

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 173**

21 Número de solicitud: 201800117

51 Int. Cl.:

F03D 80/30 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

14.05.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.11.2019

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

08.06.2020

Fecha de concesión:

30.11.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

09.12.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY, S. L. (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 100
48170 Zamudio (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

MARCH NOMEN, Victor

54 Título: **Sistema de protección eléctrica para aerogeneradores**

57 Resumen:

Sistema de protección eléctrica para aerogeneradores.

Sistema de protección eléctrica que permite la transmisión hasta tierra de una electricidad estática acumulada en las palas de un aerogenerador y de una corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor, que comprende una primera unidad de descarga configurada para descargar de forma continua hasta tierra la electricidad estática acumulada en las palas, y una segunda unidad de descarga configurada para descargar hasta tierra la corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor.

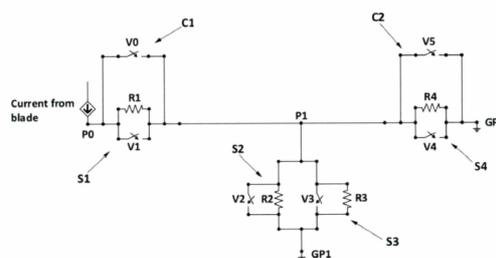


FIG. 1

ES 2 731 173 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Sistema de protección eléctrica para aerogeneradores

5 Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es un sistema de protección eléctrica para aerogeneradores que permite la transmisión de electricidad estática así como la transmisión de la corriente de un rayo entre el rotor del aerogenerador y el resto de la estructura metálica.

10

Antecedentes de la invención

Actualmente es conocido que para aprovechar al máximo el viento, los aerogeneradores se han de situar en zonas desprotegidas bajo fuertes condiciones meteorológicas. Esta ubicación en zonas desprotegidas, así como la propia geometría de los aerogeneradores hace que la probabilidad de atraer a rayos sobre el aerogenerador sea elevada.

15

De este modo, actualmente para proteger a los aerogeneradores de los efectos del rayo se utilizan componentes que dirigen la descarga del rayo desde la punta de la pala hasta tierra. Habitualmente, estos componentes comprenden un cable interno que une la punta de las palas con una viga interna del aerogenerador conectada a tierra, de modo que cuando el rayo alcanza las palas o el buje, la corriente del rayo se envía a través del rodamiento de pala, hasta dicha viga para conducirlo hasta tierra.

20

Adicionalmente, se conoce el documento US2017/0152839A1 que describe un sistema de transmisión de la corriente de rayo para aerogeneradores que permite la descarga, mediante un circuito común, de la corriente de rayo y de la corriente de descarga electrostática desde las palas, o rotor, hasta la góndola del aerogenerador.

25

A pesar de esto, esta configuración les obliga a tener un contacto deslizante que gira solidario al rotor en el aro vierteaguas, y debido a que recorre unos 100.000 km por año implica un elevado desgaste donde el mantenimiento es crítico. Otro problema es que es difícil de asegurar el contacto o una suficiente presión de contacto a lo largo de todo el recorrido del aro vierteaguas y por tanto este sistema puede presentar fallos en el drenaje de la corriente del rayo o de la corriente estática.

30

35

Se conoce el documento US20030170122A1 que describe un sistema de transmisión de la corriente de rayo para aerogeneradores que permite la descarga, mediante dos circuitos, en el cual la primera corriente de rayo debe ser descargada de las palas, o rotor, hasta la góndola del aerogenerador, mediante un sistema de vía de chispas fijado en la carcasa del buje del rotor aislada eléctricamente del marco del buje, mientras que la electricidad estática se desvía por medio de resistencias y bobinas de alambre enrollado a lo largo de la cara interna de la pala hacia el adaptador de la pala. La electricidad estática fluirá a través del cojinete de la pala al marco del buje y alcanzara el marco de la góndola a través del cojinete del eje principal.

40

45

A pesar de esto, esta configuración requiere que el sistema de vía de chispas para descargar los rayos se fije en la carcasa del buje. Aunque esta carcasa se mueve en solidaridad con el marco del buje, vibra y las distancias de separación pueden variar significativamente durante el funcionamiento. Además, el sistema no puede corregir automáticamente la distancia del entrehierro debido a la falta de piezas sólidas que unen el anillo metálico de la pala en su superficie y la superficie metálica de la góndola en la que se debe descargar el rayo.

50

También se conoce el documento ES2265776B1 que describe un sistema de transmisión de rayos sin contacto, que comprende un elemento transmisor de rayos, formado por una primera barra conductora fijada a una segunda barra aislante, en donde el elemento transmisor de rayos está fijado al buje de un aerogenerador. Más concretamente, un primer extremo del elemento transmisor de rayos se enfrenta a una banda metálica situada en la raíz de cada pala del aerogenerador a una primera distancia que permite un salto eléctrico de un rayo incidente en una punta de una pala del aerogenerador, mientras que un segundo extremo se enfrenta a un vierteaguas de la góndola del aerogenerador a una segunda distancia que permite el salto eléctrico del rayo. Estos saltos evitan que el rayo afecte a las partes sensibles del aerogenerador.

No obstante, este sistema no permite descargar la electricidad estática acumulada en las palas del aerogenerador, lo que puede producir ruido electromagnético en equipos electrónicos vecinos.

El documento US2017356426A1 divulga un sistema de protección eléctrica para aerogeneradores de acuerdo al preámbulo de la reivindicación 1.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de protección eléctrica para aerogeneradores con unas palas que giran respecto un buje de una góndola, en donde el sistema de protección eléctrica permite la transmisión hasta tierra de la electricidad estática acumulada en las palas y de una corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor, en donde el sistema de protección eléctrica comprende:

- una primera unidad de descarga configurada para estar en contacto con alguna parte metálica de la pala y descargar de forma continua hasta tierra, a través de la estructura metálica del buje, la electricidad estática acumulada en las palas, y
- una segunda unidad de descarga configurada para descargar hasta tierra la corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor.

En donde la segunda unidad de descarga está preferentemente configurada para estar en contacto con alguna parte metálica de la pala.

La segunda unidad de descarga comprende una primera vía de chispas con una primera tensión de ruptura de vía y una segunda vía de chispas con una segunda tensión de ruptura de vía.

Concretamente, en la presente invención se entiende por vía de chispas cualquier componente eléctrico con dos electrodos físicamente separados por un dieléctrico en medio y que funciona a modo de interruptor en alta tensión. Es decir, a un valor por debajo de un umbral de tensión son circuito abierto y por encima del valor son circuito cerrado con diferencia de potencial entre electrodos de cero, o casi cero.

Por otro lado, en la presente invención se entiende por tensión de ruptura de un componente eléctrico con dos terminales separados eléctricamente entre sí, aquella tensión a partir de la cual los dos terminales pasan a presentar el mismo potencial (o un valor muy próximo) debido a que salta una chispa que une eléctricamente ambos terminales.

La primera unidad de descarga comprende al menos dos elementos sólidos seleccionados entre: un primer elemento sólido, un segundo elemento sólido, un tercer elemento sólido, un cuarto elemento sólido o una combinación de los anteriores.

5 Preferentemente, la primera unidad comprende el primer elemento sólido, el segundo elemento sólido, el tercer elemento sólido y el cuarto elemento sólido, en donde el primer y el cuarto elemento sólido están conectados entre sí en serie, y el segundo y tercer elemento sólido están conectados en paralelo entre sí y con el cuarto elemento sólido. Adicionalmente, la primera vía de chispas y la segunda vía de chispas están conectada entre sí en serie, y en donde la primera vía de chispas está además conectada en paralelo con el primer elemento sólido y la segunda vía de chispas está además conectada en paralelo con el cuarto elemento sólido.

10 Alternativamente, la primera unidad de descarga comprende el segundo elemento sólido y el tercer elemento sólido conectados en paralelo entre sí, y la primera vía de chispas y la segunda vía de chispas están conectadas entre sí en serie.

15 Independientemente de la configuración de la primera unidad de descarga, cada elemento sólido comprende un componente conductor con una resistencia eléctrica, y un componente aislante, con una tensión de ruptura, conectado en paralelo con dicho competente conductor.

20 Adicionalmente, el sistema de protección eléctrica está en contacto con al menos un punto de tierra del aerogenerador al que transmitir la electricidad estática acumulada en las palas, estando este punto de tierra en: cualquier punto metálico del buje, También, el sistema de protección eléctrica está en contacto eléctrico con al menos un segundo punto de tierra, que es cualquier punto metálico de la góndola, al que transmitir la corriente del rayo solamente durante un evento de rayo.

25 Preferentemente la carga estática acumulada en el rotor es drenada desde un primer punto hasta el primer punto de tierra a través del primer y el segundo componente conductor, y la corriente del rayo circula por las vías de chispas, en donde el primer punto y el segundo punto de tierra tienen el mismo potencial durante un evento de rayo.

30 Concretamente, el primer elemento sólido es un primer receptor que una vez instalado en el aerogenerador, está configurado para estar en contacto con una banda metálica de la pala eléctricamente equivalente al primer punto, y que comprende una barra de resistencia antiestática, acorde con el primer elemento resistivo y con la primera tensión de ruptura.

35 El segundo elemento sólido es una resistencia vertical de carga estática que está vinculada con el receptor de pala y configurada para descargar la carga estática desde el primer componente conductor hasta el primer punto de tierra.

40 El tercer elemento sólido es una viga aislante en paralelo con la resistencia vertical de carga estática configurada para aislar un segundo punto con respecto al primer punto de tierra y evitar el flujo de corriente del rayo a lo largo de los cojinetes del eje principal del aerogenerador, y para actuar como un soporte mecánico.

45 El cuarto elemento sólido es un segundo receptor que comprende un elemento sólido acorde con la cuarta tensión de ruptura y configurada para desplazarse por el interior del aro vierteaguas de la góndola.

50 Adicionalmente, este sistema de protección comprende un primer y segundo brazo configurados para sujetar y posicionar, respectivamente, los receptores y conducir la corriente de los rayos desde los receptores hasta los puntos de tierra, en donde cada brazo comprende un elemento metálico emplazado a una determinada distancia, respectivamente, de la banda metálica de la pala y del aro vierteaguas para generar la primera y la segunda tensión de ruptura de vías.

5 También comprende una viga metálica vinculada con la parte superior de la viga aislante, y configurada para vincularse los brazos y con la resistencia vertical de carga estática, y una base metálica vinculada a un componente metálico fijo a la pista exterior del rodamiento de pala, o el eje principal, y a la viga aislante siendo eléctricamente equivalente al primer punto de tierra.

10 De este modo se obtiene un sistema que permite descargar la electricidad estática acumulada en las palas de forma continua, permitiendo eliminar radiaciones electromagnéticas producidas por la descarga en las vías de chispa de estos sistemas, y descargar la electricidad del rayo sin dañar partes del aerogenerador.

Descripción de los dibujos

15 Para implementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

20 Figura 1.- Muestra una vista de un esquema eléctrico de una primera realización preferente del sistema de protección eléctrica.

25 Figura 2.- Muestra una vista tridimensional del sistema de protección de la primera y/o la segunda realización preferente.

Figura 3.- Muestra una vista detallada del sistema de protección de la primera realización preferente.

30 Figura 4.- Muestra una vista detallada de las distancias entre el elemento metálico y el aro vierteaguas para el cuarto elemento sólido.

Realización preferente de la invención

35 En una primera realización preferente el sistema de protección, tal y como se muestra en la figura 1, comprende una primera unidad de descarga configurada para descargar la electricidad estática acumulada en las palas y una segunda unidad de descarga configurada para transmitir la corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor.

40 Más concretamente, la primera unidad de descarga comprende un primer elemento sólido (S1), un segundo elemento sólido (S2), un tercer elemento sólido (S3) y un cuarto elemento sólido (S4), en donde el primer y el cuarto elemento sólido (S1, S4) están conectados entre sí en serie, y el segundo y tercer elemento sólido (S2, S3) están conectados en paralelo entre sí y con el cuarto elemento sólido (S4).

45 Cada elemento sólido (S1, S2, S3, S4) comprende un componente conductor (R1, R2, R3, R4) con una resistencia eléctrica y un componente aislante con una tensión de ruptura (V1, V2, V3, V4) conectado en paralelo con dicho componente conductor (R1, R2, R3, R4).

50 Por otro lado, la segunda unidad de descarga comprende una primera vía de chispas (C1) con una primera tensión de ruptura de vía (V0) y una segunda vía de chispas (C2) con una

segunda tensión de ruptura de vía (V5) conectada entre sí en serie, en donde la primera vía de chispas (C1) está además conectada en paralelo con el primer elemento sólido (S1) y la segunda vía de chispas (C2) está además conectada en paralelo con el cuarto elemento sólido (S4).

5
Adicionalmente, tal y como se puede ver en la figura 1, el esquema eléctrico de la primera realización preferente del sistema de protección comprende un primer y un segundo punto de tierra (GP1, GP2) conectados eléctricamente entre sí, pero emplazados a en dos localizaciones diferentes del aerogenerador.

10
Más concretamente, el primer punto de tierra (GP1) es cualquier punto metálico del buje, preferentemente la pista exterior del rodamiento de pala, o el eje principal puesto que es solidario al buje. Este primer punto de tierra (GP1) presenta un grado de libertad respecto a la góndola gracias al rodamiento del eje principal. Este primer punto de tierra (GP1) presenta un
15 grado de libertad respecto a la pala gracias al rodamiento de pala.

El segundo punto de tierra (GP2) es cualquier punto metálico de la góndola, preferentemente el aro vierteaguas (9) o una pista solidaria a éste. Este segundo punto de tierra (GP2) presenta un grado de libertad respecto al buje gracias a los rodamientos del eje principal.

20
Preferentemente, la conexión eléctrica entre el primer y el segundo punto de tierra (GP1, GP2) se realiza mediante el rodamiento, o rodamientos, del eje principal del aerogenerador.

De este modo, cuando ningún rayo se ha producido sobre las palas del aerogenerador, todas
25 las vías de chispas (C1, C2) están abiertas ya que la corriente generada por la carga estática es pequeña, en escala de microamperios (μA) a miliamperios (mA), por lo que las vías de chispas no se activan, y por tanto la primera unidad de descarga drena la carga estática de las palas entre un primer punto (P0) y un segundo punto (P1) a través del primer componente conductor (R1) y posteriormente entre el segundo punto (P1) y el primer punto de tierra (GP1) a
30 través del segundo componente conductor (R2).

Preferentemente, el primer punto (P0) es un punto que está en contacto eléctrico con el conductor del pararrayos de la pala del aerogenerador.

35 Destacar que el tercer y cuarto componente conductor (R3, R4) presentan una resistencia eléctrica mucho mayor que el segundo componente conductor (R2), de forma que la carga estática se drena únicamente a través del segundo componente conductor (R2), no existiendo drenaje de carga estática entre el segundo punto (P1) y el segundo punto de tierra (GP2).

40 Preferentemente, el tercer sólido (S3) tiene propiedades mecánicas a fin de ejercer de soporte para el segundo sólido (S2).

De este modo, cuando un rayo se ha producido sobre las palas del aerogenerador, la tensión
45 en bornes del primer componente conductor (R1) es mayor que la primera tensión de ruptura de vías (V0) por lo que inmediatamente la corriente se drena por la primera vía de chispas (C1); y debido a que la segunda tensión de ruptura de vía (V5) es mucho menor que la segunda, tercera y cuarta tensión de ruptura (V2, V3, V4) el rayo se continua drenando hasta el punto de tierra (GP2) a través de la segunda vía de chispas (C2). De esta forma la corriente del rayo se drena desde el primer punto (P0) hasta el segundo punto de tierra (GP2).

50 Preferentemente, el cuarto elemento sólido (S4) tiene propiedades mecánicas y está en contacto con el segundo punto de tierra (GP2) y sin ningún grado de libertad respecto a este.

De este modo, el sistema de protección cumple con las siguientes condiciones:

- la primera tensión de ruptura (V1) es mayor que la primera tensión de ruptura de vía (V0),
- 5 • la segunda tensión de ruptura (V2) y la tercera tensión de ruptura (V3) son mayores que la primera tensión de ruptura de vía (V0) y la segunda tensión de ruptura de vía (V5),
- la cuarta tensión de ruptura (V4) es mayor que la segunda tensión de ruptura de vía (V5),
- preferentemente, el primer y segundo componente conductor (R1, R2) tienen una resistencia eléctrica comprendida entre 10Ω y 500kΩ, y
- 10 • preferentemente, el tercer y cuarto componente conductor (R3, R4) tienen una resistencia eléctrica mayor de 10MΩ, y por tanto se pueden considerar elementos aislantes.

Más concretamente, tal y como se muestra en las figuras 2 y 3, el sistema de protección de la realización preferente acorde al esquema eléctrico de la figura 1, comprende:

- 15 • un primer receptor (1) que está diseñado acorde con el primer elemento sólido (S1), en donde el primer receptor (1), una vez instalado en el aerogenerador, está configurado para estar en contacto con una banda metálica de la pala (8) que es eléctricamente equivalente al primer punto (P0). Preferentemente, el primer receptor (1) comprende
- 20 una barra de resistencia antiestática, acorde con el primer elemento resistivo (R1), tal como un contacto guiado, una rueda o un rodillo, en contacto con la banda metálica de la pala (8) descargando de forma continua su carga estática,
- una resistencia vertical de carga estática (2) está vinculada con el receptor de pala (1) y es equivalente al segundo elemento sólido (S2), por tanto se utiliza para descargar la
- 25 carga estática desde el primer componente conductor (R1) al primer punto de tierra (GP1) permitiendo solo el flujo de electricidad estática,
- una viga aislante (3) equivalente al tercer elemento sólido (S3) que se sitúa en paralelo con la resistencia vertical de carga estática (2) y presenta dos funciones: por un lado, aísla el segundo punto (P1) con respecto al primer punto de tierra (GP1) para evitar el
- 30 flujo de corriente del rayo a lo largo de los cojinetes del eje principal del aerogenerador, y por otro lado, actúa como un soporte mecánico de un primer y un segundo brazo (5A, 5B). Por lo tanto, la viga aislante (3) se realiza con materiales aislantes con buenas propiedades mecánicas capaces de sostener el sistema de protección. Preferentemente, la viga aislante (3) tiene secciones transversales estándar, tal como
- 35 perfiles L, H, cuadrados o redondos, realizados en material plástico o materiales compuestos (como el plástico reforzado con fibras) de forma que la tercera tensión de ruptura (V3) debe ser mayor que la primera tensión de ruptura de vía (V0) y la segunda tensión de ruptura de vía (V5) para garantizar que los rayos no puedan fluir a lo largo de él,
- 40 • un segundo receptor (4) que está diseñado acorde con el cuarto elemento sólido (S4) y en donde el segundo receptor (4), una vez instalado en el aerogenerador, está configurado para estar en contacto con alguna parte metálica de la góndola, tal como aro vierteaguas (9) que es eléctricamente equivalente al segundo punto de tierra (GP2). Preferentemente, el segundo receptor (4) comprende un material aislante, tal como una
- 45 rueda o un rodillo, configurada para desplazarse por el interior de la góndola en contacto con dicho aro vierteaguas (9) y evitar su desgaste. Adicionalmente, en paralelo con esta rueda se debe encontrar la segunda vías de chispas (C2),
- el primer y segundo brazo (5A, 5B) configurados para sujetar y posicionar respectivamente los receptores (1, 4) y conducir la corriente de los rayos desde los
- 50 receptores hasta los puntos de tierra (GP1, GP2). El diseño de los brazos (5A, 5B) se debe hacer para evitar cualquier deformación de éstos debido a variaciones de la distancia entre el buje y la góndola, y también para evitar cualquier deformación debida

- 5 a los efectos electrodinámicos de las corrientes del rayo. Preferentemente, cada brazo (5A, 5B) comprende un elemento metálico (10) de perfil en forma de U cuya parte central soporta respectivamente los receptores (1, 4) y sus extremos apuntan hacia la pala y la góndola respectivamente. De este modo, tal y como se muestra de forma esquemática en la figura 4, el centro del elemento metálico (10) está del marco (9) a una distancia D1 mucho mayor que la distancia D2 equivalente a la distancia entre los extremos del elemento metálico (10) con el marco (9), para obtener que la segunda tensión de ruptura de vía (V5) sea menor que la cuarta tensión de ruptura (V4), estas mismas distancias se aplican para que la primera tensión de ruptura de vía (V0) sea menor que la primera tensión de ruptura (V1),
- 10
- una viga metálica (6) vinculada con la parte superior de la viga aislante (3), y configurada para vincularse los brazos (5A, 5B) y con la resistencia vertical de carga estática (2), y siendo eléctricamente equivalente al segundo punto (P1), y
 - una base metálica (7) vinculada a un componente metálico fijo a la pista exterior del rodamiento de pala, o el eje principal, y a la viga aislante (3) siendo eléctricamente
- 15 equivalente al primer punto de tierra (GP1).

REIVINDICACIONES

1. Sistema de protección eléctrica para aerogeneradores con una palas que giran respecto un buje de una góndola, en donde el sistema de protección eléctrica permite la transmisión hasta tierra de una electricidad estática acumulada en las palas y de una corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en las palas o en el rotor, donde el sistema de protección eléctrica comprende:
- 5
- una primera unidad de descarga configurada para estar en contacto con alguna parte metálica de la pala y descargar de forma continua hasta tierra, a través de la estructura metálica del buje, la electricidad estática acumulada en las palas, y
 - 10 - una segunda unidad de descarga configurada para descargar hasta tierra la corriente de rayo cuando un evento de rayo se produce en al menos una de las palas o en el rotor caracterizado porque la segunda unidad de descarga comprende una primera vía de chispas (C1) con una primera tensión de ruptura de vía (V0) y una segunda vía de chispas (C2) con una segunda
 - 15 tensión de ruptura de vía (V5).
2. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera unidad de descarga comprende al menos dos elementos sólidos seleccionados entre: un primer elemento sólido (S1), un segundo elemento sólido (S2), un tercer elemento sólido (S3), un cuarto elemento sólido (S4) o una combinación de los anteriores.
- 20
3. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 2, caracterizado por que la primera unidad comprende el primer elemento sólido (S1), el segundo elemento sólido (S2), el tercer elemento sólido (S3) y el cuarto elemento sólido (S4), en donde el primer y el cuarto elemento sólido (S1, S4) están conectados entre sí en serie, y el segundo y tercer elemento sólido (S2, S3) están conectados en paralelo entre sí y con el cuarto elemento sólido (S4).
- 25
4. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 3, caracterizado por que la primera vía de chispas (C1) y la segunda vía de chispas (C2) están conectada entre sí en serie, y en donde la primera vía de chispas (C1) está además conectada en paralelo con el primer elemento sólido (S1), y la segunda vía de chispas (C2) está además conectada en paralelo con el cuarto elemento sólido (S4).
- 30
5. Sistema de protección eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que la primera unidad de descarga comprende el segundo elemento sólido (S2) y el tercer elemento sólido (S3) conectados en paralelo entre sí.
- 35
6. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 5, caracterizado por que la primera vía de chispas (C1) y la segunda vía de chispas (C2) están conectadas entre sí en serie.
- 40
7. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 2, caracterizado por que cada elemento sólido (S1, S2, S3, S4) comprende un componente conductor (R1, R2, R3, R4) con una resistencia eléctrica, y un componente aislante con una tensión de ruptura (V1, V2, V3, V4) conectado en paralelo con dicho componente conductor (R1, R2, R3, R4).
- 45
8. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 2, caracterizado por que está en contacto con al menos un punto de tierra del aerogenerador al que transmitir la electricidad estática acumulada en las palas, desde:
- cualquier punto metálico desde el buje,
 - 50 en donde el sistema de protección eléctrica está en contacto eléctrico con al menos un segundo punto de tierra (GP2), que es cualquier punto metálico de la góndola, al que transmitir la corriente del rayo solamente durante un evento de rayo.

9. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación anterior, caracterizado por que la carga estática acumulada en el rotor es drenada desde un primer punto (P0) hasta el primer punto de tierra (GP1) a través del primer y el segundo componente conductor.
- 5 10. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 9, caracterizado por que la corriente del rayo circula por las vías de chispas (C1, C2), en donde el primer punto (P0) y el segundo punto de tierra (GP2) tienen el mismo potencial durante un evento de rayo.
- 10 11. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 8, caracterizado por que el primer elemento sólido (S1) es un primer receptor (1) que una vez instalado en el aerogenerador, está configurado para estar en contacto con una banda metálica de la pala (8) eléctricamente equivalente al primer punto (P0), y que comprende una barra de resistencia antiestática, acorde con el primer elemento resistivo (R1) y con la primera tensión de ruptura (V1).
- 15 12. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 11, caracterizado por que el segundo elemento sólido (S2) es una resistencia vertical de carga estática (2) que está vinculada con el receptor de pala (1) y configurada para descargar la carga estática desde el primer componente conductor (R1) hasta el primer punto de tierra (GP1).
- 20 13. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 12, caracterizado por que el tercer elemento sólido (S3) es una viga aislante (3) en paralelo con la resistencia vertical de carga estática (2) configurada para aislar un segundo punto (P1) con respecto al primer punto de tierra (GP1) y evitar el flujo de corriente del rayo a lo largo de los cojinetes del eje principal del aerogenerador, y para actuar como un soporte mecánico.
- 25 14. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 13, caracterizado por que el cuarto elemento sólido (S4) es un segundo receptor (4) que comprende un elemento eléctricamente aislante acorde con el cuarto elemento resistivo (R4) y con la cuarta tensión de ruptura (V4) y configurada para desplazarse por el interior del aro vierteaguas (9) de la góndola.
- 30 15. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 14, caracterizado por que comprende un primer y segundo brazo (5A, 5B) configurados para sujetar y posicionar, respectivamente, los receptores (1, 4) y conducir la corriente de los rayos desde los receptores hasta el punto de tierra (GP2).
- 35 16. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 15, caracterizado por que cada brazo (5A, 5B) comprende un elemento metálico (10) emplazado a una determinada distancia respectivamente de la banda metálica de la pala (8) y del aro vierteaguas (9) para generar la primera y la segunda tensión de ruptura de vías (V0, V5).
- 40 17. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 16, caracterizado por que comprende una viga metálica (6) vinculada con la parte superior de la viga aislante (3), y configurada para vincularse los brazos (5A, 5B) y con la resistencia vertical de carga estática (2).
- 45 18. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 17, caracterizado por que comprende una base metálica (7) vinculada a un componente metálico fijo a la pista exterior del rodamiento de pala, o el eje principal, y a la viga aislante (3) siendo eléctricamente equivalente al primer punto de tierra (GP1).
- 50 19. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 12, en donde los elementos sólidos (S1, S2) están realizados en material plástico eléctricamente conductor, o en material plástico,

resinas u otro elemento no conductor envolviendo un elemento central compuesto por resistencias eléctricas con conductividad eléctrica.

- 5 20. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 12, en donde los elementos sólidos (S1, S2) tienen una resistencia eléctrica preferentemente comprendida entre 10 Ω y 500 k Ω .
21. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 13, en donde los elementos sólidos (S3, S4) tienen una resistencia eléctrica preferentemente mayor que 10 M Ω .
- 10 22. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 13, en donde el cuarto elemento sólido (S4) se elimina dando lugar a una vía de chispas (C2) frente al aro vierteaguas (9) a una distancia de aire dada.
- 15 23. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 12, en donde los elementos sólidos (S1, S2) están hechos de material aislante que tiene una pintura o revestimiento en su superficie con conductividad eléctrica.
- 20 24. Sistema de protección eléctrica según la reivindicación 13, caracterizado por que el tercer elemento sólido (S3) se elimina y el segundo elemento sólido (S2) es una resistencia vertical de carga estática (2) y actúa como soporte mecánico para el sistema.

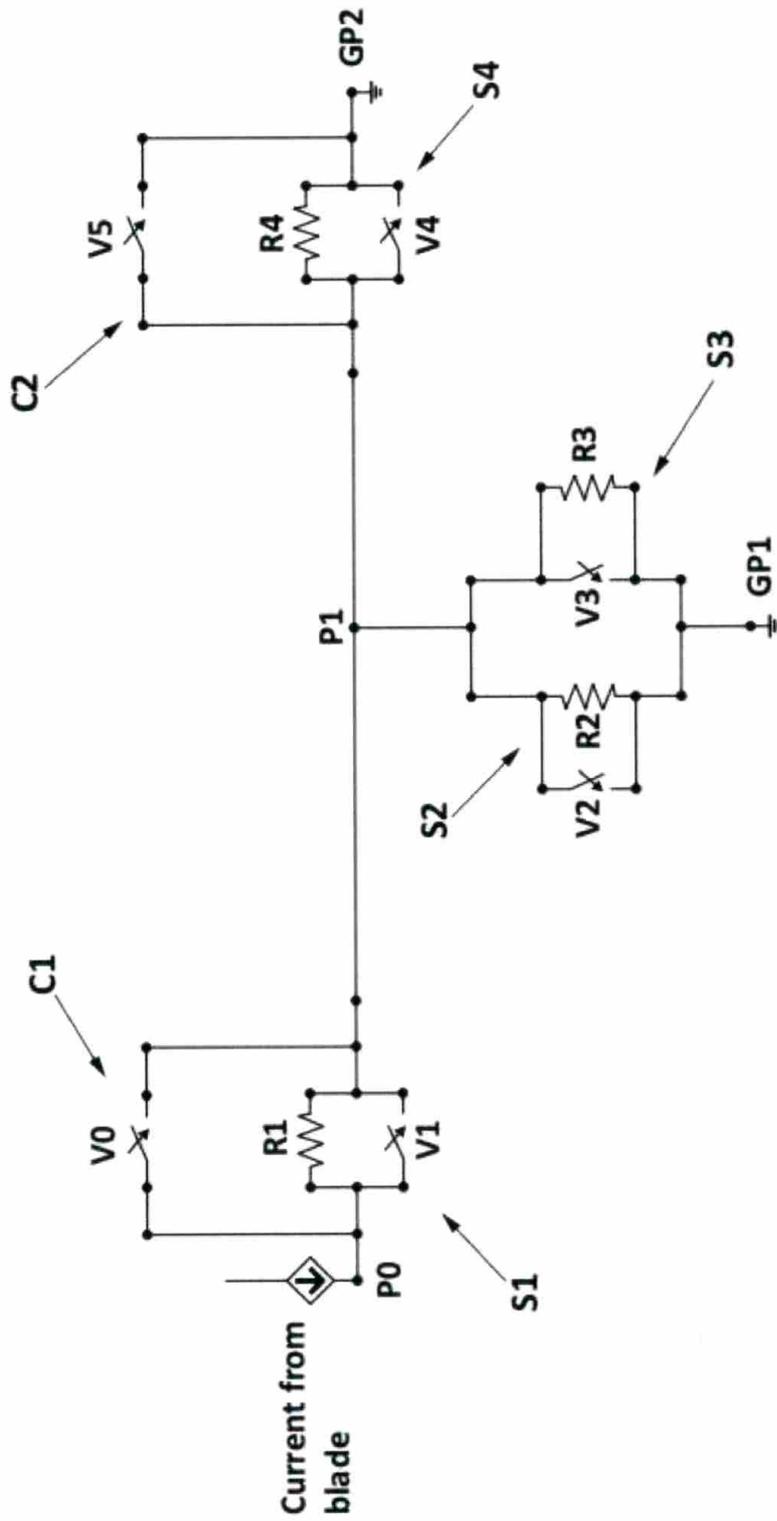


FIG. 1

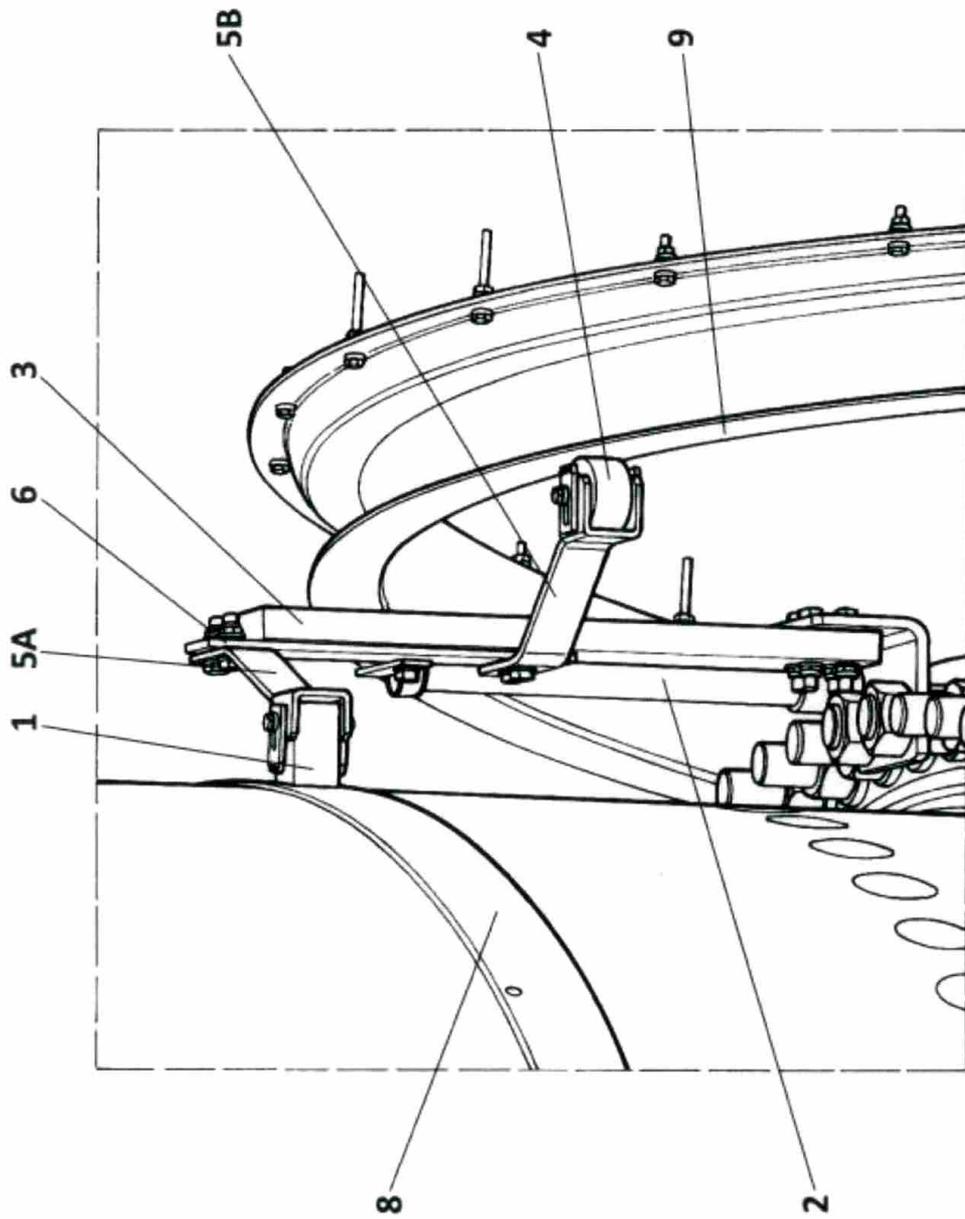


FIG. 2

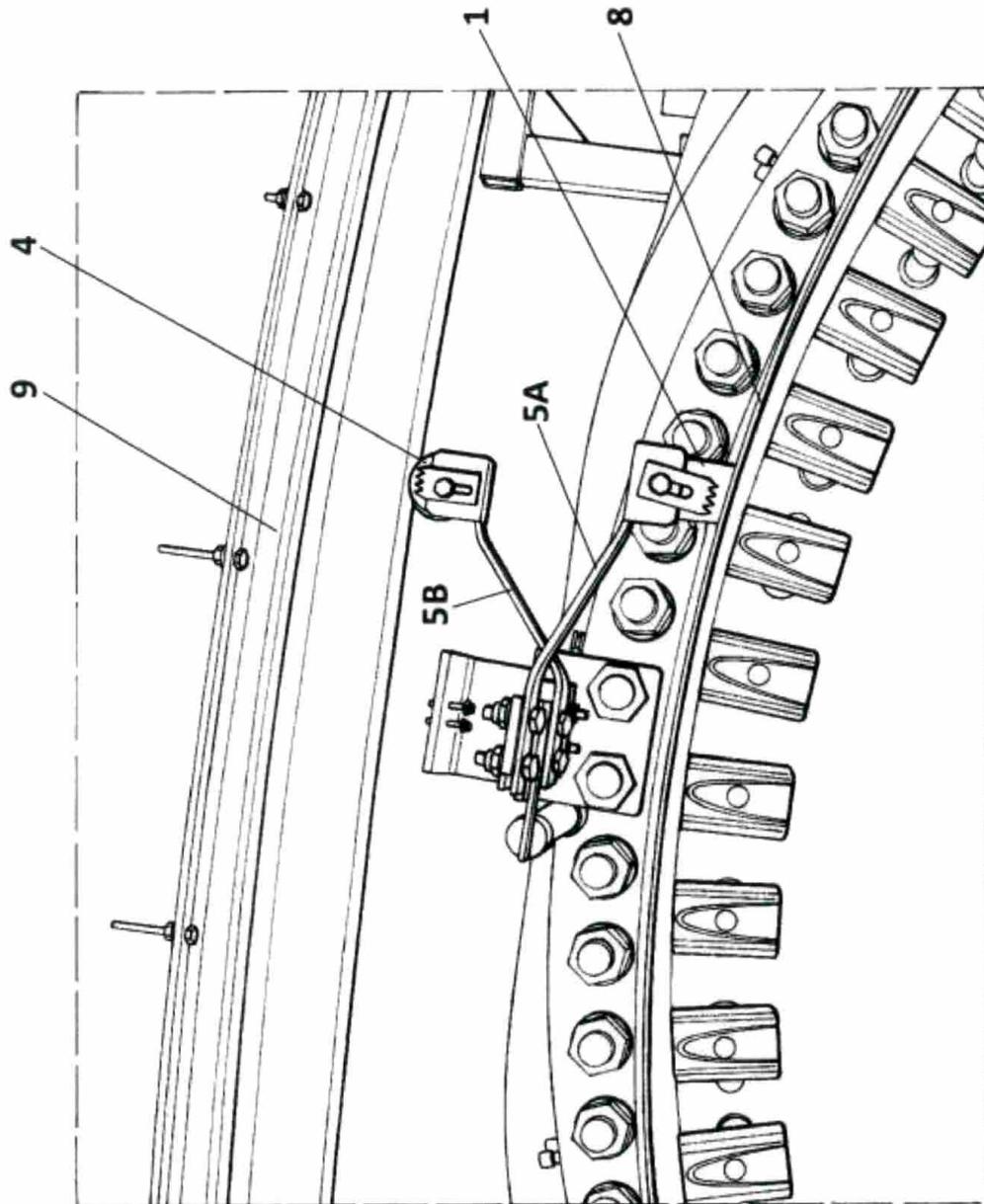


FIG. 3

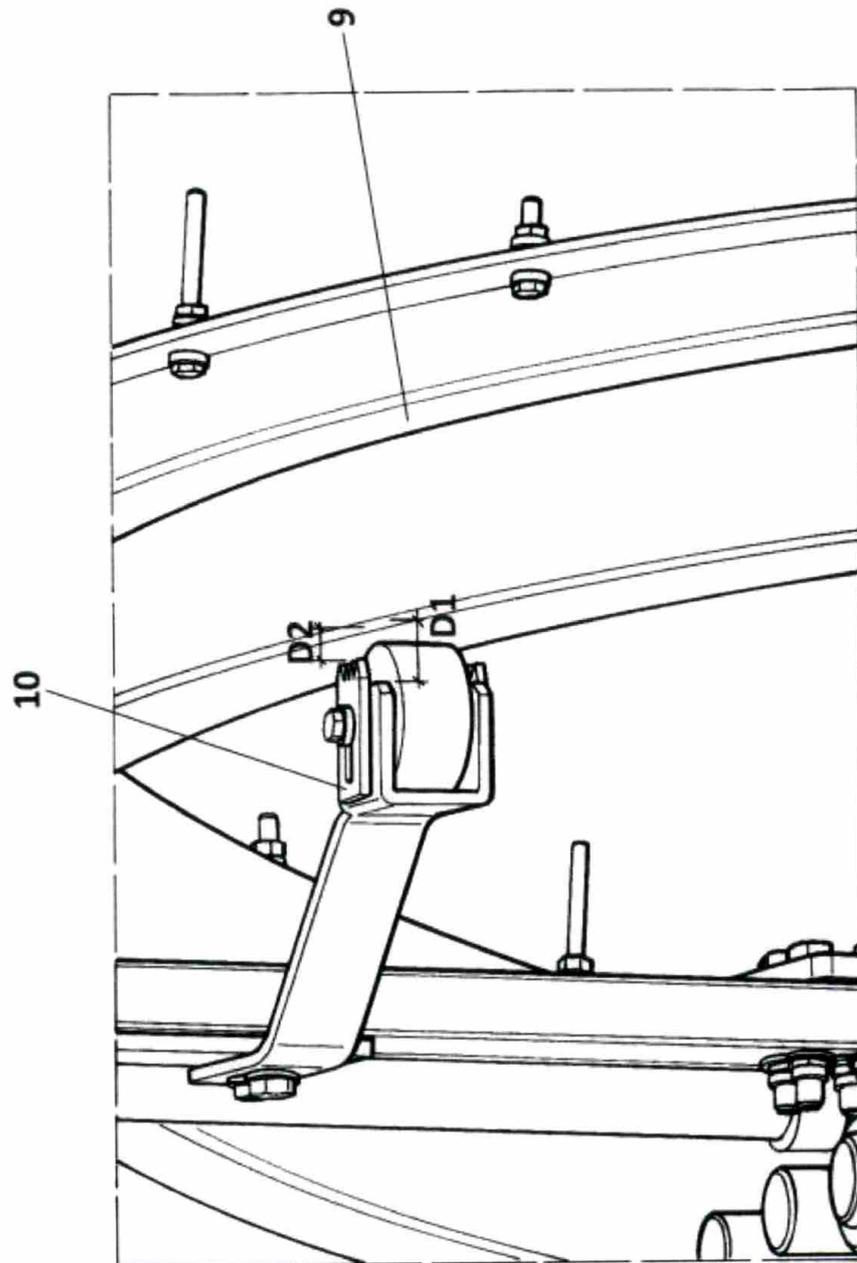


FIG. 4