

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 344**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/12** (2006.01)

**H01L 31/042** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2009 E 09793551 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2014 EP 2368128**

54 Título: **Procedimiento de detección de arco eléctrico en una instalación fotovoltaica**

30 Prioridad:

**22.12.2008 FR 0807432**

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

**02.06.2014**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CHARENTREUIL, NICOLAS;  
PERICHON, PIERRE y  
VALLET, SANDRINE**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 464 344 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de detección de arco eléctrico en una instalación fotovoltaica

- 5 La invención se refiere a un procedimiento de detección de un arco eléctrico en un sistema fotovoltaico así como a un procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un sistema fotovoltaico. Se refiere también a un módulo fotovoltaico y a un dispositivo fotovoltaico equipados con un dispositivo de seguridad en contra de la aparición de arcos eléctricos.
- 10 Las instalaciones fotovoltaicas funcionan a tensión continua y corriente continua importantes, lo que engendra riesgos de aparición de arcos eléctricos. Dichos arcos eléctricos pueden aparecer a consecuencia de un error de manipulación, por ejemplo si un operador abre por un error desafortunado un conector en carga, o a consecuencia de la degradación de las conexiones de la instalación. Estos arcos eléctricos generan un intenso calor de plasma durante un tiempo importante ya que bajo tensión continua, el valor de la tensión no es nunca nulo, al contrario que
- 15 en un sistema alterno, y por este motivo son muy peligrosos para las personas y las instalaciones. Además, la integración de los módulos fotovoltaicos en la cubierta de los edificios corre el riesgo de provocar el incendio de las estructuras en caso de arco eléctrico.
- Las instalaciones fotovoltaicas pueden estar conectadas a la red eléctrica por medio de un ondulator. En dicha configuración, existen sistemas de seguridad que permiten detectar un posible arco eléctrico que se produce en la unión eléctrica entre un campo de módulos fotovoltaicos y el ondulator. El documento IP-01/63.809 desvela dicho sistema. Sin embargo, estos sistemas son insuficientes ya que dicho arco eléctrico es susceptible de producirse en un módulo fotovoltaico en sí mismo. El documento US 2008/0147335 desvela un sistema de detección de arco eléctrico en un módulo fotovoltaico.
- 20
- 25 A partir del documento FR 2827675 se conoce la posibilidad de detectar un arco eléctrico dentro de un conductor eléctrico rígido mediante la incorporación de un sensor de ultrasonidos colocado en este conductor para medir la onda sonora inducida por el arco eléctrico en este conductor. Esta solución está adaptada a un conductor metálico rígido de un circuito eléctrico particular y convencional. El documento DE 3816047 desvela un dispositivo de detección, por ondas acústicas, de arcos eléctricos en un aparato aislado para los gases o de aislante sólido. Un módulo fotovoltaico comprende una estructura muy particular confinada en materiales protectores de tipo vidrio, en la que las ondas de tipo ultrasonidos no se comportan totalmente como en el caso de un simple conductor de cobre. Además, un módulo fotovoltaico se coloca en general en entornos exteriores agresivos, experimentando todas las dificultades climáticas, viento, lluvia, frío, calor. Por todos estos motivos, las soluciones tradicionales aplicadas a los
- 30 conductores eléctricos de cobre no son aplicables al campo muy específico y alejado de las instalaciones fotovoltaicas.
- 35 Se plantea un problema técnico adicional a consecuencia de un incidente eléctrico de tipo arco eléctrico que se produce en una instalación fotovoltaica, que consiste en optimizar las operaciones de mantenimiento y de reparación que pueden revelarse fácilmente fastidiosas dado el número elevado de módulos equivalentes y dado el hecho de su colocación no siempre fácilmente accesible en dicha instalación.
- 40
- 45 Así, un objeto general de la invención es proponer una solución de detección de un arco eléctrico en una instalación fotovoltaica, con el fin de mejorar la seguridad de dichas instalaciones.
- Más concretamente, la invención pretende conseguir parte o la totalidad de los objetos siguientes:
- 50 Un primer objeto de la invención es proponer una solución que permita detectar un arco eléctrico que se produce en el interior mismo de un módulo fotovoltaico.
- Un segundo objeto de la invención es proponer una solución que permita garantizar la seguridad de una instalación fotovoltaica en la que se produce un arco eléctrico, especialmente interviniendo muy rápidamente en caso de detección de un arco eléctrico.
- 55 Un tercer objeto de la invención es proponer una solución que permita facilitar el mantenimiento y la reparación de una instalación fotovoltaica que ha experimentado un arco eléctrico.
- Para este fin, la invención se basa en un procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico en un dispositivo fotovoltaico, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:
- 60
- colocación de un sensor de ultrasonidos (6; 16) en un módulo fotovoltaico (2; 12) o en un chasis (3; 13) que soporta varios módulos fotovoltaicos (2; 12);
  - medida de al menos un parámetro de una señal recibida por un sensor de ultrasonidos entre la amplitud de la
- 65 señal, la duración de la señal, la frecuencia central de la señal;

- comparación de la medida de este al menos un parámetro de la señal con valores predefinidos para determinar si la medida corresponde a la de un arco eléctrico.

5 La etapa de comparación de la medida del al menos un parámetro con valores predefinidos comprende las verificaciones siguientes que permiten determinar que la señal está generada en realidad por un arco eléctrico:

- verificación de si la amplitud de la señal recibida es superior o igual a 40 dB; y/o

10 - verificación de si la duración de la señal recibida está comprendida entre 15 y 25  $\mu$ s; y/o

- verificación de si la frecuencia central de la señal recibida está comprendida entre 200 y 360 kHz.

15 El procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico puede comprender además la etapa adicional siguiente que permite determinar que la señal está generada en realidad por un arco eléctrico:

- verificación de si la tensión eficaz de la señal registrada aumenta, desde un primer valor comprendido entre 5 y 15 dB<sub>EA</sub>, hacia un segundo valor comprendido entre 15 y 25 dB<sub>EA</sub>.

20 La invención se refiere además a un procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico, caracterizado porque comprende un procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico tal como se describe anteriormente, y además porque comprende una etapa que consiste en abrir el circuito eléctrico del dispositivo fotovoltaico en caso de detección de un arco eléctrico, con el fin de extinguir el arco eléctrico.

25 El procedimiento puede implementar las etapas adicionales siguientes:

- después de la apertura del circuito eléctrico a consecuencia de la detección de un arco eléctrico, nueva puesta en funcionamiento del dispositivo fotovoltaico al menos una vez;

30 - si se produce de nuevo la detección de un arco eléctrico, detención del funcionamiento del dispositivo fotovoltaico y transmisión de información del fallo del dispositivo fotovoltaico.

El procedimiento de gestión puede comprender una etapa adicional de localización del arco eléctrico en el dispositivo fotovoltaico.

35 Esta etapa de localización del arco eléctrico en el dispositivo fotovoltaico puede comprender las subetapas siguientes:

- memorización de los tiempos de recepción de la señal para cada uno de los sensores y clasificación de estos sensores en el orden de recepción;

40 - determinación en función del orden de llegada de la señal en cada sensor de la localización del arco eléctrico.

45 Además, el procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico puede comprender una etapa preliminar de activación del procedimiento de detección de arco eléctrico sólo a partir del momento en que el dispositivo fotovoltaico supera un cierto umbral de producción eléctrica.

50 La invención se refiere además a un módulo fotovoltaico caracterizado porque comprende un sensor de ultrasonidos para la detección de arcos eléctricos y un medio de comunicación de este sensor de ultrasonidos hacia una unidad de tratamiento.

El sensor de ultrasonidos para la detección de arcos eléctricos se encuentra en el marco o en el vidrio del módulo.

55 Finalmente, la invención se refiere además a un dispositivo fotovoltaico que comprende módulos fotovoltaicos montados en uno o varios chasis, caracterizado porque comprende al menos un sensor de ultrasonidos para la detección de arcos eléctricos colocado en un módulo fotovoltaico o en un chasis que soporta varios módulos fotovoltaicos y porque comprende una unidad de tratamiento que implementa el procedimiento de detección de arcos eléctricos descrito anteriormente.

60 El dispositivo fotovoltaico puede comprender al menos un sensor de ultrasonidos para dos módulos fotovoltaicos.

El dispositivo fotovoltaico puede comprender un dispositivo de seguridad cuya función es abrir el circuito eléctrico en caso de detección de arco eléctrico, implementando el dispositivo fotovoltaico el procedimiento de gestión con protección de la seguridad tal como se describe anteriormente.

65 El dispositivo de seguridad puede ser colocado en un borne de salida del campo de módulos fotovoltaicos del dispositivo fotovoltaico o directamente en parte o la totalidad de los módulos fotovoltaicos.

Estos objetos, características y ventajas de la presente invención se expondrán en detalle en la descripción siguiente de una forma de realización particular ofrecida a título no limitativo en relación con las figuras adjuntas en las que:

5 La figura 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo fotovoltaico según una forma de realización de la invención.

La figura 2 representa una onda acústica generada en el dispositivo fotovoltaico por un arco eléctrico.

10 La figura 3 representa una onda acústica generada en el dispositivo fotovoltaico por la dilatación térmica de un módulo fotovoltaico.

La figura 4 ilustra esquemáticamente un dispositivo fotovoltaico según una variante de realización de la invención.

15 La figura 5 recupera el esquema precedente para ilustrar la implementación de una etapa del procedimiento de gestión con protección de la seguridad del dispositivo fotovoltaico según una forma de realización de la invención.

20 La invención se basa en el análisis de la señal de ultrasonidos emitida por un arco eléctrico en el interior del medio confinado representado por un módulo fotovoltaico y un campo de módulos fotovoltaicos, de manera que se detecta y se identifica la firma acústica de un arco eléctrico. El concepto de la invención consiste así en usar uno o varios sensores de ultrasonidos colocados en un módulo fotovoltaico, y después en definir un tratamiento particular de las medidas efectuadas por este o estos sensores para identificar con precisión la existencia o no de un arco eléctrico dentro de una instalación fotovoltaica.

25 La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo fotovoltaico según una forma de realización de la invención. Este dispositivo comprende dos módulos fotovoltaicos 2 montados en un chasis 3, y conectados a la red eléctrica tradicional 5 por medio de un ondulador 4. Según la invención, este dispositivo comprende un sensor de ultrasonidos 6 colocado en un módulo fotovoltaico 2, conectado por un enlace de comunicación 7 a una unidad de tratamiento de la señal 8 apta para analizar los datos transmitidos por el sensor 6. Esta unidad de tratamiento 8 está a su vez conectada por un medio de comunicación 9 a un dispositivo de seguridad 10 cuya función es abrir el circuito eléctrico a solicitud de la unidad de tratamiento 8 en caso de arco eléctrico. Estos diferentes componentes del dispositivo fotovoltaico están alimentados con energía directamente por los módulos fotovoltaicos.

30 Según la forma de realización de la invención, el sensor de ultrasonidos 6 está colocado de manera óptima para captar las ondas acústicas del dispositivo fotovoltaico. Puede encontrarse por ejemplo en el marco o en el vidrio, en la caja de conexiones del módulo. Como variante, puede colocarse también en el chasis 3 que soporta los módulos 2.

35 La unidad de tratamiento 8 tiene como función analizar los datos recibidos por el sensor de ultrasonidos 6 e implementa mediante medios de hardware y/o software, de manera analógica o digital, un procedimiento de detección de arcos eléctricos, que se detallará a continuación. Este procedimiento permite reconocer entre los numerosos datos transmitidos por el sensor, aquellos que corresponden específicamente al ruido emitido por un arco eléctrico, reconociendo la firma acústica particular de dicho arco eléctrico. Según las realizaciones posibles, esta unidad de tratamiento 8 puede comprender varias entradas y salidas, en particular una salida hacia el ondulador 4, y/o hacia otro órgano de gestión del dispositivo fotovoltaico o de gestión de la energía. También puede comprender una unidad de cálculo, como un microcontrolador, y medios de memorización, para almacenar los datos predefinidos que corresponden a un arco eléctrico.

40 A continuación se detallará el procedimiento de detección de arco eléctrico según la invención. En primer lugar, según una etapa preliminar E0, el procedimiento sólo se coloca en modo de funcionamiento, es decir, de escucha de los ultrasonidos, a partir del momento en que el dispositivo fotovoltaico supera un cierto umbral de producción, por ejemplo al menos el 10% de su potencia nominal. Por debajo de este umbral, el riesgo de arco eléctrico no existe y no necesita vigilancia.

45 La etapa esencial de detección de la firma acústica del arco eléctrico consiste en comparar los datos recibidos por el sensor 6 con la firma acústica registrada de un arco eléctrico, representada en la figura 2. Según la invención, la onda que corresponde a esta firma acústica se caracteriza por algunos parámetros particulares, pudiendo tomar estos parámetros valores situados en intervalos predefinidos. Estos parámetros son:

50 - la amplitud de la señal, que es superior o igual a 40 dB; este parámetro permite por ejemplo la implementación de una etapa que consiste en no tener en cuenta todos los ruidos de amplitud inferior;

- la duración de la señal, que está comprendida entre 15 y 25  $\mu$ s;

- la frecuencia central de la señal, que está comprendida entre 200 y 360 kHz;

65 - la tensión eficaz de la señal, que aumenta, en general de 11 dB<sub>EA</sub> hasta 25 dB<sub>EA</sub> aproximadamente. Este parámetro

es secundario con respecto a los tres anteriores y podrá usarse en combinación con uno o varios de los tres parámetros precedentes.

5 Así, el procedimiento de detección según la invención consiste en medir parte o la totalidad de estos parámetros, para verificar si se encuentran en intervalos de valor predefinidos y memorizados que corresponden a los valores de un arco eléctrico.

10 La elección de los parámetros que se usarán entre los tres principales enumerados anteriormente representa un compromiso entre la precisión deseada para el reconocimiento de los arcos eléctricos y el tiempo de cálculo buscado. Si se consideran todos los parámetros, la detección de arcos eléctricos podrá alcanzar una tasa de error casi nula, la implementación del cálculo será sin embargo ligeramente más larga, lo que retardará la intervención en el circuito. Asimismo, la elección de los intervalos de valor predefinidos para cada uno de estos parámetros representa también un compromiso entre la búsqueda de la detección de un máximo de arcos eléctricos eliminando al mismo tiempo un máximo de situaciones que provienen de otro suceso, con el fin de evitar la apertura del circuito mientras no haya arco eléctrico.

15 El procedimiento de detección implementado permite así reconocer un arco eléctrico, con una tasa de error escogida, entre otros numerosos sucesos posibles que conllevan también la formación de ondas acústicas. Esta problemática es muy particular para una instalación fotovoltaica debido a su entorno exterior que genera numerosos ruidos, pero también debido a su estructura que se basa en la colocación de sus circuitos eléctricos en medios confinados, en materiales específicos, generalmente de vidrio. A modo de ejemplo, la dilatación térmica de un módulo fotovoltaico genera ruidos en forma de crepitaciones, que son medidos también por el sensor de ultrasonidos y transmitidos a la unidad de tratamiento. La figura 3 ilustra la onda medida durante un suceso de este tipo. La duración de la salva es en general superior a 25  $\mu$ s. Además, el valor de la tensión eficaz de la señal registrada permanece constante, no aumenta como en el caso de un arco eléctrico. Los otros ruidos principales encontrados en un módulo fotovoltaico provienen de la lluvia, que genera un ruido continuo alejado del arco eléctrico, a excepción de las primeras gotas que pueden generar un choque térmico y fenómenos de dilatación tal como se menciona anteriormente, del viento que genera un ruido de fondo de baja amplitud, del granizo que genera ondas acústicas de baja energía y de frecuencia diferente a la de un arco eléctrico, de vibraciones exteriores, como las posteriores a un seísmo por ejemplo, de frecuencia mucho más baja que la de un arco eléctrico.

20 Así, el procedimiento de detección de un arco eléctrico según la invención comprenderá las dos etapas esenciales siguientes:

35 E1 - Medida de al menos un parámetro de una señal acústica recibida por el sensor entre la amplitud, la duración de la onda, la frecuencia central;

E2 - Comparación de la medida de este al menos un parámetro con valores memorizados para determinar si la medida corresponde a la de un arco eléctrico.

40 La segunda etapa E2 comprende más concretamente las verificaciones siguientes, que permitirán considerar que la señal recibida corresponde en realidad a un arco eléctrico:

45 - E21 - verificación de si la amplitud es superior o igual a 40 dB; y/o

- E22 - verificación de si la duración de la señal está comprendida entre 15 y 25  $\mu$ s; y/o

- E23 - verificación de si la frecuencia central está comprendida entre 200 y 360 kHz.

50 Puede comprender además la etapa adicional siguiente:

55 - E24 - verificación de si la tensión eficaz de la señal eléctrica registrada aumenta. Ventajosamente, podrá verificarse si aumenta desde un primer valor próximo a 11 dB<sub>EA</sub>, comprendido más en general entre 5 y 15 dB<sub>EA</sub>, hacia un segundo valor próximo a 25 dB<sub>EA</sub>, comprendido más en general entre 15 y 25 dB<sub>EA</sub>.

60 Finalmente, el dispositivo de seguridad 10 puede bien disponerse en uno de los bornes en la salida del campo fotovoltaico o bien comprender un dispositivo para cada módulo fotovoltaico, por ejemplo en su caja de conexiones. Después de la detección de un arco eléctrico, la unidad de tratamiento 8 transmite la información y el orden de apertura del circuito eléctrico al dispositivo de seguridad, lo que permite detener la circulación eléctrica e interrumpir el arco eléctrico, suprimiendo así el riesgo que representaría el mantenimiento del arco eléctrico, sobre todo el riesgo de incendio. Este dispositivo de seguridad puede consistir en un sencillo interruptor con control remoto.

65 La invención se refiere también al procedimiento de gestión con protección de la seguridad de una instalación fotovoltaica, que implementa el procedimiento de detección de arco eléctrico detallado anteriormente, y después la etapa E3 que consiste en abrir el circuito eléctrico en caso de detección de un arco eléctrico, con el fin de extinguir el arco eléctrico. El procedimiento puede implementar además las etapas adicionales siguientes:

E4 - después de la apertura del circuito eléctrico a consecuencia de la detección de un arco eléctrico, nueva puesta en funcionamiento del dispositivo fotovoltaico al menos una vez;

- 5 E5 - si se produce una nueva detección de un arco eléctrico, detención del funcionamiento y transmisión de información del fallo de la instalación. Esta información puede ser transmitida a un operador por medio de un visor o de cualquier interfaz hombre-máquina apropiada.

10 La figura 4 ilustra un dispositivo fotovoltaico según una variante de realización, que difiere del dispositivo descrito anteriormente por el hecho de que comprende ocho módulos fotovoltaicos 12 y cuatro sensores de ultrasonidos 16. La proporción de un sensor para dos módulos se conserva y es ventajosa. Sin embargo, podría plantearse también cualquier otra proporción sin salir del concepto de la invención. Estos diferentes módulos están montados en un sustrato 13, y están conectados eléctricamente a la red 15 por medio de un ondulador 14. Como observación, el concepto de la invención está también bien adaptado a una instalación fotovoltaica que no estuviera conectada a la red 15, ya que se basa en medidas locales al nivel mismo de los módulos fotovoltaicos. Los sensores de ultrasonidos 16 se comunican mediante enlaces 17 con una unidad de tratamiento 18 que a su vez se comunica mediante un enlace 19 con un dispositivo de seguridad 20. Estos últimos componentes son similares a los descritos anteriormente.

20 Este dispositivo funciona de manera similar a la descrita anteriormente e implementa el procedimiento de detección de arco eléctrico y de gestión con protección de la seguridad de la instalación fotovoltaica que ha sido explicado anteriormente. Según una característica interesante, este dispositivo implementa una función adicional de localización de un arco eléctrico, lo que resulta ventajoso para mejorar las operaciones de mantenimiento y de intervención en caso de fallo, sobre todo para las instalaciones muy extendidas. Una función semejante puede así permitir aumentar la rentabilidad y la tasa de disponibilidad de la instalación, lo que es importante por ejemplo para una central de producción eléctrica.

30 Así, este dispositivo implementa un procedimiento de gestión que comprende la etapa adicional E6 que consiste en localizar la proveniencia del arco eléctrico en la instalación. Esta etapa se realiza ventajosamente a partir del dato del instante de recepción por cada sensor de la señal de arco eléctrico, que depende del tiempo de propagación de la onda desde su emplazamiento hasta el sensor y proporciona así una indicación en su proveniencia.

La etapa de localización E6 podría así descomponerse en las subetapas siguientes:

- 35 E61 - memorización del tiempo  $t_0$  de recepción de la onda acústica de arco eléctrico del primer sensor 16 al recibirla, que sirve de tiempo de referencia para los otros sensores;

40 E62 - memorización de los tiempos  $t_i$  de recepción de la onda acústica para cada uno de los otros sensores  $i$  y clasificación de estos sensores en el orden de recepción;

- E63 - determinación en función del orden de llegada de la onda acústica en cada sensor 16 del módulo fotovoltaico 12 de la localización del arco eléctrico.

45 La figura 5 representa un ejemplo de implementación de este procedimiento. Los diferentes módulos fotovoltaicos de la instalación, que corresponde a la de la figura 4, han sido referidos de 12a a 12h y los diferentes sensores de 16a a 16d. Supongamos que el primer sensor que recibe la onda acústica de arco eléctrico es el sensor referido como 16a, y después que la onda alcanza en el orden los sensores 16b, 16c, 16d. Entonces el arco eléctrico se sitúa obligatoriamente en el módulo fotovoltaico 12c.

50 El procedimiento de localización ha sido dado a modo de ilustración de la invención. Son posibles otros procedimientos, teniendo en cuenta por ejemplo las distancias exactas entre los diferentes módulos y los sensores, con el fin de recuperar en función de los tiempos de propagación de las señales su distancia de proveniencia de cada sensor, y después su localización exacta.

55 A continuación, el dispositivo podrá implementar una última etapa E7 de transmisión de la información de localización, al responsable de la instalación mediante una interfaz hombre-máquina colocada directamente en la unidad de tratamiento 18 por ejemplo, o por cualquier otro medio de comunicación, por medio del ondulador 14 o de una central de gestión de la energía.

60 Naturalmente, el concepto de la invención no se limita a los dispositivos fotovoltaicos descritos anteriormente sino que puede implementarse en cualquier clase de instalación fotovoltaica, con numerosos módulos fotovoltaicos y otras tasas de sensores de ultrasonidos. Sin embargo, el uso de al menos un sensor para dos módulos fotovoltaicos es ventajoso.

65 La aplicación de la invención permite así responder adecuadamente a los objetos pretendidos y presenta además las ventajas siguientes:

## ES 2 464 344 T3

- como la emisión de ultrasonidos se propaga muy deprisa en el vidrio (5.000 m/s) y alcanza el sensor de ultrasonidos en algunos milisegundos, el dispositivo es capaz de realizar un corte del circuito eléctrico muy rápido;

5 - la detección de arcos eléctricos, incluso dentro de los módulos, permite así evitar una destrucción total de una instalación fotovoltaica por incendio;

- el dispositivo de la invención funciona siempre de manera eficaz, incluso si se coloca en la proximidad de estructuras metálicas, en edificios en hormigón armado, por ejemplo;

10 - esta solución es sin duda compatible y complementaria con otras soluciones de detección de arco eléctrico fuera de los módulos fotovoltaicos, y por tanto puede combinarse con esas otras soluciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico en un dispositivo fotovoltaico, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:
- 5
- colocación de un sensor de ultrasonidos (6; 16) en un módulo fotovoltaico (2; 12) o en un chasis (3; 13) que soporta varios módulos fotovoltaicos (2; 12);
- 10
- medida (E1) de al menos un parámetro de una señal recibida por el sensor de ultrasonidos (6; 16) entre la amplitud de la señal, la duración de la señal, la frecuencia central de la señal;
- 15
- comparación (E2) de la medida de este al menos un parámetro de la señal con valores predefinidos para determinar si la medida corresponde a la de un arco eléctrico, comprendiendo esta comparación la o las verificaciones siguientes que permiten determinar que la señal está generada en realidad por un arco eléctrico:
- verificación (E21) de si la amplitud de la señal recibida es superior o igual a 40 dB; y/o
  - verificación (E22) de si la duración de la señal recibida está comprendida entre 15 y 25  $\mu$ s; y/o
- 20
- verificación (E23) de si la frecuencia central de la señal recibida está comprendida entre 200 y 360 kHz.
2. Procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico según la reivindicación precedente, caracterizado porque comprende además la etapa adicional siguiente que permite determinar que la señal está generada en realidad por un arco eléctrico:
- 25
- verificación (E24) de si la tensión eficaz de la señal registrada aumenta desde un primer valor comprendido entre 5 y 15 dB<sub>EA</sub>, hasta un segundo valor comprendido entre 15 y 25 dB<sub>EA</sub>.
3. Procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico, caracterizado porque comprende un procedimiento de detección por ultrasonidos de un arco eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, y además porque comprende una etapa (E3) que consiste en abrir el circuito eléctrico del dispositivo fotovoltaico en caso de detección de un arco eléctrico, con el fin de extinguir el arco eléctrico.
- 30
4. Procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación precedente, caracterizado porque implementa las etapas adicionales siguientes:
- 35
- después de la apertura del circuito eléctrico posteriormente a la detección de un arco eléctrico, nueva puesta en funcionamiento del dispositivo fotovoltaico al menos una vez (E4);
- 40
- si se produce una nueva detección de un arco eléctrico, detención del funcionamiento del dispositivo fotovoltaico y transmisión de información del fallo del dispositivo fotovoltaico (E5).
5. Procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico según una de las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado porque comprende una etapa adicional de localización (E6) del arco eléctrico en el dispositivo fotovoltaico.
- 45
6. Procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación precedente, caracterizado porque la etapa de localización (E6) del arco eléctrico en el dispositivo fotovoltaico comprende las subetapas siguientes:
- 50
- memorización de los tiempos (ti) de recepción de la señal para cada uno de los sensores (16i) y clasificación de estos sensores en el orden de recepción (E61, E62);
- 55
- determinación en función del orden de llegada de la señal en cada sensor (16i) de la localización (E63) del arco eléctrico.
7. Procedimiento de gestión con protección de la seguridad de un dispositivo fotovoltaico según una de las reivindicaciones 3 a 6, caracterizado porque comprende una etapa preliminar (E0) de activación del procedimiento de detección de arco eléctrico sólo a partir del momento en que el dispositivo fotovoltaico supera un cierto umbral de producción eléctrica.
- 60
8. Dispositivo fotovoltaico que comprende módulos fotovoltaicos (2; 12) montados en uno o varios chasis (3; 13), caracterizado porque comprende al menos un sensor de ultrasonidos (6; 16) para la detección de arcos eléctricos colocado en un módulo fotovoltaico (2; 12) o en un chasis (3; 13) que soporta varios módulos fotovoltaicos (2; 12) y porque comprende una unidad de tratamiento (8; 18) que implementa el procedimiento de detección de arcos eléctricos según una de las reivindicaciones 1 ó 2.
- 65

9. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación precedente, caracterizado porque comprende al menos un sensor de ultrasonidos (6; 16) para dos módulos fotovoltaicos (2; 12).
- 5 10. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado porque comprende un módulo fotovoltaico que comprende un sensor de ultrasonidos (6; 16) para la detección de arcos eléctricos colocado en el marco o en el vidrio del módulo fotovoltaico y un medio de comunicación de este sensor de ultrasonidos hacia una unidad de tratamiento (8; 18).
- 10 11. Dispositivo fotovoltaico según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque comprende un dispositivo de seguridad (10; 20) cuya función es abrir el circuito eléctrico en caso de detección de un arco eléctrico, implementando el dispositivo fotovoltaico el procedimiento de gestión con protección de la seguridad según una de las reivindicaciones 3 a 7.
- 15 12. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación precedente, caracterizado porque el dispositivo de seguridad (10; 20) está colocado en un borne de salida del campo de módulos fotovoltaicos (2; 12) del dispositivo fotovoltaico o directamente en parte o la totalidad de los módulos fotovoltaicos (2; 12).

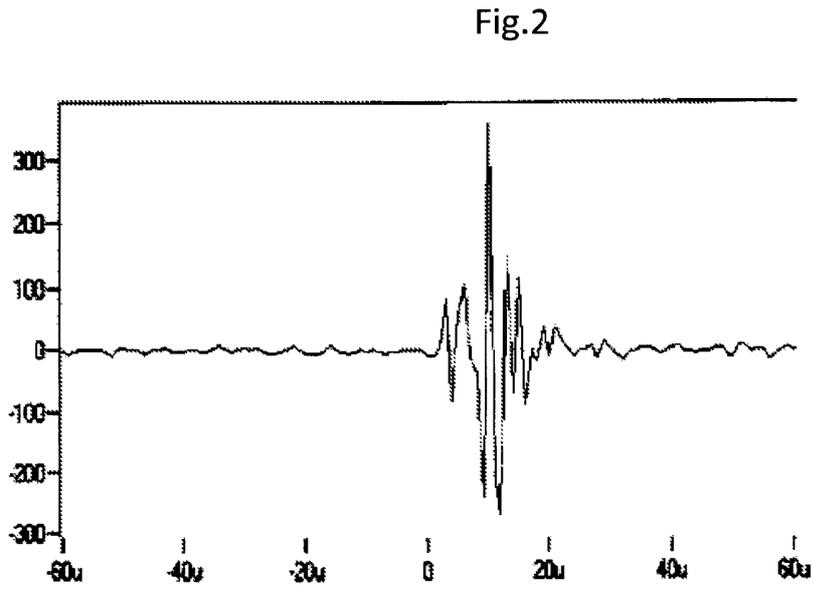
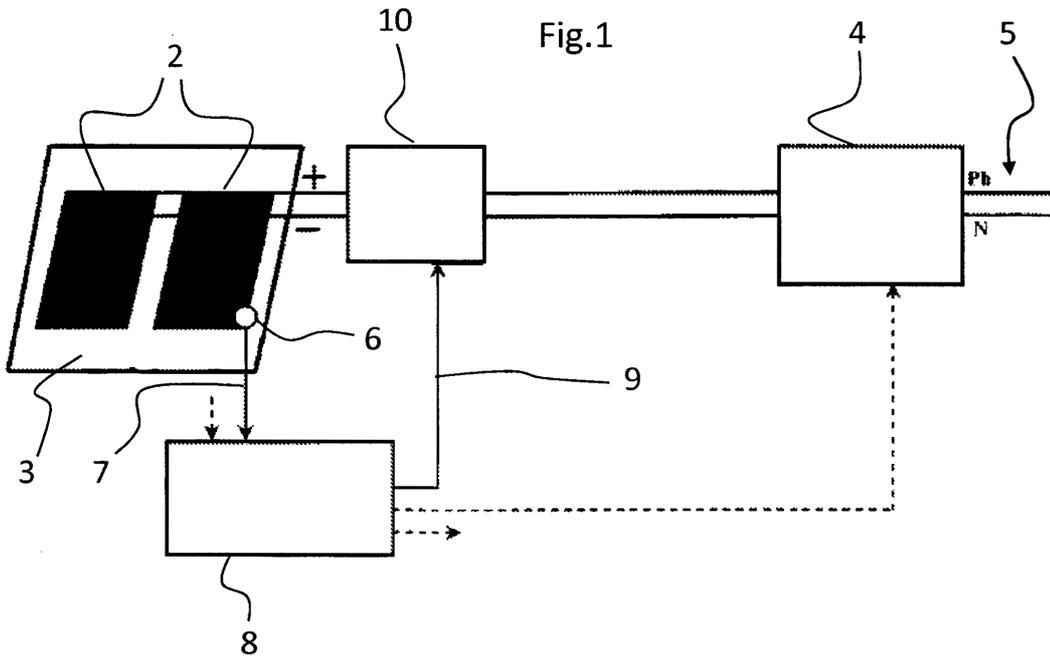


Fig.3

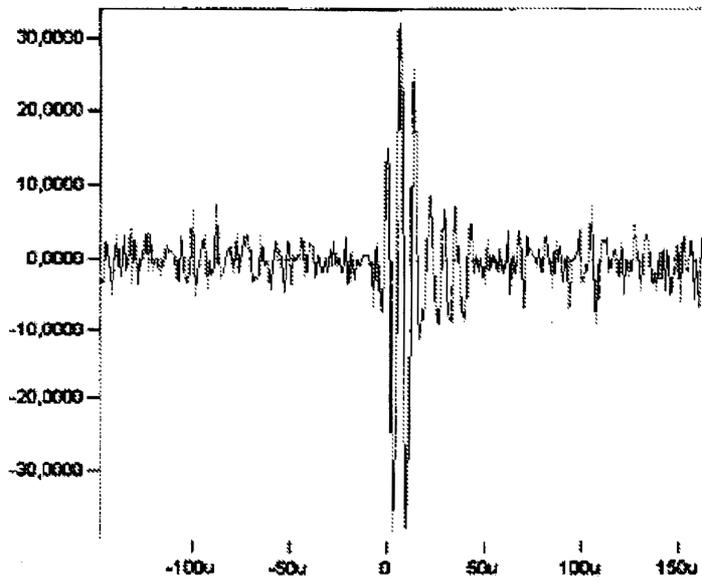


Fig.4

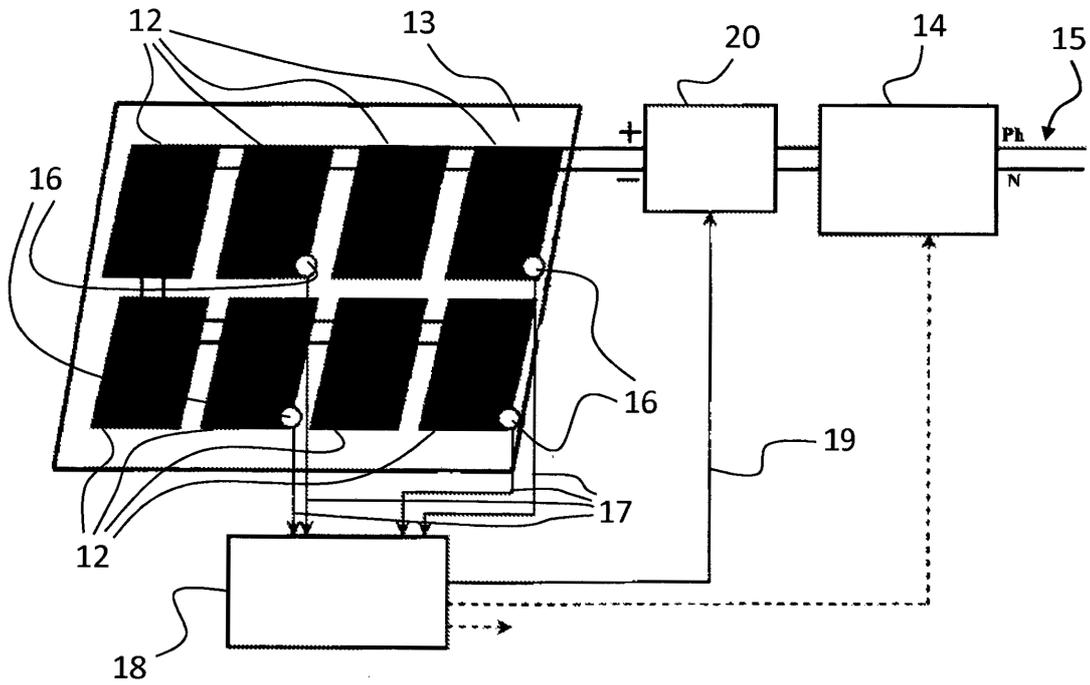


Fig.5

