

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 429**

51 Int. Cl.:

H02G 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015 PCT/FR2015/050731**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2015 WO15150663**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15718522 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018 EP 3127203**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de protección contra el rayo que utiliza un pararrayos con medios de cebado y medios de neutralización de la carga espacial**

30 Prioridad:

02.04.2014 FR 1452899

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

04.05.2018

73 Titular/es:

**INDELEC (100.0%)
61 Chemin des Postes
59500 Douai, FR**

72 Inventor/es:

**THIRION, FRANCK;
THIRION, BERNARD y
FAUVEAUX, SYLVAIN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 666 429 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).

DESCRIPCION

Procedimiento y dispositivo de protección contra el rayo que utiliza un pararrayos con medios de cebado y medios de neutralización de la carga espacial.

Ambito técnico

- 5 La presente invención se refiere al ámbito de la protección contra el rayo. La misma tiene por objetos principales un procedimiento y un dispositivo de protección contra el rayo utilizando un pararrayos tipo PDA (pararrayos con dispositivo de cebado), que comprende medios de neutralización de la carga espacial que se forma, en el extremo del electrodo colector del pararrayos, antes de la emisión de un trazador ascendente.

Técnica anterior

- 10 El rayo es un fenómeno natural difícilmente previsible que se traduce por una descarga eléctrica de alta intensidad, que puede tener efectos destructores importantes.

15 Cuando una nube de tormenta se forma por encima de una zona de la corteza terrestre, se carga acumulando cargas eléctricas por fenómenos de convección y otros fenómenos aún mal conocidos. Se produce una segregación de las cargas según su signo, su altitud y la temperatura que varía de forma importante. La configuración encontrada en más del 90% en las regiones de clima templado conduce a una base de la nube de tormenta cargada negativamente. El suelo por debajo de la nube de tormenta se polariza localmente con una polaridad inversa por efecto de espejo por debajo de la base de la nube de tormenta.

Así, entre el suelo y la base de la nube de tormenta se forma un campo eléctrico llamado «campo de tormenta».

- 20 Con buen tiempo, se puede medir en la superficie de la corteza terrestre y sobre terreno plano un campo eléctrico llamado «de buen tiempo», típicamente del orden de 100 V/m a 150 V/m, debido a las cargas positivas situadas en altitudes del orden de los 50 km. En el desarrollo de un proceso de tormenta, el campo eléctrico «de tormenta» que se forma entre la base de la nube y el suelo, presenta una polaridad inversa al campo eléctrico del buen tiempo y puede alcanzar típicamente valores medios de -15 kV/m a 20 kV/m.

- 25 El aire forma un aislante eléctrico muy bueno. Así, a pesar de esta enorme diferencia de potencial entre la base de la nube de tormenta y el suelo, no puede producirse una descarga eléctrica correspondiente para la formación del rayo. Un aumento muy fuerte del campo eléctrico local favorece el desencadenamiento de esta descarga eléctrica.

- 30 Por otro lado es conocido que la menor alteración en el suelo actúa como un concentrador de las líneas equipotenciales de campo eléctrico y aumenta localmente el campo eléctrico. Este aumento local del campo eléctrico se denomina «efecto de punta». Cada alteración, según su altura y su grado de agudeza, se caracterizará por su propio coeficiente de amplificación del campo por efecto de punta.

- 35 Gracias a esta amplificación local del campo eléctrico por efecto de punta sobre la cima de una alteración, se puede observar una ionización local del aire en la proximidad de la cima de una alteración, si el campo eléctrico es superior, en valor absoluto, típicamente a 26 kV/cm. Cada electrón arrancado por ionización del aire es fuertemente acelerado por el campo eléctrico local. Cuando la energía del electrón es suficiente, puede, al entrar en colisión con un átomo, arrancar otro electrón, y así sucesivamente, acelerando la ionización del aire en la proximidad de la alteración por un fenómeno llamado «de avalancha electrónica».

- 40 En la práctica, este fenómeno de avalancha electrónica se produce si el campo eléctrico alcanza localmente al menos aproximadamente 30 kV/cm. Esta ionización del aire por un fenómeno de avalancha electrónica provoca un efecto llamado «corona», también llamado efecto «Corona», que puede ser precursor del relámpago, y que se traduce por la emisión en la proximidad de una alteración de la emisión de una luz corona. En la práctica, este efecto corona puede ser observado en la cima de los puntos más elevados (postes, construcciones, árboles...).

Sin embargo, el aumento local del campo eléctrico por efecto de punta disminuye muy rápidamente en el espacio. Si el campo eléctrico ambiente no es suficiente, esta ionización (efecto corona) no puede propagarse y permanece confinada alrededor de la alteración.

- 45 Lo más a menudo, la formación del rayo comienza por una o varias descargas eléctricas que descienden de la nube de tormenta. Estas descargas eléctricas se denominan corrientemente trazadores descendentes, o también «downward stepped leaders». Un trazador descendente, cuando se aproxima al suelo, provoca un brusco aumento del campo eléctrico global y por consiguiente del campo eléctrico local a nivel de cada alteración. Este brusco aumento del campo eléctrico combinado con el efecto de punto provoca la intensificación del efecto corona en las alteraciones del suelo más altas y más alargadas. Cuanto más se aproxima al suelo el trazador descendente, más aumentan el campo eléctrico global y el campo eléctrico local en la cima de una alteración. El efecto corona en la proximidad inmediata de una alteración aumenta entonces fuertemente para pasar a la modalidad de impulsado y la

ionización del aire en la proximidad inmediata de la alteración tiende a propagarse hacia lo alto bajo la forma de un «streamer». Sin embargo, cuanto más se aleja de la alteración más disminuye el coeficiente de amplificación del efecto de punta. A partir de una cierta distancia, las condiciones de campo no son ya suficientes para llevar esta ionización («streamer») hacia lo alto. Este límite se estima en aproximadamente 5 kV/cm. Se produce entonces la recombinación de las cargas, permaneciendo el efecto corona confinado en la proximidad de la alteración, y el ciclo comienza de nuevo. Sin embargo, durante este tiempo, el campo eléctrico global continúa aumentando, aproximándose siempre el trazador descendente al suelo.

En el transcurso de uno de los ciclos, un «streamer» encontrará las buenas condiciones de campo para propagarse libremente hacia lo alto en forma de un trazador ascendente que va al encuentro del trazador descendente.

Cuando un trazador ascendente encuentra un trazador descendente, se establece un canal conductor. Este canal conductor permite a la nube de tormenta descargarse hacia el suelo evacuando sus cargas (rayo) por el arco en retorno («return stroke») y los arcos subsiguientes. Una vez la nube de tormenta ha descargado, su potencial se reduce fuertemente, y la nube de tormenta se recarga para el próximo rayo.

Esta descarga eléctrica rápida de alta intensidad puede ser fuertemente destructora, en particular para las instalaciones industriales o domésticas. Con el fin de proteger una zona o una instalación en el suelo contra el rayo, es habitual instalar en altura al menos un pararrayos, por ejemplo en el tejado de una construcción a proteger, con el fin de captar el rayo y evacuar a tierra la descarga eléctrica impulsional de alta intensidad que acompaña al rayo. Un pararrayos comprende típicamente, en su versión más sencilla, al menos un electrodo colector, en forma lo más a menudo de una barra metálica, colocada en altura. Este electrodo metálico colector comprende un extremo libre que puede ser muy ahusado en forma de punta o que puede ser redondeado, y está conectado eléctricamente a tierra, por un cable eléctricamente conductor o equivalente. Este electrodo colector tiene por función favorecer, por efecto de punta, la formación de trazadores ascendentes al acercamiento de trazadores descendentes, con el fin de aumentar la probabilidad de que un trazador descendente de la nube de tormenta establezca un contacto con un trazador ascendente producido por el electrodo colector, más bien que con un trazador ascendente producido por cualquier otra alteración de forma no controlada.

Desde hace tiempo, con el fin de mejorar la eficacia de los pararrayos, se ha propuesto asociar con el electrodo colector inerte de un pararrayos medios de cebado que permiten favorecer la formación de un trazador ascendente desencadenando más rápidamente la formación de un trazador ascendente con relación a un simple electrodo colector inerte. De un modo general, estos medios de cebado actúan provocando una ionización adicional del aire en la proximidad del extremo libre del electrodo colector. Estos pararrayos perfeccionados son corrientemente designados por PDA (Pararrayos con dispositivo de cebado). Ejemplos de PDA se describen particularmente en las solicitudes de patente francesas FR 2 543 370, FR 2 590 737, FR 2 973 598, FR 2 943 487 y US2009/000802.

En la solicitud de patente francesa FR 2 543 370, el cebado se obtiene por medio de un dispositivo piezoeléctrico sobre el cual se ejerce una presión mecánica por la fuerza del viento, pero la aparición de este viento en el acercamiento de la tormenta es aleatoria y hace el pararrayos menos fiable.

En la solicitud de patente FR 2 590 737, el cebado se obtiene por medio de al menos un electrodo adicional, que está dispuesto en la proximidad del extremo libre del electrodo colector, y que es alimentado de forma que una descarga eléctrica de alta tensión se establezca entre este electrodo y el extremo libre del electrodo colector, y provoque así una ionización complementaria del aire en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.

En la solicitud de patente francesa anteriormente citada FR 2 973 598, la ionización para el cebado del pararrayos se obtiene por medio de una radiación electromagnética, de tipo láser, focalizada sobre o en la proximidad inmediata del extremo libre del electrodo colector.

Los dispositivos de cebado conocidos, y particularmente los del tipo de descargas de alta tensión o de radiación electromagnética, pueden ser mejorados utilizando una sincronización precisa del desencadenamiento con relación a la evolución del campo eléctrico, con el fin de no desencadenar demasiado prematuramente o demasiado tarde la ionización adicional. Los sistemas de desencadenamiento automático del dispositivo de cebado han sido por consiguiente desarrollados. La solicitud de patente francesa anteriormente citada FR 2 590 737 describe por ejemplo un sistema de desencadenamiento automático basado en una detección de la variación del campo eléctrico generado por la tormenta. La solicitud de patente francesa anteriormente citada FR 2 943 487 describe por ejemplo un sistema de desencadenamiento automático basado en una detección óptica del efecto corona.

En comparación con un pararrayos que utilice un simple electrodo colector inerte, y también corrientemente llamado «barra Franklin», los pararrayos con dispositivo de cebado permiten ventajosamente ampliar la zona de protección (o radio de protección) del pararrayos, pues son capaces de emitir (instante de cebado) un trazador ascendente anticipadamente con relación a un simple electrodo colector inerte. Este trazador ascendente, llevado por el campo eléctrico generado por la tormenta tiene por consiguiente tiempo de subir lo suficientemente alto para el encuentro con el trazador ascendente que se dirige hacia el suelo, bastante antes de que los otros objetos (metálicos o no) de los alrededores puedan hacer otro tanto. El electrodo colector del pararrayos con dispositivo de cebado es por

consiguiente de hecho el receptor del rayo, impidiendo así al rayo caer por otro lado en la zona de protección definida por los rendimientos del pararrayos.

5 Sea cual fuere el tipo de pararrayos, cuando la tormenta se intensifica, el efecto corona anteriormente descrito se traduce por la aparición en el electrodo colector del pararrayos de una corriente «corona», también llamada «corriente de efluvios» o «corriente Corona», que durante un tiempo inicial (cuando la tormenta está aún lejos) es sustancialmente de intensidad continua (régimen continuo de la corriente). Cuando el campo eléctrico global se hace lo suficientemente intenso, el efecto corona pasa al régimen impulsado con picos de intensidad cada vez más importantes, hasta alcanzar un pico de corriente corona lo suficientemente importante para que el «streamer» generado encuentre las buenas condiciones de campo y se propague libremente hacia lo alto en forma de un trazador ascendente que va al encuentro del trazador descendente.

10 Ahora bien, esta corriente corona generada en el electrodo colector, en régimen continuo, luego en régimen impulsado, va acompañada de la formación, en el aire y cerca del extremo libre del electrodo colector, de una carga espacial, que tiene una polaridad opuesta a la de la base de la nube de tormenta, y que se desarrolla con el tiempo cerca del extremo libre del electrodo colector en forma de un colchón de cargas eléctricas de polaridad opuesta a la de la base de la nube de tormenta, o dicho de otro modo de polaridad opuesta al campo eléctrico ambiente. La mayor parte del tiempo, esta carga de espacio cerca del extremo libre del electrodo colector comienza a formarse durante el régimen continuo de la corriente corona, y se desarrolla, en forma de un colchón de cargas eléctricas más o menos denso, durante el régimen continuo de la corriente corona y durante el régimen impulsado de la corriente corona. Según el nivel de campo eléctrico ambiente de tormenta, más o menos amplificado localmente por efecto de punta por el electrodo colector, esta carga de espacio forma un colchón de cargas eléctricas más o menos denso.

15 Ahora bien, el desarrollo de esta carga espacial en forma de un colchón de cargas eléctricas de polaridad opuesta a la de la base de la nube de tormenta reduce localmente el campo eléctrico cerca del extremo libre del electrodo colector, y conduce por efecto de blindaje electrostático a ocultar el extremo libre del electrodo colector para el trazador descendente, y a la recíproca. Sucede que la formación de trazador ascendente es retardada indebidamente por esta carga espacial, lo cual reduce de forma perjudicial el radio de protección del pararrayos y deteriora los rendimientos del pararrayos.

20 Para tratar de paliar este problema de retardo en el cebado relacionado con el desarrollo de una carga espacial en la proximidad del extremo libre del electrodo colector de un pararrayos, se ha propuesto en la solicitud de patente FR 2 817 085 una solución consistente en limitar la corriente corona en un electrodo colector inerte de un pararrayos, con el fin de limitar la formación de una carga espacial cerca del extremo libre del electrodo colector, antes de la formación del trazador ascendente. En particular, el dispositivo descrito en esta publicación utiliza un circuito de limitación y de control de la corriente corona, que comprende medios de descarga que tienen por función, de un modo general, limitar la corriente corona acumulándola en un condensador y descargando periódicamente el condensador en un descargador principal, mientras el campo eléctrico ambiente sea inferior a un umbral predeterminado. La utilización, en este circuito de limitación y de control de la corriente corona, de una bobina, en serie con el condensador, permite particularmente invertir, durante un tiempo muy corto, el potencial del extremo libre del electrodo colector, y así limitar periódicamente el desarrollo de una carga espacial cerca del extremo libre del electrodo colector.

30 Esta solución permite desde luego reducir los efectos de ocultamiento del extremo libre del electrodo colector, pero un inconveniente de esta solución es que el funcionamiento del circuito de limitación y de control de la corriente corona es independiente de la formación del trazador ascendente. Sucede que la formación del trazador ascendente se produce la mayor parte del tiempo durante el ciclo de carga del condensador, es decir cuando una carga espacial más o menos importante ha comenzado a desarrollarse cerca del extremo libre del electrodo colector, lo cual se traduce por un retardo en la formación del trazador ascendente, que no está controlado y que puede ser perjudicial.

45 **Objetivo de la invención**

Un objetivo general de la invención es proponer un nuevo dispositivo y un nuevo procedimiento de protección contra el rayo, que permitan paliar el problema anteriormente mencionado de retardo en el cebado de un trazador ascendente relacionado con el desarrollo de una carga espacial cerca del extremo libre de un electrodo colector, antes de la emisión de un trazador ascendente y que permitan así mejorar los rendimientos de la protección contra el rayo.

Más particularmente, un objetivo más particular de la invención es mejorar la media normal de los instantes de cebado de un pararrayos con dispositivo de cebado (PDA).

Resumen de la invención

55 Según un primer aspecto, la invención tiene así por primer objeto un dispositivo de protección contra el rayo, que es conocido por que comprende un electrodo colector con al menos un extremo libre, configurado para captar una corriente de rayo y para descargarla en la tierra, y medios de cebado que permiten favorecer la formación de un

trazador ascendente en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.

De forma característica según la invención, el dispositivo de protección contra el rayo comprende además de los medios de neutralización, que permiten reducir la carga espacial que se ha formado en la proximidad del extremo libre del electrodo colector antes de la emisión de un trazador ascendente, medios electrónicos de control, que permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización, y en una segunda fase los indicados medios de cebado del pararrayos.

Según un segundo aspecto, el dispositivo de protección contra el rayo comprende un pararrayos, que incluye un electrodo colector con al menos un extremo libre, configurado para captar una corriente del rayo y para descargarla en la tierra, y medios de cebado que permiten favorecer la formación de un trazador ascendente en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.

De forma característica según la invención, el dispositivo comprende además de los medios de neutralización, que permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector, o llegado el caso sobre cada electrodo de neutralización, una tensión de neutralización antes de la emisión de un trazador ascendente, medios electrónicos de control que permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización, y en una segunda fase los indicados medios de cebado del pararrayos.

Según un tercer aspecto, el dispositivo de protección contra el rayo comprende un pararrayos, que comprende un electrodo colector con al menos un extremo libre, configurado para captar una corriente del rayo y para descargarla en la tierra, y medios de cebado que permiten favorecer la formación de un trazador ascendente en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.

De forma característica según la invención, el dispositivo comprende además de los medios de neutralización que permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector, o llegado el caso sobre cada electrodo de neutralización, antes de la emisión de un trazador ascendente, una tensión de neutralización que permite aumentar la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector, medios electrónicos de control que permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización, y en una segunda fase los indicados medios de cebado del pararrayos.

Según un cuarto aspecto, el dispositivo de protección contra el rayo comprende un pararrayos, que incluye un electrodo colector con al menos un extremo libre, configurado para captar una corriente del rayo y para descargarla en la tierra, y medios de cebado que permiten favorecer la formación de un trazador ascendente en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.

De forma característica según la invención, el dispositivo comprende además de los medios de neutralización que permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector, o llegado el caso sobre cada electrodo de neutralización, una tensión de neutralización antes de la emisión de un trazador ascendente, medios electrónicos de control que permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización, y en una segunda fase los indicados medios de cebado del pararrayos, de tal forma que la media normal de los momentos de cebado (TB) del dispositivo sea inferior a la media normal de los momentos de cebado (TB) del dispositivo sin utilización de los medios de neutralización.

Más particularmente, según el primero, segundo, tercero o cuarto aspectos anteriormente mencionados, el dispositivo de la invención puede comprender las características adicionales y facultativas dadas a continuación, tomadas por separado o en combinación las unas con las otras:

- 40 - los medios de neutralización comprenden al menos un electrodo de neutralización que está posicionado cerca del extremo libre del electrodo colector.
- los medios de neutralización permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector, o llegado el caso sobre cada electrodo de neutralización, una tensión de neutralización de polaridad idéntica a la polaridad del campo eléctrico ambiente.
- 45 - los medios de neutralización permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector, o llegado el caso sobre cada electrodo de neutralización, una tensión de neutralización de polaridad opuesta a la polaridad del campo eléctrico ambiente.
- la tensión de neutralización es un impulso de tensión.
- los medios de cebado permiten la ionización del aire cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 50 - los medios de cebado permiten la ionización, mediante descargas de alta tensión, del aire cerca del extremo libre del electrodo colector.
- los medios de cebado comprenden al menos un electrodo de chisporroteo posicionado en la proximidad del extremo libre del electrodo colector.
- los medios de cebado permite aplicar temporalmente sobre cada electrodo de chisporroteo una tensión de ionización.
- 55 - el dispositivo comprende medios de detección del campo eléctrico ambiente en la proximidad del pararrayos, y los medios de control están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios

de neutralización, y los mencionados medios de cebado en función del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección.

- 5 - los medios de control están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios de neutralización, y los indicados medios de cebado en función del valor (E) del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección y/o de la variación (dE/dt) del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección.
- 10 - los medios electrónicos de control están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios de neutralización cuando el valor (E) o la variación (dE/dt) del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección es superior a un primer umbral crítico (Sc1) predefinido, y de preferencia parametrizable.
- 15 - los medios electrónicos de control están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios de neutralización, por medio de una primera señal de control y para controlar automáticamente los indicados medios de cebado por medio de una segunda señal de control, que es retardada con relación a la primera señal de control por un tiempo (R) predefinido y de preferencia parametrizable.
- 20 - el tiempo (R) del retardo es inferior a 1 ms.
- 20 - el dispositivo comprende medios de detección de una carga espacial cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 25 - los medios de detección de una carga espacial cerca del extremo libre del electrodo colector comprenden un captador que detecta la corriente corona que pasa por el electrodo colector o un captador que mide el campo eléctrico ambiente.
- 25 - los medios electrónicos de control comprenden medios de autorización que permiten o no el control de los medios de neutralización por los medios electrónicos de control, a partir de una detección de una carga espacial cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 30 - La tensión de neutralización permite aumentar la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector.
- 30 - los medios electrónicos de control permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización, y en una segunda fase los indicados medios de cebado del pararrayos, de tal forma que la media normal de los tiempos de cebado (TB) del dispositivo sea inferior a la media normal de los tiempos de cebado (TB) del dispositivo sin utilización de los medios de neutralización.

35 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de protección contra el rayo, por medio de un dispositivo que comprende un pararrayos, que incluye un electrodo colector con al menos un extremo libre, configurado para captar una corriente del rayo y para descargarla en la tierra.

40 De forma característica según la invención, en la aproximación de un trazador descendente, en una primera fase de neutralización, se aplica temporalmente, sobre el electrodo colector o sobre al menos un electrodo de neutralización posicionado cerca del extremo libre del electrodo colector, una tensión de neutralización, y en una segunda fase de cebado de un trazador ascendente utilizado después de la primera fase de neutralización, y de preferencia inmediatamente después de la primera fase de neutralización, se provoca una ionización del aire cerca del extremo libre del electrodo colector.

Más particularmente, el procedimiento de la invención puede comprender las características adicionales y facultativas dadas a continuación, tomadas por separado o en combinación las unas con las otras:

- 45 - la polaridad de la tensión de neutralización es opuesta a la polaridad de la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre del electrodo colector.
- la polaridad de la tensión de neutralización es idéntica a la polaridad de la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 50 - la tensión de neutralización se aplica bajo la forma de un impulso de tensión.
- la ionización del aire cerca del extremo libre del electrodo colector que es provocada en el transcurso de la segunda fase de cebado se realiza por medio de descargas de alta tensión.
- la ionización del aire cerca del extremo libre del electrodo colector en el transcurso de la segunda fase de cebado se realiza aplicando temporalmente una tensión de ionización sobre al menos un electrodo de chisporroteo posicionado cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 55 - se detecta el campo eléctrico ambiente en la proximidad del pararrayos, y se inicia la primera fase de neutralización en función de esta detección del campo eléctrico ambiente.
- la tensión de neutralización permite reducir la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre del electrodo colector.
- 60 - la tensión de neutralización permite aumentar la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector.
- la puesta en práctica sucesivamente de la indicada primera fase de neutralización y de la indicada segunda fase de cebado permite disminuir la media normal de los tiempos de cebado (TB) en comparación con un

procedimiento que utilice únicamente la indicada segunda fase de cebado.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción detallada dada a continuación de varias variantes de realización de la invención, cuyas variantes se describen a título de ejemplos no limitativos y no exhaustivos de la invención y en referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- La figura 1 es una vista lateral de una primera variante del dispositivo de protección contra el rayo.
- La figura 2 es una vista lateral de una segunda variante del dispositivo de protección contra el rayo.
- La figura 3 es un esquema bloque que representa la arquitectura electrónica de una primera variante de realización de un circuito electrónico de control conforme a la invención.
- La figura 4 es un esquema de un montaje experimental que permite ensayar en el laboratorio los rendimientos de un pararrayos con dispositivo de cebado (PDA).
- La figura 5 representa un ejemplo de nube de puntos de los tiempos de cebado (T_B) medidos consecutivamente para un mismo pararrayos durante un mismo ensayo en laboratorio.
- La figura 6 representa dos ejemplos de nube de puntos de los tiempos de cebado (T_B) para dos pararrayos con dispositivo de cebado (PDA) diferentes.
- Las figuras 7 a 12 son esquemas bloque que representan respectivamente la arquitectura electrónica de otras seis variantes de realización de un circuito electrónico de control conformes a la invención.

Descripción detallada

En referencia a la figura 1, en una variante de realización de la invención el dispositivo de protección contra el rayo comprende un pararrayos 1 de tipo PDA, conocido en sí y similar al descrito por ejemplo en la solicitud de patente francesa FR 2 590 737, en el cual se han fijado dos electrodos de neutralización 2.

Este dispositivo de protección se instala preferentemente en altura, por ejemplo fijándose en el tejado de una construcción a proteger o estando soportado por un mástil.

El pararrayos 1 comprende un carenado de protección 10, sobre el cual va fijada una barra 11 eléctricamente conductora, y por ejemplo de cobre, que termina en forma de punta 11a en su extremo libre, y que puede conectarse a tierra mediante una conexión 12. Esta barra 11 forma así un electrodo colector configurado para captar una corriente de rayo por su extremo libre 11a y para descargar en la tierra la corriente del rayo captado. La geometría del extremo libre 11a del electrodo 11 es indiferente para la invención, y puede indistintamente ser cilíndrica, troncocónica, piramidal,...

El carenado de protección 10 sirve de alojamiento a un circuito electrónico de control descrito ulteriormente. Es de preferencia de metal inoxidable, perfectamente estanco a las intemperies, con eventualmente un tratamiento superficial tal como un niquelado, y constituye una excelente protección, del tipo caja de Faraday, para los componentes electrónicos del circuito electrónico de control del pararrayos. El carenado de protección 10 puede igualmente ser de materia plástica o de material compuesto.

El pararrayos 1 está equipado con medios de cebado que comprenden, en este ejemplo particular, cuatro electrodos de chisporroteo superiores 13, que van fijados al carenado 10 del pararrayos, y que están dispuestos alrededor y cerca de la punta 11a del electrodo colector 11.

En la variante particular de la figura 1, el pararrayos comprende igualmente cuatro electrodos inferiores 14 que hacen las veces de tomas de potencial. Estos cuatro electrodos inferiores 14 están fijados sobre el carenado 10 del pararrayos. De forma conocida en sí, estos electrodos inferiores 14 tienen por una parte por función permitir una autoalimentación del circuito electrónico de control del dispositivo de protección, a partir del campo eléctrico ambiente, y hacen por otra parte las veces de electrodos de medición del campo eléctrico ambiente.

En otra variante de realización, el pararrayos puede comprender uno o varios electrodos que tienen únicamente por función permitir una autoalimentación eléctrica del dispositivo de protección, a partir del campo eléctrico ambiente, y uno o varios electrodos diferentes dedicados a la medición del campo eléctrico ambiente para la detección del o de los umbrales críticos descritos ulteriormente.

Los electrodos de neutralización 2 están igualmente fijados sobre el carenado 10, posicionándose cerca de la punta 11a del electrodo colector 11.

En el ejemplo particular ilustrado, cada electrodo 2 termina en su extremo libre por una esfera 20 metálica de relativamente pequeño diámetro (por ejemplo del orden de 10 mm) posicionada cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11. La forma esférica de los electrodos de neutralización 2 no es limitativa de la invención. De forma no limitativa y no exhaustiva, la invención puede por ejemplo ser realizada por medio de un electrodo de neutralización rodeando el electrodo colector 11, tal como por ejemplo un electrodo de neutralización en forma de

cilindro o terminándose por un núcleo o un anillo (figura 2), y rodeando el extremo libre del electrodo colector 11.

Un primer ejemplo sinóptico del circuito electrónico de control del dispositivo de protección se describirá ahora haciendo referencia a la figura 3.

En esta primera variante, el circuito electrónico de control 3 del dispositivo de protección comprende:

- 5 - un módulo de alimentación eléctrica 30, autoalimentado por el campo eléctrico ambiente a partir de las tomas de potenciales en este campo por medio de los electrodos 14 anteriormente mencionados;
- un módulo electrónico de control 31;
- un módulo electrónico de neutralización 32;
- un módulo electrónico de ionización 33;
- 10 El módulo electrónico de control 31 comprende:
 - un módulo electrónico 310, que permite, a partir de las señales S proporcionadas por los electrodos 14 anteriormente mencionados, medir la variación dE/dt del campo eléctrico ambiente, y generar una primera señal de control S1 en función de esta variación dE/dt del campo eléctrico ambiente y de un umbral crítico $Sc1$ predefinido y de preferencia parametrizable,
 - 15 - un módulo electrónico 311 que permite, a partir de la primera señal de control S1, generar una segunda señal de control S2, que es desfasada temporalmente, con relación a la primera señal de control S1, por un retardo R predefinido, y de preferencia parametrizable.

El módulo electrónico de neutralización 32 es controlado por la primera señal de control S1. El módulo electrónico de ionización 33 es controlado por la segunda señal de control S2.

20 En funcionamiento, cuando una nube de tormenta se intensifica, el campo eléctrico aumenta, y se crea en el electrodo colector 11 una corriente de descarga, llamada corriente corona o corriente de efluvios, que durante una fase inicial es sustancialmente continua, y que en una segunda fase es una corriente impulsada cuyos picos de intensidad sucesivos aumenta a medida que el campo eléctrico ambiente aumenta (aproximación de un trazador descendente). La frecuencia de estos picos de corriente aumenta igualmente.

25 Esta corriente corona provoca la formación y el desarrollo, en el aire y cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, de una carga espacial, en forma de un colchón de cargas cuya polaridad es opuesta a la del campo eléctrico ambiente. En otras palabras, la carga espacial que se desarrolla en el aire en el extremo del electrodo colector 11 está formada por cargas eléctricas de polaridad opuesta a la de la base de la nube de tormenta en el origen del campo eléctrico ambiente. Así, cuando la polaridad de la base de la nube de tormenta en el origen del campo eléctrico ambiente es positiva, la carga espacial está formada por cargas eléctricas negativas, y a la inversa cuando la polaridad de la base de la nube de tormenta en el origen del campo eléctrico ambiente es negativa, la carga espacial está formada por cargas eléctricas positivas. Esta carga espacial aumenta con el tiempo (aumento en el tiempo del espesor del colchón de cargas eléctricas que constituyen la carga espacial). Esta carga espacial reduce localmente el campo eléctrico cerca del extremo libre del electrodo colector, y por este motivo oculta parcialmente este extremo libre 11a del electrodo colector 11 al trazador descendente, y recíprocamente, por efecto de blindaje electrostático.

35 Cuando la variación de campo eléctrico (dE/dt) detectada por el módulo electrónico 310 se vuelve superior al umbral crítico $Sc1$, el módulo electrónico 310 controla en un primer tiempo el circuito de neutralización por medio de la señal de control S1, de tal forma que el módulo electrónico de neutralización 32 aplique temporalmente, sobre los electrodos de neutralización 2 una tensión de neutralización. Más particularmente, a partir de las señales de detección S proporcionadas por los electrodos 14, el módulo electrónico 310 detecta automáticamente, y de forma conocida en sí, la polaridad del campo eléctrico ambiente medido por los electrodos 14, y aplica temporalmente, sobre los electrodos de neutralización 2, una tensión de neutralización cuya polaridad es idéntica a la del campo eléctrico ambiente medido por los electrodos 14. En otras palabras, esta tensión de neutralización es negativa cuando la polaridad de la base de la nube de tormenta en el origen del campo eléctrico ambiente es negativa (estadísticamente más del 90% de los casos), o es positiva cuando la polaridad de la base de la nube de tormenta es positiva.

40 La aplicación de esta tensión de neutralización tiene por efecto neutralizar al menos parcialmente, y de preferencia en su totalidad, la carga espacial que se forma en el aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11 y que es de polaridad opuesta a esta tensión de neutralización. Se reduce así la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, y se disminuye así el efecto de ocultamiento anteriormente mencionado, y de preferencia cuando la carga espacial está totalmente neutralizada, se suprime este efecto de ocultamiento.

45 Más particularmente, esta tensión de neutralización se aplica en forma de un impulso de tensión predefinido de corta duración. Este impulso de tensión tiene, en valor absoluto, un valor máximo inferior al valor de tensión que permite la creación de un arco eléctrico entre un electrodo de neutralización 20 y el extremo libre 11a del electrodo colector 11.

En una segunda fase, debido al retardo R anteriormente mencionado, el módulo electrónico 311 controla el circuito de ionización 33 por medio de la segunda señal de control S2 retardada, de tal forma que el módulo electrónico de ionización 33 aplique temporalmente, sobre los electrodos de chisporroteo 13, una tensión de ionización que sea suficiente para que las descargas eléctricas de alta tensión se establezcan entre estos electrodos de chisporroteo 13 y el extremo libre 11a del electrodo colector 11. Estas descargas eléctricas de alta tensión provocan una ionización complementaria del aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, lo cual favorece y permite la formación de un trazador ascendente.

Esta sincronización (que resulta del retardo R) entre una primera fase de neutralización de las cargas espaciales cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11 seguida inmediatamente de una segunda fase de ionización del aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, permite garantizar que el cebado de un trazador ascendente se desencadene cuando la carga espacial en el aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11 ha sido al menos reducida (cuando una parte de las cargas eléctricas de la carga espacial ha sido neutralizada por la tensión de neutralización), y en el caso óptimo ha sido suprimida (cuando todas las cargas eléctricas de la carga espacial han sido neutralizadas por la tensión de neutralización). Se mejoran así los rendimientos del pararrayos, y particularmente su radio de protección, evitando un retraso perjudicial en el desencadenamiento de un trazador ascendente que estaría relacionado con la presencia de una carga espacial demasiado importante, e igualmente mejorando (véase ensayo comparativo dado a continuación) las medias normales de los tiempos de cebado de un trazador ascendente.

En otra variante, el módulo electrónico 310 puede estar concebido para medir el valor instantáneo (E) del campo eléctrico ambiente, y para generar una primera señal de control S1 en función de este valor instantáneo del campo eléctrico ambiente y de un umbral crítico Sc1 predefinido y de preferencia parametrizable. Es igualmente posible en otra variante combinar en el módulo 310 una medición del valor instantáneo (E) del campo eléctrico ambiente y una medición de la variación (dE/dt) del campo eléctrico ambiente, y generar mediante este módulo 310 una primera señal de control S1 en función de este valor instantáneo (E) y de esta variación dE/dt del campo eléctrico ambiente y de umbrales críticos predefinidos.

En otra variante, para reducir la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, y disminuir así el efecto de ocultamiento anteriormente mencionado, es igualmente posible aplicar una tensión de neutralización cuya polaridad es opuesta a la del campo eléctrico ambiente medido por los electrodos 14, es decir de polaridad idéntica a la polaridad de las cargas que constituyen esta carga espacial. El potencial de esta tensión de neutralización debe ser lo suficientemente importante para reponer electrostáticamente la totalidad o parte de las cargas que constituyen esta carga espacial, o para modificar su distribución espacial, y alejarlas lo suficientemente del extremo libre 11a del electrodo colector 11 con el fin de disminuir el efecto de ocultamiento anteriormente mencionado.

Antes de la utilización de la tensión de neutralización, sea cual fuere la polaridad de esta tensión de neutralización, el electrodo colector 11 es recorrido por una corriente corona, que según el caso puede ser sustancialmente continua y/o por impulsos. Cuando la carga espacial aumenta de forma demasiado importante y produce el efecto de ocultamiento anteriormente indicado, este efecto de ocultamiento se traduce por una disminución de la intensidad de la corriente corona. En algunos casos, esta disminución de intensidad puede incluso llegar a una interrupción de la corriente corona en el electrodo colector 11. Cuando la tensión de neutralización, sea cual fuere la polaridad, se aplica, la reducción de la carga espacial en la cima del extremo libre del electrodo colector 11, y por este motivo la disminución del efecto de ocultamiento, se traducen por un aumento de la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector 11. La medición de la evolución de la corriente corona permite por consiguiente caracterizar la reducción de la carga espacial en la cima del extremo libre del electrodo colector 11, y por este motivo caracterizar la disminución del efecto de ocultamiento. Existen varios medios para medir la imagen de la corriente corona que circula por el electrodo colector 11:

- Un amperímetro con una sensibilidad suficiente, con un tiempo de respuesta muy rápido y un pasabanda muy amplio,
- Una sonda llamada de «Rogowski»,
- Un integrador de corriente de muestreo rápido.

Esta lista no es sin embargo exhaustiva.

Estas mediciones eléctricas pueden completarse mediante mediciones ópticas en la cima del electrodo colector 11 por medio:

- de fotodiodo(s), conectado(s) o no con fibras ópticas mirando hacia la cima del electrodo colector 11,
- de un fotomultiplicador disponiendo de una larga focal o conectado con una fibra óptica mirando hacia la cima del electrodo colector 11.

La detección de una radiación luminosa en la cima del electrodo colector 11 traduce la actividad iónica de la carga espacial, y por consiguiente el efecto corona. El espectro de esta radiación luminosa es más bien tirando al

ultravioleta.

Ensayo comparativo

Avance en el cebado

5 El avance en el cebado es un parámetro que mide la capacidad para un pararrayos con dispositivo de cebado (PDA), de emitir en las mismas condiciones de tormenta un trazador ascendente adelantado con relación a un pararrayos de referencia, en este caso con un pararrayos de punta simple (PTS) inerte sin dispositivo de cebado.

Mediciones anticipadas de cebado comparativas fueron realizadas para:

- un PDA de la invención: dispositivo de protección contra el rayo descrito anteriormente con utilización de la neutralización de la carga espacial, inmediatamente seguida de una ionización, y
- 10 - un PDA clásico: este mismo dispositivo de protección, pero sin utilización de la neutralización de la carga espacial, y con únicamente una ionización.

15 El rayo es un fenómeno complejo de carácter aleatorio en varios de sus parámetros como por ejemplo: -la altitud de la base de la nube, -la prominencia o no del lugar, -la amplitud del campo eléctrico de tormenta, - la carga eléctrica del trazador descendente, - el viento, - la composición y la densidad del aire,...Así, dos rayos consecutivos nunca son idénticos. Este carácter de predominancia aleatoria está también presente en el laboratorio de ensayos no obstante el relativo dominio del entorno de ensayo. Es por eso que la norma PDA (NFC 17-102:2011 Anexo C) exige al menos 50 impactos de rayo simulados (llamados «claquages» (descargas eléctricas) o «tirs» (tiros) consecutivos en las mismas condiciones medio ambientales.

20 Un pararrayos con punta simple (PTS) ha sido también sometido a ensayo para servir de referencia temporal, experimentando 50 tiros. El esquema de ensayo se facilita en la figura 4.

25 El pararrayos bajo ensayo se colocó bajo una plataforma P metálica circular que simula la base de la nube. Esta plataforma P se sometió a un potencial eléctrico continuo muy grande que crea entre la plataforma y el suelo un campo de tormenta simulado de carácter continuo (entre -20kV/m y -25kV/m). Para simular la llegada del trazador descendente, se aplicó un impulso de tensión muy elevada sobre la plataforma con la ayuda de un generador de Marx. Entre la plataforma y el suelo, el campo eléctrico aumentó por consiguiente muy rápidamente a semejanza del trazador descendente en la naturaleza.

Durante la aplicación del impulso THT sobre la plataforma, se produjo un arco eléctrico entre el pararrayos y esta plataforma por encima. Este tiempo se llama *tiempo de cebado* T_B .

30 La magnitud medida durante estos tiros es el tiempo de cebado « T_B ». Es el tiempo definido entre el tiempo «0» del envío del impulso de alta tensión que simula la llegada del trazador descendente, y el tiempo en que tiene lugar la descarga eléctrica (arco eléctrico) sobre el electrodo colector del pararrayos.

Un primer ensayo de 50 tiros sobre un pararrayos de punta simple (PTS) fue realizado.

La media aritmética de referencia ($T_{B_MOY(PTS)}$) de los tiempos de cebado T_{B_PTS} fue calculada.

35 El ensayo se realizó seguidamente (50 tiros) sobre el PDA clásico anteriormente mencionado (con únicamente una ionización) y sobre el PDA de la invención anteriormente mencionado (neutralización seguida de ionización) para proporcionar una media $T_{B_MOY(PDA)}$ de los tiempos de cebado T_{B_PDA} .

La ganancia temporal ΔT del PDA (clásico o conforme a la invención) define el avance en el cebado y es la diferencia de las dos medias de los tiempos de cebado de sus dos pararrayos dada por la fórmula siguiente:

$$\Delta T = T_{B_MOY(PTS)} - T_{B_MOY(PDA)} \quad (\text{EC. 1})$$

40 Media normal

Este avance en el cebado ΔT está limitado normativamente a 60µs. Los rendimientos en radio de protección ofrecidos por un PDA están por consiguiente sujetos por la norma y resulta por consiguiente inútil desear aumentar esta ganancia ΔT más allá.

45 La mejora objetiva del rendimiento no puede por consiguiente ya pasar por un aumento de ΔT una vez que éste alcanza su valor máximo normativo.

La norma PDA NFC 17102:2011 impone igualmente un rendimiento mínimo en la media normal del PDA. En efecto, la media normal del PDA debe ser mejor que la de un pararrayos con punta simple (PTS), descartándose cualquier

consideración a propósito del valor de ΔT . La condición es la siguiente: $\sigma_{PDA} < 0,8 \times \sigma_{PTS}$.

Se ha visto anteriormente que cada cebado plataforma/punta no llega al mismo tiempo, lo cual induce una dispersión (y por consiguiente a una media normal) de los valores de tiempos de cebado T_B medidos.

5 En la figura 5 se ha representado, un ejemplo de nube de puntos de los tiempos de cebado T_B medidos consecutivamente para un mismo pararrayos durante un mismo ensayo de laboratorio.

10 Para una misma media de los tiempos de cebado T_B dada (y por consiguiente un mismo ΔT), un pararrayos proporciona más rendimiento que otro si su media normal de los tiempos de cebado T_B es más baja. Dicho de otro modo, en referencia a la figura 6, para un mismo ΔT , un PDA X con una baja media normal σ (pequeña dispersión de los tiempos de cebado T_B) proporcionará más rendimiento que un PDA Y que tiene una media normal mayor (por consiguiente una amplia dispersión de los momentos de cebado T_B).

Se realizaron ensayos en laboratorio para caracterizar el avance en el cebado ΔT y la media normal de los tiempos de cebado T_B del PDA clásico anteriormente mencionado (únicamente con ionización) y del PDA de la invención anteriormente mencionado (con una neutralización de la carga espacial seguida de una ionización).

15 Para estos ensayos, la configuración utilizada (Figura 4), fue conforme a la norma. La plataforma P fue sometida a un potencial eléctrico muy grande normativamente previsto para simular un campo eléctrico de tormenta comprendido entre -20 kV/m y -25 kV/m. El impulso de tensión muy elevada sobre la plataforma P, para simular la llegada de un trazador descendente, fue un impulso THT inferior a 1,6MV, con un tiempo de subida comprendido entre 100 μ s y 1000 μ s con una forma de tipo 250/2500. El retardo R estaba comprendido entre unos nanosegundos y unas decenas de microsegundos. La tensión de neutralización aplicada a los electrodos de neutralización 2 fue un impulso de alta tensión (HT) con una amplitud máxima dada con el fin de evitar cualquier arco eléctrico entre el electrodo colector 11 y los electrodos de neutralización 2. Las tensiones de ionización aplicadas a los electrodos de chisporroteo 13 fueron idénticas para los dos dispositivos sometidos a ensayo. Para el PDA clásico (sin neutralización), las tensiones de ionización fueron aplicadas sin retardo R, siendo el módulo electrónico de ionización 33 controlado por la primera señal de control S1 (y no por una segunda señal de control retardada S2).

25 Estos ensayos mostraron que el avance en el cebado ΔT del PDA clásico (únicamente con ionización) era sustancialmente idéntico al avance en el cebado ΔT del PDA de la invención, pero por el contrario que la media normal de los tiempos de cebado T_B del PDA de la invención fuese claramente más baja (dispersión rebajada al 25%) que la media normal de los tiempos de cebado T_B del PDA clásico. El dispositivo de protección de la invención proporciona por consiguiente claramente más rendimiento.

30 Otras variantes de las figuras 7 a 12

La invención no se limita al ejemplo de sinóptica del circuito electrónico de control 3 de la figura 3. A título de ejemplos no limitativos y no exhaustivos de la invención, se ha representado respectivamente en las figuras 7 a 12 otros ejemplos de circuito electrónico de control que serán ahora sucintamente descritos.

Figura 7

35 En la variante de la figura 7, el circuito electrónico de control comprende un segundo módulo de detección de umbral 312, que sustituye al módulo de retardo 311 de la variante de la figura 3, y que genera la segunda señal de control S2 para el control del módulo de ionización 33, cuando la variación del campo eléctrico (dE/dt) se vuelve superior a un segundo umbral crítico Sc2, que es superior al primer umbral crítico Sc1 del módulo de detección 310.

40 En funcionamiento, la variación (dE/dt) de campo eléctrico ambiente aumenta a medida que el trazador descendente se aproxima. Por consiguiente, el umbral crítico Sc2 al ser superior al primer umbral crítico Sc1, el desencadenamiento del módulo de neutralización 32 interviene en una primera fase, y el desencadenamiento del módulo de ionización 33 interviene seguidamente en una segunda fase de forma comparable al funcionamiento de la variante de la figura 3.

Figuras 8 y 9

45 En las variantes de las figuras 8 y 9, el circuito electrónico de control 3 comprende, comparativamente respecto a las variantes de las figuras 3 y 7, un captador 15 que permite detectar la presencia de una carga espacial en la proximidad del extremo libre 11a del electrodo colector 11, y un módulo electrónico de detección 313 suplementario, que proporciona una señal de autorización S3 en función de la señal de medición proporcionada por el captador 15. Esta señal de autorización S3 permite autorizar o no el control del módulo de neutralización 32 por la primera señal de control S1.

El captador 15 es por ejemplo un captador que mide la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector 11, tal como por ejemplo un núcleo de Rogowski o de Pearson. El captador 15 puede igualmente ser un

electrodo que mide el campo eléctrico ambiente en la proximidad del pararrayos.

5 Cuando el captador 15 detecta la presencia de una carga espacial demasiado importante, el módulo electrónico de detección 313 autoriza, a la señal media de la señal de autorización S3, el desencadenamiento del módulo de neutralización 32 por la primera señal de control S1. El dispositivo de protección contra el rayo funciona entonces tal como se ha descrito anteriormente con una primera fase de neutralización de las cargas espaciales seguida inmediatamente de una segunda fase de ionización.

10 A la inversa, mientras el captador 15 no detecte la presencia de una carga espacial o detecte una carga espacial demasiado pequeña, el módulo electrónico de detección 313 impide, a la señal media de la señal de autorización S3, el control del módulo de neutralización 32 por la primera señal de control S1. El dispositivo de protección contra el rayo funciona así de la misma manera que un PDA clásico utilizando únicamente una ionización para el desencadenamiento de un trazador ascendente.

Figuras 10 y 11

15 Las variantes de las figuras 10 y 11 se diferencian respectivamente de las variantes de las figuras 8 y 9, por la utilización de al menos uno de los electrodos 14 de toma de potencial para detectar la presencia de una carga espacial cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11.

Figura 12

20 El dispositivo de la figura 12 se diferencia del dispositivo de la figura 7 por la utilización de un electrodo 14' expreso para la detección de la variación de campos dE/dt y para el control del módulo electrónico de neutralización 32 por medio de la señal de control S1, en función del umbral crítico SC1. Este electrodo 14' puede ser idéntico al electrodo 14 o puede presentar una geometría y/o unas dimensiones diferentes a las del electrodo 14.

Las variantes de las figuras 9 y 11 pueden igualmente ser modificadas de la misma forma, es decir añadiendo un electrodo 14' expreso para la detección de la variación de campos dE/dt y para el control del módulo electrónico 32 por medio de la señal de control S1, en función del umbral crítico SC1.

25 Igualmente, en todas las variantes de las figuras 3 y 7 a 12, el electrodo 14 puede ser expreso únicamente para la detección del campo eléctrico (E), y particularmente para la detección de la variación (dE/dt) del campo eléctrico, pudiendo uno o varios otros electrodos de toma de potencial ser utilizados únicamente para la auto-alimentación eléctrica del dispositivo.

30 La invención no se limita a las variantes particulares de realización que han sido descritas con referencia a las figuras adjuntas. De forma no exhaustiva y no limitativa de la invención, las modificaciones siguientes pueden por ejemplo ser aportadas a estas variantes. El dispositivo de protección contra el rayo no es necesariamente autoalimentado eléctricamente a partir del campo eléctrico ambiente, sino que es posible prever una alimentación eléctrica autónoma, por ejemplo de tipo batería eléctrica, fuente de energía renovable, de tipo paneles fotovoltaicos o eólicos.

35 De un modo general, los electrodos de chisporroteo 13 pueden ser sustituidos por cualquier medio o dispositivo de cebado que pueda ser controlado y que permita favorecer el desencadenamiento de un trazador ascendente (por ejemplo radiación electromagnética). Más particularmente, los electrodos de chisporroteo 13 pueden ser sustituidos por cualquier medio o dispositivo de ionización que permita una ionización del aire ambiente cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11, con el fin de favorecer el desencadenamiento de un trazador ascendente.

40 Los electrodos 2 del dispositivo pueden ser sustituidos por cualquier medio equivalente que permita una neutralización de la totalidad o parte de la carga espacial cerca del extremo libre 11a del electrodo colector 11. La invención no se limita a la utilización de electrodos de neutralización que terminan en esferas, sino que puede igualmente utilizar por medio de un electrodo de neutralización que rodee el electrodo colector 11, tal como por ejemplo un electrodo de neutralización 2 que acabe por un núcleo o un anillo, y que rodee el electrodo colector 11 cerca o a nivel de su extremo libre, tal como se ha ilustrado en la variante de la figura 2, o por ejemplo un electrodo de neutralización en forma de cilindro que rodee el electrodo colector 11 cerca o a nivel de su extremo libre. Sea cual fuere el tipo de electrodos de neutralización, se cuidará de que el o los electrodos de neutralización presenten una forma y un posicionamiento con relación al electrodo colector, que eviten los riesgos de formación de arcos eléctricos entre los electrodos colector 11 y el o los electrodos de neutralización, y que eviten la creación de un efecto corona en el o los electrodos de neutralización.

50 En otra variante, es posible igualmente utilizar el electrodo colector como electrodo de neutralización. En este caso la tensión de neutralización se aplica sobre el electrodo colector 11.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de protección contra el rayo que incluye un pararrayos (1), que comprende un electrodo colector (11) con al menos un extremo libre (11a), configurado para captar una corriente del rayo y para descargarla en la tierra, y medios de cebado (13; 33) que permiten favorecer la formación de un trazador ascendente en la proximidad del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), caracterizado por que comprende además de los medios de neutralización (2; 32), que permiten reducir la carga espacial que se ha formado en la proximidad del extremo libre (11a) del electrodo colector (11) antes de la emisión de un trazador ascendente, medios electrónicos de control (3) que permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización (2; 32), y en una segunda fase los indicados medios de cebado (13; 33) del pararrayos.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el cual los medios de neutralización comprenden al menos un electrodo de neutralización (2) que está posicionado cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), y/o en el cual los medios de neutralización permiten aplicar temporalmente sobre el electrodo colector (11), o llegado el caso, sobre cada electrodo de neutralización (2), una tensión de neutralización de polaridad idéntica u opuesta a la polaridad del campo eléctrico ambiente, de preferencia un impulso de tensión.
3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios de cebado (13; 33) permiten la ionización del aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), de preferencia permiten la ionización mediante descargas de alta tensión del aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), comprendiendo los medios de cebado de preferencia al menos un electrodo de chisporroteo (13) posicionado cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), y más preferentemente aún que permiten aplicar temporalmente sobre cada electrodo de chisporroteo (13) una tensión de ionización.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (14) de detección del campo eléctrico ambiente en la proximidad del pararrayos, y los medios de control (3) están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios de neutralización (2; 32), y los indicados medios de cebado (13; 33) en función del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección (14), de preferencia en función del valor (E) del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección (14) y/o de la variación (dE/dt) del campo eléctrico ambiente detectado por los medios de detección (14).
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios electrónicos de control (3) están concebidos para controlar automáticamente los indicados medios de neutralización (2; 32), por medio de una primera señal de control (S1) y para controlar automáticamente los indicados medios de cebado (13; 33) por medio de una segunda señal de control (S2), que es retardada con relación a la primera señal de control (S1) por un tiempo (R) predefinido y de preferencia parametrizable, y/o de preferencia inferior a 1 ms.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (15) de detección de una carga espacial cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11).
7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el cual los medios de detección de una carga espacial cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11) comprenden un captador (15) que detecta la corriente corona que pasa por el electrodo colector (11) o un captador que mide el campo eléctrico ambiente.
8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en el cual los medios electrónicos de control (3) comprenden medios de autorización (313) que permiten o no el control de los medios de neutralización (2) por los medios electrónicos de control (3), a partir de una detección de una carga espacial cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11).
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la tensión de neutralización permite aumentar la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector (11).
10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios electrónicos de control (3) permiten controlar automática y secuencialmente en una primera fase los indicados medios de neutralización (2; 32), y en una segunda fase los indicados medios de cebado (13; 33) del pararrayos, de tal forma que la media normal de los tiempos de cebado (T_B) del dispositivo sea inferior a la media normal de los tiempos de cebado (T_B) del dispositivo sin utilización de los medios de neutralización.
11. Procedimiento de protección contra el rayo por medio de un dispositivo que comprende un pararrayos (1), que comprende un electrodo colector (11) con al menos un extremo libre (11a) configurado para captar una corriente de rayo y para descargarla en la tierra, caracterizado por que, en el acercamiento de un trazador descendente, en una primera fase de neutralización, se aplica temporalmente, sobre el electrodo colector (11) o sobre al menos un electrodo de neutralización (2) posicionado en la proximidad del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), una tensión de neutralización, y en una segunda fase de cebado de un trazador ascendente puesto en práctica después de la primera fase de neutralización, y de preferencia inmediatamente después de la primera fase de neutralización, se provoca una ionización del aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11).

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el cual la polaridad de la tensión de neutralización es opuesta o idéntica a la polaridad de la carga espacial que se forma en el aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), y/o en el cual la tensión de neutralización se aplica en forma de un impulso de tensión.
- 5 13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, en el cual la ionización del aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11) que es provocada en el transcurso de la segunda fase de cebado se realiza por medio de descargas de alta tensión, de preferencia en el transcurso de la segunda fase de cebado aplicando temporalmente una tensión de ionización sobre al menos un electrodo de chisporroteo (13) posicionado cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11).
- 10 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el cual se detecta el campo eléctrico ambiente en la proximidad del pararrayos, y se desencadena la primera fase de neutralización en función de esta detección del campo eléctrico ambiente.
- 15 15. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el cual la tensión de neutralización permite reducir la carga espacial que se ha formado en el aire cerca del extremo libre (11a) del electrodo colector (11), y/o permite aumentar la intensidad de la corriente corona que pasa por el electrodo colector (11).
- 20 16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el cual la puesta en práctica sucesivamente de la indicada primera fase de neutralización y de la indicada segunda fase de cebado permite disminuir la media normal de los tiempos de cebado (T_B) en comparación con un procedimiento que utilice únicamente la indicada segunda fase de cebado.

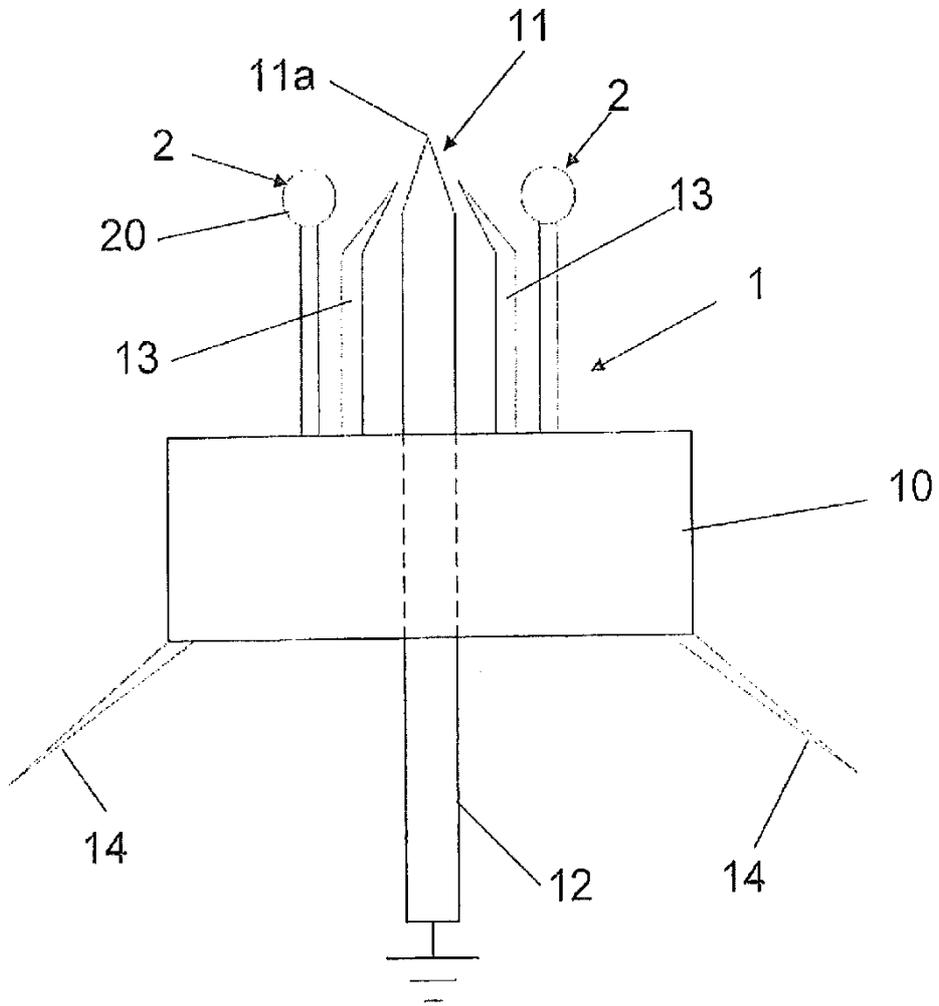


FIG.1

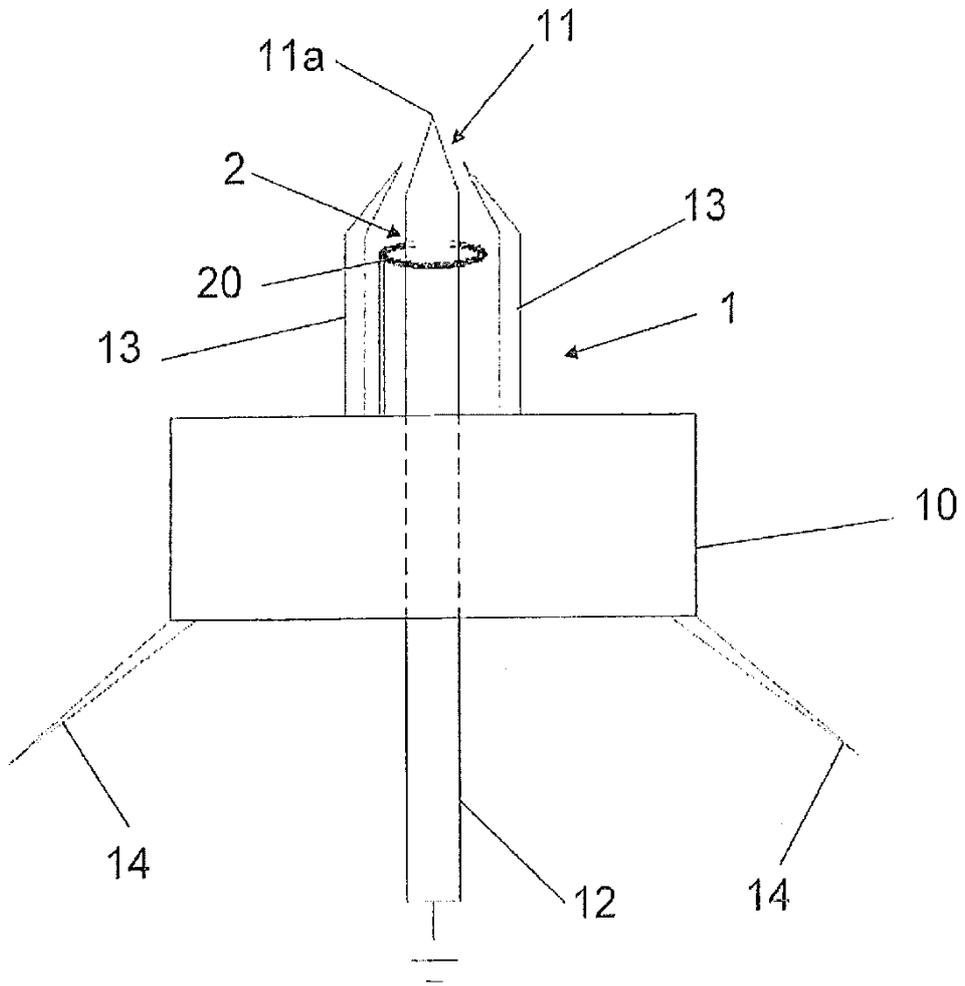


FIG.2

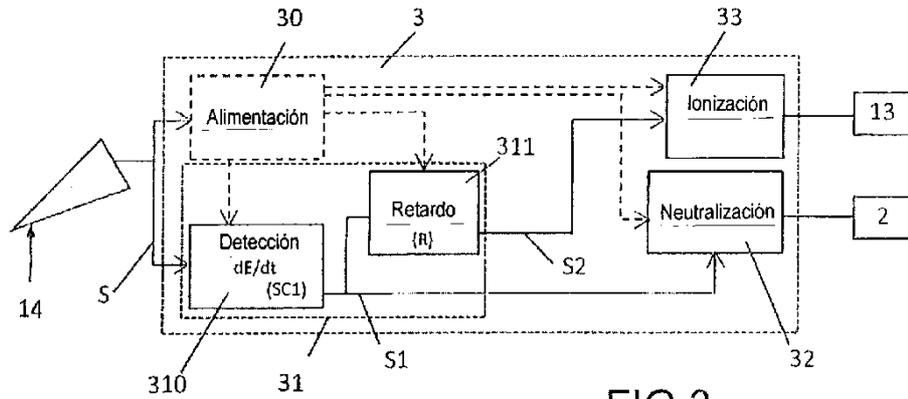


FIG.3

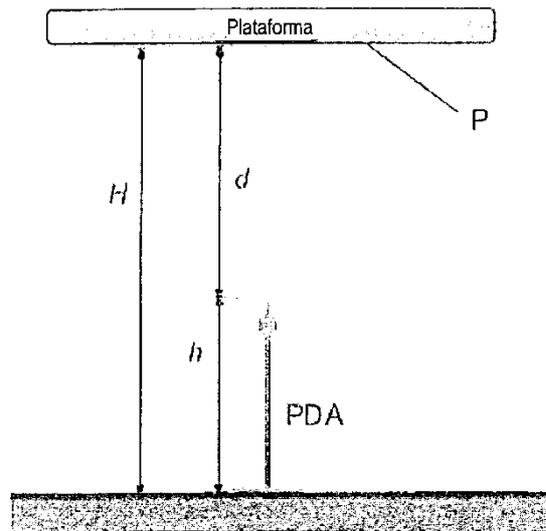


FIG.4

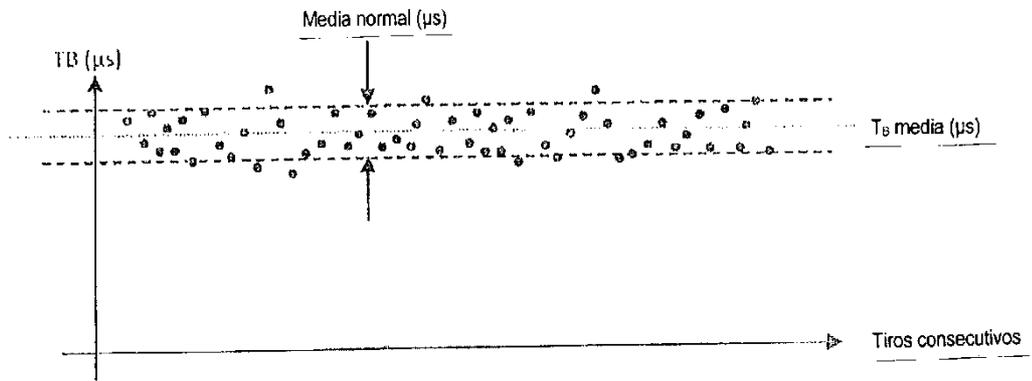


FIG.5

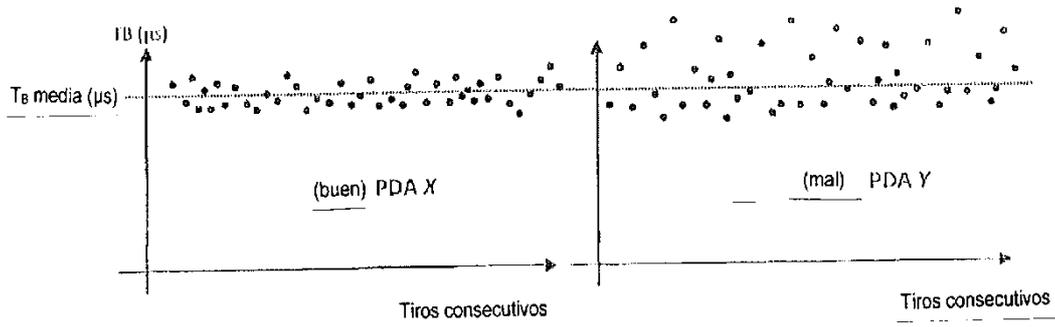


FIG.6

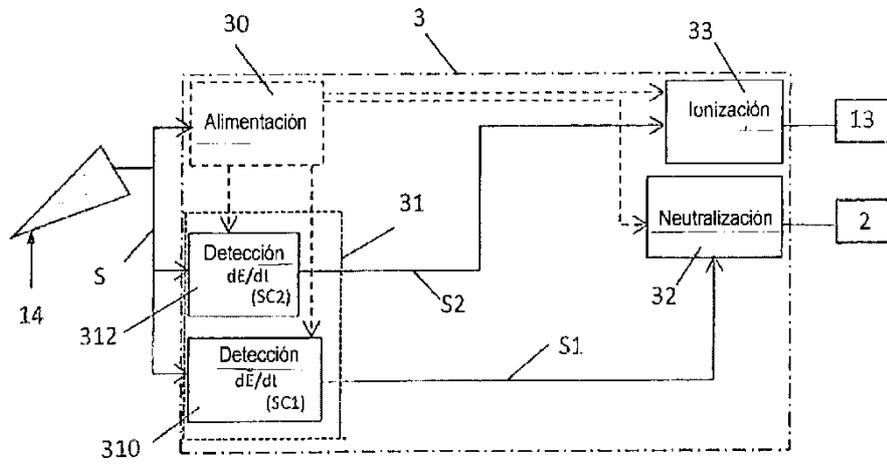


FIG.7

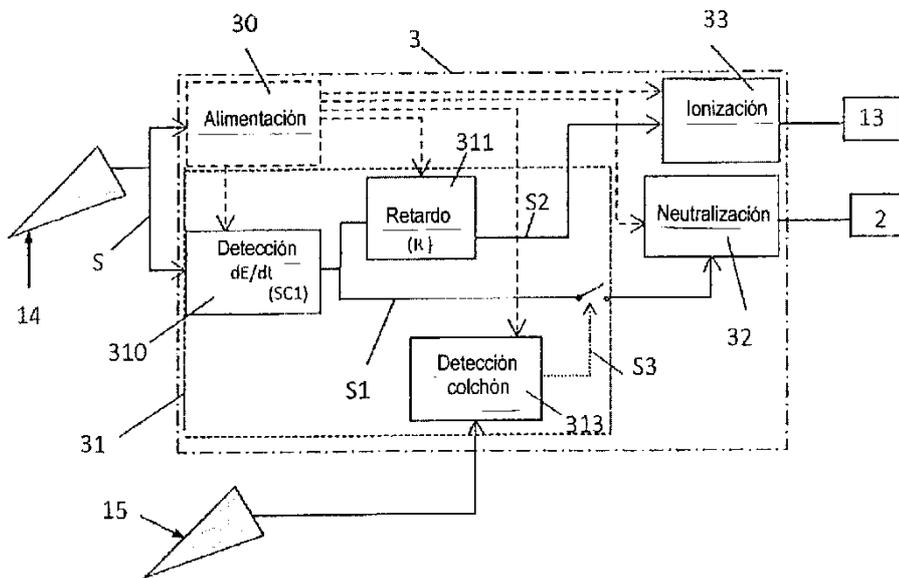


FIG.8

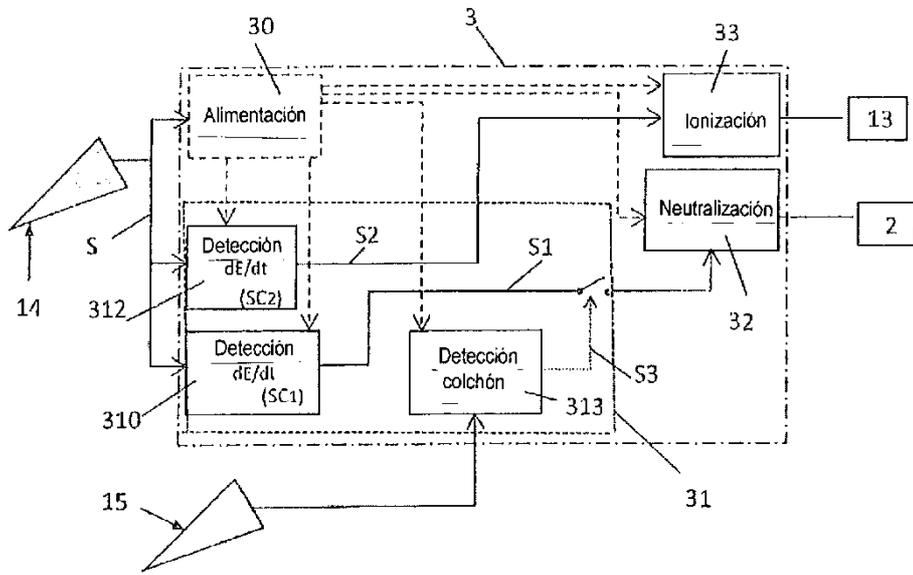


FIG.9

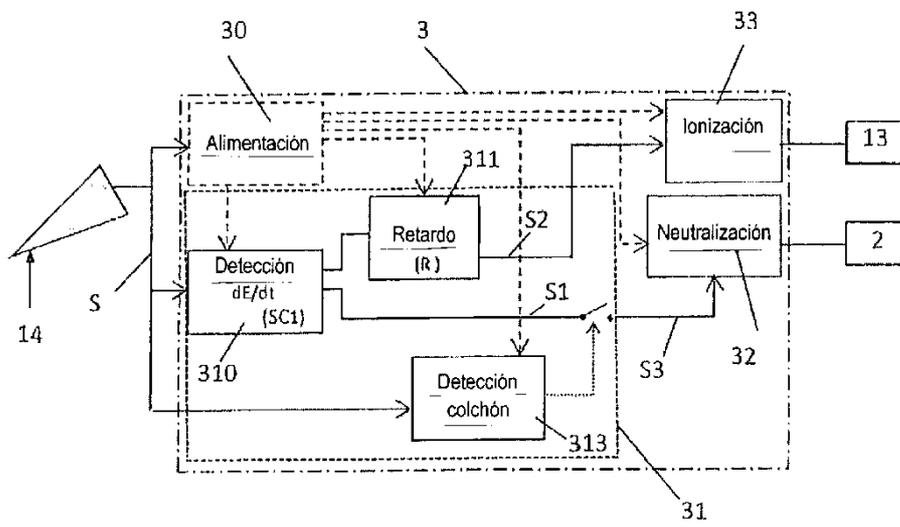


FIG.10

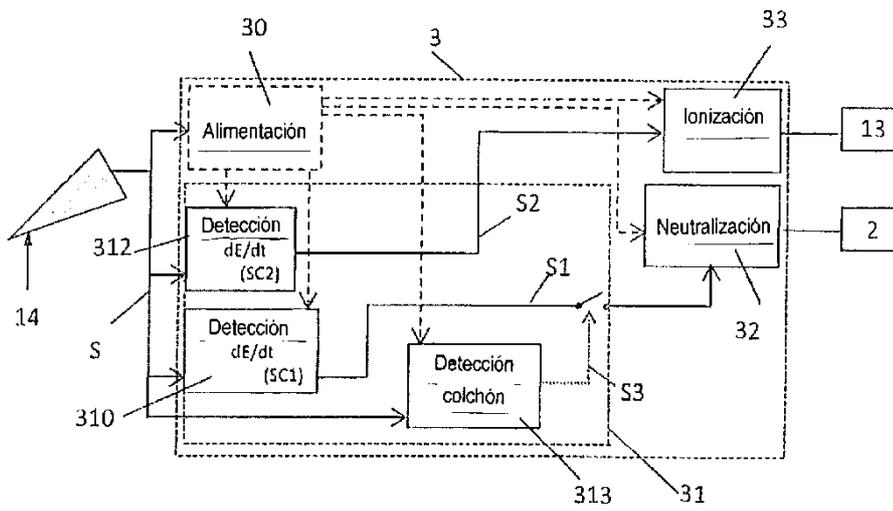


FIG.11

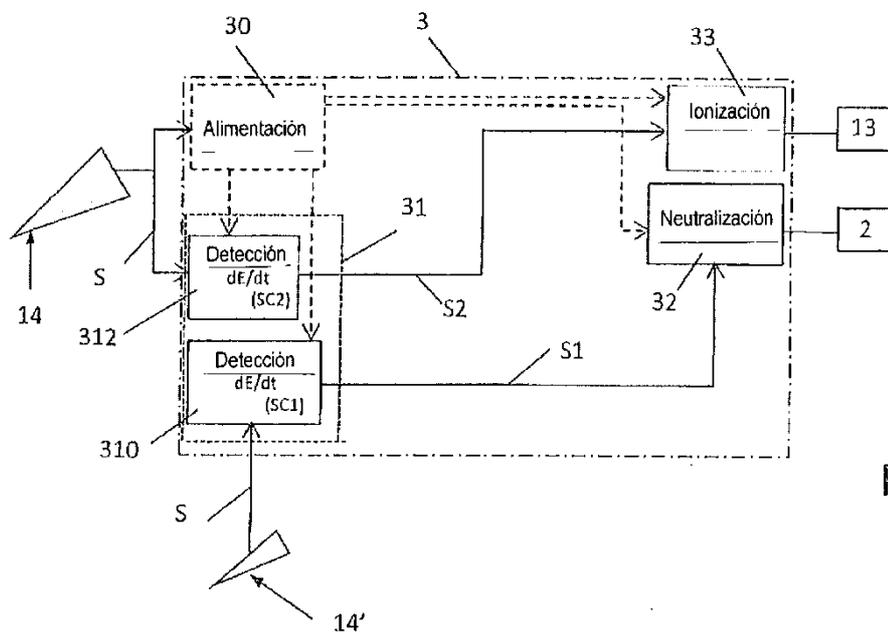


FIG.12