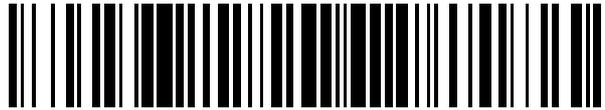


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 775**

21 Número de solicitud: 201700795

51 Int. Cl.:

G01W 1/10 (2006.01)
G01R 29/08 (2006.01)
G01W 1/16 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:
14.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:
14.06.2019

71 Solicitantes:
**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;
MONTANYÀ PUIG, Joan;
VAN DER VELDE, Oscar A. y
SOLA DE LAS FUENTES, Gloria**

54 Título: **Método para avisar de una actividad de rayos en parques eólicos**

57 Resumen:

La invención se refiere a un método para avisar de una actividad de rayos parques eólicos, que está adaptado para prever la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores (101) del parque eólico (100) y para avisar de dicha posible generación. Para ello, en el método se detecta la presencia o ausencia de una celda (200) de tormenta en el parque eólico (100) y/o en sus alrededores, preferentemente dentro de un radio inferior a 400 kms, se mide el campo eléctrico local en el parque eólico (100), se identifica o mide al menos una condición atmosférica bajo unas premisas determinadas, y se determinan las probabilidades de la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores (101) del parque eólico (100) en función del resultado de dichas mediciones, identificaciones y detecciones, emitiéndose una señal de aviso en caso de que la probabilidad determinada supere un valor umbral determinado.

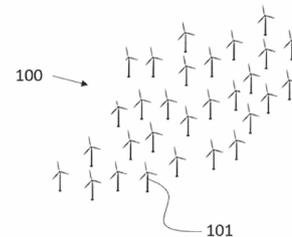


Fig. 1

ES 2 716 775 A1

DESCRIPCIÓN

Método para avisar de una actividad de rayos en parques eólicos.

5 Sector de la técnica

La presente invención se relaciona con métodos para avisar de una actividad de rayos en parques eólicos, y más concretamente de una actividad de rayos ascendentes.

10 Estado anterior de la técnica

Los aerogeneradores están expuestos a descargas de rayos debido a su altura y localización. Hay dos tipos de descargas de rayos: las descargas descendentes y las descargas ascendentes (rayos ascendentes). Las descargas descendentes son las más comunes, sin embargo, descargas ascendentes se pueden dar frecuentemente en estructuras altas. Es conocido, por ejemplo, que la actividad de descargas ascendentes puede ser mayor que el 30% en estructuras de una altura mayor que 150 metros. Este porcentaje aumenta en estructuras altas localizadas en altos de montaña o en lugares en los que sucede el fenómeno “rayos de invierno”. El fenómeno “rayos de invierno” es un fenómeno relacionado con tormentas de invierno caracterizadas por nubes tormentosas con baja carga y con el centro de la carga negativa a menores alturas (1 - 3 kms en comparación con 6 - 9 kms para las tormentas de convección o verano).

Se conocen sistemas de avisos para tormentas, pero dirigidos a la detección de tormentas de verano (relacionadas con una alta actividad de rayos descendentes), como, por ejemplo, el divulgado en US20160291204A1, que está basado en medidores de campos magnéticos y/o sensores electromagnéticos.

Los estándares internacionales cubren sistemas de avisos para tormentas IEC 62793:2016. De nuevo, este estándar describe prácticas y sistemas para la detección de tormentas de convección (tormentas de verano), pero no tormentas de invierno en las que la actividad de rayos ascendentes puede alcanzar el 100% de los eventos de rayos. En algunos parques eólicos, más de diez eventos ascendentes en un aerogenerador durante una sola tormenta de invierno.

Las tormentas de invierno son difíciles de detectar, debido a que todos los eventos ascendentes ocurren desde estructuras elevadas (aerogeneradores), y no hay actividad de rayos descendentes. En otras palabras, no hay ninguna actividad de rayos previa antes de que ocurran los rayos ascendentes desde los aerogeneradores.

Exposición de la invención

El objeto de la invención es el de proporcionar un método para avisar de una actividad de rayos en parques eólicos, según se define en las reivindicaciones.

El método está adaptado para prever la generación de rayos ascendentes en parques eólicos, siendo los rayos ascendentes los rayos que se generan en los propios aerogeneradores y no en las nubes, y para avisar de dicha posible generación.

Para ello, en el método se detecta la presencia o ausencia de una celda de tormenta en el parque eólico y/o en sus alrededores, preferentemente dentro de un radio inferior a 400 kms, se mide el campo eléctrico local, se identifica o mide al menos una condición atmosférica bajo unas premisas determinadas, y se determinan las probabilidades de la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores del parque eólico en función del resultado de

dichas mediciones, identificaciones y detecciones, emitiéndose una señal de aviso en caso de que la probabilidad determinada supere un valor umbral determinado.

5 Determinar la presencia de una celda de tormenta en una ubicación determinada ya es conocido. En el método se detecta dicha presencia en el parque eólico o en los alrededores (preferentemente dentro de un radio inferior a 400 kms), y para reforzar y asegurar la presencia de una tormenta en el propio parque eólico se determina, además, la presencia de una tormenta en el parque eólico en función del campo eléctrico local presente en dicho parque eólico. Sin embargo, con estas determinaciones no es posible determinar el riesgo de que
10 sucedan rayos ascendentes, por lo que el método tiene en cuenta otros factores añadidos.

15 Sorprendentemente, se ha comprobado que, si se cumple una relación determinada entre diferentes condiciones atmosféricas (o entre una condición atmosférica y una premisa determinada ligada a otra condición atmosférica), combinado con la detección de la presencia de una tormenta mediante el campo eléctrico y la detección de una celda de tormenta, se puede llegar a prever o anticipar una tormenta de invierno, y por lo tanto un riesgo de generación de rayos ascendentes, motivo por el cuál a los factores previamente considerados se le añade además la identificación o medición de al menos una condición atmosférica.

20 Como se ha comprobado que basta cumplir una relación determinada entre diferentes condiciones atmosféricas (o una condición atmosférica y una premisa determinada ligada a otra condición atmosférica) para detectar un riesgo de generación de rayos ascendentes, combinado con la detección de la presencia de una tormenta mediante el campo eléctrico y la detección de una celda de tormenta, para llegar a prever o anticipar una tormenta de invierno,
25 es suficiente con medir únicamente una condición atmosférica bajo las condiciones o premisas determinadas de al menos otra de ellas. Así, por ejemplo, tomando como referencia un valor de presión atmosférica como condición atmosférica determinada (o una altura con respecto al nivel del mar como premisa determinada ligada a otra condición atmosférica) se puede medir o identificar la temperatura en que hay a dicha presión (o a dicha altura), determinándose que
30 hay riesgo si se cumple una relación determinada.

35 En función de la ubicación del parque eólico el valor de las condiciones atmosféricas, bajo las premisas determinadas, puede variar, así como dichas condiciones (el valor de las mismas a considerar), es decir, la relación entre la condición atmosférica y las condiciones determinadas puede variar de una ubicación a otra. De esta manera, fijando la relación adecuada correspondiente a la ubicación del parque eólico, el método permite conocer el riesgo de que se generen rayos ascendentes en dicho parque eólico, detección no presente en el estado de la técnica.

40 Así, con el método se determinan las probabilidades de generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores del parque eólico en función del resultado de las mediciones, identificaciones y detecciones comentadas, y se emite una señal de aviso anunciando este hecho en caso de que la probabilidad determinada supere un valor umbral determinado. La señal de aviso se puede enviar allí donde se requiera, para que se actúe como se considere
45 necesario.

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.

50 **Descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra un parque eólico.

La figura 2 muestra una celda de tormenta en los alrededores del parque eólico.

La figura 3 muestra la evolución del campo eléctrico local en un parque eólico, con el que se determina la presencia de una tormenta.

Exposición detallada de la invención

5 El método está adaptado para prever la generación de rayos ascendentes en un parque eólico 100 como el mostrado en la figura 1 a modo de ejemplo, que son aquellos rayos que se generan en los propios aerogeneradores 101 del parque eólico 100 y no en las nubes, y para avisar de dicha posible generación.

10 Para ello, en el método se detecta la presencia o ausencia de una celda 200 de tormenta en el parque eólico 100 y/o en sus alrededores (celda 200 representada en la figura 2 a modo de ejemplo). La detección se lleva a cabo en el propio parque eólico 100, o dentro de un radio inferior a 400 kms, puesto que si se detecta en una zona geográfica más distante la posibilidad de que dicha celda 200 no afecte al parque eólico 100 aumenta considerablemente. La detección de la presencia o ausencia de una celda 200 de tormenta en el parque eólico 100 y/o en sus alrededores se realiza, preferentemente, mediante un radar y/o mediante un satélite, de una manera ya conocida.

20 Además, en el método se mide el campo eléctrico local en el parque eólico 100, que es una manera común de detectar una tormenta de verano. De esta manera, con esta medición se puede reforzar y asegurar la presencia de una tormenta en el parque eólico 100. En particular, y como ya es conocido, si el campo eléctrico en la zona de medición es positivo con respecto a un valor umbral predeterminado, siendo dicho valor umbral el correspondiente al valor del campo eléctrico en condiciones de buen tiempo, o cambia abruptamente con respecto a dicho valor umbral predeterminado, como se muestra en el ejemplo de la figura 3, se determina la presencia de una tormenta en la ubicación donde se ha realizado la medida del campo eléctrico. Típicamente, el valor del campo eléctrico local en condiciones de buen tiempo es de un valor cercano a los -100V/m. De esta manera, el valor umbral predeterminado es preferentemente un valor cercano a los -100V/m, que se preestablece con mediciones y/o experiencias previas. En el ejemplo de la figura 3, por ejemplo, la presencia de una tormenta se puede identificar en la zona 300 (cambio abrupto).

35 Sin embargo, con este factor adicional se reforzaría la presencia o riesgo de presencia de una tormenta en el parque eólico 100, pero no sería suficiente para poder determinar el riesgo de que sucedan rayos ascendentes (no es suficiente para determinar que la tormenta es una tormenta de invierno).

40 Como se ha comentado ya previamente, se ha comprobado que, si se cumple una relación determinada entre diferentes condiciones atmosféricas (o una condición atmosférica y una premisa determinada ligada a otra condición atmosférica), combinado con la detección de la presencia de una tormenta mediante el campo eléctrico y la detección de una celda 200 de tormenta, se puede llegar a prever o anticipar una tormenta de invierno, y por lo tanto un riesgo de generación de rayos ascendentes, motivo por el cuál a los factores previamente considerados se le añade además la identificación o medición de al menos una condición atmosférica.

50 Como se ha comentado también, es suficiente con medir únicamente una condición atmosférica bajo las condiciones o premisas determinadas de al menos otra de ellas. Así, por ejemplo, tomando como referencia un valor de presión atmosférica como condición atmosférica determinada (o una altura con respecto al nivel del mar como premisa determinada ligada a otra condición atmosférica) se puede medir o identificar la temperatura en que hay a dicha presión (o a dicha altura), determinándose que hay riesgo si se cumple una relación determinada.

5 En función de la ubicación del parque eólico 100 el valor de las condiciones atmosféricas, bajo las premisas determinadas, puede variar, así como dichas condiciones (el valor de las mismas a considerar), es decir, la relación entre la condición atmosférica y las condiciones determinadas puede variar de un sitio a otro. De esta manera, fijando la relación adecuada correspondiente a la ubicación del parque eólico 100, el método permite conocer el riesgo a que se generen rayos ascendentes en dicho parque eólico 100, detección que no es capaz de realizar el estado de la técnica.

10 Así, con el método se determinan las probabilidades de la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores del parque eólico 100 en función del resultado de las mediciones, identificaciones y detecciones comentadas, y se emite una señal de aviso anunciando este hecho en caso de que la probabilidad determinada supere un valor umbral determinado. La señal de aviso se puede enviar allí donde se requiera, para que se actúe como se considere necesario.

15 En resumen, se determina que la probabilidad determinada supera el valor umbral determinado y se envía una señal de aviso si se detecta la presencia de una celda 200 de tormenta (ver figura 2), se detecta un incremento abrupto del campo eléctrico local o un campo eléctrico local positivo con respecto al valor umbral predeterminado (ver figura 3) y se detecta que la relación
20 entre la condición atmosférica y las premisas determinadas cumple unos requisitos predeterminados.

25 Preferentemente, la condición atmosférica a tener en cuenta es la temperatura, que se mide o identifica, y la premisa predeterminada es una presión determinada y/o una altura determinada con respecto al mar. Así, los requisitos que tienen que cumplirse para que las probabilidades superen el umbral determinado se corresponde con una temperatura determinada a una presión y/o a una altura determinada.

30 La temperatura se identifica o mide mediante, preferentemente, uno o varios criterios seleccionados entre

- radio sondeos realizados en los alrededores del parque eólico 100, preferentemente dentro de un radio inferior a 400kms,
- 35 – datos de re-análisis, preferentemente IRA-interim, y
- estimación de la temperatura, bajo las condiciones determinadas, en base a una estimación realizada a partir de la temperatura medida en el suelo del parque eólico 100.

40 Se ha comprobado que, ante la presencia de una tormenta y una celda 200 de tormenta, si la temperatura es inferior a -10°C a una presión de 700 hPa y/o a una altura de aproximadamente 3 kms con respecto al nivel del mar, el riesgo de que se generen rayos ascendentes es elevado. De esta manera, se puede predeterminar esta relación como requisito a cumplir por la
45 relación entre la condición atmosférica (temperatura en este caso) y las premisas determinadas (presión y/o altura con respecto al nivel del mar): una temperatura inferior a -10°C a una presión de 700 hPa y/o a una altura de aproximadamente 3 kms con respecto al nivel del mar.

50 Sin embargo, como también se ha comentado previamente, en función de la ubicación del parque eólico 100 estos requisitos pueden variar, por lo que el método permite ajustar o adaptar estos requisitos en función de las necesidades.

- 5 En algunas realizaciones del método, se puede determinar además la severidad de los rayos ascendentes en el caso que se haya detectado el riesgo de que se vayan a generar. Para ello, en dichas realizaciones se identifica la velocidad e intensidad del viento en el parque eólico 100, se considera la altura con respecto al mar a la que está situado el parque eólico 100 y/o se considera la orografía del lugar donde está dispuesto el parque eólico 100, determinándose una mayor severidad cuanto más velocidad e intensidad tenga el viento, a cuanto más altura esté situado el parque eólico 100, y cuanto menos homogénea sea la orografía de dicho lugar.
- 10 Las medidas de campo eléctrico y las realizadas mediante radar se deben tomar preferentemente en el propio parque eólico 100, ya que así se obtienen medidas de las condiciones reales del parque eólico 100, a diferencia de los radio sondeos (para los que hay diversas opciones, tal y como se ha comentado previamente).
- 15 Los resultados de las medidas realizadas de las variables se pueden mandar a un equipo remoto, por ejemplo, que sería el encargado de recolectarlas y de realizar las acciones necesarias (como un algoritmo de alarma, por ejemplo, para generar la señal de aviso).
- 20 El método se puede implementar en continuo y en tiempo real, o, para consumir menos energía, por ejemplo, se puede implementar de manera discreta (a intervalos de tiempos prefijados).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para avisar de una actividad de rayos en parques eólicos, caracterizado porque está adaptado para prever la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores (101) del parque eólico (100) y para avisar de dicha posible generación, y para ello en el método
- 10 – se detecta la presencia o ausencia de una celda (200) de tormenta en el parque eólico (100) y/o en sus alrededores, preferentemente dentro de un radio inferior a 400 kms,
- 15 – se mide el campo eléctrico local en el parque eólico (100),
- se identifica o mide al menos una condición atmosférica en el parque eólico (100), o en sus alrededores, bajo unas premisas determinadas, y se determinan las probabilidades de la generación de rayos ascendentes que salen de los aerogeneradores (101) del parque eólico (100) en función del resultado de dichas mediciones, identificaciones y detecciones,
- 20 emitiéndose una señal de aviso en caso de que la probabilidad determinada supere un valor umbral determinado.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, en donde se determina que la probabilidad determinada supera el valor umbral determinado si
- se detecta un incremento abrupto del campo eléctrico local o un campo eléctrico local positivo con respecto a un valor umbral predeterminado, siendo dicho valor umbral el correspondiente al valor del campo eléctrico local en condiciones de buen tiempo,
- 30 – se detecta la presencia de una celda (200) de tormenta, y
- se detecta que la relación entre la condición atmosférica y las premisas determinadas cumple unos requisitos determinados.
- 35 3. Método según la reivindicación 2, en donde la condición atmosférica que se mide o identifica es la temperatura, y la premisa predeterminada se considera una presión determinada y/o una altura determinada con respecto al mar.
- 40 4. Método según la reivindicación 3, en donde la relación a cumplir entre la condición atmosférica y las condiciones determinadas para determinar que la probabilidad determinada supera el valor umbral determinado es una temperatura inferior a -10°C a una presión de 700 hPa, y/o a una altura de aproximadamente 3 kms con respecto al nivel del mar.
- 45 5. Método según la reivindicación 3 ó 4, en donde la condición atmosférica se identifica o mide mediante uno o varios criterios seleccionados entre
- 50 – radio sondeos realizados sobre el parque eólico (100),
- radio sondeos realizados en los alrededores del parque eólico (100), preferentemente dentro de un radio inferior a 400 kms,
- datos de re-análisis, preferentemente IRA-interim, y

- estimación de la temperatura, bajo las condiciones determinadas, en base a una estimación realizada a partir de la temperatura medida en el suelo del parque eólico (100).
- 5 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en donde la relación entre la condición atmosférica y las condiciones determinadas es ajustable o adaptable.
 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la detección de la presencia o ausencia de una celda (200) de tormenta en el parque eólico (100) y/o en sus alrededores se realiza mediante un radar y/o mediante un satélite.
 - 10 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se identifica la velocidad e intensidad del viento en el parque eólico (100), la altura con respecto al mar a la que está situado el parque eólico (100) y/o la orografía del lugar donde está dispuesto el parque eólico (100), para determinar la severidad de los rayos ascendentes en el caso en el que la probabilidad determinada supere el valor umbral determinado.
 - 15 9. Método según la reivindicación 8, en donde se determina una mayor severidad cuanto más velocidad e intensidad tenga el viento, cuanto más alto sea el lugar donde está dispuesto el parque eólico, y cuanto menos homogénea sea la orografía de dicho lugar.
 - 20 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se implementa en continuo y en tiempo real.
 - 25 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que se implementa de manera discreta, en intervalos de tiempos prefijados.

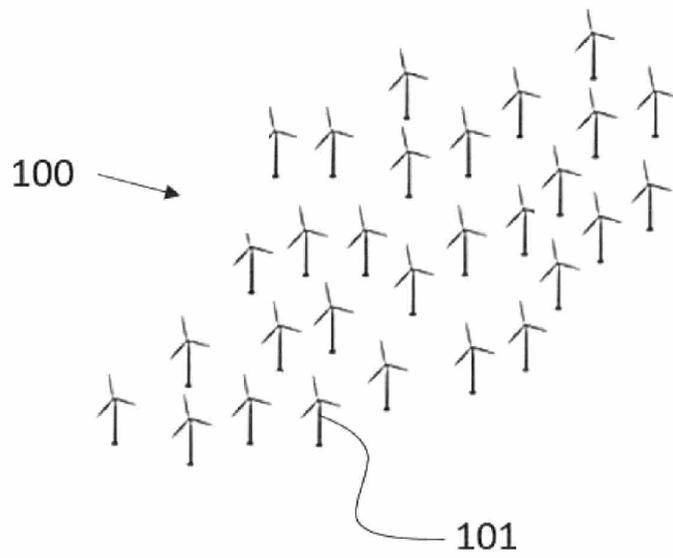


Fig. 1

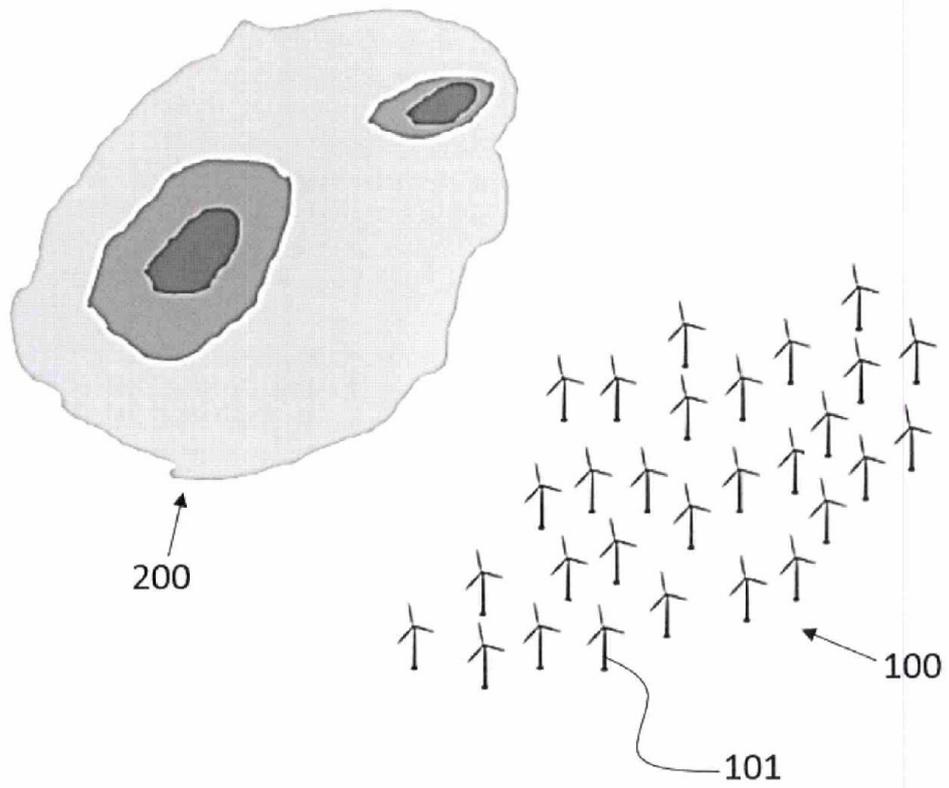


Fig. 2

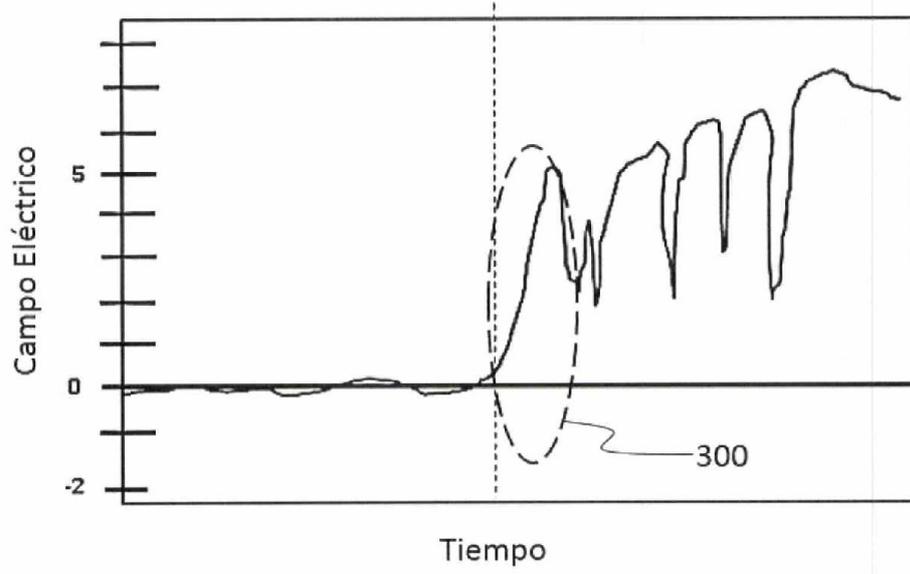


Fig. 3



- ②① N.º solicitud: 201700795
②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.12.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2016291204 A1 (GROENHAGEN JANNES) 06/10/2016, resumen; figuras; párrafos 2, 7, 9, 13, 14, 15, 17, 18, 22-24, 27, 29-31, 33-35, 49, 60 y 67.	1-11
Y	VICTOR MARCH. Key issues to define a method of lightning risk assessment for windfarms. Electric Power Systems Research 159 (2018) 50–57, 31/08/2017, Página 50; página 51, columna 2; página 52, columna 2; y página 53, columna 2. [en línea] [Recuperado el 05/06/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://reader.elsevier.com/reader/sd/604C01709A1744704F27E52FC63D22F85DEB0F8503CEB95657A1911F9ACBF1AB7A52EC28766FFF10ABA9280E9B6C43B7 >	1-11
Y	FAROUK A.M. RIZK. Modeling of Lightning Incidence to Tall Structures Part I: Theory. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 1, January 1994, 31/01/1994 [en línea] [recuperado el 05/06/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=277673 >. todo el documento	1-11
A	ES 2492565T T3 (NOWCAST GMBH) 09/09/2014, resumen; figuras; reivindicaciones.	1-11
A	J. MONTANYÀ et al. TOTAL LIGHTNING, ELECTROSTATIC FIELD AND METEOROLOGICAL RADAR APPLIED TO LIGHTNING HAZARD WARNING. 20th International Lightning Detection Conference, 31/12/2008 [en línea][recuperado el 05/06/2018]. Recuperado de Internet <URL: http://cn.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Scientific%20papers/Total_lightning_electrostatic_field_and_meteorological_radar_applied_to_lightning_hazard_warning.pdf >. todo el documento	1-11

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
06.06.2018

Examinador
A. López Ramiro

Página
1/3



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

21

N.º solicitud: 201700795

22

Fecha de presentación de la solicitud: 14.12.2017

32

Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP 2000065953 A (TOKO ELECTRIC CORP) 03/03/2000, Resumen EPODOC, resumen WPI, figuras.	1-11
A	EP 1944627 A2 (ABB FRANCE) 16/07/2008, Resumen EPODOC, resumen WPI, figuras.	1-11
A	US 2014167732 A1 (MUELLER LUTZ et al.) 19/06/2014, resumen; figuras.	1-11

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

Examinador
A. López Ramiro

Página
2/3

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G01W1/10 (2006.01)

G01R29/08 (2006.01)

G01W1/16 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01W, G01R

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC