

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 318**

51 Int. Cl.:

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2018** E 18177846 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2022** EP 3581796

54 Título: **Interfaz de conductividad escalonada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.06.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GIROLAMO, DONATO y
TRUONG, YANNICK CAO VAN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 914 318 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Interfaz de conductividad escalonada

5 La invención describe una interfaz de conductividad escalonada, una cuchilla de rotor de turbina eólica que comprende una interfaz de conductividad escalonada; y un método para proporcionar una interfaz de conductividad escalonada.

10 Una cuchilla de rotor de una turbina eólica está en la mayor parte del riesgo de recibir un golpe de rayos debido a su posición expuesta. Por lo tanto, es fundamental que el sistema de protección contra rayos (LPS) de una turbina eólica esté debidamente diseñado para proteger las cuchillas del rotor de los rayos. Por lo general, esto se hace colocando un cable metálico de alto voltaje como conductor hacia tierra, en el interior de la cuchilla y conectándolo al sistema de conexión a tierra del LPS. Los receptores en varios puntos a lo largo del exterior de una cuchilla del rotor están conectados al conductor interno hacia la tierra, lo que proporciona una ruta de corriente segura al suelo cuando el rayo golpea la cuchilla del rotor.

15 Un problema con este tipo de LPS surge cuando la cuchilla del rotor está diseñada para incorporar elementos de conducción débil, por ejemplo, una o más partes estructurales o funcionales a base de carbono que comprenden fibra de carbono (referidas en adelante, de forma más simple, como "elementos de carbono"). Los elementos de carbono se pueden usar para varios propósitos, por ejemplo, como elementos de carga, esteras de calentamiento, esteras de deshielo, etc. Sin embargo, en caso de que un rayo golpeé la cuchilla del rotor, la impedancia de su conductor hacia la tierra, la magnitud de la corriente del rayo, y los componentes de frecuencia de la corriente del rayo, se combinan para generar una caída potencial a lo largo del conductor hacia la tierra, que puede estar en el orden de millones de voltios. Dicha gran diferencia potencial puede resultar en un destello entre el conductor hacia la tierra, y cualquier elemento de carbono en la vecindad. Además, la inducción mutua entre un conductor hacia la tierra, y un elemento de carbono vecino pueden dar lugar a corrientes eléctricas en el elemento de carbono. Cualquiera de estos efectos puede causar un daño estructural significativo en el elemento de carbono, y a cualquier otro material en la ruta que recorre el rayo. Un elemento de carbono con carga dañado puede llevar a daños estructurales en la cuchilla. Un elemento de carbono dañado de un subsistema, como un sistema de deshielo o un sistema de calefacción, puede resultar en un mal funcionamiento o falla de ese subsistema. Inicialmente, el daño a los elementos de carbono puede pasar desapercibido, pero el daño puede empeorar bajo la carga cíclica de la cuchilla del rotor y, en última instancia, puede resultar en una falla catastrófica de la cuchilla dentro del final de su vida útil esperada.

20 Por lo tanto, aunque la conductividad del carbono es mucho menor que la de un conductor del metal hacia tierra, esta propiedad debe tomarse en consideración para el LPS de la cuchilla del rotor.

25 En un enfoque, el LP de la cuchilla del rotor se puede acoplar eléctricamente a cualquier elemento de carbono que use conectores eléctricos que permitan deliberadamente una parte de los rayos fluir de manera controlada a través de los elementos de carbono. Sin embargo, es difícil lograr una conexión eléctrica satisfactoria entre el conductor de metal hacia la tierra, y los elementos de carbono, debido a las diferentes conductividades eléctricas de los dos materiales. Esta diferencia se manifiesta como una discontinuidad o "caída repentina" en la conductividad eléctrica en la unión entre el conductor de metal hacia la tierra, y el elemento de carbón que conduce débilmente. El arco puede resultar cuando una gran corriente eléctrica se enfrenta a una discontinuidad de dicha conductividad, y puede resultar en una fusión o abrasamiento del material en las cercanías. Tras un evento de este tipo, la estructura de la cuchilla puede sufrir huecos, daños por vínculos, deslaminaciones, expansión, grietas, etc. Este tipo de daño puede propagarse y empeorar bajo la carga cíclica de la cuchilla del rotor, de modo que la falla catastrófica puede ocurrir.

30 Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar una interfaz mejorada entre un elemento de carbono que conduce débilmente y un conductor hacia la tierra de un LP de la cuchilla de rotor. Una disposición de la técnica anterior que utiliza una interfaz escalonada en esta situación se conoce en el documento US 7 651 320 A.

35 Este objetivo se logra mediante la interfaz de conductividad escalonada de la reivindicación 1; por la cuchilla del rotor de la turbina eólica de la reivindicación 10; y por el método de la reivindicación 13, que proporciona una interfaz de conductividad escalonada.

40 De acuerdo con la invención, la interfaz de conductividad escalonada está dispuesta entre un elemento de carbono de una cuchilla de rotor de turbina eólica, y un sistema de protección contra rayos de la cuchilla del rotor. La interfaz de conductividad escalonada de la invención comprende múltiples regiones de interfaz eléctricamente conductoras dispuestas entre una primera pieza eléctricamente conductora y una segunda pieza eléctricamente conductora, en la que la primera pieza eléctricamente conductora se extiende desde el sistema de protección contra rayos y la segunda pieza eléctricamente conductora se extiende desde el elemento de carbono. En la interfaz de conductividad escalonada de la invención, las regiones de la interfaz tienen diferentes conductividades eléctricas, y las conductividades eléctricas de las regiones de la interfaz se desarrollan en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora.

45 Una ventaja de la interfaz de conductividad escalonada, de acuerdo con la invención, es que evita una disminución repentina no favorable en la conductividad entre un elemento del LPS y un elemento de carbono de la cuchilla del rotor. Una corriente eléctrica muy alta que surge en caso de un golpe rayos, ya no "vea" una barrera presentada por un elemento

de carbono que conduce débilmente con su muy baja conductividad. En su lugar, la conductividad en la interfaz de conductividad escalonada es mayor que la baja conductividad del elemento de carbono, y la disminución gradual hacia esa baja conductividad (en lugar de una caída repentina) reducirá significativamente la probabilidad de que se forme un arco.

5

De acuerdo con la invención, la cuchilla del rotor de la turbina eólica comprende una serie de elementos basados en carbono estructurales y/o funcionales incorporados en la cuchilla del rotor; un conductor hacia la tierra de un sistema de protección contra rayos; y un alcance de una disposición de conductividad escalonada entre el conductor hacia la tierra, y un elemento de carbono.

10

La cuchilla del rotor de la turbina eólica de la invención está protegida favorablemente de los daños derivados del arco entre las piezas eléctricamente conductoras que se unen al conductor hacia la tierra, y los elementos de carbono incrustados, de modo que la vida útil de la cuchilla del rotor no esté comprometida por la inclusión de los elementos de carbono en la cuchilla del rotor.

15

De acuerdo con la invención, el método de proporcionar una interfaz de conductividad escalonada entre un elemento de carbono de una cuchilla de rotor de turbina eólica y un sistema de protección contra rayos de la cuchilla del rotor, comprende las etapas de proporcionar una primera pieza eléctricamente conductora que se extiende desde el sistema de protección contra rayos; proporcionar una segunda pieza eléctricamente conductora que se extiende desde el elemento de carbono; y formar múltiples regiones de interfaz eléctricamente conductoras con diferentes conductividades eléctricas entre la primera y la segunda piezas eléctricamente conductoras, por lo que las regiones de la interfaz están dispuestas con el fin de disminuir de la conductividad en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora. En particular, los alcances, y las características de la invención están dadas por las reivindicaciones dependientes, como se revela en la siguiente descripción.

20

25

A continuación, sin restringir la invención de ninguna manera, se puede suponer que la primera pieza eléctricamente conductora es un cable metálico que se conecta eléctricamente de alguna manera a un conductor hacia la tierra, dispuesto dentro de la cuchilla del rotor. De manera similar, sin restringir la invención de ninguna manera, se puede asumir que la segunda pieza eléctricamente conductora es una estera conductora o "estera de carbono", que comprende principalmente fibras de carbono, y se unen de manera eléctricamente conductora a un elemento de carbono de la cuchilla del rotor. Un elemento de carbono de la cuchilla del rotor puede ser un elemento estructural que lleva la carga, tal como una viga que se extiende sobre gran parte de la longitud de la cuchilla del rotor. Igualmente, un elemento de carbono de la cuchilla del rotor puede ser un elemento funcional tal como una estera de calentamiento, una estera de deshielo, etc. Una cuchilla de rotor puede comprender cualquier número de tales elementos de carbono, y cualquier elemento de carbono puede estar conectado de forma eléctrica de una manera adecuada al LP de la cuchilla del rotor, por ejemplo, utilizando un cable de metal, tal como se explicó anteriormente.

30

35

La segunda pieza eléctricamente conductora es una extensión del elemento de carbono, y puede realizarse como una estera de carbono que conduce débilmente. Los términos "pieza eléctricamente conductora", "estera conductora" y "estera de carbono" pueden usarse indistintamente. Se puede suponer que la estera de carbono tiene una conductividad similarmente baja que el elemento de carbono. A continuación, sin restringir la invención de ninguna manera, se puede suponer que la conductividad eléctrica de la segunda pieza eléctricamente conductora es significativamente menor, entonces la conductividad eléctrica de la primera pieza eléctricamente conductora, por ejemplo, la conductividad eléctrica de una estera de carbono puede estar en la región de 5 S/M a 3E4 S/M, dependiendo de diversos factores, como el grosor de las fibras de carbono y la densidad de la fibra. Para un sistema de estera/capa, la conductividad eléctrica puede depender del peso del área, la disposición de fibra (unidireccional, bidireccional, etc.) y el método de infusión utilizado. Además, la conductividad eléctrica de un compuesto de fibra de carbono es una propiedad ortotrópica, no una propiedad isotrópica, ya que es diferente en diferentes direcciones. La conductividad eléctrica de un cable metálico puede estar en la región de 1E6 a 1E8 S/M, dependiendo de su área de sección transversal y los metales de los cuales está fabricado.

40

45

50

El cable metálico y la estera conductora se pueden unir entre sí de cualquier manera adecuada, por ejemplo, en unión de una sección de extremo del cable metálico a lo largo de un borde exterior de la estera de carbón, de modo que el cable de metal se une a la estera conductora en una región de superposición. Por lo tanto, en un alcance predilecto de la invención, la región de la interfaz con la conductividad eléctrica más alta está dispuesta en una región de superposición entre el cable metálico y la estera conductora.

55

Se puede realizar una región de interfaz en cualquier número de formas. Por ejemplo, se puede proporcionar una región de interfaz en forma de una pieza de malla metálica. Una densidad de malla más alta se asocia con una mayor conductividad eléctrica. De preferencia, se proporciona una interfaz de malla de metal única, para la cual la densidad de malla varía a lo largo de su longitud. La mayor densidad de malla está dispuesta en el punto de introducción actual del conductor de LPS hacia la tierra. Una densidad de malla alta puede mejorar el área de contacto entre el cable metálico y la estera conductora, lo que mejora así la conductividad entre estas partes. Una conexión eléctrica robusta entre las piezas de malla metálica, el cable metálico y la estera de carbono se pueden lograr mediante la aplicación de la presidencia. De forma alternativa, las regiones de la interfaz se pueden proporcionar en forma de piezas de malla metálica de forma similar que tengan diferentes densidades de malla. Estos se pueden organizar uno al lado del otro en orden decreciente, es decir, con la disminución de la densidad de malla en la dirección del elemento a base de carbono, por lo que la pieza de malla

60

65

metálica con mayor densidad de malla está unida al cable de metal. Las piezas de malla metálica adyacentes pueden encajar en los bordes correspondientes. De forma alternativa, las piezas de malla metálicas vecinas pueden superponerse sobre una parte significativa de sus áreas.

5 En un alcance particularmente predilecto de la invención, una región de interfaz comprende una capa de material eléctricamente conductor formado al suspender partículas eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono picadas y/o virutas de metal en un medio portador, como una resina, un adhesivo de secado al aire, un recubrimiento adecuado, etc. De forma alternativa, la región de la interfaz se puede realizar al rociar partículas metálicas en la superficie de una estera conductora. En tales alcances de la interfaz de conductividad escalonada, la densidad de las partículas conductoras disminuye en la dirección del elemento carbono. Por ejemplo, se pueden formar tres o más regiones de interfaz superpuestas en la estera conductora para que una primera región de la interfaz comprenda la suspensión más densa de las partículas conductoras, y la región de la interfaz final comprende la suspensión menos densa de las partículas conductoras. La banda metálica se une a la primera región de la interfaz.

10 15 En tal alcance predilecto, las regiones de la interfaz pueden formarse aplicando la suspensión o el medio de carga de partículas a una superficie de la estera de carbono con la ayuda de una plantilla que tiene una abertura adecuadamente en forma. La plantilla se puede mantener sobre la estera de carbono, mientras que la suspensión se puede pintar o rociar sobre la abertura en la plantilla. Para formar la próxima región de la interfaz, la plantilla se mueve mediante una cantidad adecuada que garantiza una superposición suficiente entre las regiones de la interfaz, y se repite el proceso. De preferencia, las regiones de la interfaz se superponen en al menos el 20% del área de una región de interfaz. Una región de superposición relativamente grande, en la que aumenta la superficie de contacto entre las dos capas superpuestas, puede garantizar un margen de seguridad favorable. Proporcionar una región de superposición relativamente grande puede garantizar que la corriente de rayos no se "salte" una capa (flashes eléctricos en la superficie), y en su lugar, está obligada a pasar a través de todas las capas en secuencia.

20 25 Cuando se usa una única región de la interfaz entre el cable metálico y la estera de carbón, la diferencia en la conductividad entre una de estas partes conductoras y la región de la interfaz comprende al máximo el 33% de la diferencia en la conductividad entre el cable metálico y la estera de carbono.

30 La interfaz de conductividad escalonada de la invención puede comprender cualquier número de regiones de interfaz. Si bien ya se puede esperar una mejora significativa al usar solo un número relativamente pequeño de regiones de interfaz, por ejemplo, tres o cuatro regiones de la interfaz, la transición de la conductividad se puede hacer más suave al aumentar el número de "etapas", es decir, usando un mayor número de regiones de interfaz.

35 De preferencia, cuando se utilizan dos o más regiones de la interfaz, la diferencia en la conductividad entre las regiones de la interfaz adyacente comprende a la mayoría del 33% de la diferencia en la conductividad entre la primera pieza eléctricamente conductora y la segunda pieza eléctricamente conductora.

40 Otros objetivos y características de la presente invención se harán evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas consideradas en conjunto con las Figuras de acompañamiento. Sin embargo, debe entenderse que las Figuras están diseñadas únicamente para fines de ilustración, y no como una definición de los límites de la invención.

La Figura 1 muestra una interfaz de la técnica anterior entre una primera pieza eléctricamente conductora y una segunda pieza eléctricamente conductora.

45 La Figura 2 es un esquema simplificado para ilustrar el principio de la interfaz de conductividad escalonada de la invención. La Figura 3 muestra una vista en planta de un alcance a modo de ejemplo, de la interfaz de conductividad escalonada de la invención.

La Figura 4 muestra una vista en planta de una emisión adicional a modo de ejemplo, de la interfaz de conductividad escalonada de la invención.

50 La Figura 5 muestra cómo se podría lograr la interfaz de conductividad escalonada de la Figura 4.

La Figura 6 muestra la interfaz de conductividad de la invención en relación con un elemento de carga de la cuchilla del rotor de turbina eólica.

Las Figuras 7 a la 9 muestran alcances alternativos de la disposición de conductividad escalonada inventiva.

La Figura 10 muestra una turbina eólica con una serie de cuchillas de rotor.

55 En los diagramas, como los números, se refieren a las objeciones similares en todo. Los objetos en los diagramas no se dibujan necesariamente a escala.

60 La Figura 1 muestra una conexión de la técnica anterior entre una primera pieza eléctricamente conductora 1, y una segunda pieza eléctricamente conductora 2. Se puede suponer que la primera pieza eléctricamente conductora 1 puede ser un cable de metal que forma parte del LPS de cuchilla del rotor de la turbina eólica, y se puede suponer que la segunda pieza eléctricamente conductora 2 puede ser una estera de carbono que está unida a un elemento estructural a base de carbono de la cuchilla del rotor o a un subsistema funcional basado en carbono de la cuchilla del rotor. El gráfico en el centro del diagrama muestra las conductividades eléctricas (eje Y en S/m) del cable metálico 1, y la estera conductora 2 en la región en donde se superponen (el eje X muestra la distancia a lo largo de la región de superposición). La conductividad eléctrica σ_{HI} del cable metálico 1 puede estar en el orden de $1E7$ a $5E7$ S/m y, por lo tanto, es

significativamente más alto que la conductividad eléctrica σ_{LO} de la estera de carbono débilmente conductora 2, que puede estar en el orden de solo 5 a $3E4$ S/m. La parte inferior del diagrama muestra los I_{LPS} de corriente eléctrica a esta conexión en caso de un rayo a la cuchilla del rotor. Los I_{LPS} de corriente eléctrica a través del cable de metal 1 se enfrentarán a una barrera repentina en el límite a la estera de carbón 2 que conduce débilmente, con una caída de un primer nivel de corriente muy alto I_{HI} a un segundo nivel de corriente más bajo I_{LO} , de modo que puede ocurrir un arco desde el cable metálico 1 a la estera de carbono 2, con un daño potencialmente grave como resultado.

La Figura 2 es un esquema simplificado para ilustrar el principio de la interfaz de conductividad escalonada de la invención 10. El diagrama muestra una primera pieza eléctricamente conductora 1 conectada a una segunda pieza eléctricamente conductora 2 por medio de una interfaz de transición 3 dispuesta en una región de interfaz F. La primera pieza eléctricamente conductora se supone que es un cable de metal 1 que se conecta al LPS de una cuchilla del rotor de turbina eólica, y se puede suponer que la segunda pieza eléctricamente conductora 2 puede ser una estera de carbono 2 que conduce a un elemento de carbono de la cuchilla de rotor. La conductividad eléctrica de la primera pieza eléctricamente conductora 1 es, por lo tanto, significativamente más alta que la de la segunda pieza eléctricamente conductora 2, tal como se explica en la Figura 1 mencionada. Para evitar arcos entre el cable metálico 1 y la estera de carbono 2 en caso de un rayo de golpe a la cuchilla del rotor, la interfaz de transición 3 está dispuesta en la región de superposición F. Tal como se muestra en la parte media del diagrama, la conductividad de la Interfaz de conductividad escalonada 3 golpea una curva 40 que disminuye suavemente en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora 2, desde una alta conductividad σ_A a una σ_B de baja conductividad. De esta manera, se puede evitar una caída repentina no favorable en la conductividad eléctrica, como se completa en la Figura 1 anterior, lo que reduce la probabilidad de que se forme un arco entre la primera pieza eléctricamente conductora 1, y la pieza eléctricamente conductora 2. La parte inferior del diagrama muestra las I_{LPS} de corriente eléctrica en esta transición en caso de un rayo a la cuchilla del rotor. El I_{LPS} de corriente eléctrica a través del cable de metal 1 ya no se enfrentan a una barrera repentina en el límite a la estera de carbón 2 que conduce débilmente, y la corriente puede disminuir sin problemas desde el nivel de corriente de muy alta I_{HI} al segundo nivel de corriente más bajo, I_{LO} , con una probabilidad muy reducida de formar un arco entre el cable de metal 1 y la estera de carbono 2.

La Figura 3 muestra una vista en planta de un evento a modo de ejemplo, de la organización de conductividad escalonada de la invención 10. El diagrama muestra un cable de metal plano 1 conectado a una estera conductora 2 de fibra de carbono, por ejemplo, una estera CFRP 2. La disposición de conductividad escalonada 10 se realiza mediante capas superpuestas 31, 32, 33 de una interfaz de transición 3. Las capas superpuestas 31, 32, 33 tienen conductividades reductoras sucesivamente y se aplican sobre la estera conductora 2. Las capas intermedias previenen discontinuidad de mayor conductividad descrita en la Figura 1. Si solo se usó una capa intermedia, la diferencia en la conductividad entre esa única capa intermedia y la estera de carbono 2 serían preferiblemente el 50% de la diferencia de conductividad entre el cable metálico 1 y la estera de carbono 2, es decir, una "etapa" se introduce en la curva de conductividad. Al introducir más capas intermedias, se pueden introducir más "etapas". La capa 31 con la más alta conductividad σ_A se conecta eléctricamente al cable de metal plano 1. En lugar de la disminución ideal en la conductividad en forma de una transición suave 40 como se muestra en la Figura 2, la transición de conductividad 41 en la dirección de la CFRP de la estera 2 puede parecerse a una serie de etapas, tal como se muestra en la parte inferior del diagrama. La conductividad disminuida paso a paso 41 entre el cable metálico 1 y la estera conductora 2 puede evitar eficazmente la formación de un arco, en caso de que un rayo llegue a la cuchilla del rotor. La pendiente de la conductividad 41 puede ajustarse al elegir las longitudes adecuadas L_{31} , L_{32} , L_{33} para las capas 31, 32, 33 en la región de transición 3. En este alcance a modo de ejemplo, solo se muestran tres capas superpuestas 31, 32, 33, pero se entenderá que se puede aplicar cualquier cantidad de capas para lograr una transición de conductividad a paso deseada 41.

La Figura 4 muestra una vista en planta de un alcance a modo de ejemplo adicional, de la disposición de conductividad escalonada de la invención 10. Aquí también, un cable de metal plano 1 está conectado a una estera conductora CFRP 2. Nuevamente, la interfaz de transición 3 se realiza aplicando las capas superpuestas 31, 32, 33, 34 con conductividad reducida sucesivamente en la estera conductora 2. La capa 31 con la más alta conductividad σ_A está conectada eléctricamente al cable de metal plano 1. En este alcance a modo de ejemplo, las capas superpuestas 31, 32, 33, 34 Tenga una forma más compleja que las capas rectangulares simples que se muestran en la Figura 3, de modo que la transición en la conductividad de una capa a la siguiente es más gradual, como lo indica la curva de conductividad decreciente 42 en la parte inferior del diagrama. La transición de conductividad desde el cable de metal 1 a la estera CFRP 2 puede ascender a una serie de etapas redondeadas.

La Figura 5 muestra cómo se podría lograr la transición escalonada de la Figura 4. Aquí, se mantiene una plantilla 50 con forma adecuada sobre la estera conductora 2, de modo que se puede aplicar una capa de material conductor para dar esa forma. El material conductor puede estar en forma líquida y se puede pulverizar o pintarse sobre la plantilla 50. En este alcance a modo de ejemplo, el material conductor comprende partículas conductoras 300 suspendidas en un medio portador, como se indica en el lado derecho del diagrama, que muestra una segunda capa 32 aplicada sobre una capa anterior 31. Después de aplicar una capa y dejar que se cure o se seque, la plantilla 50 puede moverse por una cantidad apropiada antes de aplicar la siguiente capa de material conductor para que la siguiente capa se superponga con la capa anterior. Las densidades de las partículas conductoras 300 en las diversas capas pueden disminuir con la distancia creciente desde el cable de metal.

La Figura 6 muestra la disposición de conductividad escalonada de la invención 10 en relación con una viga de carga 60 hecha principalmente de material de carbono. El cable metálico 1 está conectado deliberadamente entre un conductor hacia la tierra, del LP de la cuchilla del rotor al haz 60 por medio de una estera CFRP 2, ya que la viga 60 es eléctricamente conductora, incluso si solo es de forma débil. El diagrama también indica la interfaz de transición 3 entre el cable metálico 1 y la estera CFRP 2.

Las Figuras de la 7 a la 9 muestran alcances alternativos de la disposición de conductividad escalonada de la invención 10. En la Figura 7, la interfaz de transición 3 comprende cuatro capas 31, 32, 33, 34 que se muestran aquí en sección transversal (espesores relativos son exagerados). Las capas 31, 32, 33, 34 pueden estar hechas del mismo material, pero con una longitud creciente, de modo que la conductividad de la "pila" sea más alta cerca del cable de metal 1 y disminuye en la dirección del elemento de carbono en el Otro extremo de la estera de carbono 2. En la Figura 8, la interfaz de transición 3 comprende una malla de metal 36 que se muestra aquí en la vista del plan. La malla metálica 36 tiene una densidad de malla que es mayor cerca del cable de metal 1, de modo que la conductividad de la malla metálica 36 es más alta cerca del cable de metal 1 y disminuye en la dirección del elemento de carbono en el otro extremo. de la estera de carbono 2. Una conexión eléctrica robusta entre la malla metálica 36, el cable metálico 1 y la estera de carbono 2 se puede lograr mediante la aplicación de presión. En la Figura 9, la transición interfacial 3 comprende una suspensión curada 37 de partículas conductoras 300, mostradas aquí en vista de perspectiva. La suspensión curada 37 tiene una densidad de partículas que es mayor cerca del cable de metal 1, de modo que la conductividad de la suspensión curada 37 es más alta cerca del cable de metal 1 y disminuye en la dirección del elemento de carbono en el otro extremo de la estera de carbono 2. La interfaz de transición 3 se puede lograr aplicando la suspensión viscosa a la estera de carbono 2, y elevando la estera de carbono 2 para que la suspensión viscosa pueda fluir en la dirección del cable metálico 1, de modo que una región de mayor El espesor y correspondientemente la mayor conductividad, se forma en el cable de metal 1.

La Figura 10 muestra una turbina eólica con una serie de cuchillas de rotor 6 montadas en un cubo de la manera habitual, con una torre que soporta una góndola a la que se une el cubo, y un sistema de protección contra rayos para evitar el daño al momento de caigan los rayos. Se puede suponer que cada cuchilla del rotor 6 incorpora un conductor de abajo 62 que se conecta a un conductor más abajo 65 en la torre, conduciendo a tierra. Una huelga de rayos a una cuchilla de rotor se recibe generalmente en un receptor de punta 64 que está conectado al conductor hacia la tierra, y cada cuchilla del rotor puede estar equipada con varios receptores de punta 64. El diagrama también muestra la posición de un elemento de carbono tal como una viga de carga 60 incorporada dentro de una cuchilla de rotor a lo largo de gran parte de su longitud, y una estera de calentamiento 61 o una estera de deshielo 61 que se puede disponer debajo de la superficie de la cuchilla del rotor 6 para mantener el borde delantero libre de hielo durante Condiciones frías. La cuchilla del rotor de la turbina eólica de la invención 6 incluye uno o más alcances de la disposición de conductividad escalonada de la invención 10 para conectar cualquier elemento de carbono 60, 61 al conductor hacia la tierra 62 del LPS.

Con el fin de que quede claro, debe entenderse que el uso de "un" o "uno" a lo largo de esta aplicación no excluye una pluralidad, y "que comprende" no excluye otras etapas o elementos.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de conductividad escalonada (10) entre un elemento a base de carbono (60, 61) y un conductor hacia la tierra (62) de una cuchilla de rotor de turbina eólica (6), que escalonó la disposición de conductividad (10), comprende una interfaz de transición (3) dispuestos para convertir eléctricamente a una primera pieza (1) y una pieza eléctricamente conductora (2), en la que la primera pieza eléctricamente conductora (1) se extiende desde el conductor hacia la tierra (62), la segunda pieza eléctricamente conductora (2) se extiende desde el elemento a base de carbono (60, 61), caracterizado porque la conductividad eléctrica (σ) de la interfaz de transición (3) disminuye en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
2. Una disposición de conductividad escalonada de conformidad con la reivindicación 1, en la que la conductividad eléctrica de la interfaz de transición (3) disminuye de una primera conductividad (σ_A) a una segunda conductividad (σ_B), que la segunda conductividad (σ_B) excede la conductividad eléctrica (σ_{LO}) de la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
3. Una disposición de conductividad escalonada según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, la interfaz de transición (3) comprende una pluralidad de regiones de la interfaz de transición (31, 32, 33; 41, 42, 43, 44) que tienen diferentes conductividades eléctricas ($\sigma_A, \sigma_{A1}, \sigma_{A2}, \sigma_B$), y en el que las conductividades eléctricas ($\sigma_A, \sigma_{A1}, \sigma_{A2}, \sigma_B$) de las regiones de la interfaz (31, 32, 33, 34) disminuyen en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
4. De acuerdo con una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, la región de la interfaz (31, 41) con la mayor conductividad eléctrica (σ_A) se arranca en una región de superposición entre la primera pieza eléctricamente conductora (1) y la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
5. Una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una región de interfaz (31, 32, 33, 34) comprende una capa de material eléctricamente conductor.
6. Una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la diferencia en la conductividad entre las regiones de la interfaz adyacente (31, 32, 33, 34) comprende al máximo el 33% de la diferencia en la conductividad entre la primera pieza eléctricamente conductora (1), y la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
7. Una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la diferencia de conductividad entre la segunda pieza eléctricamente conductora (2) y la región de la interfaz (33, 34) con la conductividad eléctrica más baja (σ_B) comprende como máximo el 50% de la diferencia en la conductividad entre la primera pieza eléctricamente conductora (1) y la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
8. Una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una región de interfaz (31, 32, 33, 34) comprende partículas conductoras (300) en un material portador, en el que las densidades de las partículas conductoras (300) en las regiones de la interfaz (31, 32, 33, 34) disminuyen en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora (2).
9. Una disposición de conductividad escalonada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la segunda pieza eléctricamente conductora (2) comprende una estera conductora (2) de fibra de carbono, y en la que la interfaz de transición (3) se forma sobre todo el ancho de la estera conductora. (2).
10. Una cuchilla (6) de un rotor de una turbina, que comprende:
- un número de elementos de base de carbono (60, 61) incorporados a la cuchilla (6) del rotor.
 - un conductor a tierra (62) del sistema de protección contra rayos.
 - una disposición de conductividad escalonada (10), de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 9, entre el conductor a tierra (62), y los elementos a base de carbono (60, 61).
11. Una cuchilla del rotor de una turbina de conformidad con la reivindicación 10, en donde los elementos a base de carbono comprenden un elemento de carga (60).
12. Una cuchilla del rotor de una turbina de conformidad con la reivindicación 10 u 11, en donde los elementos a base de carbono comprenden un elemento funcional (61).
13. Un método que proporciona una disposición de conductividad escalonada (10) entre el elemento a base de carbono (60) y el conductor a tierra (62) de la cuchilla del rotor de una turbina, que comprende las siguientes etapas:
- proporcionar una primera pieza eléctricamente conductora (1), que se extiende a partir del conductor a tierra (62).
 - proporcionar una segunda pieza eléctricamente conductora (2), que se extiende a partir del elemento a base de carbono (60, 61).

- formar una interfaz de transición (3) entre la primera pieza eléctricamente conductora (1) y la segunda pieza eléctricamente conductora (2), en donde la conductividad eléctrica (σ) de la interfaz de transición, disminuye en la dirección de la segunda pieza eléctricamente conductora (2).

5 14. Un método de conformidad con la reivindicación 13, en donde la interfaz de transición (3) se forma al aplicar un material conductivo fluido a una superficie de la segunda pieza eléctricamente conductora (2), con la ayuda de una plantilla (50).

10 15. Un método de conformidad con la reivindicación 13 o 14, en donde la interfaz de transición (3) se forma al disponer una malla metálica en la segunda pieza eléctricamente conductora (2), y aplicar presión graduada para unir la malla metálica a la segunda pieza eléctricamente conductora (2).

FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

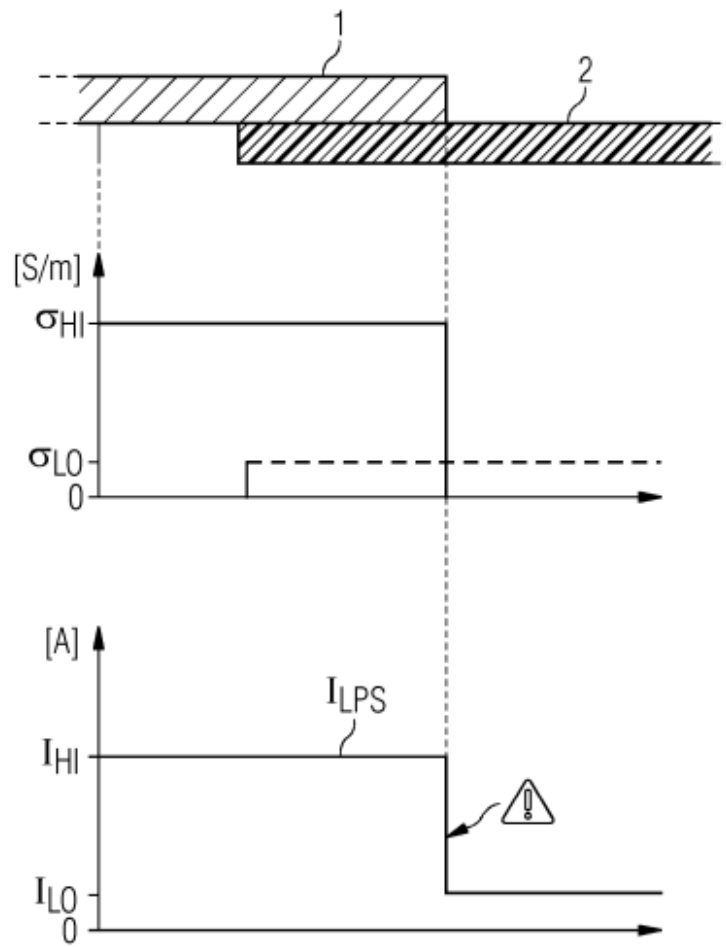


FIG 2

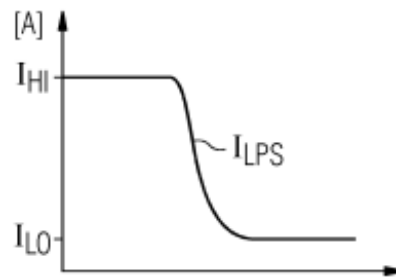
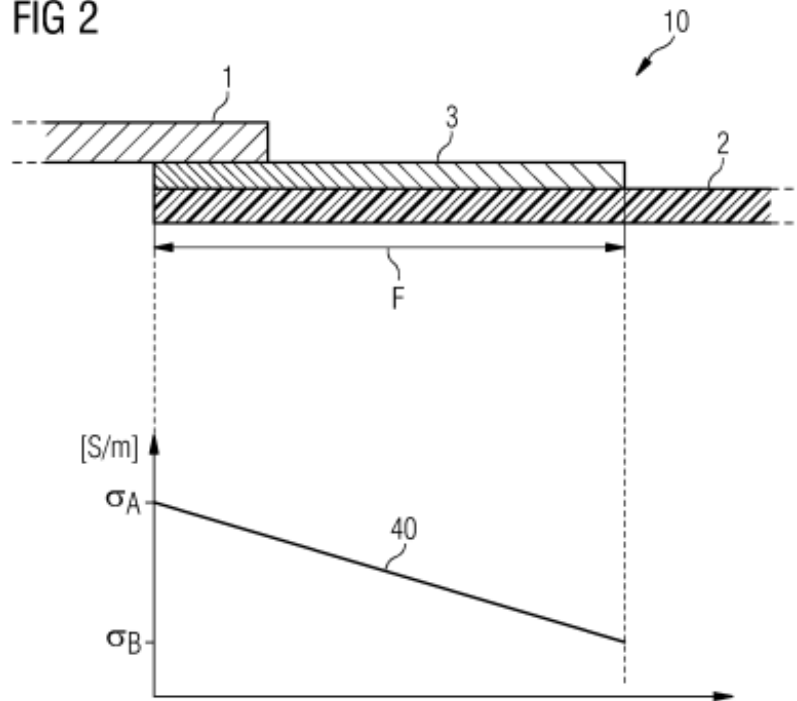


FIG 3

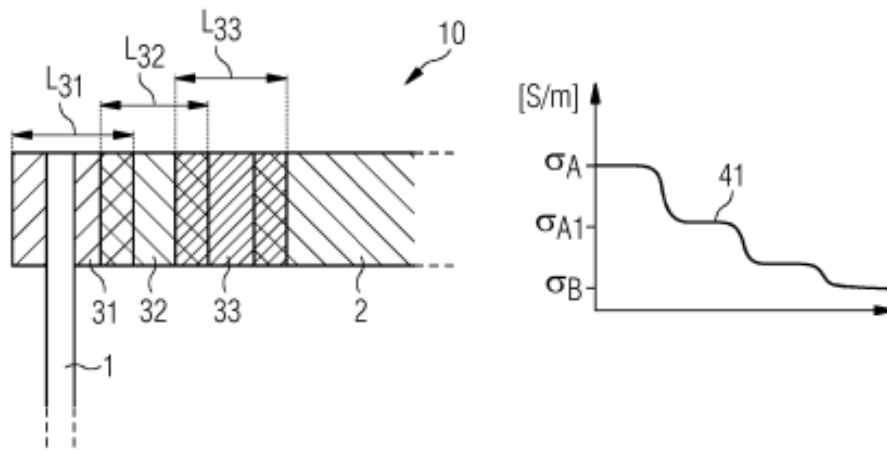


FIG 4

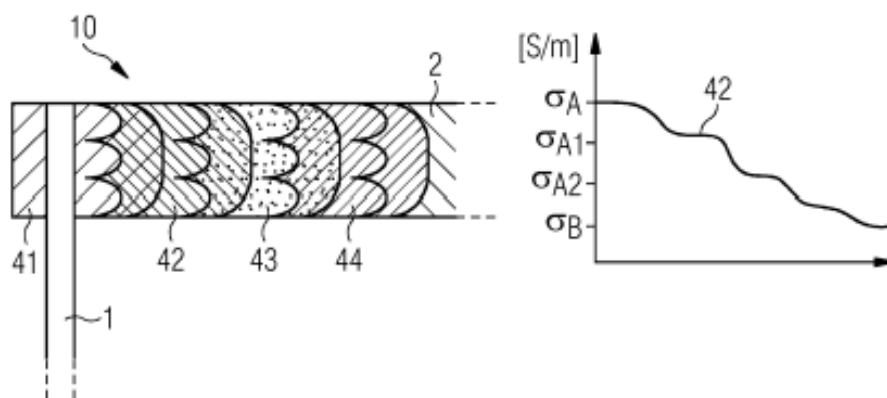


FIG 5

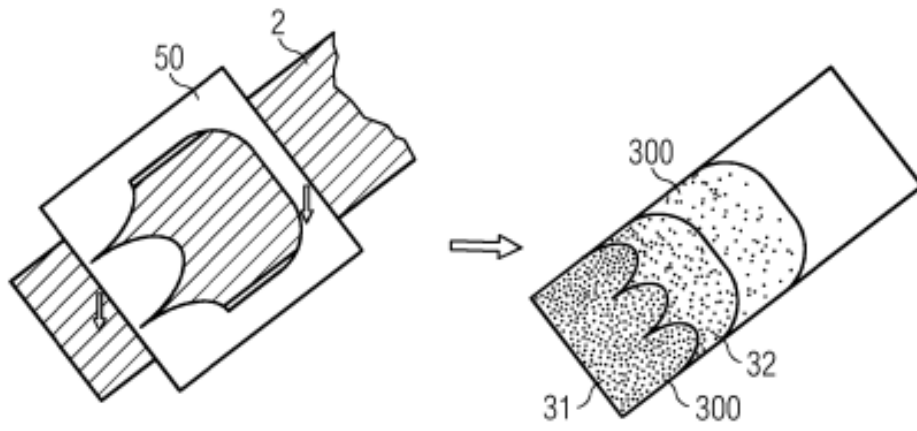


FIG 6

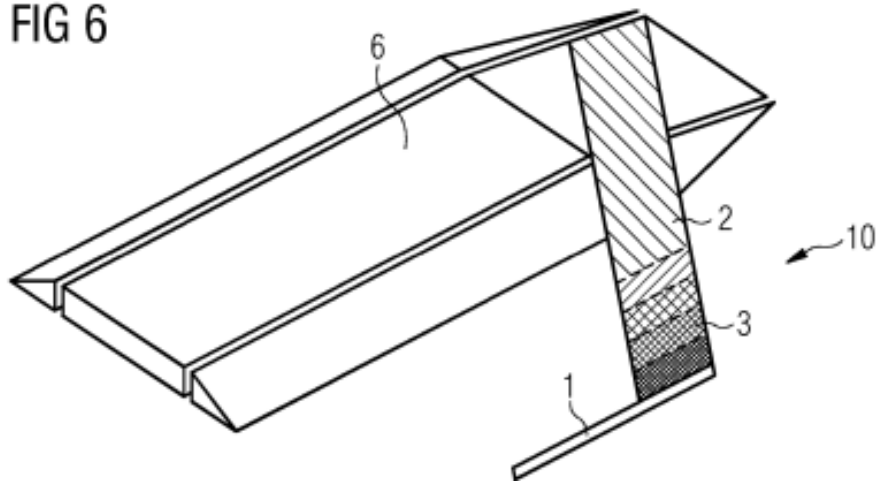


FIG 7

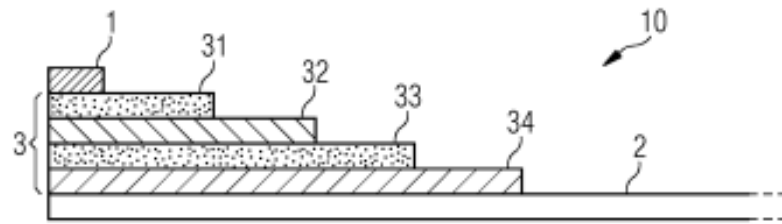


FIG 8

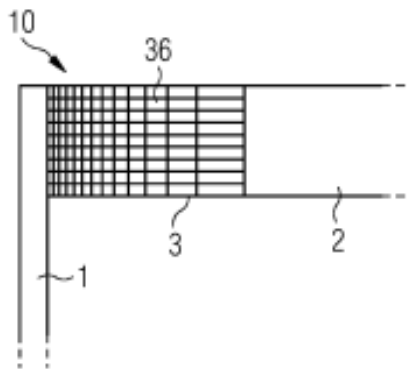


FIG 9

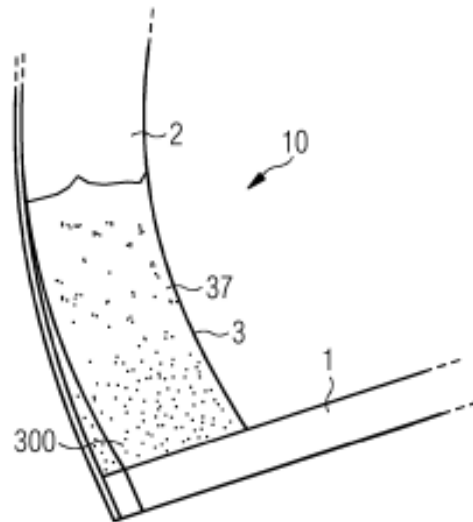


FIG 10

