

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 099**

51 Int. Cl.:

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: **26.06.2015** E 15174151 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018** EP 3109465

54 Título: **Pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.03.2019

73 Titular/es:
**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:
**JACOB, DANELA;
SACHSE, KONRAD y
RUNGE, INES**

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 704 099 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).

DESCRIPCION

Pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica

5 La invención se refiere a una pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica para el calentamiento de una zona de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica y con un sensor de temperatura. A través de la alimentación de energía eléctrica hacia la instalación de calefacción eléctrica se puede eliminar un hielo existente en la pala del rotor y/o se puede prevenir una amenaza de helada. Para el control de la alimentación de energía, una turbina eólica puede presentar equipada con la pala de rotor de turbina eólica puede presentar un control, que está conectado con el sensor de temperatura, de manera que se puede supervisar una temperatura actual.

10 Ya se conoce a partir del documento WO 2012/164167 A1 una pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica, que presenta una estera de calefacción que se extiende en la dirección longitudinal de la pala de rotor, que es alimentada a través de conexiones eléctricas especiales con una corriente de calefacción eléctrica, que circula en la dirección longitudinal de la pala de rotor a través de la estera de calefacción.

15 A partir del documento EP 2 738 383 A1 se conoce una pala de rotor de turbina eólica con un elemento de calefacción eléctrica, que presenta de la misma manera una estera de calefacción atravesada por la corriente en dirección longitudinal. La anchura de la estera de calefacción varía sobre su longitud, para conseguir una potencia superficial adaptada a la necesidad de potencia de calefacción.

20 Se conoce a partir del documento WO 2014/023734 A1 una pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica, que presenta una pluralidad de secciones de calefacción que se extienden de forma sinusoidal, ondulada o en zigzag. A través de la variación de una amplitud y/o de una longitud de las ondas de las secciones de calefacción debe poder variarse por secciones una potencia de la superficie del dispositivo de calefacción.

25 Se conoce a partir del documento EP 2 843 228 A1 una pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica, cuyos elementos calefactores son atravesados por una corriente de calefacción eléctrica esencialmente transversales a una dirección longitudinal de la pala del rotor. Los elementos calefactores presentan haces de fibras conductoras de electricidad, cuya longitud se puede variar con relación a una longitud del elemento calefactor respectivo a través de diferentes disposiciones curvadas, para poder influir sobre una potencia de la superficie.

30 Una dificultad especial en el funcionamiento de tales instalaciones de calefacción consiste en establecer en toda la zona relevante de la superficie una diferencia de temperatura suficiente con respecto al medio ambiente, para conseguir de una manera fiable el efecto deseado, sin que se produzca un consumo de energía irrazonablemente alto y/o un calentamiento local excesivo. Si se eleva la temperatura por encima de un valor máximo determinado dependiente de los materiales empleados, se puede producir un daño duradero, eventualmente irreparable de la pala de rotor.

35 Instalaciones de calefacción eléctrica conocidas para pala de rotor de turbina eólica abordan esta dificultad con una pluralidad de sensores de temperatura, que están dispuestos en diferentes zonas de la instalación de calefacción para supervisar la temperatura en una superficie grande. En este caso, se dispone, en general, al menos un sensor de temperatura cerca de la punta de la pala, donde debido a las velocidades de la circulación especialmente altas existe una necesidad relativamente grande de potencia de calefacción y está disponible una potencia alta de la superficie, que implica un riesgo especialmente alto de calentamiento excesivo.

40 La disposición de sensores de temperatura cerca de la punta de la pala está unida, sin embargo, de la misma manera con inconvenientes especiales. Por una parte, las potencias eléctricas necesarias para el funcionamiento del sensor de temperatura, que se extienden hasta cerca de la punta de la pala, elevan el riesgo de un daño de la pala de rotor a través de un impacto de rayo y hacen necesarias medidas costosas de protección contra rayos. Por otra parte, la zona cerca de la punta de la pala no es accesible ya desde el interior después de la fabricación de la pala de rotor. Los trabajos de reparación sólo se pueden realizar todavía desde el exterior, a cuyo fin deben crearse aberturas de mantenimiento especiales en la pala de rotor. Cualquier mantenimiento o reparación de un sensor de temperatura cerca de la punta de la pala va unido, por lo tanto, con costes muy altos.

45 La disposición de sensores de temperatura cerca de la punta de la pala está unida, sin embargo, de la misma manera con inconvenientes especiales. Por una parte, las potencias eléctricas necesarias para el funcionamiento del sensor de temperatura, que se extienden hasta cerca de la punta de la pala, elevan el riesgo de un daño de la pala de rotor a través de un impacto de rayo y hacen necesarias medidas costosas de protección contra rayos. Por otra parte, la zona cerca de la punta de la pala no es accesible ya desde el interior después de la fabricación de la pala de rotor. Los trabajos de reparación sólo se pueden realizar todavía desde el exterior, a cuyo fin deben crearse aberturas de mantenimiento especiales en la pala de rotor. Cualquier mantenimiento o reparación de un sensor de temperatura cerca de la punta de la pala va unido, por lo tanto, con costes muy altos.

50 Se conoce a partir del documento EP 2 826 993 A1 una pala de rotor de turbina eólica con un sistema de deshielo, que presenta una pluralidad de elementos calefactores que pueden ser activados de una manera separada unos de los otros. Los elementos calefactores pueden presentar en cada caso un sensor de temperatura para registrar una curva de tiempo de la temperatura durante el calentamiento del elemento calefactor respectivo. Si sólo se acciona un elemento de calefacción próximo a la raíz de la pala, la pala de rotor corresponde a las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Se conocen a partir de las publicaciones CN 101886617 B y CN 103161689 B otras palas de rotor de turbina eólica con varios elementos calefactores y sensores de temperatura.

5 Se conoce a partir del documento WO 2011/127997 A1 una pala de rotor de turbina eólica con una estera de calefacción, que circula en la dirección longitudinal de la pala de rotor. Se extiende en forma de lazo desde la raíz de la pala hacia la punta de la pala y de retorno.

10 Se conoce a partir de la publicación EP 2 826 993 A1 una pala de rotor de turbina eólica con un sistema de deshielo, que presenta una pluralidad de elementos calefactores que pueden ser activados de una manera separada unos de los otros. Los elementos calefactores pueden presentar en cada caso un sensor de temperatura, en particular para detectar un desarrollo temporal de la temperatura durante el calentamiento de del elemento de calefacción respectivo. Si se acciona solamente un elemento calefactor próximo a la raíz de la pala, la pala de rotor corresponde a las características del preámbulo de la reivindicación 1.

15 Se conocen a partir de las publicaciones CN 101886617 B y CN 103161689 B otras palas de rotor de turbina eólica con varios elementos de calefacción y sensores de temperatura.

20 Se conoce a partir de la publicación WO 2011/127997 A1 una pala de rotor de turbina eólica con una estera de calefacción, que se extiende en la dirección longitudinal de la pala de rotor. Se extiende en forma de lazo desde la raíz de la pala hacia la punta de la pala y de retorno.

Partiendo de allí, el cometido de la invención es proporcionar una pala de rotor de turbina eólica con una instalación de calefacción eléctrica, que puede ser accionada de una manera fiable y segura sin un sensor de temperatura cerca de la punta de la pala.

25 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.

30 La pala de rotor de turbina eólica tiene una instalación de calefacción eléctrica para el calentamiento de una zona de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica y un sensor de temperatura, en la que la instalación de calefacción eléctrica está diseñada de tal forma que en el funcionamiento de la instalación de calefacción se consigue una temperatura máxima en una sección próxima a la raíz de la pala de la zona de la superficie, en la que está dispuesto el sensor de temperatura.

35 La zona calefactable de la superficie se puede extender sobre una parte de toda la superficie de la pala de rotor de turbina eólica, en particular sobre una sección longitudinal de la pala de rotor, que se extiende desde una posición media del radio hasta cerca de una punta de la pala o hasta la punta de la pala. La posición media del radio puede estar dispuesta a una distancia desde una raíz de la pala, en particular en un intervalo de aproximadamente 30 % aproximadamente 70 % de un radio de un rotor equipado con la pala de rotor de turbina eólica, como se mide habitualmente a partir de un eje de giro del rotor. La zona calefactable de la superficie puede incluir en particular un canto saliente del perfil en la sección longitudinal respectiva de la pala de rotor. Se puede extender desde el canto saliente del perfil en la dirección de la circulación hacia atrás hasta un canto extremo del perfil o puede terminar a una distancia del mismo sobre el lado de la presión y sobre el lado de aspiración, por ejemplo en un intervalo entre 10 % y 90 % de una cuerda del perfil, medido desde el canto saliente del perfil.

45 Una alimentación de temperatura para la instalación de calefacción eléctrica se puede controlar con un control, que está dispuesto, por ejemplo, fuera de la pala de rotor de turbina eólica, tal vez en un cubo de rotor o de una góndola de una turbina eólica equipada con la pala de rotor de turbina eólica. El control puede ofrecer en el caso más sencillo una posibilidad para la desconexión y la conexión de la instalación de calefacción. De la misma manera es posible un control o regulación de la potencia eléctrica provistos con dos o más fases de potencia. El sensor de temperatura se conecta con el control, de manera que la alimentación de energía se puede controlar teniendo en cuenta una temperatura detectada por el sensor de temperatura.

55 En la invención, el sensor de temperatura está dispuesto en una sección próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica. Con ello se entiende una sección que se encuentra a una distancia considerable desde la punta de la pala o bien desde el extremo del lado de la punta de la pala de la zona calefactable de la superficie. La sección próxima a la raíz de la pala puede presentar una distancia tanto desde la raíz de la pala como también desde un extremo en el lado de la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie. Se encuentra, sin embargo, tan cerca de la raíz de la pala que son posibles trabajos de mantenimiento dado el caso necesarios en la zona del sensor de temperatura más fácilmente que en la disposición habitual de un sensor de temperatura cerca de la punta de la pala.

60 En la sección próxima a la raíz de la pala pueden estar dispuestos opcionalmente también varios sensores de temperatura, en particular para obtener, además, datos expresivos en el caso de una avería del sensor de temperatura. Fuera de la sección próxima a la raíz de la pala, en particular en una zona próxima a la punta de la

pala, la pala de rotor de turbina eólica no presenta con preferencia ningún sensor de temperatura.

En la invención, la instalación de calefacción eléctrica está diseñada de tal forma que en el funcionamiento de la instalación de calefacción se consigue una temperatura máxima en la sección próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica. Qué distribución de la temperatura se ajusta en el funcionamiento de la turbina eólica en la zona calefactable de la superficie y/o en la sección próxima a la raíz de la pala, depende de varios factores de influencia. Son decisivas la alimentación de calor local a través de la instalación de calefacción eléctrica, que depende de la potencia de la superficie de la instalación de calefacción, es decir, de la potencia térmica cedida en la zona respectiva por unidad de área o de la potencia eléctrica consumida, así como la disipación de calor local, que depende de las relaciones locales de la circulación, en particular de la velocidad de ataque de la circulación del aire del medio ambiente y de la conductividad térmica y de la capacidad térmica de la pala de rotor propiamente dicha. Estos factores de influencia se pueden determinar por cálculo o experimentalmente y se pueden tener en cuenta en el diseño de la instalación de calefacción eléctrica.

En general, en principio, se pretende una temperatura lo más uniforme posible sobre la longitud de la pala del rotor en la zona calefactable de la superficie y se selecciona la capacidad de potencia de la instalación de calefacción para que se pueda conseguir, en general, una diferencia de temperatura deseada con respecto al medio ambiente. Las desviaciones de este ideal apenas se pueden evitar en la práctica. Éstas resultan, por una parte, a partir de una consideración incompleta y/o afectada con inexactitudes de los factores de influencia mencionados, por otra parte a partir de tolerancias de fabricación y efectos dinámicos antes de alcanzar un equilibrio térmico.

Los inventores han reconocido que la supervisión de la temperatura necesaria para un funcionamiento fiable y seguro de la instalación de calefacción eléctrica se puede simplificar esencialmente cuando durante el diseño de la instalación de calefacción eléctrica se establece una sección próxima a la raíz de la pala, en la que se consigue una temperatura máxima. Si se dispone el sensor de temperatura entonces en esta sección próxima a la raíz de la pala, se puede evitar un calentamiento excesivo en toda la zona calefactable de la superficie.

En el diseño de la instalación de calefacción eléctrica, la potencia de la superficie se puede dimensionar en la sección próxima de la raíz de la pala, de manera que la diferencia de temperatura alcanzable allí con respecto al medio ambiente es, por ejemplo, al menos 0,5 K, 1 K, 2 K o 5 K mayor que en las secciones adyacentes a la sección próxima a la raíz de la pala de la zona de la superficie. La potencia de la superficie necesaria para ello se puede determinar por cálculo o experimentalmente.

En la invención, la instalación de calefacción eléctrica presenta una estera de calefacción de un material conductor de electricidad, una conexión eléctrica en el lado de la raíz de la pala en un extremo en el lado de la raíz de la pala de la estera de calefacción y una conexión eléctrica en el lado de la punta de la pala en un extremo en el lado de la punta de la pala de la estera de calefacción, de manera que fluye una corriente de calefacción eléctrica esencialmente en una dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica. La estera de calefacción presenta un material conductor de electricidad, por ejemplo un género de punto o tejido de un material de fibras conductor de electricidad, en particular de fibras de carbono. Debido a la disposición mencionada de las conexiones eléctricas, la corriente de calefacción circula esencialmente en la dirección longitudinal a través de toda la estera de calefacción, de manera que a través de cada sección longitudinal en la estera de calefacción fluye la misma corriente. La potencia de calefacción proporcionada, en general, por la estera de calefacción se determina a través de las propiedades eléctricas de la estera de calefacción y a través de la alimentación de energía. La potencia de calefacción efectiva en una sección longitudinal determinada de la estera de calefacción en una sección longitudinal determinada de la estera de calefacción depende de la corriente de calefacción y de la caída de la tensión que aparece a través de la sección longitudinal respectiva. Si la tensión longitudinal respectiva presenta una resistencia eléctrica relativamente alta (es decir, especialmente en comparación con otras secciones longitudinales de la estera de calefacción), se eleva la caída de la tensión y con ello la potencia de calefacción. Esto puede conducir a una potencia elevada de la superficie en la sección longitudinal respectiva. De la misma manera, tiene una influencia sobre la potencia de la superficie la anchura que presenta la estera de calefacción en la sección longitudinal. Por lo tanto, es posible variar la potencia de la superficie de la estera de calefacción de tal manera que en la sección próxima a la raíz de la pala se crea una zona de temperatura máxima, con respecto a la toda la estera de calefacción.

En la invención, la estera de calefacción presenta una sección longitudinal exterior, que se extiende desde el extremo de la estera de calefacción en el lado de la punta de la pala hasta una primera posición media del radio, y una sección longitudinal interior, que se extiende desde una segunda posición media del radio hasta el extremo en el lado de la raíz de la pala de la estera de calefacción, de manera que la sección próxima a la raíz de la pala está dispuesta en la sección longitudinal interior. El concepto de la posición del radio se refiere como es habitual a la distancia desde el eje de giro de un rotor equipado con la pala de rotor de turbina eólica. La sección longitudinal interior y la sección longitudinal exterior pueden estar directamente adyacentes entre sí. En este caso, la primera posición media del radio y la segunda posición media del radio coinciden. No obstante, también pueden estar dispuestas a una distancia entre sí; en este caso, la primera posición media del radio está dispuesta más cerca de la

5 punta de la pala que la segunda posición media del radio y la estera de calefacción presenta entre las dos posiciones del radio una sección de transición. La sección longitudinal interior y la sección longitudinal exterior pueden estar provistas con diferentes propiedades eléctricas o con una disposición diferente, para adaptar y asegurar la temperatura máxima en la sección próxima a la raíz de la pala. La sección próxima a la raíz de la pala está dispuesta en la sección longitudinal interior. Se puede extender sobre toda la sección longitudinal interior o sólo sobre una parte de ella.

10 En la invención, la sección longitudinal interior presenta una anchura más reducida que la sección longitudinal exterior. A través de la anchura más reducida, la sección longitudinal interior presenta una resistencia eléctrica mayor por longitud, con lo que se eleva la potencia de la superficie en la sección longitudinal interior frente a la sección longitudinal exterior. Esto puede contribuir a que se alcance la temperatura máxima en la sección próxima a la raíz de la pala dentro de la sección longitudinal interior. De la misma manera es posible una disposición de la sección longitudinal interior de la estera de calefacción con la sección transversal inalterada sobre una anchura más reducida. En este caso, se eleva de la misma manera la potencia de la superficie en la sección longitudinal interior, pero no en virtud de una resistencia eléctrica mayor, sino en virtud de una reducción de la superficie, dentro de la cual se cede la potencia de calefacción.

20 En una configuración, la sección longitudinal exterior presenta una anchura uniforme. La potencia de la superficie proporcionada por la estera de calefacción es, por lo tanto, esencialmente constante sobre la sección longitudinal exterior.

25 En una configuración, la sección longitudinal exterior está configurada de forma trapezoidal. En particular, se puede reducir una anchura de la sección longitudinal exterior en dirección a la punta de la pala. De esta manera, se elevan la resistencia eléctrica, la caída de la tensión y la potencia de calefacción eléctrica en dirección a la punta de la pala, lo que conduce a una adaptación a la necesidad de potencia de calefacción.

30 En una configuración, la sección longitudinal interior presenta una longitud en el intervalo de 0,5 m a 5 m. Este intervalo de longitud conduce, por una parte, a la configuración de una temperatura expresiva en la sección longitudinal interior, por otra parte se evita una necesidad de energía innecesariamente alta para la generación de una temperatura máxima sobre una superficie innecesariamente grande.

35 En una configuración, la sección longitudinal interior presenta una anchura uniforme. Esto puede contribuir a la configuración de una temperatura máxima uniforme en la sección próxima a la raíz de la pala.

40 En una configuración, la instalación de calefacción eléctrica presenta dos de las esteras de calefacción, que están dispuestas de tal forma que se solapan en una zona de solape que se extiende a lo largo de un canto saliente del perfil de la pala de rotor de turbina eólica. Tal zona de solape se puede generar exactamente con dos esteras de calefacción, pero también con una combinación adecuada de tres o más esteras de calefacción, que se solapan al menos parcialmente en la zona del canto del saliente de perfil. En la zona de solape se suman las potencias de la superficie de las dos esteras de calefacción, de manera que se eleva la potencia de calefacción de acuerdo con las necesidades en la zona del canto saliente del perfil.

45 En una configuración, la sección próxima a la raíz de la pala está dispuesta en la zona de solape. Por lo tanto, también en el caso de una disposición de solape se encuentra en una zona, en la que se alcanza una temperatura máxima.

50 En una configuración, una anchura de la zona de solape medida perpendicularmente a un eje longitudinal de la pala de rotor se incrementa hacia la punta de la pala. A través de esta medida se concentra la potencia de la calefacción de las dos esteras de calefacción en dirección a la punta de la pala sobre una superficie más pequeña, lo que satisface la necesidad de potencia de calefacción que se incrementa hacia la punta de la pala.

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

55 La figura 1 muestra una pala de rotor de turbina eólica en una representación esquemática en perspectiva.

La figura 2 muestra una instalación de calefacción eléctrica de la pala de rotor de la turbina eólica de la figura en una representación esquemática.

60 La pala de rotor de turbina eólica 10 de la figura 1 comprende una raíz de la pala 12, una punta de la pala 14, un canto saliente extremo 16, un canto saliente de perfil 18, un lado de aspiración 22 y un lado de presión 20. Presenta, además, una instalación de calefacción eléctrica 24, que se extiende sobre una sección longitudinal 26, que llega desde un extremo 28 en el lado de la raíz de la pala hasta un extremo 30 en el lado de la punta de la pala. El extremo 30 en el lado de la punta de la pala está dispuesto cerca de la punta de la pala 14. El extremo 28 en el

lado de la raíz de la pala se encuentra a una distancia de la raíz de la pala 12, que está dispuesta, por ejemplo, en un intervalo de 30 % a 70 % de toda la longitud de la pala de rotor de turbina eólica 10.

La instalación de calefacción eléctrica 24 está constituida por dos esteras de calefacción 36, 38 (ver la figura 2), que están conectadas con una conexión eléctrica dispuesta en el extremo 28 en el lado de la raíz de la pala con una primera línea de alimentación 34 y con una conexión eléctrica dispuesta en el extremo 30 en el lado de la punta de la pala con una segunda línea de alimentación 32. La alimentación de energía hacia la instalación de calefacción eléctrica se realiza a través de las dos líneas de alimentación 32, 34 y provoca un flujo de corriente a través de la instalación de calefacción eléctrica 24 esencialmente en una dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica 10.

Los detalles de la instalación de calefacción eléctrica 24 se pueden reconocer mejor en la figura 2, que muestra una representación esquemática de la instalación de calefacción eléctrica 24 con vista sobre el canto saliente de perfil 18 representado con puntos y trazos. La instalación de representación eléctrica 24 presenta una primera estera de calefacción 36 y una segunda estera de calefacción 38, que se pueden distinguir con la ayuda de sus rayados alineados de forma diferente. Las dos esteras de calefacción 36, 38 se extienden en cada caso desde un extremo 28 en el lado de la raíz de la pala hasta un extremo 30 en el lado de la punta de la pala.

Cada una de las dos esteras de calefacción 36, 38 presenta tres secciones longitudinales diferentes. Una sección longitudinal exterior 40 se extiende desde el extremo 30 en el lado de la punta de la pala hasta una primera posición media del radio 42. La sección longitudinal exterior 40 presenta una primera anchura 50 uniforme sobre toda su longitud.

Una sección longitudinal interior 46 se extiende desde una segunda posición media del radio 44 hasta al extremo 28 en el lado de la raíz de la pala. Presenta una segunda anchura uniforme 52, que es menor que la primera anchura 50. La primera posición media del radio 42 está más cerca del extremo 30 en el lado de la punta de la pala que la segunda posición media del radio 44. Entre las dos posiciones medias del radio se extiende una sección de transición 48, de manera que se reduce la anchura de cada una de las dos esteras de calefacción 36, 38 desde la primera anchura 50 sobre la segunda anchura 52.

En una zona de solape 54, que se extiende sobre toda la longitud de las dos esteras de calefacción 36, 37 y que se extiende a lo largo del canto saliente del perfil 18, la primera estera de calefacción 36 y la segunda estera de calefacción 38 están dispuestos de manera que se solapan entre sí.

La anchura de esta zona de solape 50 se incrementa desde el extremo 28 en el lado de la raíz de la pala hacia el extremo 30 en el lado de la punta de la pala.

Las dos esteras de calefacción 36, 38 poseen una sección longitudinal interior 46, que presenta una segunda anchura 52, que es menor que la primera anchura 50. La potencia específica de la superficie en la sección longitudinal interior 46 es de esta manera mayor que en la sección longitudinal exterior 40. Dentro de las dos secciones longitudinales interiores 46 y dentro de la zona de solape 54 está configurada una sección 56 próxima a la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie, de manera que se alcanza una temperatura máxima. En esta sección 56 próxima a la raíz de la pala están dispuestos dos sensores de temperatura 58 indicados por medio de círculos pequeños, que sirven para la supervisión de la temperatura máxima que aparece allí. Dos relés de temperatura 60 se encuentran en la zona de las secciones longitudinales exteriores 40 de la misma manera dentro de la zona de solape 54 y ofrecen una protección adicional contra un calentamiento excesivo. Están dispuestos a una distancia considerable de la punta de la pala.

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	Canto extremo del perfil
18	Canto saliente del perfil
20	Lado de presión
22	Lado de aspiración
24	Instalación de calefacción eléctrica
26	Sección longitudinal
28	Extremo en el lado de la raíz de la pala
30	Extremo en el lado de la punta de la pala
32	Conexión en el lado de la punta de la pala en la línea de alimentación
34	Conexión en el lado de la raíz de la pala en la línea de alimentación
36	Primer estera de calefacción

ES 2 704 099 T3

	38	Segunda estera de calefacción
	40	Sección longitudinal exterior
	42	Primera posición media del radio
	44	Segunda posición media del radio
5	46	Sección longitudinal interior
	48	Sección de transición
	50	Primera anchura
	52	Segunda anchura
	54	Zona de solape
10	56	Sección próxima a la raíz de la pala
	58	Sensor de temperatura
	60	Relé de temperatura

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Pala de rotor de turbina eólica (10) con una instalación de calefacción eléctrica (24) para la calefacción de una zona de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica (10) y con un sensor de temperatura (58), en la que la instalación de calefacción eléctrica (24) presenta una estera de calefacción (36, 38) de un material conductor de electricidad y está diseñada de tal forma que en el funcionamiento de la instalación de calefacción eléctrica (24) se alcanza una temperatura máxima en una sección (56) próxima a raíz de la pala de la zona de la superficie, en la que está dispuesto el sensor de temperatura (58), **caracterizada** porque la instalación de calefacción eléctrica (24) presenta una conexión eléctrica en un extremo (28) en el lado de la raíz de la pala y una conexión eléctrica en un extremo (30) en el lado de la punta de la pala de la estera de calefacción (36, 38), de manera que una corriente de calefacción eléctrica fluye esencialmente en una dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica (10), la estera de calefacción (36, 38) presenta una sección longitudinal exterior (40), que se extiende desde el extremo (30) en el lado de la punta de la pala de la estera de calefacción (36, 38) hasta una primera posición media del radio (42), y presenta una sección longitudinal interior (46), que se extiende desde una segunda posición media de radio (44) hasta el extremo (28) en el lado de la raíz de la pala de la estera de calefacción (36, 38), en la que la sección (56) en el lado de la raíz de la pala está dispuesta en la sección longitudinal interior (46) y la sección longitudinal interior (46) presenta una anchura más reducida que la sección longitudinal exterior (40).
- 20 2.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque la sección longitudinal exterior (40) presenta una anchura regular.
- 3.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque la sección longitudinal exterior (40) es de forma trapezoidal.
- 25 4.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque la sección longitudinal interior (46) presenta una longitud en el intervalo de 0,5 a 5 m.
- 5.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque la sección longitudinal interior (46) presenta una anchura regular.
- 30 6.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque la instalación de calefacción eléctrica (24) presenta dos esteras de calefacción (36, 38), que están dispuestas de tal forma que se solapan entre sí en una zona de solape (54) que se extiende a lo largo de un canto saliente de perfil (18) de la pala de rotor de turbina eólica (10).
- 35 7.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada** porque la sección (56) próxima a la raíz de la pala está dispuesta en la zona de solape (54).
- 40 8.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, **caracterizada** porque una anchura de la zona de solape (54), medida perpendicularmente al eje longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica (10) se incrementa hacia la punta de la pala (14).
- 45 9.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque la zona calefactable de la superficie presenta un extremo en el lado de la raíz de la pala y un extremo en el lado de la punta de la pala y la sección (56) próxima a la raíz de la pala está más cerca del extremo en el lado de la raíz de la pala que en el extremo en el lado de la punta de la pala.
- 50 10.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica (24) en la sección (56) próxima a la raíz de la pala es exactamente de la misma magnitud o mayor que en una sección próxima a la punta de la pala.
- 55 11.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** porque una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica (24) en la sección (56) próxima a la raíz de la pala alcanza un máximo local y/o absoluto.

60

Fig. 1

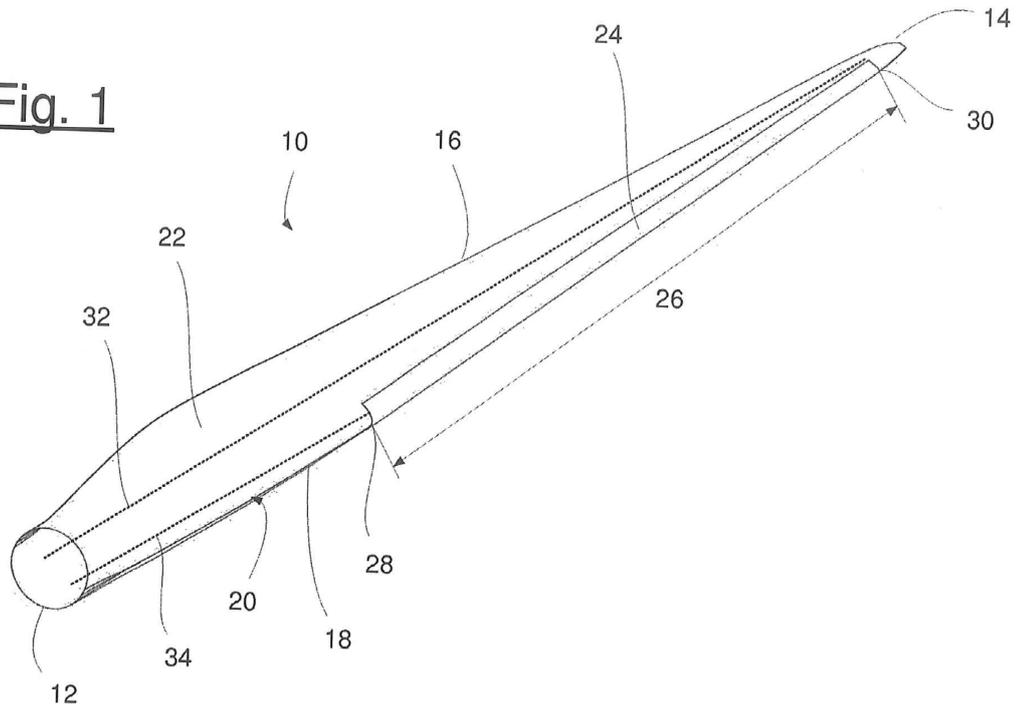


Fig. 2

