(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 864 002**

(51) Int. CI.:

F03D 80/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2018 E 18183110 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021 EP 3594494**

(54) Título: **Pala de turbina eólica y turbina eólica**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2021

(73) Titular/es:

SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S (100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK

(72) Inventor/es:

CHRISTIANSEN, THOMAS LEHRMANN y
GIROLAMO, DONATO

(74) Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

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 turbina eólica y turbina eólica

La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica para una turbina eólica y a una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica de este tipo.

Las palas de rotor de turbina eólica modernas están construidas de plásticos reforzados con fibras. Una pala de rotor comprende normalmente un perfil de ala que tiene un borde de ataque redondeado y un borde de salida afilado. La pala de rotor está conectada con su raíz de pala a un buje de la turbina eólica. Además, la pala de rotor está conectada al buje por medio de un cojinete de paso que permite un movimiento de paso de la pala de rotor. Las palas de rotor largas experimentan grandes fuerzas de viento.

Las palas de rotor pueden estar compuestas por dos semicarcasas conectadas entre sí. Además, puede estar dispuesta un alma, en particular un alma de cizalladura, entre las dos semicarcasas para reforzar la pala de rotor. El alma de cizalladura puede estar dispuesta entre dos vigas o tapas de larguero y puede estar conectada a las mismas. El alma de cizalladura, las vigas y/o las tapas de larguero pueden extenderse en una dirección longitudinal de la pala de turbina eólica y pueden comprender carbono.

Las palas de rotor son la parte más expuesta de la turbina eólica con respecto a impactos de rayos. Por tanto, pueden proporcionarse sistemas de protección contra rayos (LPS). Un sistema de protección contra rayos puede comprender un conductor de bajada eléctrico que puede estar conectado al alma y que puede extenderse a lo largo de la dirección longitudinal del alma. El conductor de bajada puede estar conectado eléctricamente a un sistema de puesta a tierra de la pala de turbina eólica. Además, puntos de unión para los rayos (conocidos habitualmente como receptores) pueden estar dispuestos a lo largo de una superficie de pala y conectados eléctricamente al conductor de bajada. Cuando se intercepta un impacto de rayo por los receptores, la corriente eléctrica se transfiere a la tierra por medio del conductor de bajada.

Puede proporcionarse un conductor eléctrico adicional al lado de la viga, que se extiende en particular en la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica y está conectado eléctricamente al conductor de bajada. Para impedir daños de las vigas, pueden proporcionarse conexiones eléctricas entre el conductor eléctrico y las vigas. Sin embargo, cuando se conduce un impacto de rayo a través de las vigas pueden producirse arcos. Esto puede llevar a deslaminación en las vigas u otros elementos de carbono.

El documento EP 2 930 355 A1 muestra una pala de turbina eólica que tiene una viga de carbono, un conductor eléctrico y mallas de cobre que conectan eléctricamente el conductor eléctrico a la viga de carbono.

El documento EP 3 511 560 A1 da a conocer una pala de turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento WO 2005/050808 A1 da a conocer una pala de turbina eólica adicional según la técnica anterior. Un objetivo de la presente invención es proporcionar una pala de turbina eólica mejorada.

Por consiguiente, se proporciona una pala de turbina eólica para una turbina eólica según la reivindicación 1. La pala de turbina eólica comprende un conductor eléctrico que se extiende en una dirección longitudinal de la pala de turbina eólica, y un material de fibra de carbono que es eléctricamente conductor y que tiene una primera porción que está dispuesta al lado del conductor eléctrico, una segunda porción que está conectada a la primera porción y está unida y conectada eléctricamente al conductor eléctrico, y una tercera porción que está conectada a la segunda porción y se solapa al menos parcialmente con la primera porción.

El inventor encontró que una conexión eléctrica de este tipo entre el conductor eléctrico y el material de fibra de carbono evita la formación de arcos y, por tanto, la deslaminación del carbono cuando se conduce una corriente, por ejemplo, que tiene 86 kA. Por tanto, pueden evitarse daños de la pala de turbina eólica cuando un impacto de rayo se intercepta por la pala de turbina eólica.

En particular, todas las porciones (primera, segunda, tercera y/o cuarta porción) del material de fibra de carbono están formadas de una sola pieza, es decir, de manera solidaria. Material de fibra de carbono significa un material compuesto que comprende fibras de carbono y una resina. Preferiblemente, el material de fibra de carbono incluye una esterilla que comprende fibras de carbono unidireccionales. Por ejemplo, el material de fibra de carbono se proporciona en una forma trapezoidal antes de plegarse. En particular, la tercera porción no está unida al conductor eléctrico. Preferiblemente, la tercera porción está unida al menos parcialmente a la primera porción. En particular, la primera porción tiene forma de rombo. El material de fibra de carbono tiene preferiblemente un grosor de material constante que es preferiblemente al menos cinco veces, diez veces o veinte veces menor que la anchura y/o la longitud del material de fibra de carbono.

Según una realización, la pala de turbina eólica comprende además un elemento de carbono que se extiende en la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica, dispuesto al lado del conductor eléctrico y que es eléctricamente

conductor, en la que el material de fibra de carbono comprende una cuarta porción que está unida al elemento de carbono.

Esto tiene la ventaja de que se proporciona una conexión de carbono a carbono con el fin de evitar la formación de arcos y la deslaminación de carbono. En cambio, al usar una malla de metal en lugar del material de fibra de carbono, una corriente se transferiría de manera predominante en los bordes de una conexión entre la malla de metal y el elemento de carbono. Esto provoca altas densidades de corriente y consiguientes arcos de tal manera que puede producirse daños en el elemento de carbono cuando se transfiere corriente debido a un impacto de rayo. El conductor eléctrico y el elemento de carbono se extienden en la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica, en la que el conductor eléctrico y el elemento de carbono pueden estar dispuestos en ángulo o en paralelo.

Preferiblemente, la cuarta porción tiene forma de rombo. Preferiblemente, la cuarta porción está conectada directamente al elemento de carbono. Por ejemplo, la cuarta porción y el elemento de carbono se moldean por colada de manera conjunta como parte de un procedimiento de VARMT (moldeo por transferencia de resina asistido al vacío). En particular, el elemento de carbono es una viga reforzada con fibra de carbono (material compuesto que comprende fibras de carbono y una resina) que es eléctricamente conductor. En particular, la conexión eléctrica entre el elemento de carbono y el conductor eléctrico se proporciona sin cobre o mallas de cobre, en particular sin metal. Preferiblemente, el elemento de carbono tiene una longitud que es de al menos el 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 o 90% de la longitud de la pala de turbina eólica y es, por ejemplo, una estructura de soporte de la pala de turbina eólica que está configurada para impedir la torsión o el alabeo de la pala de turbina eólica. La longitud de la pala de turbina eólica puede ser de entre 15 y 90 m, 30 y 60 ó 40 y 55 m.

Preferiblemente, los extremos de fibra de las fibras de carbono del material de fibra de carbono no acaban en la primera porción o la segunda porción y se proporcionan en la tercera porción. Por ejemplo, los unos extremos de las fibras de carbono se proporcionan en la tercera porción y los otros extremos de las fibras de carbono se proporcionan en la cuarta porción. Por tanto, el material de fibra de carbono comprende fibras de carbono que se extienden desde la tercera porción hacia la cuarta porción.

Según una realización adicional, la segunda porción rodea al menos parcialmente el conductor eléctrico.

Esto tiene la ventaja de que puede proporcionarse una superficie de unión suficiente entre el material de fibra de carbono y el conductor eléctrico. Además, por este motivo, pueden evitarse la formación de arcos y los daños. Preferiblemente, el material de fibra de carbono se pliega alrededor del conductor eléctrico. En particular, la segunda porción rodea el conductor eléctrico de una manera con forma de U, en particular sólo de una manera con forma de U.

La tercera porción comprende una parte que se solapa con la primera porción y otra parte que no se solapa con la primera porción.

El inventor encontró que esto también reduce la formación de arcos cuando se conduce una corriente. Por ejemplo, no solaparse significa que la otra parte está separada de la primera porción.

Según una realización adicional, la otra parte tiene una anchura que es de al menos 5 mm, en particular de entre 10 y 100 mm.

Preferiblemente, la otra parte tiene forma de tira, que tiene una longitud que es al menos cinco veces, diez veces o veinte veces mayor que la anchura de la otra parte.

La una parte tiene forma triangular.

Esto tiene la ventaja de que, por ejemplo, puede proporcionarse una superficie de unión suficiente entre la primera porción y la tercera porción.

Según una realización adicional, la una parte está unida a la primera porción.

Por tanto, la conexión entre el conductor eléctrico y el material de fibra de carbono puede producirse simplemente, por ejemplo, plegando el material de fibra de carbono una vez alrededor del conductor eléctrico y uniendo la una parte a la primera porción. Preferiblemente, la una parte y la primera porción se moldean por colada de manera conjunta como parte de un procedimiento de VARMT.

Según una realización adicional, la distancia entre el elemento de carbono y el conductor eléctrico es de entre 10 y 3000 mm o mayor de 150 mm, 200 mm o 300 mm.

Esto tiene la ventaja de que pueden impedirse descargas eléctricas entre el conductor eléctrico y el elemento de carbono. Además, el conductor eléctrico está desacoplado de grandes esfuerzos que pueden producirse en el elemento de carbono.

Según una realización adicional, el elemento de carbono comprende un borde lateral, en el que la cuarta porción comprende una cara de extremo, y en el que la distancia entre el borde lateral y la cara de extremo es de entre 5 y 10 mm.

Esto tiene la ventaja de que puede proporcionarse una superficie de unión grande entre la cuarta porción y el elemento de carbono. El inventor encontró que además esta configuración reduce la formación de arcos y las descargas eléctricas entre el elemento de carbono y el material de fibra de carbono. Preferiblemente, la cuarta porción no cubre el borde lateral del elemento de carbono. Alternativamente, la cuarta porción cubre el borde lateral del elemento de carbono y se extiende más allá del borde lateral, en particular 5 a 10 mm.

Preferiblemente, el borde lateral del elemento de carbono está apartado del conductor eléctrico. En particular, el borde lateral es el borde más exterior del elemento de carbono. Preferiblemente, la cuarta porción se solapa con el elemento de carbono a lo largo de al menos el 60, 70, 80, 90, 95 o 100% de la anchura del elemento de carbono.

Según una realización adicional, la anchura del material de fibra de carbono es de entre 20 y 500 mm.

Esto tiene la ventaja de que puede transferirse suficiente corriente mediante el material de fibra de carbono y las conexiones eléctricas respectivas y, por tanto, pueden impedirse daños del material de fibra de carbono y el elemento de carbono cuando un impacto de rayo golpea la pala de turbina eólica.

Según una realización adicional, el elemento de carbono comprende una primera dirección de extensión principal y el material de fibra de carbono comprende una segunda dirección de extensión principal, en el que un ángulo entre la primera dirección de extensión principal y la segunda dirección de extensión principal es de entre 0 y 90º, 30 y 60º, o 40 y 50º, en particular 45º.

En particular, el ángulo es un ángulo entre las fibras de carbono del material de fibra de carbono y la primera dirección de extensión principal. Por ejemplo, el ángulo es un ángulo agudo. Preferiblemente, el ángulo se selecciona basándose en la anisotropía de conductividad del elemento de carbono y el material de fibra de carbono, en particular teniendo en cuenta las direcciones de las fibras de carbono del elemento de carbono y del material de fibra de carbono y/o la dirección de las fibras de vidrio o carbono de la carcasa de pala.

Según una realización adicional, la pala de turbina eólica comprende además al menos o exactamente dos o tres materiales de fibra de carbono que están unidos y conectados eléctricamente al conductor eléctrico, en la que la distancia entre dos materiales de fibra de carbono de los al menos o exactamente dos o tres materiales de fibra de carbono es preferiblemente de menos de 500 mm, menos de 400 mm, menos de 300 mm, o 200 mm.

Esto tiene la ventaja de que se proporcionan conexiones eléctricas redundantes entre el conductor eléctrico y el elemento de carbono y de que la corriente se distribuye llevando a una densidad de corriente menor para cada material de fibra de carbono. Por tanto, pueden impedirse adicionalmente arcos y descargas eléctricas. Preferiblemente, los materiales de fibra de carbono se proporcionan de manera idéntica y están conectados de manera idéntica al conductor eléctrico y el elemento de carbono. En particular, pueden proporcionarse exactamente dos, tres o cuatro materiales de fibra de carbono uno al lado del otro.

Según una realización adicional, la distancia entre un primer extremo del conductor eléctrico y uno más cercano de los al menos o exactamente dos o tres materiales de fibra de carbono es de entre 100 y 500 mm o de al menos 10 mm.

Esto tiene la ventaja de que pueden evitarse una concentración de campo y la formación de arcos. Garantiza que la corriente se distribuye de tal manera que las delaminaciones locales permanecen por debajo de un límite de tolerancia estructural.

Según una realización adicional, el conductor eléctrico es un cable de metal.

El conductor eléctrico es preferiblemente un cable trenzado o una tira de metal. En particular, el conductor eléctrico comprende aluminio, cobre, acero y/o titanio. Preferiblemente, el conductor eléctrico tiene una sección transversal rectangular y/o una sección transversal plana.

Además, se proporciona una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica de este tipo.

La presente turbina eólica se refiere a un aparato que convierte la energía cinética del viento en energía rotatoria, que puede convertirse nuevamente en energía eléctrica mediante el aparato. Preferiblemente, la turbina eólica comprende tres o cuatro de tales palas de turbina eólica.

Posibles implementaciones adicionales o soluciones alternativas de la invención también abarcan combinaciones (que no se mencionan explícitamente en el presente documento) de características descritas anteriormente o a

continuación en cuanto a las realizaciones. El experto en la técnica también puede añadir aspectos y características individuales o aislados a la forma más básica de la invención.

Realizaciones, características y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción posterior y las reivindicaciones dependientes, tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización;

la figura 2 muestra una vista en perspectiva de una pala de turbina eólica de la turbina eólica según la figura 1;

la figura 3 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal III-III a partir de la figura 2; y

la figura 4 muestra esquemáticamente una vista desde arriba de una disposición de conexión eléctrica de la pala de turbina eólica según la figura 2.

En las figuras, números de referencia similares designan elementos similares o funcionalmente equivalentes, a menos que se indique lo contrario.

La figura 1 muestra una turbina 1 eólica. La turbina 1 eólica comprende un rotor 2 conectado a un generador (no mostrado) dispuesto dentro de una góndola 3. La góndola 3 está dispuesta en un extremo superior de una torre 4 de la turbina 1 eólica.

El rotor 2 comprende tres palas 5 de turbina eólica. Las palas 5 de turbina eólica están conectadas a un buje 6 de la turbina 1 eólica. Los rotores 2 de este tipo pueden tener diámetros que oscilan entre, por ejemplo, 30 y 200 metros o incluso más. Las palas 5 de turbina eólica están sometidas a grandes cargas de viento. Al mismo tiempo, es necesario que las palas 5 de turbina eólica sean ligeras. Por estos motivos, las palas 5 de turbina eólica en turbinas 1 eólicas modernas están fabricadas de materiales compuestos reforzados con fibras. A menudo, se usan fibras de vidrio o carbono en forma de esterillas de fibras unidireccionales.

La figura 2 muestra una pala 5 de turbina eólica. La pala 5 de turbina eólica comprende una porción 7 diseñada aerodinámicamente que está conformada para la explotación óptima de la energía eólica y una raíz 8 de pala para conectar la pala 5 de turbina eólica al buje 6. Además, la pala 5 de turbina eólica comprende una punta 9 de pala que está dispuesta apartada de la raíz 8 de pala. La pala 5 de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal L. La pala 5 tiene una longitud M que, por ejemplo, puede ser de entre 15 a 90 m.

La figura 3 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal III-III a partir de la figura 2. Todos los elementos mostrados en la figura 3 se muestran de manera simplificada. Se entiende que pueden proporcionarse elementos intermedios, en particular elementos de conexión y elementos de refuerzo adicionales.

La pala 5 de turbina eólica comprende una carcasa 10 de pala exterior que comprende una primera semicarcasa 11 y una segunda semicarcasa 12 que están conectadas entre sí en un lado 13 de la pala 5 de turbina eólica, en particular en un borde de salida, y en el otro lado 14 de la pala 5 de turbina eólica, en particular en un borde de ataque, para formar la carcasa 10 exterior de la pala 5 de turbina eólica.

Una línea de cuerda Z interseca el borde de salida y el borde de ataque. La carcasa 10 de pala puede comprender material de fibras compuesto. Además, la primera semicarcasa 11 y la segunda semicarcasa 12 pueden estar encoladas entre sí. Alternativamente, la carcasa 10 de pala puede proporcionarse como un elemento de una sola pieza. La primera semicarcasa 11 comprende una superficie 15 interior y la segunda semicarcasa 12 comprende una superficie 16 interior que están opuestas entre sí, en las que un espacio 17 interior de la pala 5 de turbina eólica está definido por las superficies 15, 16 interiores.

Un alma 18, en particular un alma de cizalladura, está ubicada dentro del espacio 17 interior que se extiende desde la superficie 15 interior de la primera semicarcasa 11 hasta la superficie 16 interior de la segunda semicarcasa 12. La pala 5 de turbina eólica comprende además un elemento 19 de carbono, en particular una primera viga de carbono, conectado a la primera semicarcasa 11 y un elemento 20 de carbono, en particular una segunda viga de carbono, conectado a la segunda semicarcasa 12.

En particular, los elementos 19, 20 de carbono son eléctricamente conductores y se extienden a lo largo de la dirección longitudinal L. Preferiblemente, el alma 18 se extiende a lo largo de la dirección longitudinal L.

El alma 18 está ubicada entre el elemento 19 de carbono y el elemento 20 de carbono, en la que el alma 18 y los elementos 19, 20 de carbono forman una sección transversal con forma de I. El alma 18 y los elementos 19, 20 de carbono forman una estructura de soporte que impide la ruptura o el abarquillamiento de la pala 5 de turbina eólica.

Alternativa, o adicionalmente, el elemento 19, 20 de carbono puede proporcionarse cerca del borde de salida o cerca

del borde de ataque de la pala 5 de turbina eólica.

Además, se proporciona un conductor 21 de rayos que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal L y que está unido al alma 18. El conductor 21 de rayos está dispuesto entre los elementos 19, 20 de carbono. Preferiblemente, el conductor 21 de rayos es un conductor de bajada. En particular, el conductor 21 de rayos es un cable de metal. Además, el conductor 21 de rayos está preferiblemente puesto a tierra.

Además, un conductor 22 eléctrico que se extiende en la dirección longitudinal L se proporciona dentro del espacio 17 interior. Preferiblemente, el conductor 22 eléctrico está conectado a la superficie 15 interior. En particular, un receptor 23 está dispuesto en una superficie 24 exterior de la pala 5. El receptor 23 está conectado eléctricamente de manera directa o indirecta al conductor 22 eléctrico y el conductor 21 de rayos (no se muestra la conexión).

Una pluralidad de receptores 23 pueden proporcionarse en la superficie 24 exterior. Los receptores 23 y el conductor 21 forman un sistema de protección contra rayos. Además, se proporciona un material 25 de fibra de carbono que es eléctricamente conductor. El material 25 de fibra de carbono está unido y, por tanto, conectado eléctricamente de manera directa al conductor 22 eléctrico.

En particular, el material 25 de fibra de carbono es una esterilla de carbono que comprende fibras de carbono unidireccionales. Preferiblemente, el conductor 22 eléctrico es un cable de metal. Además, el material 25 de fibra de carbono está unido y, por tanto, conectado eléctricamente de manera directa al elemento 19 de carbono que comprende preferiblemente fibras de carbono, en particular fibras de carbono unidireccionales.

Esto tiene la ventaja de que la impedancia del elemento 19 de carbono y el material 25 de fibra de carbono está en el mismo intervalo y, por tanto, se transfiere corriente de manera homogénea, es decir, principalmente no en los bordes de la conexión, desde el material 25 de fibra de carbono hasta el elemento 19 de carbono.

Preferiblemente, el conductor 22 eléctrico está unido al conductor 21 de rayos (no mostrado) y, por tanto, también está conectado eléctricamente de manera directa al mismo. En particular, pueden proporcionarse conexiones eléctricas adicionales (no mostradas), en particular cables de metal y/o cables convencionales o esterillas de carbono adicionales, para conectar eléctricamente el conductor 22 eléctrico al conductor 21 de rayos. El conductor 22 eléctrico, el material 25 de fibra de carbono y el elemento 19 de carbono forman una disposición 26 de conexión eléctrica.

La figura 4 muestra esquemáticamente la disposición 26 de conexión eléctrica de la figura 3, en la que se muestra esquemáticamente una vista desde arriba. Preferiblemente, esto significa una vista perpendicular a la dirección longitudinal L y perpendicular a la línea de cuerda Z.

El material 25 de fibra de carbono comprende una porción 27 (también denominada primera porción) que está dispuesta al lado del conductor 22 eléctrico, una porción 28 (también denominada segunda porción) que está conectada a la porción 27 y está unida y conectada eléctricamente al conductor 22 eléctrico, una porción 29 (también denominada tercera porción) que está conectada a la porción 28, y una porción 30 (también denominada cuarta porción) que está unida y conectada eléctricamente al elemento 19 de carbono. La porción 29 se solapa al menos parcialmente con la porción 27. Preferiblemente, las porciones 27, 28, 29, 30 están formadas por una esterilla de carbono de una sola pieza.

La porción 27 está dispuesta entre el conductor 22 eléctrico y el elemento 19 de carbono y no está en contacto con el conductor 22 eléctrico y el elemento 19 de carbono. Además, la porción 27 tiene forma de rombo. La segunda porción 28 rodea al menos parcialmente el conductor 22 eléctrico de una manera con forma de U.

La porción 29 comprende una parte 31 que se solapa con la porción 27 y otra parte 32 que no se solapa con la porción 27, es decir, la otra parte 32 está dispuesta al lado de y no está en contacto con la porción 27. Preferiblemente, la una parte 31 está unida a la porción 27. La una parte 31 tiene preferiblemente forma triangular. La otra parte 32 tiene forma de tira y tiene una anchura D que es de al menos 5 mm, en particular de entre 10 y 100 mm.

Tal como se muestra en la figura 4, el material 25 de fibra de carbono está plegado una vez y aloja el conductor 22 eléctrico dentro de un pliegue que está formado por la porción 28. El elemento 19 de carbono está dispuesto al lado del conductor 22 eléctrico. La distancia J entre el elemento 19 de carbono y el conductor 22 eléctrico es de entre 10 y 3000 mm o mayor de 150 mm. En particular, la distancia J está medida entre un borde 33 lateral del elemento 19 de carbono adyacente a la porción 27 y un borde 34 del conductor 22 eléctrico adyacente a la porción 27. Los bordes 33 y 34 están orientados el uno hacia el otro.

Además, el elemento 19 de carbono comprende un borde 35 lateral que está apartado del conductor 22 eléctrico. La porción 30 comprende una cara 36 de extremo que está apartada del conductor 22 eléctrico. La distancia E entre el borde 35 lateral y la cara 36 de extremo es de entre 5 y 10 mm o de más de 5 mm. Tal como se muestra en la figura 4, la cuarta porción 30 no cubre el borde 35 lateral del elemento 19 de carbono. Alternativamente, la cuarta porción

30 cubre el borde 35 lateral del elemento 19 de carbono y se extiende más allá del borde 35 lateral, en particular 5 a 10 mm.

La porción 30 se solapa completamente con el elemento 19 de carbono. Por tanto, se proporciona una zona de unión suficiente entre el material 25 de fibra de carbono y el elemento 19 de carbono. Esto garantiza una distribución uniforme de la corriente cuando se conduce un impacto de rayo. Por tanto, puede evitarse la formación de arcos entre y en el elemento 19 de carbono y el material 25 de fibra de carbono cuando se trasfiere la corriente y, por tanto, puede impedirse la deslaminación. La porción 30 tiene preferiblemente forma de rombo.

La anchura de material de fibra de carbono C que está medida entre dos bordes 37, 38 laterales del material 25 de fibra de carbono es de entre 100-500 mm, en particular 200 mm. El elemento 19 de carbono comprende una dirección de extensión principal V (también denominada primera dirección de extensión principal) y el material 25 de fibra de carbono comprende una dirección de extensión principal W (también denominada segunda dirección de extensión principal), en la que un ángulo α entre la dirección de extensión principal V y la dirección de extensión principal W es de entre 30 y 60º o 40 y 50º, en particular 45º. Preferiblemente, el ángulo α se proporciona también o alternativamente entre el borde 33 y el borde 38 lateral. Los bordes 37, 38 laterales se extienden en paralelo a la dirección de extensión principal W.

Además, se proporcionan tres materiales 25, 39, 40 de fibra de carbono en paralelo entre sí. En particular, los materiales 25, 39, 40 de fibra de carbono se proporcionan de manera idéntica y están unidos de manera idéntica al conductor 22 eléctrico. Un material 39 de fibra de carbono está dispuesto al lado del material 25 de fibra de carbono, en los que la distancia B entre los materiales 25, 39 de fibra de carbono es de menos de 500 mm, menos de 400 mm, menos de 300 mm, o 200 mm. Un material 40 de fibra de carbono está dispuesto al lado del material 39 de fibra de carbono, en los que la distancia B también se proporciona preferiblemente entre los materiales 39, 40 de fibra de carbono.

La distancia A entre un primer extremo 41 del conductor 22 eléctrico y el material 25 de fibra de carbono que es el más cercano al primer extremo 41 es de al menos 10 mm, preferiblemente de entre 100 y 500 mm. Además, el conductor 22 eléctrico comprende una porción 42 de extremo que comprende un segundo extremo 43 del conductor 22 eléctrico. Preferiblemente, la porción 42 de extremo tiene una longitud I de entre 200 y 300 mm o más larga.

La porción 42 de extremo puede proporcionarse como una porción más flexible en comparación con una porción 44 restante del conductor 22 eléctrico. Preferiblemente, la porción 42 de extremo es un componente flexible. En particular, esto significa que la porción 42 de extremo se mantiene seca durante el moldeo por colada del elemento 19 de carbono premoldeado por colada, en particular la tapa de larguero, con el fin de facilitar la conexión eléctrica con el conductor 21 de rayos (véase la figura 3) durante el montaje de pala. La distancia H entre el material 40 de fibra de carbono que es el más cercano a la porción 42 de extremo es preferiblemente de entre 100 y 500 mm.

La distancia F entre el borde 33 lateral y el borde 35 lateral es preferiblemente de entre 100 y 1000 mm, 300 y 800 mm, o 500 y 700 mm, en particular de exactamente 600 mm que es preferiblemente la anchura del elemento 19 de carbono.

Además, el conductor 22 eléctrico comprende una anchura G que es preferiblemente de entre 10 y 200 mm, 20 y 70 mm o 20 y 40 mm, en particular de exactamente 30 mm. Preferiblemente, el conductor 22 eléctrico es un cable que tiene una forma plana, es decir, que tiene una sección transversal plana, con el fin de tener una buena distribución de presiones durante la fabricación en las superficies de contacto con los materiales 25, 39, 40 de fibra de carbono. Preferiblemente, el conductor 22 eléctrico tiene una sección transversal rectangular (no mostrada).

En particular, el elemento 19 de carbono y el conductor 22 eléctrico están conectados eléctricamente por medio de exactamente dos, tres o cuatro materiales 30, 39, 40 de fibra de carbono (sólo se muestran tres en la figura 4). El conductor 22 eléctrico es preferiblemente un conductor de metal, por ejemplo, un cable trenzado o una tira de metal, compuesto por aluminio, cobre, acero y/o titanio que está en contacto con el material 25, 39, 40 de fibra de carbono a lo largo de una gran superficie.

Aunque la presente invención se ha descrito según realizaciones preferidas, es evidente para el experto en la técnica que son posibles modificaciones en todas las realizaciones. El alma 18 (véase la figura 3), por ejemplo, puede tener una sección transversal con forma de armazón. En particular, puede proporcionarse un conductor eléctrico adicional en la superficie 16 que está conectado al elemento 20 de carbono por medio de materiales de fibra de carbono tal como se describió anteriormente. Adicional, o alternativamente, pueden proporcionarse varios conductores eléctricos en la superficie 15 dispuestos uno al lado del otro a lo largo de la dirección L y conectados al elemento 19 de carbono por medio de materiales de fibra de carbono tal como se describió anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Pala (5) de turbina eólica para una turbina (1) eólica, comprendiendo la pala (5) de turbina eólica un conductor (22) eléctrico que se extiende en una dirección longitudinal (L) de la pala (5) de turbina eólica, y un material (25, 39, 40) de fibra de carbono que es eléctricamente conductor y que tiene una primera porción (27) que está dispuesta al lado del conductor (22) eléctrico, una segunda porción (28) que está conectada a la primera porción (27) y está unida y conectada eléctricamente al conductor (22) eléctrico, y una tercera porción (29) que está conectada a la segunda porción (28) y se solapa al menos parcialmente con la primera porción (27),

en la que la tercera porción (29) comprende una parte (31) que se solapa con la primera porción (27) y otra parte (32) que no se solapa con la primera porción (27), caracterizada porque

la una parte (31) tiene forma triangular.

2. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, que comprende además un elemento (19) de carbono que se extiende en la dirección longitudinal (L) de la pala (5) de turbina eólica, dispuesto al lado del conductor (22) eléctrico y que es eléctricamente conductor, en la que el material (25, 39, 40) de fibra de carbono comprende una cuarta porción (30) que está unida al elemento (19) de carbono.

3. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, en la que la segunda porción (28) rodea al menos parcialmente el conductor (22) eléctrico.

4. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que la otra parte (32) tiene una anchura (D) que es de al menos 5 mm, en particular de entre 10 y 100 mm.

5. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-4, en la que la una parte (31) está unida a la primera porción (27).

6. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 2-5, en la que la distancia (J) entre el elemento (19) de carbono y el conductor (22) eléctrico es de entre 10 y 3000 mm o mayor de 150 mm.

7. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 2-6, en la que el elemento (19) de carbono comprende un borde (35) lateral, en la que la cuarta porción (30) comprende una cara (36) de extremo, y en la que la distancia (E) entre el borde (35) lateral y la cara (36) de extremo es de entre 5 y 10 mm.

8. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-7, en la que la anchura (C) del material (25, 39, 40) de fibra de carbono es de entre 20 y 500 mm.

9. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 2-8, en la que el elemento (19) de carbono comprende una primera dirección de extensión principal (V) y el material (25, 39, 40) de fibra de carbono comprende una segunda dirección de extensión principal (W), y en la que un ángulo (α) entre la primera dirección de extensión principal (V) y la segunda dirección de extensión principal (W) es de entre 0 y 90º, 30 y 60º o 40 y 50º, en particular 45º.

10. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-9, que comprende además al menos o exactamente dos o tres materiales (25, 39, 40) de fibra de carbono que están unidos y conectados eléctricamente al conductor (22) eléctrico, en la que la distancia (B) entre dos materiales (25, 39) de fibra de carbono de los al menos o exactamente dos o tres materiales (25, 39, 40) de fibra de carbono es preferiblemente de menos de 500 mm, menos de 400 mm, menos de 300 mm, o 200 mm.

11. Pala de turbina eólica según la reivindicación 10, en la que la distancia (A) entre un primer extremo (41) del conductor (22) eléctrico y uno más cercano de los al menos o exactamente dos o tres materiales (25) de fibra de carbono es de entre 100 y 500 mm o al menos 10 mm.

12. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-11, en la que el conductor (22) eléctrico es un cable de metal.

13. Turbina (1) eólica que comprende una pala (5) de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1-12.

FIG 1

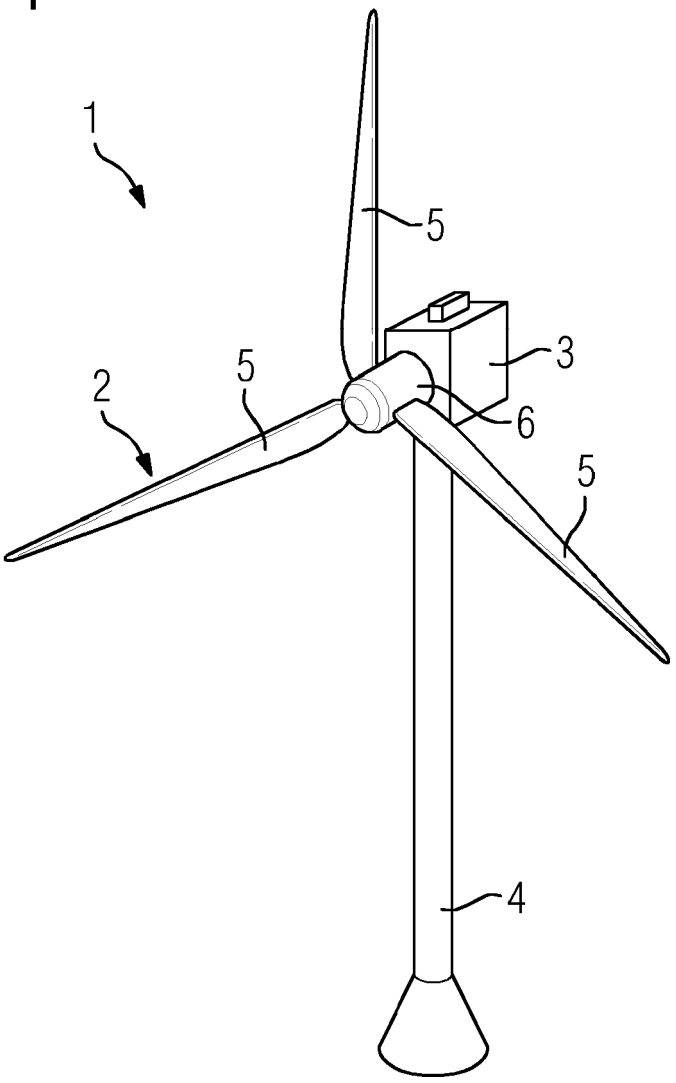


FIG 2

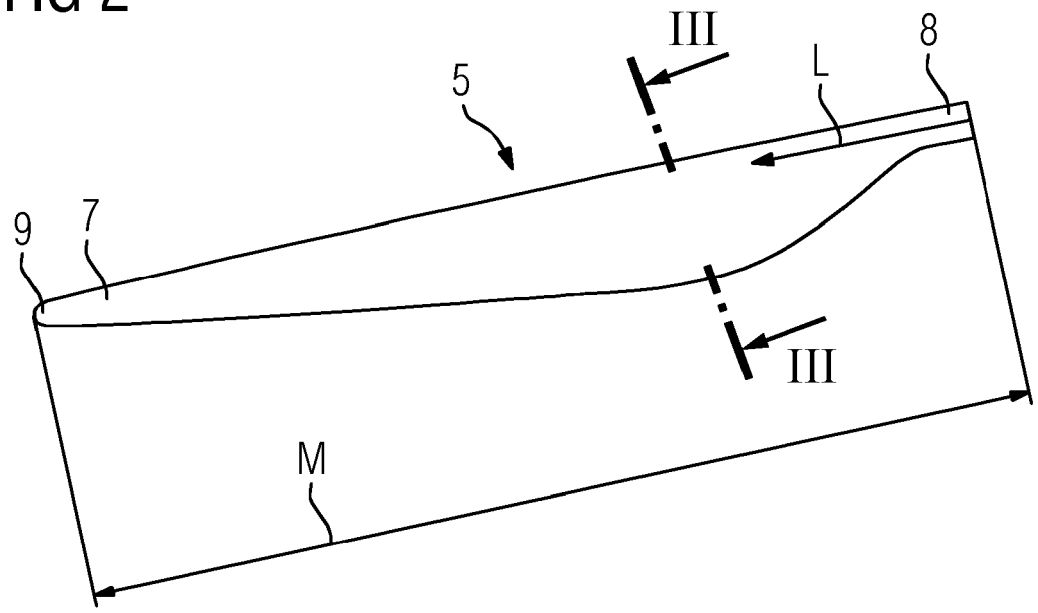

III
8
L
5
9
7
III
M

FIG 3

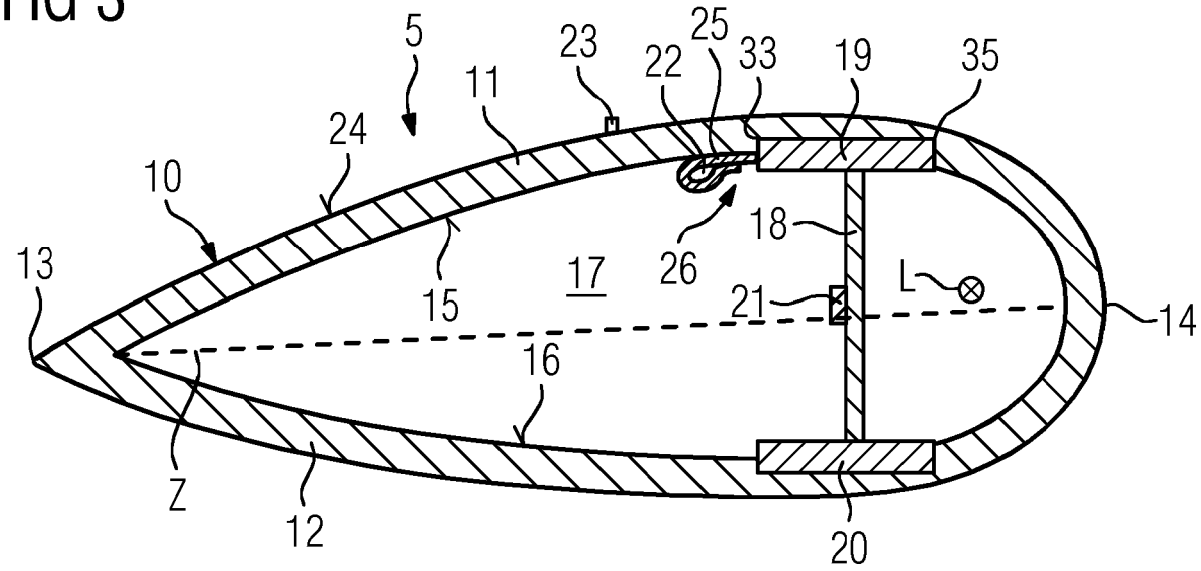
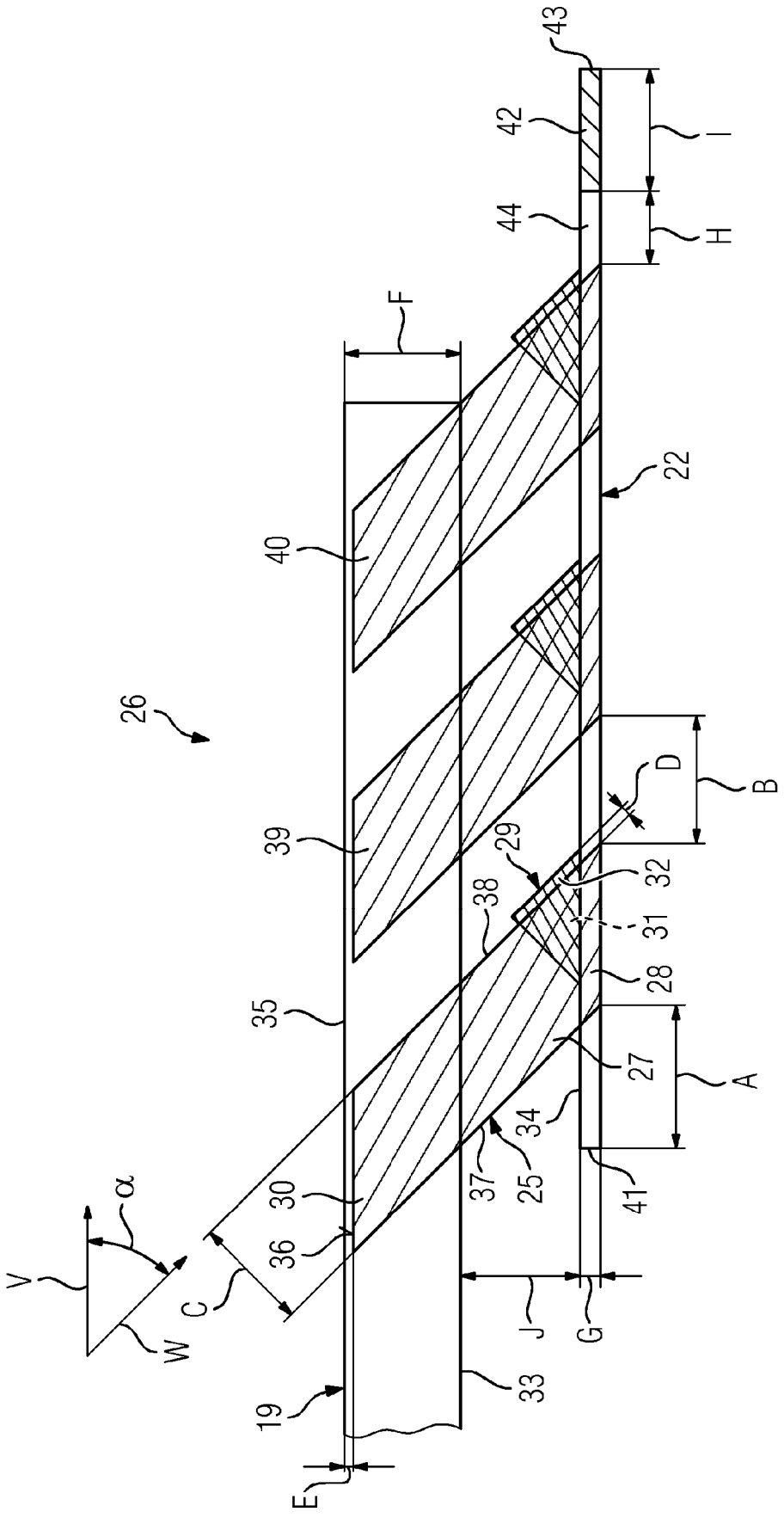

5
23
25
22
33
19
35
11
24
10
18
13
17
26
L
15
21
14
16
Z
12
20

FIG 4


43
42
I
44
H
F
22
40
26
39
29
32
31
38
28
35
27
A
34
37
25
41
30
36
C
V
α
W
J
G
19
33
E
D
B