

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 929**

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 15174156 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 3109466**

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:
13.03.2019

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

72 Inventor/es:
LIPKA, THOMAS y
KLEIN, HENDRIK

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 703 929 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 calefactable 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.

15 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 calefactora 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 calefactora.

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

25 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 calefactoras 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 calefactoras debe poder variarse por secciones una potencia de la superficie del dispositivo de calefacción.

30 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 calefactora 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.

35 Una dificultad especial en el funcionamiento de tales instalaciones calefactoras 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.

45 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 calefactora y está disponible una potencia alta de la superficie, que implica un riesgo especialmente alto de calentamiento excesivo.

50 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.

60 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.

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.

Se conoce a partir de la publicación EP 2 843 228 A1 una pala de rotor de turbina eólica con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

5 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.

10 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.

15 La pala de rotor de turbina eólica tiene una instalación de calefacción eléctrica para el calentamiento de una zona calefactable de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica y un sensor de temperatura, de manera 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 rotor de turbina eólica, en la que está dispuesto el sensor de temperatura.

20 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.

30 Con la zona calefactable de la superficie se entiende aquella zona de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica, que debe calentarse para contrarrestar la formación de hielo. La instalación de calefacción eléctrica puede calentar zonas adicionales de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica, en particular para generar una temperatura de referencia. La sección próxima a la raíz de la pala y el sensor de temperatura pueden estar dispuestos dentro o fuera de la zona calefactable de la superficie. Si están dispuestos fuera de ella, la instalación de calefacción eléctrica puede presentar, por una parte, elementos calefactores para calentar la zona calefactable de la superficie y, por otra parte, puede presentar otros elementos calefactores para la generación de la temperatura de referencia, que se designa también como temperatura máxima.

40 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 calefactora. 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.

45 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 que se encuentra a una distancia considerable desde la punta de la pala. La sección próxima a la raíz de la pala puede presentar una distancia desde la raíz de la pala. Puede estar dispuesta entre la raíz de la pala y un extremo del lado de la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie o dentro de la zona calefactable de la superficie. Puede presentar una distancia desde el extremo del lado de la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie. Se encuentra 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.

55 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.

60 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. Con una temperatura máxima en la sección próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica se entiende una temperatura que es más alta en comparación con la temperatura en las otras o bien en todas las otras secciones de la zona calefactable de la superficie. 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 a 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 una configuración, durante el funcionamiento de la instalación de calefacción, se consigue en una sección próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica una temperatura de la misma altura o una temperatura más elevada que en una sección próxima a la punta de la pala. En general, las instalaciones de calefacción de palas de rotor presentan en la zona de la punta de la pala la potencia máxima de la superficie, puesto que aquí la disipación de calor a través de la circulación de aire es máxima. Si debe prescindirse de los sensores de temperatura en esta zona, la temperatura alcanzada en la sección próxima a la raíz de la pala debe corresponder al menos a la de la sección próxima a la punta de la pala.

En la invención, la instalación de calefacción eléctrica presenta una pluralidad de conductos de calefacción aislados unos de los otros, cuya densidad superficial predetermina una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica. A diferencia de las esteras calefactoras convencionales, que están constituidas por un género de punto o tejido de materiales conductores de electricidad, cada uno de los conductores de calefacción forma una trayectoria de la corriente independiente de los otros conductores de calefacción, cuyas propiedades eléctricas dependen del material del conductor de calefacción y de su sección transversal efectiva. Por lo tanto, cada uno de estos conductores de calefacción proporciona, cuando se conectan en una tensión eléctrica, una potencia calefactora predeterminada. A través de la variación de la densidad de la superficie de los conductores de calefacción individuales se puede adaptar la potencia de la superficie de la instalación de calefacción. Con el concepto de "densidad de la superficie" se entiende qué longitud de conductores de calefacción está dispuesta en un elemento determinado de la superficie. La longitud de conductores de calefacción que debe tenerse en cuenta puede estar formada por un único conductor de calefacción o por una sección del mismo o por varios conductores de calefacción o secciones de los mismos. Por ejemplo, se puede conseguir una densidad alta de la superficie disponiendo un conductor de calefacción individual o una parte del mismo de tal manera que ocupa solamente una superficie reducida, por ejemplo a través de un desarrollo ondulado, en forma de meandro, en forma de serpentina o en forma de espiral. De la misma manera es posible una disposición de varios conductores de calefacción o de secciones individuales de los mismos en una disposición estrechamente adyacente dentro del elemento de superficie considerado. De esta manera, en general, se puede predeterminar la potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica de acuerdo con las necesidades. Los conductores de calefacción aislados entre sí pueden estar constituidos todos del mismo material y/o pueden presentar la misma sección transversal y/o la misma longitud. Los dos extremos cada conductor de calefacción se pueden conectar en líneas de alimentación eléctrica, a través de las cuales se realiza la alimentación de energía. Toda la instalación de calefacción eléctrica puede presentar, por ejemplo, al menos diez, al menos 20, al menos 50 o al menos 100 de estos conductores de calefacción.

Otra posibilidad para la adaptación selectiva de la potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica consiste en la utilización de conductores de calefacción con diferentes longitudes y/o con diferentes diámetros y/o con diferentes espesores de los filamentos o de materiales con diferente conductividad específica. En este caso, en la sección próxima a la raíz de la pala se puede utilizar la misma disposición regular de los conductores eléctricos que en secciones vecinas o en todas las secciones restantes de la zona calefactable de la superficie. Para elevar la potencia de la superficie en la sección próxima a la raíz de la pala, se pueden emplear allí, por ejemplo, un material con una conductividad específica más elevada y/o conductores de calefacción con un diámetro mayor y/o con un espesor mayor de los filamentos que en las secciones vecinas y/o en todas las secciones restantes de la zona calefactable de la superficie.

En una configuración, los conductores calefactores presentan haces de fibras conductoras de electricidad. Por ejemplo, se puede tratar de fibras de carbono. Los haces se designan también colmo madejas (Rovings). A través del número de las fibras combinada y a través de su sección transversal se pueden predeterminar de una manera selectiva las propiedades eléctricas de los conductores de calefacción.

5 En una configuración, la instalación de calefacción eléctrica presenta un material de soporte superficial, en el que están fijados los conductores de calefacción en una disposición predeterminada. El material de soporte superficial puede ser en particular un material aislante de electricidad, por ejemplo un género de punto o tejido de fibras de vidrio. La fijación de los conductores de calefacción en este material de soporte se puede realizar, por ejemplo, por medio de encolado, costura o bordado. De esta manera resulta un producto semiacabado textil, cuyo procesamiento en la pala de rotor de turbina eólica simplifica considerablemente la disposición deseada de los conductores de calefacción individuales.

15 En la invención, la instalación de calefacción eléctrica presenta dos líneas de alimentación que se extienden esencialmente en una dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica, que se pueden conectar con una fuente de tensión electrónica y los conductores de calefacción están conectados en paralelo y conectan las dos líneas de alimentación en cada caso en una posición de radio predeterminada de la pala de rotor de turbina eólica. En este caso, todos los conductores de calefacción están conectados esencialmente en la misma tensión eléctrica y la corriente de calefacción fluye esencialmente transversal a la dirección longitudinal de la pala del rotor. Puesto que para las diferentes zonas del radio de la pala del rotor son competentes diferentes conductores de calefacción, se puede variar la potencia de la superficie de manera especialmente sencilla con la posición del radio.

20 En una configuración, uno de los conductores de calefacción está dispuesto en la sección próxima a la raíz y forma una zona de la misma o mayor densidad de la superficie que uno de los conductores de calefacción en la sección próxima a la punta de la pala del rotor. En general, se necesita en la sección próxima a la punta de la pala de la instalación de calefacción la máxima potencia de la superficie para compensar la cesión de calor al aire que circula allí de una manera especialmente rápida. Si se proporciona en la sección próxima a la raíz de la pala al menos la misma o una potencia de la superficie más alta, se puede partir de que en la sección próxima a la raíz de la pala se consigue una temperatura más alta que en la sección próxima a la punta de la pala, de manera que se puede supervisar la temperatura máxima en la sección próxima a la raíz de la pala.

25 En una configuración preferida, uno o varios de los conductores de calefacción se encuentra en una sección próxima a la raíz de la pala de la pala del rotor, que se encuentra fuera de la zona calefactable de la superficie. El o los conductores de calefacción forman una zona de la misma o mayor densidad de la superficie que los conductores de calefacción en una sección de la zona calefactable, en particular en la sección próxima a la punta de la pala. El conductor de calefacción puede estar dispuesto en una zona fuera de la zona de la superficie que puede ser calentada por la instalación de calefacción, en particular en una zona muy próxima a la raíz de la pala, en la que no se encuentra normalmente ninguna instalación de calefacción. El conductor de calefacción se coloca, por ejemplo, en forma de meandro sobre una superficie determinada y genera de esta manera un "punto caliente" próximo a la raíz de la pala, en el que están dispuestos uno o varios sensores de temperatura.

35 En una configuración, la sección próxima a la raíz de la pala presenta una superficie de un metro cuadrado o menos. La energía a aplicar para la calefacción de la sección próxima a la raíz de la pala se reduce al mínimo de esta manera. Al mismo tiempo la superficie es suficientemente grande para poder obtener datos expresivos sobre la temperatura.

45 En una configuración, una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica en la sección próxima a la raíz de la pala es exactamente tan alta o más alta que en una sección próxima a la punta de la pala. De esta manera se asegura que la temperatura máxima se alcance en la sección próxima a la raíz de la pala.

50 En una configuración, una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica en la sección próxima a la raíz de la pala alcanza un máximo local y/o absoluto. Esto contribuye a que en la sección próxima a la sección de la raíz de la pala alcance la temperatura máxima.

55 La invención se explica a continuación en detalle con la ayuda de ejemplos de realización representados en las figuras. En este caso:

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

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con la invención con un primer ejemplo de realización de una instalación de calefacción eléctrica.

La figura 3 muestra una vista esquemática de una pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con la invención con un

segundo ejemplo de realización de una instalación de calefacción eléctrica.

La figura 4 muestra una vista esquemática de una pala de rotor de turbina eólica de acuerdo con la invención con un tercer ejemplo de realización de una instalación de calefacción eléctrica.

5 Las figuras 2 a 4 muestran en cada caso una sección longitudinal exterior de una pala de rotor, en las que la vista se dirige sobre el canto saliente del perfil indicado con línea de trazos y se representan los lados de presión y de aspiración que se conectan allí para la ilustración mejorada en un desarrollo, es decir "desplegado".

10 La pala de rotor de turbina eólica 10 de la figura 1 tiene una raíz de la pala 12, una punta de la pala 14, en la que está dispuesto un receptor de protección del rayo, un canto saliente extremo 16, un canto saliente de perfil 18, un lado de aspiración 22 y un lado de presión 20. Una instalación de calefacción eléctrica 24 se extiende sobre una sección longitudinal 26 de la pala de rotor de turbina eólica 10 en la zona del canto saliente 18, que se extiende desde un extremo 48 en el lado de la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie hasta un extremo 50 en el lado de la punta de la pala 50 de la zona calefactable de la superficie.

15 La instalación de calefacción eléctrica 24 está conectada a lo largo de sus cantos longitudinales con una línea de alimentación 30, que está dispuesta sobre el lado de aspiración, y con una línea de alimentación 28, que está dispuesta sobre el lado de presión. A través de las líneas de alimentación 28, 30 se realiza la alimentación de energía eléctrica.

20 En una sección 44 próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica está dispuesto un sensor de temperatura 32. La sección 44 próxima a la raíz de la pala se encuentra en la zona calefactable de la superficie por la instalación de calefacción eléctrica 24. El sensor de temperatura 32 se puede conectar con un control no representado de una turbina eólica, con el que se controla la alimentación de energía hacia la instalación de calefacción eléctrica 24 a través de las líneas de alimentación 28, 30.

25 La instalación de calefacción eléctrica 24 está diseñada de tal forma que en la zona de la instalación de calefacción en la sección 44 próxima a la raíz de la pala de rotor de turbina eólica, en la que está dispuesto el sensor de temperatura 32, se alcanza una temperatura, que es igual o mayor que la temperatura en la sección 45 próxima a la punta de la pala. La sección 45 próxima a la punta de la pala se encuentra en la zona de la superficie que puede ser calentada por la instalación de calefacción eléctrica 24.

30 La figura 2 muestra otros detalles de la instalación de calefacción eléctrica 24. Se pueden reconocer bien las dos líneas de alimentación 28, 30, que se extienden esencialmente a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica 10. Una pluralidad de conductores de calefacción 34 a 42 está conectada en cada caso con un extremo en la línea de alimentación 28 y con el otro extremo en la línea de alimentación 30. Cada uno de los conductores de calefacción 34 a 42 forma un elemento de calefacción que está rodeado en la figura 2 por un cajón y es responsable de la calefacción precisamente de esta parte de la zona de la superficie.

35 Cada uno de los conductores de calefacción 34 a 42 conecta las dos líneas de alimentación 28, 30 en una posición de radio determinada. El flujo de corriente se realiza esencialmente transversal a la dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica 10. Cada uno de los conductores de calefacción 34 a 42 está dispuesto dentro de la zona de la superficie calentada por ella en forma de serpentina o en forma de meandro, de manera que la potencia de la superficie se realiza en el ejemplo de realización representado a través de la variación de una "longitud de onda".

40 El conductor de calefacción 34 dispuesto más próximo a la punta de la pala 14 presenta en la zona de la superficie calentada por él una longitud uniforme de la onda y proporciona de manera correspondiente una potencia de la superficie esencialmente uniforme. La longitud de onda es relativamente pequeña sobre toda la superficie cubierta por el conductor de calefacción 34, de manera que cerca de la punta de la pala 14 se consigue de acuerdo con las necesidades una potencia relativamente grande de la superficie.

45 Los conductores de calefacción 36 a 40 dispuestos en el curso siguiente de la instalación de calefacción eléctrica 24 en dirección a la raíz de la pala 12 presentan en la zona del canto saliente del perfil 18 una densidad de la superficie más alta que en las zonas lateralmente adyacentes. Esto se consigue a través de una "longitud de onda" más reducida en la zona del canto saliente del perfil 18.

50 El conductor de calefacción 42 dispuesto más próximo a la raíz de la pala 12 (no representado en la figura 2) presenta en una sección 44 próxima a la raíz de la pala una densidad de la superficie reducida de nuevo en esta zona. En la sección 44 próxima a la raíz de la pala, la densidad de la superficie del conductor de calefacción 42 es mayor que la densidad de la superficie de los otros conductores de calefacción en las secciones vecinas. En el ejemplo, la densidad de la superficie en la sección 44 próxima a la raíz de la pala es incluso mayor que en la sección 45 próxima a la punta de la pala, que se cubre por el conductor de calefacción 44, de manera que detecta la temperatura máxima alcanzada allí.

5 El segundo ejemplo de realización de la figura 3 se diferencia del primer ejemplo de realización de la figura 2 solamente con respecto a la configuración del conductor de calefacción 42 dispuesto más próximo a la raíz de la pala 12. La sección 44 próxima a la raíz de la pala, en la que se alcanza una temperatura de la misma altura o más alta que en todas las otras secciones de la zona calefactable, en particular que en la sección 45 próxima a la punta de la pala, se forma en este ejemplo de realización por una disposición allí en forma de espiral de una sección del conductor de calefacción 42 y de una densidad de la superficie alta como con secuencia de esta disposición.

10 En un tercer ejemplo de realización de la figura 4, la zona de calefacción de la superficie se extiende sobre el menos el 25 % de toda la longitud de la pala de rotor de turbina eólica 10 y corresponde a la zona de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica 10, que debe mantenerse libre de hielo a través de la instalación de calefacción eléctrica. Presenta una pluralidad de conductores de calefacción 34 a 42, en los que se selecciona la densidad de la superficie de los conductores de calefacción 34 a 43 individuales, de tal manera que se consigue una potencia de la superficie de acuerdo con las necesidades. En este caso, por ejemplo, el conductor de calefacción 34 dispuesto más próximo a la punta de la pala 14 corresponde al del primer ejemplo de realización de la figura 2.

15 A una distancia de la zona calefactable de la superficie se encuentra cerca de la raíz de la pala otro conductor de calefacción 46, que no está previsto para la calefacción de la superficie de la pala de rotor, sino para la generación de una temperatura de referencia. Este conductor de calefacción 46 está dispuesto similar al segundo ejemplo de realización de la figura 3 en forma de espiral en una sección 44 próxima a la raíz de la pala, de manera que allí presenta una densidad de la superficie especialmente alta y consigue una potencia correspondiente alta de la superficie. La potencia de la superficie en la sección 44 próxima a la raíz de la pala está seleccionada también aquí de manera que se ajusta allí en el funcionamiento de la instalación de calefacción una temperatura, que es de la misma altura o más alta que la temperatura en la zona calefactable de la superficie, en particular en la sección 45 próxima a la punta de la pala. En este "punto caliente" que se encuentra en la zona de la raíz de la pala se puede medir la temperatura de la pala con un sensor de temperatura no representado.

Lista de los signos de referencia utilizados

- 10 Pala de rotor de turbina eólica
- 30 12 Raíz de la pala
- 14 Punta de la pala
- 16 Canto extremo del perfil
- 18 Canto saliente del perfil
- 20 Lado de presión
- 35 22 Lado de aspiración
- 24 Instalación de calefacción eléctrica
- 26 Sección longitudinal
- 28 Lado de presión en la línea de alimentación
- 30 Lado de aspiración en la línea de alimentación
- 40 32 Sensor de temperatura
- 34 - 42 Conductores de calefacción
- 44 Sección próxima a la raíz de la pala
- 45 Sección próxima a la punta de la pala
- 46 Conductor de calefacción
- 45 48 Extremo del lado de la raíz de la pala de la zona calefactable de la superficie
- 50 50 Extremo del lado de la punta de la pala de la zona calefactable de la superficie

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Pala de rotor de turbina eólica (10) con una instalación de calefacción eléctrica (24) para la calefacción de una zona calefactable de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica (10), en la que la instalación de calefacción eléctrica (24) presenta una pluralidad de conductores de calefacción (34-42, 46) aislados entre sí, cuya densidad de la superficie predetermina una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica (24), y dos líneas de alimentación (28, 30) que se extienden esencialmente en una dirección longitudinal de la pala de rotor de turbina eólica (10), que se pueden conectar con una fuente de tensión eléctrica, en la que los conductores de calefacción (34-42, 46) están conectados en paralelo y las dos líneas de alimentación (28, 30) están conectadas entre sí en cada caso en una posición predeterminada del radio de la pala de rotor de turbina eólica (10), **caracterizada** porque la instalación de calefacción eléctrica (24) está diseñada de tal forma que en el funcionamiento de la instalación de calefacción (24) se alcanza una temperatura máxima en una sección próxima a la raíz de la pala (44) de la pala de rotor de turbina eólica (10), en la que está dispuesto un sensor de temperatura (32).
- 15 2.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque en el funcionamiento de la instalación de calefacción (24) en la sección próxima a la raíz de la pala (44) de la pala de rotor de turbina eólica (10) se consigue una temperatura de la misma altura o una temperatura más alta que en una sección próxima a la punta de la pala (45) de la zona calefactable de la superficie.
- 20 3.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque los conductores de calefacción (34-42, 46) presentan haces de fibras conductoras de electricidad.
- 25 4.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque la instalación de calefacción eléctrica (24) presenta un material de soporte superficial, en el que están fijados los conductores de calefacción (34-42, 46) en una disposición predeterminada.
- 30 5.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque uno de los conductores de electricidad (42) está dispuesto en la sección próxima a la raíz de la pala (44) y ofrece una zona de la misma o mayor densidad de la superficie que un conductor de calefacción (34) en la sección próxima a la punta de la pala (45).
- 35 6.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque la sección próxima a la raíz de la pala (44) se encuentra fuera de la zona calefactable de la superficie, en la que uno de los conductores de calefacción (46) está dispuesto en la sección próxima a la raíz de la pala y forma una zona de igual o mayor densidad de la superficie que uno de los conductores de calefacción (34) en la sección próxima a la punta de la pala (45).
- 40 7.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque la sección próxima a la raíz de la pala (44) presenta una superficie de 1 m^3 o menos.
- 45 8.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica (24) en la sección próxima a la raíz de la pala (44) es exactamente igual o más alta que en una sección próxima a la punta de la pala de la zona calefactable de la superficie.
- 9.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque una potencia de la superficie de la instalación de calefacción eléctrica (24) en la sección próxima a la raíz de la pala (44) alcanza un máximo local y/o absoluto.

Fig. 2

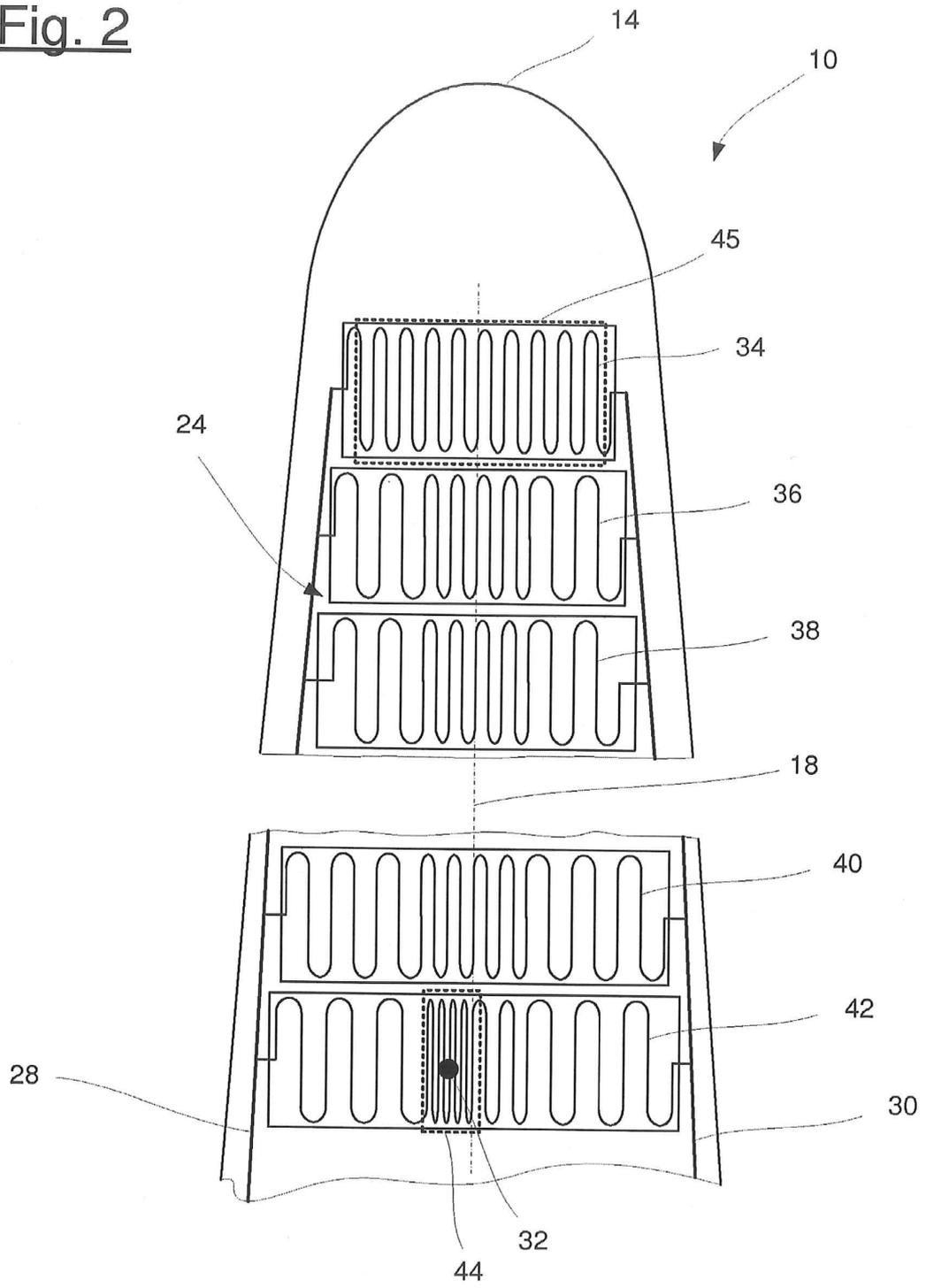


Fig. 3

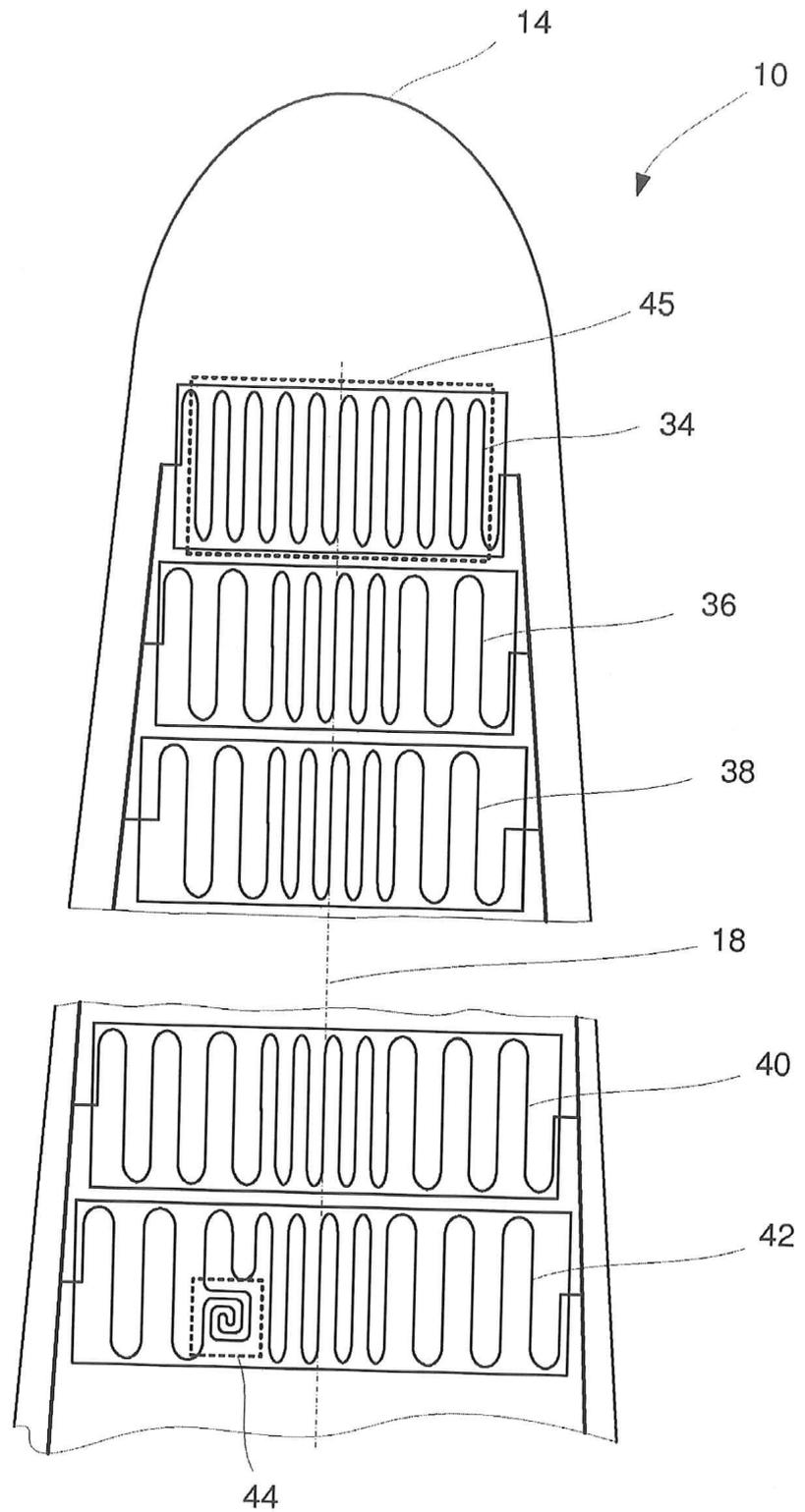


Fig. 4

