pueden estar dispuestos receptores de protección contra rayos en el lado de succión y/o el lado de presión de la pala de rotor en la zona de la punta de pala de rotor. Tal receptor de rayos, que no incluye la propia punta de pala de rotor, se encuentra asimismo en la zona de la punta de pala de rotor y se puede extender directamente hasta la punta de pala de rotor o puede estar situado a una pequeña distancia de la punta de pala de rotor, por ejemplo, una distancia en el intervalo de 1 cm a 25 cm, en particular en el intervalo de 5 cm a 20 cm o en el intervalo de 10 cm a 15 cm. El término "distancia" significa en este caso y a continuación la distancia existente entre la punta de pala de rotor y aquel punto del receptor de rayos que está más cerca de la punta de pala de rotor. En general, se puede considerar que un receptor de rayos está dispuesto en la zona de la punta de pala de rotor, si su distancia respecto a la punta de pala de rotor es inferior a 25 cm, en particular inferior a 15 cm.

Varios conductores de protección contra rayos se extienden del receptor de rayos a la raíz de pala de rotor. Estos pueden estar dispuestos a una distancia uno de otro en toda su longitud entre el receptor de rayos y la raíz de pala de rotor. Los conductores de protección contra rayos pueden presentar en la zona de la raíz de pala de rotor una o varias conexiones a tierra que permiten crear una unión con los demás conductores de protección contra rayos en un buje de rotor, una góndola y/o una torre de un aerogenerador. De esta manera, la corriente de rayo de un rayo incidente se puede descargar a tierra por medio de los conductores de protección contra rayos. Los conductores de protección contra rayos están dimensionados de modo que pueden descargar las intensidades de corriente generadas durante el impacto de un rayo de, por ejemplo, 50 kA o más, sin destruirse. En este caso, la corriente del

rayo en la pala de rotor se puede distribuir en varios conductores o se puede descargar también esencialmente a través de solo uno de los conductores de protección contra rayos. Cuando la corriente del rayo se descarga a través de varios conductores, la corriente del rayo en los receptores de rayos y/o en la zona de la raíz de pala se puede concentrar en un pararrayos.

5 En la invención están presentes exactamente dos de los conductores de protección contra rayos. Cada uno de estos dos conductores de protección contra rayos está diseñado para descargar, dado el caso, también por sí solo la corriente de un rayo incidente, sin sufrir daños a causa de esto.

10 Al menos otro receptor de rayos está dispuesto a una distancia de la punta de pala de rotor y unido a uno de los conductores de protección contra rayos. El al menos otro receptor de rayos se encuentra por fuera de la zona de la punta de pala de rotor. Su distancia respecto a la punta de pala de rotor puede ser, por ejemplo, de 30 cm o más, por ejemplo, aproximadamente 50 cm o más. Mediante el al menos otro receptor de rayos se pueden descargar rayos que impactan a una distancia de la punta de pala de rotor. El uso de un receptor de rayos separado permite evitar un daño de la pala de rotor en esta zona. Un rayo, que impacta en el otro receptor de rayos, se descarga esencialmente a través del conductor de protección contra rayos unido al otro receptor de rayos. Es evidente que una parte de la corriente del rayo se puede descargar también a través del otro conductor de protección contra rayos.

20 Cada uno de los dos conductores de protección contra rayos está unido en una pluralidad de puntos entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor al dispositivo calefactor eléctrico de manera que conduce electricidad. En caso de impactar un rayo se puede llevar a cabo una compensación de potencial entre los dos conductores de protección contra rayos por medio del dispositivo calefactor eléctrico.

25 La invención se basa en el conocimiento de que en particular en palas de rotor de gran tamaño, que presentan varias estructuras conductoras de electricidad, es necesaria una compensación de potencial entre estas estructuras a fin de evitar daños debido a tensiones y corrientes que son inducidas en los componentes en cuestión por una corriente de rayo que aumenta bruscamente en pocos μs . En particular, los inventores han comprobado que para la compensación de potencial necesaria no se trata solo de una cuestión de alta conductibilidad térmica del elemento de compensación de potencial usado. Si la compensación de potencial se produce específicamente en una pluralidad de puntos a una distancia más o menos pequeña uno de otro, la pluralidad de uniones entre los dos conductores de protección contra rayos contribuye esencialmente a que se limiten las diferencias de potencial que se producen en un elemento de compensación de potencial individual. Los inventores han comprobado que tal compensación de potencial, producida en una pluralidad de puntos contiguos, no se puede llevar a cabo solo mediante cables u otros conductores con un ohmiaje correspondientemente bajo, sino también mediante dispositivos calefactores eléctricos que presentan un ohmiaje comparativamente alto debido al calentamiento previsto. Se comprobó sorprendentemente que la capacidad de carga de corriente de los dispositivos calefactores eléctricos aumentó temporalmente en presencia de cargas de corrientes generadas durante el impacto de un rayo. A esto contribuye en particular la alta resistencia a la temperatura de este tipo de dispositivos calefactores.

40 Una ventaja particular de la invención es que debido a la compensación de potencial producida por el dispositivo calefactor eléctrico se puede trabajar con receptores de rayos adicionales a una distancia de la punta de pala de rotor. Si un rayo impacta en tal receptor de rayos, tiene lugar forzosamente una distribución asimétrica de la corriente en los dos conductores de protección contra rayos, a diferencia del impacto de un rayo en un receptor de rayos situado en la punta de pala de rotor. Sin una compensación de potencial entre los dos conductores de protección contra rayos, esto puede dañar la pala de rotor de aerogenerador a causa de tensiones y corrientes inducidas. La compensación de potencial por medio del dispositivo calefactor eléctrico impide de manera fiable tal daño.

50 En una configuración, cada uno de los conductores de protección contra rayos está en contacto eléctrico con el dispositivo calefactor eléctrico a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico. En particular, secciones marginales o bordes del dispositivo calefactor eléctrico pueden estar unidos a los conductores de protección contra rayos, situados de manera contigua, de tal modo que se crea un contacto eléctrico continuo en una dirección longitudinal de los conductores de protección contra rayos. Está incluido asimismo un contacto eléctrico entre el dispositivo calefactor eléctrico y los conductores de protección contra rayos, situados de manera contigua, a pequeñas distancias de, por ejemplo, 10 cm o menos, en particular 1 cm o menos, lo que corresponde a un contacto eléctrico casi continuo a lo largo del dispositivo calefactor eléctrico. En cada caso se consigue una compensación de potencial particularmente efectiva entre los dos conductores de protección contra rayos.

60 En una configuración, el dispositivo calefactor eléctrico se puede abastecer de una corriente calefactora por medio de los dos conductores de protección contra rayos. Esto significa que la unión entre el dispositivo calefactor y los conductores de protección contra rayos está configurada de manera adecuada en este sentido y que los conductores de protección contra rayos están conectados a un dispositivo de suministro de corriente calefactora, están preparados o son adecuados para esto. Una ventaja de esta configuración radica en la construcción particularmente simple, en la que los dos conductores de protección contra rayos se usan a la vez tanto para descargar corrientes de rayo como para suministrar corriente al dispositivo calefactor eléctrico.

En una configuración, el dispositivo calefactor eléctrico está configurado de modo que una corriente calefactora, suministrada al mismo por medio de los dos conductores de protección contra rayos, fluye en transversal a una dirección longitudinal de la pala de rotor a través del dispositivo calefactor eléctrico. A tal efecto, el dispositivo calefactor eléctrico puede presentar, por ejemplo, un material plano en forma de lámina o también una pluralidad de fibras o alambres conductores de electricidad que están dispuestos de manera plana. La conductibilidad eléctrica del dispositivo calefactor en la dirección mencionada resulta particularmente ventajosa para una compensación de potencial efectiva.

En una configuración, uno de los conductores de protección contra rayos presenta un conductor metálico que discurre a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico. En el caso del conductor metálico se puede tratar, por ejemplo, de un perfil de metal macizo, un cable con un único conductor o con una pluralidad de conductores, tales como alambres o hilos, y con una sección transversal plana, angular o redonda. El conductor metálico puede estar hecho en particular de cobre. Es posible asimismo el uso de aluminio u otros metales que presenten una conductibilidad suficiente. El conductor metálico puede presentar una sección transversal de, por ejemplo, 25 mm² o más, en particular aproximadamente 50 mm² o más en caso de usarse cobre. El conductor de protección contra rayos puede estar compuesto exclusivamente de tal conductor metálico, aunque puede estar combinado también con otros elementos conductores de electricidad para formar el conductor de protección contra rayos.

En una configuración, la pala de rotor presenta un larguero principal conductor de electricidad que se extiende a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico, y el conductor de protección contra rayos o una parte del mismo se forma mediante el larguero principal conductor de electricidad. El larguero principal conductor de electricidad puede presentar en particular un material de fibra de carbono. Éste forma una parte de una estructura portante que absorbe las cargas mecánicas esenciales de la pala de rotor de aerogenerador. El conductor de protección contra rayos puede estar formado exclusivamente por el larguero principal en toda su longitud o en toda la longitud del dispositivo calefactor eléctrico. Alternativamente, puede estar combinado con otros materiales conductores de electricidad para formar el conductor de protección contra rayos. El uso de un larguero principal conductor de electricidad como conductor de protección contra rayos o su integración en el conductor de protección contra rayos es ventajoso, porque en este caso no es necesaria una compensación de potencial separada entre el conductor de protección contra rayos y el larguero principal. Desde un principio se descartan problemas adicionales por inducción de tensiones o corrientes en el larguero principal durante la descarga de una corriente de rayo a través de un conductor de protección contra rayos situado de manera contigua al larguero principal. Al mismo tiempo se puede prescindir de conductores de protección contra rayos adicionales o de líneas de conexión eléctricas para el dispositivo calefactor.

En una configuración, el larguero principal presenta un lado exterior, dirigido hacia una superficie aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador, estando en contacto eléctrico una primera sección del lado exterior, que se extiende en forma de banda en una dirección longitudinal de la pala de rotor, con el dispositivo calefactor eléctrico y estando separada una segunda sección del lado exterior respecto al dispositivo calefactor eléctrico por una capa de material aislante de electricidad. En particular puede haber un contacto eléctrico directo entre la primera sección del lado exterior y el dispositivo calefactor eléctrico. La capa de material aislante de electricidad puede presentar, por ejemplo, una sola capa o varias capas de un material de plástico reforzado con fibras de vidrio, a partir del que están fabricadas partes de la semiconcha de pala de rotor combinada con el larguero principal. La segunda sección del lado exterior del larguero principal puede tener también forma de banda y discurrir en dirección longitudinal de la pala de rotor. Mediante el tipo de contacto mencionado se consigue que el suministro de corriente al dispositivo calefactor eléctrico se realice a través del larguero principal específicamente en la zona de la primera sección del lado exterior del larguero principal. Como resultado de esto, el dispositivo calefactor puede generar el efecto calefactor deseado en la zona de la segunda sección del lado exterior.

En una configuración, el conductor de protección contra rayos se forma en la zona del dispositivo calefactor eléctrico mediante el larguero principal y un conductor metálico, situado de manera contigua. Los dos elementos están en contacto eléctrico entre sí y forman conjuntamente uno de los dos conductores de protección contra rayos. Es evidente que los dos conductores de protección contra rayos pueden estar configurados también de esta manera, lo que es válido asimismo para las configuraciones explicadas antes y a continuación. El conductor metálico adicional puede aumentar la capacidad portante de corriente del conductor de protección contra rayos combinado. Además, permite simplificar el contacto eléctrico del dispositivo calefactor que se puede realizar por medio del conductor metálico. En particular, el conductor metálico se puede extender a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico y/o del larguero principal. Si el larguero principal finaliza a una distancia de la punta de pala de rotor, el conductor metálico se puede extender más allá del larguero principal hasta el receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor.

En una configuración, entre el larguero principal y el conductor metálico, situado de manera contigua, está dispuesta una rejilla de metal. La rejilla de metal puede ser, por ejemplo, una malla, estructura o tejido de alambre a partir de alambres de cobre o hilos de cobre. Ésta favorece un contacto eléctrico del larguero principal en una gran superficie y evita así daños a causa de una descarga no uniforme de la corriente del rayo.

En una configuración, el dispositivo calefactor eléctrico presenta un material de fibra de carbono. En principio, el dispositivo calefactor eléctrico puede estar hecho también de un material metálico, en particular de alambres de

resistencia, o de una lámina con una resistencia eléctrica definida. El uso de un material de fibra de carbono se caracteriza por una integración particularmente fácil en la estructura y los procesos de fabricación de la pala de rotor de aerogenerador.

5 En una configuración, una unión entre uno de los conductores de protección contra rayos y el receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor y/o el al menos otro receptor de rayos y/o una conexión a tierra en la zona de la raíz de pala de rotor presenta un tramo de chispas y/o un tubo de conmutación al vacío. Una unión correspondiente entre el otro conductor de protección contra rayos respectivamente y los demás elementos mencionados puede estar configurada de la misma manera. Otros componentes, posibles de usar como descargadores de sobretensión, se pueden usar asimismo para la unión. El tramo de chispas y/o el tubo de conmutación al vacío u otro descargador de sobretensión correspondiente garantizan un aislamiento eléctrico entre los elementos mencionados por debajo de una diferencia de potencial predefinida. Por consiguiente, los conductores de protección contra rayos se pueden usar fácilmente para suministrar corriente al dispositivo calefactor eléctrico con tensiones de servicio en el intervalo de, por ejemplo, 400 V o más, en particular hasta 1000 V. En presencia de tensiones superiores, por ejemplo, de varios megavoltios, como ocurre al impactar un rayo, se producen descargas y la corriente del rayo se puede descargar por medio del tramo de chispas y/o del tubo de conmutación al vacío o de los demás descargadores de sobretensión.

20 La unión entre uno de los conductores de protección contra rayos y el receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor y/o el al menos otro receptor de rayos puede estar configurada también como banda de desviación segmentada (diverter strip). Una banda de desviación segmentada puede presentar una pluralidad de conductores dispuestos a distancias uno de otro, por ejemplo, bloques o chapas de metal como el cobre o el aluminio, situados en particular sobre un material de soporte aislante de electricidad, tal como una banda adhesiva. Las bandas de desviación pueden estar dispuestas sobre la superficie de la pala de rotor y unidas a la misma por arrastre de material. Esto posibilita un montaje fácil de los descargadores de sobretensión y un acceso fácil a los mismos, sin provocar grandes cambios en el contorno de la pala de rotor. En particular, con la banda de desviación segmentada es posible superar una distancia entre un conductor de protección contra rayos y un receptor de rayos, en particular una distancia entre un extremo, situado en la punta de pala, de un conductor de protección contra rayos en la zona de un extremo, situado en el lado de la punta de pala, del dispositivo calefactor y el receptor de rayos en la zona de la punta de pala de rotor.

35 En una configuración, uno de los dos conductores de protección contra rayos está dispuesto en un lado de presión y el otro de los dos conductores de protección contra rayos está dispuesto en un lado de succión de la pala de rotor. Los receptores de rayos, dispuestos en ambos lados de la pala de rotor de aerogenerador, están unidos a un conductor de protección contra rayos respectivamente, de modo que se puede evitar un daño en caso de impactar un rayo en el lado alejado de un receptor de rayos.

40 En una configuración, todos los receptores de rayos existentes están dispuestos a una distancia de 20 % o menos de la longitud de la pala de rotor respecto a la punta de pala de rotor. En particular, todos los receptores de rayos pueden estar dispuestos a una distancia de 15 % o menos o incluso de solo 10 % o menos de la longitud respecto a la punta de pala de rotor. La experiencia demuestra que un rayo impacta con particular frecuencia en estas zonas de la pala de rotor cercanas a la punta de pala de rotor y que es muy importante equipar la pala de rotor con receptores de rayos adicionales en estas zonas.

45 La invención se explica detalladamente a continuación por medio de varios ejemplos de realización representados en las figuras. Muestran:

50 Fig. 1 una pala de rotor, según la invención, en una vista simplificada en perspectiva;
 Fig. 2 un corte transversal a través de la pala de rotor de la figura 1 en el punto identificado con A-A, en una representación esquemática simplificada;
 Fig. 3 un corte transversal a través de otra pala de rotor de aerogenerador con dos largueros principales conductores de electricidad, en una representación esquemática simplificada;
 Fig. 4 un corte transversal a través de otra pala de rotor de aerogenerador con dos conductores de protección contra rayos que presentan respectivamente un conductor metálico y un larguero principal conductor de electricidad, en una representación esquemática simplificada; y.
 55 Fig. 5 un corte transversal a través de otra pala de rotor de aerogenerador, en el que una rejilla metálica está dispuesta entre el larguero principal y el conductor metálico, también en una representación esquemática simplificada.

60 La pala de rotor de aerogenerador 10, mostrada en la figura 1, presenta una punta de pala de rotor 12 y una raíz de pala de rotor 14. En la zona de la punta de pala de rotor 12 está dispuesto un receptor de protección contra rayos 16 que forma la punta de pala de rotor 12. La pala de rotor 10 presenta un lado de presión 26 dirigido hacia el observador y un lado de succión 28 opuesto al observador.

65 En la zona del borde de ataque de perfil de la pala de rotor 10 está situado un dispositivo calefactor eléctrico 18. Éste presenta un extremo 20 en la punta de pala de rotor y un extremo 22 en la raíz de pala de rotor y se extiende

en una gran parte de la longitud de la pala de rotor 10, hasta cerca de la punta de pala de rotor 12.

La figura 1 muestra además un primer conductor de protección contra rayos 24 que presenta un conductor metálico. Éste se extiende de la raíz de pala de rotor 14 hasta la punta de pala de rotor 12 y está unido aquí al receptor de protección contra rayos 16. Como muestra la figura, el primer conductor de protección contra rayos 24 discurre esencialmente de manera contigua a un borde del dispositivo calefactor eléctrico 18, que está situado en el lado de presión 26. Aquí se encuentra unido de manera conductora al dispositivo calefactor eléctrico 18 en una pluralidad de puntos.

Un segundo conductor de protección contra rayos 30 se extiende asimismo de la raíz de pala de rotor 14 a la punta de pala de rotor 12 y está unido aquí al receptor de rayos 16. Dicho conductor discurre en el lado de succión 28 de la pala de rotor de aerogenerador 10 y está situado en la zona del dispositivo calefactor eléctrico 18 de manera contigua a un borde del dispositivo calefactor eléctrico 18, que está situado en el lado de succión 28, y está unido aquí de manera conductora al dispositivo calefactor eléctrico 18 en una pluralidad de puntos.

En el lado de presión 26 a una distancia de 10 % aproximadamente de la longitud total de la pala de rotor respecto a la punta de pala de rotor 12 se encuentra otro receptor de rayos 52 que está unido al primer conductor de protección contra rayos 24 para conducir electricidad. En el lado de succión 28 se encuentra también un receptor de rayos en la misma posición, que está unido al segundo conductor de protección contra rayos (no representado).

Otros detalles se derivan de las representaciones en corte transversal de las figuras 2 a 5. La figura 2 muestra el lado de presión 26 y el lado de succión 28 de la pala de rotor de aerogenerador 10 de la figura 1 en corte transversal. Se observa el borde de salida de perfil 54 y el borde de ataque de perfil 32. La posición del espesor máximo de perfil 34 está indicada con una línea discontinua 34. El dispositivo calefactor eléctrico 18 se extiende del primer conductor de protección contra rayos 24 en el lado de presión 26 hacia adelante alrededor del borde de ataque de perfil 32 y desde aquí en el lado de succión 28 hacia el segundo conductor de protección contra rayos 30.

Las zonas marginales del dispositivo calefactor eléctrico 18, situadas en el área del primer conductor de protección contra rayos 24 y del segundo conductor de protección contra rayos 30, están unidas respectivamente a uno de los conductores de protección contra rayos. Éstas se abastecen de una corriente calefactora eléctrica por medio de estos conductores de protección contra rayos 24, 30. El dispositivo calefactor eléctrico 18 produce simultáneamente una compensación de potencial en caso de impactar un rayo debido a la unión eléctrica mencionada con los dos conductores de protección contra rayos 24, 30. El dispositivo calefactor eléctrico 18 está unido a los dos conductores de protección contra rayos 24, 30 no solo en la posición de sección transversal mencionada, sino de manera continua a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico 18. Los dos conductores de protección contra rayos 24, 30 están fabricados a partir de conductores de cobre con una superficie de sección transversal total de al menos 50 mm².

En el ejemplo de realización de la figura 3, la pala de rotor presenta dos largueros principales 36, 38 conductores de electricidad, que están fabricados esencialmente de un material de plástico reforzado con fibras de carbono. En el lado de presión 26 está dispuesto un primer larguero principal 36 y en el lado de succión 28, un segundo larguero principal 38. Los demás elementos, mostrados con una línea continua más gruesa, de las semiconchas ensambladas para formar la pala de rotor están fabricados esencialmente de un material de plástico reforzado con fibras de carbono que es un aislante eléctrico. El dispositivo calefactor eléctrico 18 se extiende en la misma zona de la sección transversal como se explica por medio de la figura 2. Sin embargo, a diferencia de la figura 2 no hay conductores metálicos que formen los dos conductores de protección contra rayos. En su lugar, el larguero principal 36 en el lado de presión forma el primer conductor de protección contra rayos 24 y el larguero principal 38 en el lado de succión forma el segundo conductor de protección contra rayos 30.

Cada uno de los dos largueros principales 36, 38 presenta un lado exterior, dirigido hacia una superficie aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador. Una primera sección 40 de este lado exterior respectivamente está en contacto eléctrico con una sección marginal del dispositivo calefactor eléctrico 18 y una segunda sección 42 de este lado exterior respectivamente está aislada eléctricamente del dispositivo calefactor eléctrico 18 por medio del material de plástico, reforzado con fibras de carbono, de la semiconcha de pala de rotor. De este modo, al suministrarse una corriente calefactora eléctrica, la corriente calefactora eléctrica circula a través del dispositivo calefactor eléctrico 18 a través de los dos largueros principales 36, 38 respectivamente a partir de sus secciones marginales que están en contacto en las primeras secciones 40.

En el ejemplo de realización de la figura 4 están presentes asimismo dos largueros principales 36, 38 conductores de electricidad. Tales largueros están combinados con conductores metálicos 44, 46, cuya disposición corresponde a los conductores metálicos del primer conductor de protección contra rayos 24 y del segundo conductor de protección contra rayos 30 de la figura 2. La combinación del larguero principal 36 en el lado de presión y del conductor metálico 44 forma un primer conductor de protección contra rayos 24. La combinación del larguero principal 38 en el lado de succión y del conductor metálico 46 forma el segundo conductor de protección contra rayos 30. Por tanto, en este ejemplo de realización hay también exactamente dos conductores de protección contra rayos 24, 30. Otros elementos conductores de electricidad, que contribuyan a descargar una corriente de rayo de

una manera no insignificante, no están presentes al igual que en los demás ejemplos de realización.

5 En el ejemplo de realización de la figura 5 se muestra esencialmente una disposición, correspondiente a la figura 4, de dos largueros principales 36, 38 conductores de electricidad y de conductores metálicos 44, 46 unidos a los mismos. Para conseguir un contacto de los largueros principales 36, 38 en una mayor superficie está dispuesta en cada caso una rejilla metálica 48, 50 entre estos elementos.

10 Es evidente que en los ejemplos de realización 4 y 5, el contacto eléctrico entre el dispositivo calefactor 18 y los conductores de protección contra rayos combinados a partir de los elementos mencionados se puede llevar a cabo exclusivamente mediante los conductores metálicos 44, 46. Las secciones del dispositivo calefactor eléctrico, situadas de manera contigua al respecto, por encima o por debajo de los largueros principales 36, 38 o de las rejillas metálicas 48, 50 pueden estar separadas en este caso por una capa de aislamiento eléctrico.

15 En la figura 5, las estructuras conductoras de electricidad, es decir, el dispositivo calefactor eléctrico 18, los conductores metálicos 44, 46, los largueros principales 36, 38 y las rejillas metálicas 50 en el ejemplo, configuran conjuntamente un tipo de jaula de Faraday, en la que incluso al impactar un rayo se presentan solo pequeñas diferencias de potencial. El espacio sin tensión 56, resultante en caso de una consideración idealizada, aparece representado en la figura. Éste es adecuado particularmente para alojar otras líneas eléctricas que son necesarias, por ejemplo, para la conexión de unidades instaladas en la pala de rotor, tales como sensores o actuadores, porque
20 las líneas dispuestas en el espacio sin tensión 56 y las unidades unidas a las mismas no se dañan a causa de la inducción electromagnética al impactar un rayo.

Lista de los números de referencia usados

25	10	Pala de rotor de aerogenerador
	12	Punta de pala de rotor
	14	Raíz de pala de rotor
	16	Receptor de rayos
	18	Dispositivo calefactor eléctrico
30	20	Extremo en el lado de la punta de pala de rotor
	22	Extremo en el lado de la raíz de pala de rotor
	24	Primer conductor de protección contra rayos
	26	Lado de presión
	28	Lado de succión
35	30	Segundo conductor de protección contra rayos
	32	Borde de ataque de perfil
	34	Espesor máximo de perfil
	36	Larguero principal en el lado de presión
	38	Larguero principal en el lado de succión
40	40	Primera sección
	42	Segunda sección
	44	Conductor metálico
	46	Conductor metálico
	48	Rejilla metálica
45	50	Rejilla metálica
	52	Otro receptor de rayos
	54	Borde de salida de perfil
	56	Espacio sin tensión

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pala de rotor de aerogenerador (10) con una raíz de pala de rotor (14), una punta de pala de rotor (12), un dispositivo calefactor eléctrico (18), un receptor de rayos (16) en la zona de la punta de pala de rotor (12) y varios conductores de protección contra rayos (24, 30) que se extienden del receptor de rayos (16) a la raíz de pala de rotor (14), **caracterizada por que**:
- están presentes exactamente dos de los conductores de protección contra rayos (24, 30),
 - está presente al menos otro receptor de rayos (52) dispuesto a una distancia de la punta de pala de rotor (12) y unido a uno de los conductores de protección contra rayos (24, 30) y
 - cada uno de los conductores de protección contra rayos (24, 30) está unido en una pluralidad de puntos entre la raíz de pala de rotor (14) y la punta de pala de rotor (12) al dispositivo calefactor eléctrico (18) de manera que conduce electricidad, por lo que al impactar un rayo se produce una compensación de potencial entre los dos conductores de protección contra rayos (24, 30) mediante el dispositivo calefactor eléctrico (18).
- 10 2. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** cada uno de los conductores de protección contra rayos (24, 30) está en contacto eléctrico con el dispositivo calefactor eléctrico (18) a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico (18).
- 15 3. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** el dispositivo calefactor eléctrico (18) se puede abastecer de una corriente calefactora por medio de los dos conductores de protección contra rayos (24, 30).
- 20 4. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** el dispositivo calefactor eléctrico (18) está configurado de modo que una corriente calefactora, suministrada al mismo por medio de los dos conductores de protección contra rayos (24, 30), fluye en transversal a una dirección longitudinal de la pala de rotor a través del dispositivo calefactor eléctrico (18).
- 25 5. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** uno de los conductores de protección contra rayos (24, 30) presenta un conductor metálico (44, 46) que discurre a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico (18).
- 30 6. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la pala de rotor presenta un larguero principal (36, 38) conductor de electricidad que se extiende a todo lo largo del dispositivo calefactor eléctrico (18), y por que el conductor de protección contra rayos (24, 30) o una parte del mismo se forma mediante el larguero principal conductor de electricidad.
- 35 7. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada por que** el larguero principal (36, 38) presenta un lado exterior, dirigido hacia una superficie aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador (10), estando en contacto eléctrico una primera sección (40) del lado exterior, que se extiende en forma de banda en una dirección longitudinal de la pala de rotor, con el dispositivo calefactor eléctrico (18) y estando separada una segunda sección del lado exterior (42) respecto al dispositivo calefactor eléctrico (18) por una capa de material aislante de electricidad.
- 40 8. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizada por que** el conductor de protección contra rayos (24, 30) está formado en la zona del dispositivo calefactor eléctrico (18) por el larguero principal (36, 38) y un conductor metálico (44, 46) situado de manera contigua.
- 45 9. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada por que** entre el larguero principal (36, 38) y el conductor metálico (44, 46), situado de manera contigua, está dispuesta una rejilla de metal (48, 50).
- 50 10. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada por que** el dispositivo calefactor eléctrico (18) presenta un material de fibra de carbono.
- 55 11. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada por que** una unión entre uno de los conductores de protección contra rayos (24, 30) y el receptor de rayos (16) en la zona de la punta de pala de rotor (12) y/o el al menos otro receptor de rayos (52) y/o una conexión a tierra en la zona de la raíz de pala de rotor (14) presenta un tramo de chispas y/o un tubo de conmutación al vacío.
- 60 12. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada por que** uno de los dos conductores de protección contra rayos (24, 30) está dispuesto en un lado de presión (26) y el otro de los dos conductores de protección contra rayos (24, 30) está dispuesto en un lado de succión (28) de la pala de rotor.
- 65 13. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada por que**

están presentes al menos otros dos receptores de rayos (52), de los que uno está dispuesto en un lado de presión (26) y el otro, en un lado de succión (28) de la pala de rotor.

- 5 14. Pala de rotor de aerogenerador (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** todos los receptores de rayos (16, 52) existentes están dispuestos a una distancia de 20 % o menos de la longitud de la pala de rotor respecto a la punta de pala de rotor (12).

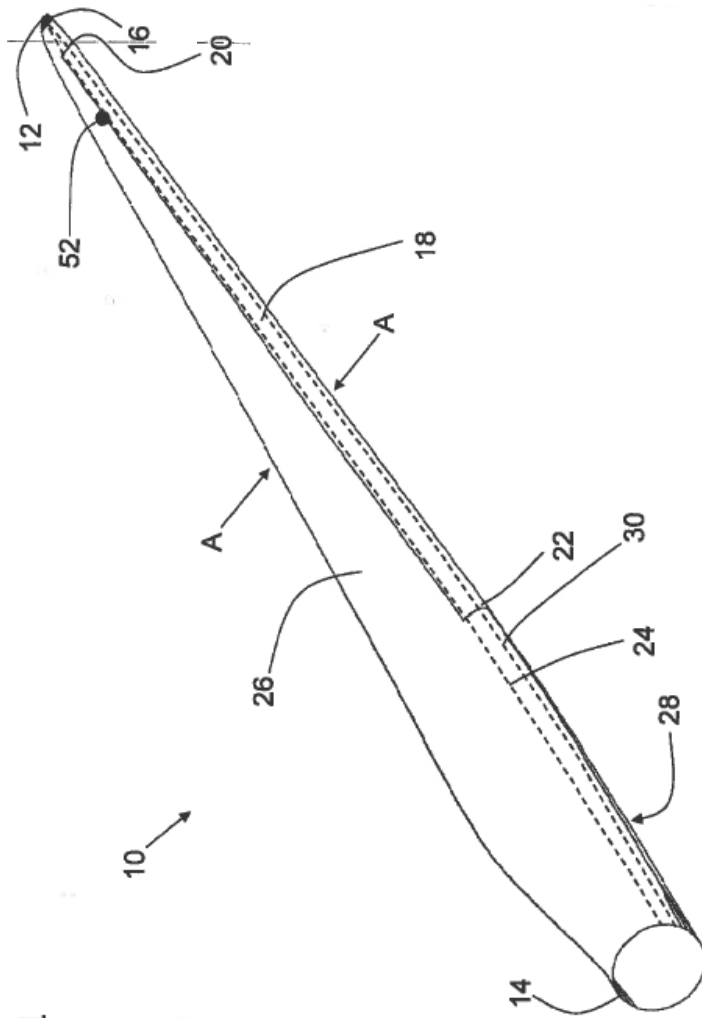


Fig. 1

