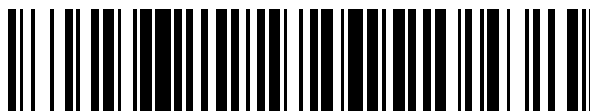


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 130**

51 Int. Cl.:

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2018 E 18020137 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3396157**

54 Título: **Método y sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono**

30 Prioridad:

28.04.2017 ES 201700562

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

30.03.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L. (100.0%)
Avenida de la Innovación 9-11
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**MARCH NOMAN, VICTOR;
HORTA BERNUS, RICARD;
MONTANYA PUIG, JOAN y
ROMERO DURAN, DAVID**

ES 2 751 130 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

Método y sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono

5

Campo de la invención

La presente invención se relaciona con métodos y sistemas de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono, y más concretamente con métodos y sistemas para evaluar la calidad de la conexión entre unas placas conductoras a las que se conecta un conductor de bajada del sistema pararrayos y la pala correspondiente.

10

Antecedentes

15

Los aerogeneradores actuales pueden considerarse como estructuras elevadas donde, además, una gran parte de su estructura está en movimiento. A esta característica se suma que en muchos casos se hallan en localizaciones muy expuestas a impactos de rayos. Al ser estructuras elevadas (los aerogeneradores modernos pueden incluso superar los 200 m), pueden presentar un elevado número de rayos ascendentes (turbina-nube) iniciados por la propia estructura. Este tipo de rayos suele caracterizarse por la presencia de componente continua, y son los que más daños suelen ocasionar debido a su elevada energía.

20

Las grandes dimensiones de los aerogeneradores actuales han provocado que los fabricantes recurran al uso de plástico o polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), "*Carbon Fiber Reinforced Plastic or Polymer*" como material en la fabricación de las palas. Debido a que el CFRP es conductor de la electricidad, es necesario tenerlo en cuenta a la hora del desarrollo del sistema pararrayos (LPS, "*Lightning Protection System*") del aerogenerador conectado a la propia pala. En el artículo "*Investigation of potential distribution on a CFRP coupon under impulse current. Test results and FDTD simulation*", D. Romero et al., International Conference on Lightning Protection, 25 - 30 September 2016, se muestran resultados analíticos obtenidos sobre la distribución del potencial en este tipo de materiales, como respuesta a impulsos de corriente con diferentes tiempos de subida (consideraciones que surgen cuando un rayo impacta en la pala). Para realizar las pruebas, se inyectan los impulsos de corriente en un segmento de la pala, y en dicho segmento se mide el potencial entre diferentes puntos de dicho segmento.

25

30

35

Los sistemas pararrayos comprenden usualmente un conductor de bajada unido a tierra, y conectado a cada pala mediante unas placas conductoras, tal y como se divulga en los documentos de patente ES2396839A1 (EP2458207A2) y ES2594452A1 (EP3106657A1), del propio solicitante.

40

Cada placa conductora está embebida en su pala correspondiente, y usualmente se extiende a lo largo de toda la anchura de la pala. En una misma pala se disponen una pluralidad de placas conductoras distribuidas longitudinalmente en dicha pala P. Para que el sistema pararrayos funcione correctamente, es preciso asegurar una correcta conexión entre las placas conductoras y la pala, ya que una parte de la comente de descarga del rayo pasa a través de la pala en su derivación hacia tierra, al encontrarse conectada con el conductor de bajada del sistema pararrayos.

45

50

Sumario de la invención

El objeto de la invención es el de proporcionar un método y un sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas fabricadas

de plástico o polímero reforzado con fibra de carbono, según se define en las reivindicaciones.

5 Un primer aspecto de la invención se refiere a un método de evaluación para un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono. El sistema pararrayos comprende un conductor de bajada conectado a tierra y a cada pala mediante una pluralidad de placas conductoras embebidas en la pala correspondiente, distribuidas longitudinalmente en dicha pala, extendiéndose cada placa conductora a lo largo de toda la anchura de dicha pala. El
10 método de evaluación está configurado para determinar la calidad de las conexiones éntrelas placas conductas y la pala correspondiente.

El método comprende las siguientes etapas sucesivas:

- 15 - inyectar una comente continua entre dos placas conductoras de una misma pala, generándose un flujo de corriente a través del segmento de pala comprendido entre ambas placas conductoras,
- 20 - medir la tensión eléctrica con respecto a un punto de referencia común determinado en una pluralidad de puntos de medida superficiales de dicho segmento de pala y distribuidos de manera sustancialmente lineal a lo largo de la anchura de dicha pala,
- comparar entre si las tensiones eléctricas medidas, y
- 25 - determinar la calidad de las conexiones entre dichas placas conductoras y dicha pala en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros.

30 Se ha constatado que cuanto mejor sea una conexión, la distribución de la corriente será más uniforme, en particular tomando como referencia la anchura de la pala. De esta manera, comparando las diferentes mediciones de tensión eléctrica en puntos de medida superficiales de la pala, se puede determinar la calidad de las conexiones entre las placas conductoras y la pala correspondiente. Cuanto más iguales sean las tensiones medidas comparadas, más uniforme es la distribución de la corriente, puesto que será parecida en
35 todos los puntos de medida. Sin embargo, si en dos puntos de medida se detectan valores de tensión eléctrica sustancialmente diferentes, entre las dos conexiones, es también sustancialmente diferente y que la distribución de la corriente a lo largo de la pala no es por tanto homogénea, determinándose que la calidad de las conexiones (o de al menos una de ellas) no es la adecuada.

40 Con el método de evaluación propuesto se puede validar así el estado de las conexiones entre la pala y las placas conductoras correspondientes, de una manera no invasiva y fácil de implementar utilizando equipos comunes en entornos productivos industriales. Además, el tiempo necesario para la realización de la comprobación es relativamente reducido, lo que
45 no dificulta su introducción en el proceso productivo de palas de aerogenerador, por ejemplo.

50 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador que comprende una pluralidad de palas de fibra con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono. El sistema pararrayos comprende un conductor de bajada conectado a tierra y a cada pala mediante una pluralidad de placas conductoras embebidas en los laminados de fibra de carbono de la pala correspondiente distribuidas longitudinalmente en dicha pala, extendiéndose cada placa conductora a lo largo

de toda la anchura de dicha pala. El sistema de evaluación está configurado para determinar la calidad de las conexiones entre las placas conductoras y la pala correspondiente.

5 El sistema de evaluación comprende un dispositivo de inyección configurado para inyectar una corriente continua en una pala, entre dos placas conductoras de dicha pala, a través de una de dichas placas conductoras, un dispositivo de medida configurado para medir la tensión eléctrica con respecto a un punto de referencia común determinado en una pluralidad de puntos de medida superficiales de dicha pala entre ambas placas conductoras, estando distribuidos dichos puntos de medida sustancialmente alineados a lo largo de la
10 anchura de la pala, y un dispositivo de control comunicado con el dispositivo de medida para recibir dichas medidas de tensión eléctrica y configurado para comparar dichas medidas entre sí y para determinar la calidad de la conexión entre dichas placas conductoras y dicha pala en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor la calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros. Las ventajas discutidas para
15 el método de evaluación del primer aspecto de la invención se obtienen con el sistema de evaluación.

Estas y otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a la vista de las figuras y de la descripción detallada de la invención.

20

Descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un aerogenerador, sin un sistema pararrayos.

25 La figura 2 es una vista parcial en perspectiva de una pala de un aerogenerador, con un dispositivo de medida de una realización del sistema de evaluación de la invención.

Las figuras 3a y 3b representan esquemáticamente un circuito eléctrico equivalente de una realización del sistema de evaluación de la invención.

30

La figura 4 muestra el dispositivo de medida de la figura 2 y una vista en sección de una pala asociada a dicho dispositivo de medida.

Descripción detallada de la invención

35

Un primer aspecto se refiere a un método de evaluación para un sistema pararrayos de un aerogenerador 100 que comprende una pluralidad de palas P fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP, "*Carbon Fiber Reinforced Plastic or Polymer*"). El sistema pararrayos comprende un conductor de bajada, no representado en las
40 figuras, que está conectado a tierra y a cada pala P mediante una pluralidad de placas conductoras 1 y 2. Las placas conductoras 1 y 2 están embebidas en los laminados de fibra de carbono de la pala P correspondiente, están distribuidas longitudinalmente en dicha pala P, extendiéndose cada placa conductora a lo largo de toda la anchura de dicha pala P. El método de evaluación está configurado para determinar la calidad de las conexiones entre
45 las placas conductoras 1 y 2 y la pala P correspondiente, de tal manera que se pueda asegurar un correcto funcionamiento del sistema pararrayos.

El método comprende las siguientes etapas sucesivas:

50 - inyectar una corriente continua entre dos placas conductoras 1 y 2 de una misma pala P, generándose un flujo de corriente a través del segmento de la pala P comprendido entre ambas placas conductoras 1 y 2,

- medir la tensión eléctrica V con respecto a un punto de referencia Pref común determinado en una pluralidad de puntos de medida P_m superficiales de dicho segmento de la pala P y distribuidos de manera sustancialmente lineal a lo largo de la anchura de dicha pala P ,
- comparar entre sí las tensiones eléctricas V medidas, y
- determinar la calidad de las conexiones entre dichas placas conductoras 1 y 2 y dicha pala P en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor la calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros.

La calidad determinada puede depender de los criterios que se requieran en cada caso, de tal manera que en función de dichos criterios se establece, previamente, qué diferencia máxima es admisible entre las tensiones eléctricas V medidas para poder determinar que la calidad de las conexiones 1 y 2 es buena o adecuada, y a partir de qué diferencia se determina que la calidad de dichas conexiones 1 y 2 no es adecuada o admisible, puesto que cuanto más uniforme sean estas tensiones más homogénea será la corriente eléctrica I a lo ancho en dicha pala P , y por tanto mejores serán las conexiones. La diferencia se puede establecer, por ejemplo, entre la tensión eléctrica V mínima entre las medidas y la tensión eléctrica V máxima entre las medidas (entre puntos de medida diferentes). Preferentemente, la dispersión entre los valores de las tensiones eléctricas V medidas es igual o inferior a 10% para indicar que la calidad de las conexiones es adecuada.

Cada una de las medidas de tensión eléctrica V se realiza por contacto de un sensor 5.0 con respecto al punto de medida P_m correspondiente de la pala P , comprendiendo dicho sensor 5.0 una punta de medida metálica cuyo extremo contacta con el punto de medida P_m correspondiente, provocándose el contacto de dichos sensores 5.0 con la pala P para realizar dichas medidas. Para ejecutar las etapas del método de evaluación mencionadas, en una etapa de preparación previa a la inyección de corriente continua I el segmento de la pala P entre las dos placas conductoras 1 y 2 y los sensores 5.0 se disponen uno con respecto a los otros de tal manera que quedan enfrentados, y, en esa situación, se desplazan los sensores 5.0 hacia la pala P para provocar el contacto con la pala P y para ajustar la fuerza de contacto tal y como se precise.

Los sensores 5.0 están comprendidos en un dispositivo de medida 5 que preferentemente comprende un primer elemento 5.1 y un segundo elemento 5.2 entre los que se dispone el segmento de la pala P que comprende los puntos de medida P_m . Los sensores 5.0 están dispuestos en uno de dichos elementos 5.1 y 5.2, enfrentados al otro elemento y, por tanto, enfrentando a dicho segmento de la pala P cuando dicho segmento está dispuesto entre ambos elementos 5.1 y 5.2. Más detalles sobre dicho dispositivo de medida 5 se darán más adelante cuando se comente el sistema de evaluación de la invención, pero dicho dispositivo de medida 5 se podrá aplicar en el método de evaluación.

Además, para asegurar unas correctas medidas de tensión eléctrica V , durante dichas medidas, y preferentemente durante todo el intervalo de inyección de corriente continua I , los sensores 5.0 se mantienen estáticos. Para ello, y en el caso de emplearse un dispositivo de medida 5 como el comentado en el párrafo anterior, el elemento 5.1 que no comprende los sensores 5.0 se acopla a la pala P y el elemento 5.2 que comprende los sensores 5.0 se fija al elemento 5.1 en una posición determinada (una vez ajustada la fuerza de contacto precisada).

Las medidas de las tensiones eléctricas V se realizan con una magnitud de la corriente continua I inyectada sustancialmente constante, estando además dicha magnitud comprendida entre un límite superior determinado y un límite inferior determinado. Con el límite superior se evita calentar en exceso el segmento correspondiente de la pala P , para evitar dañar dicha pala

P, y con el límite inferior se busca asegurar las medidas de tensión eléctrica V, puesto que valores excesivamente pequeños de la magnitud de la corriente continua I pueden desvirtuar dichas medidas de tensión eléctrica V, de tal manera que cuanto mayor sea la sección de la pala P (en particular la sección de la parte de la pala P fabricada con CFRP) mayor deberá ser esta corriente mínima para garantizar la calidad de dicha medida. El límite superior de inyección de corriente se establece en función de la geometría del laminado de carbono empleado en la fabricación de la pala P, ya que un exceso de comente calentaría el material en exceso, pudiéndose producir daños, y la sección del conductor (laminado de carbono) define la corriente máxima a inyectar. Para un ejemplo dado los límites inferior y superior podrían ser aproximadamente 2A y 5A.

En algunas realizaciones del método, adicionalmente a las medidas de tensión eléctrica V, se mide también la temperatura durante la inyección de corriente continua I en unas zonas o puntos de medición de la pala P distribuidos a lo largo de la anchura de dicha pala P de manera sustancialmente lineal. Se comparan dichas medidas de temperatura entre sí, y se determina la calidad de las conexiones 1 y 2 en función del resultado de dichas comparaciones, al igual que con las tensiones eléctricas V. La temperatura en un punto de medición también es reflejo de la corriente continua I que circula por dicho punto de medición, de tal manera que cuanto más homogéneas sean las medidas de temperatura, mejores serán las conexiones 1 y 2. Sin embargo, si se miden temperaturas diferentes en diferentes puntos de medición, eso es reflejo de una distribución no homogénea, determinándose que la calidad de las conexiones entre las placas conductoras 1 y 2 y la pala P no es buena en ese caso (o que la calidad es peor cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas). El criterio para determinar si la calidad es adecuada o no puede ser el mismo que el empleado para el caso de las tensiones eléctricas. Las zonas o puntos de medición cuya temperatura se mide no tienen por qué coincidir con los puntos de medición P_m cuya tensión eléctrica V se mide, y preferentemente son zonas próximas a la placa conductora 2 por donde se inyecta la comente en la pala P. Al medir la temperatura en una zona cercana a una de las placas conductoras 1 y 2, la dinámica térmica se aprecia de forma más clara y en menor tiempo, y por tanto el ensayo puede ser más corto en duración, lo que favorece su uso y reduce los riesgos de someter al material a una fatiga térmica excesiva.

En estas realizaciones, además, se compara la calidad determinada a partir de las medidas de temperatura con la calidad determinada a partir de las tensiones eléctricas V medidas, y se valida dicha determinación si la calidad determinada es próxima o igual en ambos casos. Así, mediante las medidas de temperatura se tiene una seguridad adicional en la calidad determinada previamente.

Preferentemente, el método se aplica entre cada dos placas conductoras 1 y 2 de cada pala P, evaluándose así la calidad de las conexiones de dicha pala P entre todas las placas conductoras 1 y 2 y dicha pala P.

Preferentemente, además, el método se implementa durante el procedimiento de fabricación de una pala P, antes de la instalación de la pala P en un aerogenerador 100 correspondiente.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador 100 como el mostrado a modo de ejemplo en la Figura 1, comprendiendo el aerogenerador 100 una pluralidad de palas P fabricadas con un compuesto reforzado con fibra de carbono (CFRP, "*Carbon Fiber Reinforced Plastic or Polymer*"). El sistema pararrayos comprende un conductor de bajada, no representado en las figuras, que está conectado a tierra y a cada pala P mediante una pluralidad de placas conductoras 1 y 2. Las placas conductoras 1 y 2 están embebidas en los laminados de fibra de carbono de la pala P correspondiente, están distribuidas longitudinalmente en dicha pala P, extendiéndose cada placa conductora a lo largo de toda la anchura de dicha pala P. El sistema de evaluación está

configurado para determinar la calidad de las conexiones entre las placas conductoras 1 y 2 y la pala P correspondiente, de tal manera que se pueda asegurar un correcto funcionamiento del sistema pararrayos.

5 El sistema de evaluación está adaptado para soportar un método de evaluación como el método del primer aspecto de la invención, y puede así estar configurado para adaptarse a la configuración y/o realización del método de evaluación que tenga que soportar. De igual manera, las características y las ventajas comentadas para el método de evaluación son así también válidas para el sistema de evaluación, aunque no se repliquen.

10 El sistema de evaluación comprende un dispositivo de inyección 3 configurado para inyectar una corriente continua I en una pala P, entre dos placas conductoras 1 y 2 de dicha pala P, a través de una de dichas placas conductoras 1 y 2, y un dispositivo de medida 5 configurado para medir la tensión eléctrica V con respecto a un punto de referencia Pref común determinado en una pluralidad de puntos de medición Pm superficiales de dicha pala P entre ambas placas conductoras 1 y 2, por contacto, estando distribuidos dichos puntos de medición Pm sustancialmente alineados a lo largo de la anchura de la pala P. El punto de referencia Pref puede ser, por ejemplo, el chasis del propio dispositivo de medida 5 (que preferentemente está unido a tierra) o un punto de la propia pala P. Un punto de medida Pm de la pala P se corresponde con el punto de la pala P con el que contacta un sensor 5.0 del dispositivo de medida 5. El sensor 5.0 del dispositivo de medida 5 comprende preferentemente una punta metálica cuyo extremo contacta con el punto de la pala P, punto de medición Pm, cuya tensión eléctrica V se quiere medir. El dispositivo de medida 5 comprende tantos sensores 5.0 como medidas de tensión eléctrica V se quieran obtener, y la distancia entre dos sensores 5.0 contiguos dependerá de los requisitos previamente establecidos.

El sistema de evaluación comprende además un dispositivo de control 6 comunicado con el dispositivo de medida 5 para recibir dichas medidas de tensión eléctrica V. Preferentemente la comunicación se realiza mediante el cableado 5.4 correspondiente, pero de manera alternativa podría realizarse de manera inalámbrica. El dispositivo de control 6 está configurado para comparar dichas medidas entre sí y para determinar la calidad de la conexión entre dichas placas conductoras 1 y 2 y dicha pala P en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros. El dispositivo de control 6 comprende un microprocesador, un controlador, un FPGA o cualquier otro tipo de dispositivo capaz de procesar datos y realizar cálculos, para poder llevar a cabo las operaciones mencionadas anteriormente (al menos la comparación de las medidas y la determinación de la calidad en base a la comparación). La explicación previamente dada sobre la determinación de la calidad para el método de evaluación de la invención es igualmente válida para el sistema de evaluación.

40 En la realización preferente, el dispositivo de medida 5 comprende un primer elemento 5.1 y un segundo elemento 5.2 que están unidos entre sí, entre los que se define un hueco 5.3 para acoger a la pala P, midiéndose así la tensión eléctrica V en unos puntos de medición de la zona de la pala P que está dispuesta en dicho hueco 5.3. Los elementos 5.1 y 5.2 comprenden así dos superficies enfrentadas, cada elemento 5.1 y 5.2 comprende una superficie, entre las que se dispone la pala P cuando dicha pala se aleja en el hueco 5.3. estando los sensores 5.0 dispuestos en una de dichas superficies para contactar con la pala P cuando dicha pala P está en dicho hueco 5.3. Dichas superficies enfrentadas cubren así la anchura de la pala P.

50 El primer elemento 5.1 y el segundo elemento 5.2 están unidos entre sí con libertad de desplazamiento en el sentido de alejar o acercar las superficies enfrentadas entre sí. Este desplazamiento permite ajustar a fuerza de contacto entre las puntas de medición de los sensores 5.0 y los puntos de medición de la pala P. pudiendo así obtenerse las medidas de las tensiones eléctricas V a partir de contacto deseado entre los sensores 5.0 y los puntos de

medición. En el método de evaluación del primer aspecto de la invención, en el caso de emplearse un dispositivo de medida 5 de este tipo se provoca el contacto de los sensores 5.0 con la pala P, y con la fuerza de contacto precisada, mediante el desplazamiento relativo del segundo elemento 5.2 con respecto al primer elemento 5.1.

5 En la realización preferente del sistema de evaluación, el primer elemento 5.1 está aceptado y configurado para acoplarse a la pala E, mediante un sistema de cierre no representado en las figuras que garantiza una presión adecuada del primer elemento 5.1 sobre la pala P. El sistema de cierre puede actuar también sobre el segundo elemento 5.2. para garantizar la presión adecuada. El segundo elemento 5.2 se desplaza con respecto al primer elemento 5.1 para ajustar la fuerza de contacto, estando los sensores 5.0 dispuestos en dicho segundo elemento 5.2 de manera que las puntas de medición correspondientes sobresalen de la superficie de dicho segundo elemento 5.2 enfrentada al primer elemento 5.1, hacia dicho primer elemento 5.1. La capacidad de acoplamiento del primer elemento 5.1 permite mantener estacionario el dispositivo de medición 5 durante la toma de las medidas de las tensiones eléctricas en los puntos de medición de la pala P, asegurándose así unas medidas correctas.

20 El dispositivo de inyección 3 está adaptado y configurado para que la magnitud de la corriente continua I que se inyecta esté comprendida en un rango delimitado preferentemente entre un límite superior, para evitar calentar en exceso la parte de la pala P por la que circula dicha corriente continua I. con el riesgo de dañarla, y un límite inferior, para asegurar unas medidas de tensión eléctrica V correctas (valores excesivamente bajos de corriente continua I pueden desvirtuar las medidas de tensión). La explicación relativa a estos límites dadas para el primer aspecto de la invención es igualmente válida para este caso.

25 En algunas realizaciones, el sistema de evaluación comprende una cámara termográfica adaptada para medir la temperatura en unas zonas o puntos de medición de la pala P distribuidos a lo largo de la anchura de dicha pala P de manera sustancialmente lineal, entre las dos placas conductoras 1, 2, estando el dispositivo de control 6 adaptado para recibir dichas medidas y configurado para compararlas y para determinar la calidad de las conexiones 1 y 2 en función del resultado de dichas comparaciones, determinándose una mejor la calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros. En estas realizaciones, además, el dispositivo de control 6 está configurado para comparar la calidad determinada a partir de las medidas de temperatura con la calidad determinada a partir de las tensiones medidas, y para validar dicha determinación si la calidad determinada es próxima o igual. Así, mediante las medidas de temperatura se tiene una seguridad adicional en la calidad determinada previamente. Las zonas o puntos de medición cuya temperatura se mide no tienen por qué coincidir con los puntos de medición Pm cuya tensión eléctrica se mide, y preferentemente son zonas próximas a la placa conductora 2 por donde se inyecta la corriente en la pala P. Al medir la temperatura en una zona cercana a una de las placas conductoras 1 y 2, la dinámica térmica se aprecia de forma más clara y en menor tiempo, y por tanto el ensayo puede ser más corto en duración, lo que favorece su implantación y reduce los riesgos de someter al material a una fatiga térmica excesiva.

45 La cámara termográfica puede estar comprendida en el dispositivo de medida 5, o puede ser un dispositivo independiente a dicho dispositivo de medida 5, que está comunicado con el dispositivo de control 6.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de evaluación, para un sistema pararrayos de un aerogenerador (100) que comprende una pluralidad de palas (P) fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono, el sistema pararrayos comprendiendo un conductor de bajada conectado a tierra y a cada pala (P) mediante una pluralidad de placas conductoras (1, 2) embebidas en la pala (P) correspondiente, distribuidas longitudinalmente en dicha pala (P), extendiéndose cada placa conductora (1, 2) a lo largo de toda la anchura de dicha pala (P), caracterizado porque el método de evaluación está configurado para determinar la calidad de las conexiones entre las placas conductoras (1, 2) y la pala (P) correspondiente y comprende las siguientes etapas sucesivas:
- 10 - inyectar una corriente continua (I) entre dos placas conductoras (1, 2) de una misma pala (P), generándose un flujo de corriente a través del segmento de la pala (P) comprendido entre ambas placas conductoras (1, 2),
- 15 - medir la tensión eléctrica (V) con respecto a un punto de referencia (Pref) común determinado en una pluralidad de puntos de medición (Pm) superficiales de dicho segmento de la pala (P) y distribuidos de manera sustancialmente lineal a lo largo de la anchura de dicha pala (P),
- 20 - comparar entre sí las tensiones eléctricas (V) medidas, y
- 25 - determinar la calidad de las conexiones entre dichas placas conductoras (1, 2) y dicha pala (P) en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros.
- 30 2. Método de evaluación según la reivindicación 1, en donde cada una de las mediciones de tensión eléctrica (V) se realiza por contacto de un sensor (5.0) con respecto al punto de medición (Pm) correspondiente de la pala (P), cada sensor (5.0) comprendiendo una punta de medición metálica cuyo extremo contacta con un punto de medición (Pm) correspondiente, provocándose el contacto de dichos sensores (5.0) con la pala (P) para realizar dichas mediciones.
- 35 3. Método de evaluación según la reivindicación 2, que comprende una etapa de preparación previa a la inyección de corriente donde el segmento de la pala (P) entre las dos placas conductoras (1, 2) y los sensores (5.0) se disponen uno con respecto a los otros de tal manera que quedan enfrentados, y, en esa situación, se desplazan los sensores (5.0) hacia la pala (P) para provocar el contacto con la pala (P) y para ajustar la fuerza de contacto entre dichos sensores (5.0) y dicha pala (P).
- 40 4. Método de evaluación según la reivindicación 3, en donde los sensores (5.0) se mantienen estáticos durante las mediciones de las tensiones eléctricas (V).
- 45 5. Método de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde se determina que la calidad de las conexiones es adecuada cuando la dispersión máxima entre las tensiones eléctricas (V) medidas es igual o inferior al 10%.
- 50 6. Método de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde durante la medición de las tensiones eléctricas (V) la corriente continua (I) inyectada comprende una magnitud sustancialmente constante y está comprendida entre un límite superior y un límite inferior determinados en función de la geometría del laminado de carbono, con el que se fabrica la pala (P).

- 5 7. Método de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde durante la inyección de corriente continua (I) la temperatura es además medida en unas zonas o puntos de medición de la pala (P) distribuidos a lo largo de la anchura de dicha pala (P) de manera sustancialmente lineal, entre las dos placas conductoras (1,2), se comparan dichas mediciones de temperatura entre sí, la calidad de las conexiones entre las placas conductoras (1, 2) y dicha pala (P) es determinada en función del resultado de dichas comparaciones, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros, se compara la calidad determinada a partir de las mediciones de temperatura con la calidad determinada a partir de las tensiones eléctricas (V) medidas, y se valida dicha determinación si la calidad determinada es próxima o igual.
- 10
- 15 8. Método de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que se implementa durante el método de fabricación de una pala (P), antes de la instalación de la pala (P) en un aerogenerador (100) correspondiente.
- 20 9. Sistema de evaluación de un sistema pararrayos de un aerogenerador (100) que comprende una pluralidad de palas (P) fabricadas con un plástico o polímero reforzado con fibra de carbono, el sistema pararrayos comprendiendo un conductor de bajada conectado a tierra y a cada pala (P) mediante una pluralidad de placas conductoras (1. 2) embebidas en los laminados de fibra de carbono de la pala (P) correspondiente, distribuidas longitudinalmente en dicha pala (P), cada placa conductora (1, 2) extendiéndose a lo largo de toda la anchura de dicha pala (P), y estando el sistema de evaluación configurado para determinar la calidad de las conexiones entre las placas conductoras (1, 2) y la pala (P) correspondiente, caracterizado porque el sistema de evaluación comprende
- 25
- un dispositivo de inyección (3) configurado para inyectar una corriente continua (I) en una pala (P), entre dos placas conductoras (1, 2) de dicha pala (P), a través de una de dichas placas conductoras (1, 2),
- 30
- un dispositivo de medida (5) configurado para medir la tensión eléctrica (V) con respecto a un punto de referencia (Pref) común determinado en una pluralidad de puntos de medición (Pm) superficiales de dicha pala (P) entre ambas placas conductoras (1, 2), dichos puntos de medición (Pm) estando distribuidos sustancialmente alineados e lo largo de la anchura de la pala (P), y
- 35
- un dispositivo de control (6) comunicado con el dispositivo de medida (5) para recibir dichas mediciones de tensión eléctrica (V) y configurado para comparar dichas mediciones entre si y para determinar la calidad de la conexión entre dichas placas conductoras (1, 2) y dicha pala (P) en función del resultado de dicha comparación, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros.
- 40
- 45 10. Sistema de evaluación según la reivindicación 9, donde el dispositivo de medida (5) comprende una pluralidad de sensores (5.0), uno para cada punto de medición (Pm) de la pala (P), que están adaptados para medir la tensión eléctrica (V) en un punto de medición (Pm) respectivo de la pala (P) por contacto, cada sensor (5.0) comprendiendo una punta de medición metálica cuyo extremo contacta con un punto de medición (Pm) respectivo de la pala (P) para medir la tensión eléctrica (V) en dicho punto de medición (Pm).
- 50
11. Sistema de evaluación según la reivindicación 10, donde el dispositivo de medida (5) comprende un primer elemento (5.1) y un segundo elemento (5.2) que están unidas

entre sí, entre os que se define un hueco (5.3) para acoger la pala (P), estando el dispositivo de medida (5) adaptada para medir la tensión eléctrica (V) en unos puntos de medición (Pm) de la zona de la pala (P) que está dispuesta en dicho hueco (5.3).

- 5 12. Sistema de evaluación según la reivindicación 11, donde as elementos (5.1, 5.2) del dispositivo de medida (5) comprende das superficies enfrentadas, cada elemento (5.1. 5.2) comprende una superficie, entre las que se dispone la pala (P) cuando dicha pala (P) se aloja en el hueco (5.3), estando los sensores (5.0) dispuestos en una de dichas superficies para contactar con la pala (P) cuando dicha pala (P) está en dicho hueco (5.3).
- 10
13. Sistema de evaluación según la reivindicación 12, donde el primer elemento (5.1) y el segundo elemento (5.2) del dispositivo de medida (5) están unidos entre sí con libertad de desplazamiento relativo en el sentido de alejar o acercar las superficies enfrentadas respectivas entre sí. para poder ajustar la fuerza de contacto entre los sensores (5.0) y la pala (P).
- 15
14. Sistema de evaluación según la reivindicación 13, donde el primer elemento (5.1) del dispositivo de medida (5) está adaptado y configurado para acoplarse a la pala (P), cuando dicha pala (P) atraviesa el hueco (5.3) definido entre ambos elementos (5.1. 5.2) de dicho dispositivo de medida (5), estando el segundo elemento (5.2) adaptado y configurado para desplazarse con respecto al primer elemento (5.1) para ajustar la fuerza de contacto, y estando los sensores (5.0) dispuestos en dicho segundo elemento (5.2) de manera que las puntas de medida correspondientes sobresalen de la superficie de dicho segundo elemento (5.2) enfrentada al primer elemento (5.1), hacia dicho primer elemento (5.1).
- 20
- 25
15. Sistema de evaluación según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende una cámara termográfica adaptada para medir la temperatura en unos puntos de medición de la pala (P) distribuidos a lo largo de la anchura de dicha pala (P) de manera sustancialmente lineal, entre las dos pacas conductoras (1, 2), estando el dispositivo de control (6) adaptado para recibir dichas mediciones y configurado para comparar dichas mediciones entre sí, para determinar la calidad de las conexiones entre dichas placas conductoras (1, 2) y la pala (P) en función de resultado de dichas comparaciones, determinándose una mejor calidad cuanto más cercanos estén los valores medidos unos de otros, para comparar la calidad determinada a partir de las mediciones de temperatura con la calidad determinada a partir de las tensiones eléctricas (y) medidas, y para validar dicha determinación si la calidad determinada es próxima o igual
- 30
- 35
- 40

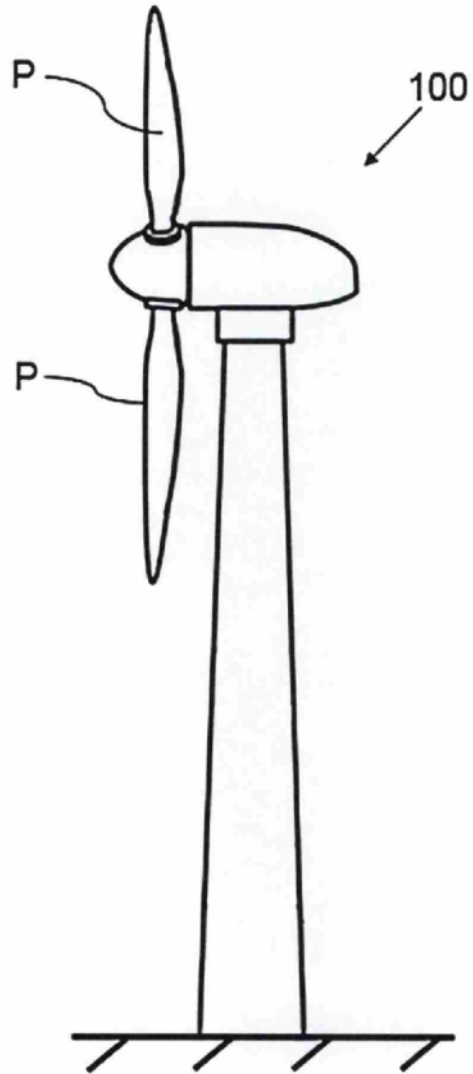


Fig. 1

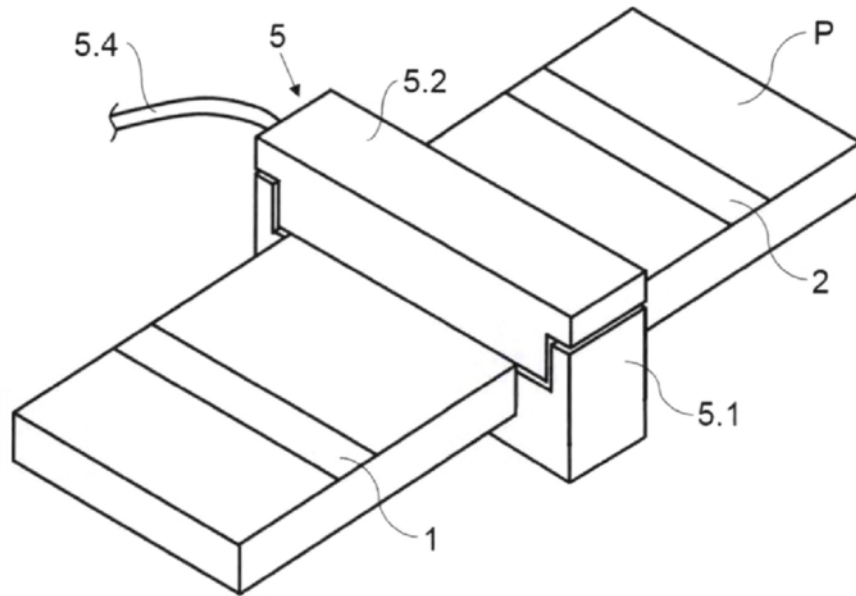


Fig. 2

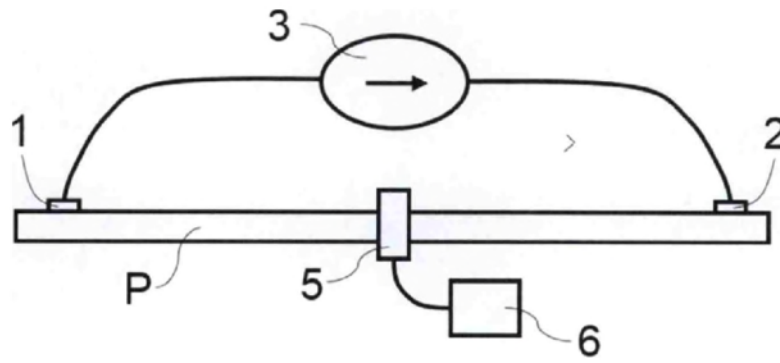


Fig. 3a

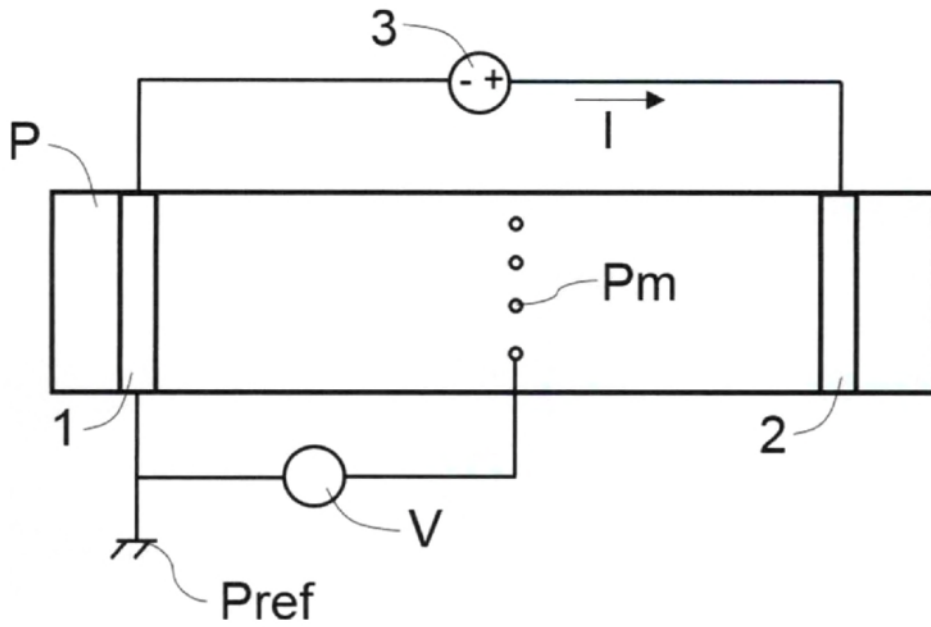


Fig. 3b

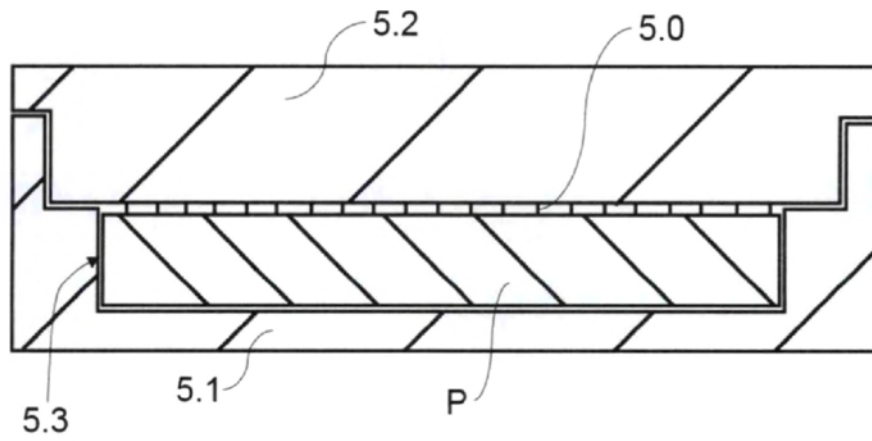


Fig. 4