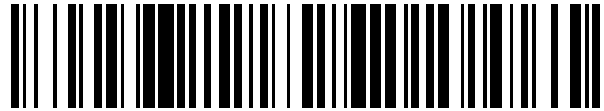


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 279**

51 Int. Cl.:

G01R 31/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2012 PCT/EP2012/063063**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2013 WO13004762**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2012 E 12732652 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2729822**

54 Título: **Detección de arcos eléctricos en instalaciones fotovoltaicas**

30 Prioridad:

04.07.2011 FR 1156012

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

30.01.2020

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:

**CHAITREUIL, NICOLAS y
CHAUVE, VINCENT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 739 279 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

Detección de arcos eléctricos en instalaciones fotovoltaicas

5 Campo técnico y técnica anterior

La invención se refiere a instalaciones fotovoltaicas y, en particular, a los medios de detección de arcos eléctricos en estas instalaciones.

10 Se espera que evolucionen las instalaciones que usan paneles fotovoltaicos (PV). Ahora bien, este tipo de dispositivo está envejeciendo y los fallos pueden aparecer con el tiempo. Éstos pueden ser benignos (por ejemplo: parada de funcionamiento, pérdida de producción, bajada del rendimiento...) pero también pueden ser más graves si aparece un arco eléctrico en serie en una conexión. De hecho, la consecuencia de tal fenómeno puede ser, en el peor de los casos, el inicio de un incendio que comienza con la destrucción del edificio en donde se instala un
15 módulo fotovoltaico.

La figura 1A representa la ubicación de un arco en un sistema de tipo conocido, que consta de 3 módulos fotovoltaicas 1, 2, 3 y un convertidor (u ondulator) 10, conectado a la red eléctrica 12. Está en una zona 13, entre los módulos fotovoltaicos 1, 2, 3 y el ondulator 10, que puede producirse un arco en serie. Los arcos eléctricos también
20 pueden producirse en el seno de módulos o entre módulos.

Por lo tanto, estamos buscando desarrollar sistemas que permiten detectar arcos eléctricos tan pronto como aparezcan, con el fin de interrumpirlos y de limitarlos mucho en su influencia sobre la instalación y su entorno.

25 Las soluciones conocidas para la detección de arcos eléctricos en instalaciones de baja tensión de corriente continua o alterna se basan principalmente en la detección por ultrasonido (por la firma acústica del arco) o por radiofrecuencia (por la firma de RF del arco) o en incluso en mediciones térmicas (firma infrarroja del arco). La firma de un fenómeno es el conjunto de características y sus valores que permiten identificarlo con certeza.

30 Para instalaciones fotovoltaicas, el mismo tipo de detector comienza a ser desarrollado por ciertos laboratorios o fabricantes. La principal limitación de estos sistemas radica en su forma de medir la firma. De hecho, siendo las firmas complejas y generalmente a altas frecuencias (para firmas acústicas y RF) necesitan un procesamiento de software muy pesado, con un alto muestreo, y, por lo tanto, componentes caros. Además, el tiempo de procesamiento, incluyendo la discriminación de ruido o perturbaciones con respecto a la firma del arco, puede ser
35 alto, yendo desde unos pocos segundos hasta unos pocos minutos.

Estas soluciones, por lo tanto, no satisfacen una necesidad de seguridad rápida, fiable y de bajo coste.

40 El documento FR 2912848 describe cómo utilizar la medición de una variación rápida de la tensión para detectar un arco eléctrico en serie. Es esta variación la que se busca evaluar finamente.

El documento WO 2011/17721 describe un método para detectar la formación de arcos eléctricos en un sistema fotovoltaico. Esta detección se basa en una medición promedio de la corriente y cuya evolución se observa.

45 Esta solución necesita una medida larga y un procesamiento largo.

Otros documentos relevantes son los documentos US 2011/019444 A1 y EP 1 796 238 A2.

Descripción de la invención

50 Un procedimiento según la invención se define en la reivindicación independiente 1 y un dispositivo según la invención se define en la reivindicación independiente 7.

Aquí se describe una medición de tensión y la detección de la firma característica del arco eléctrico de un sistema
55 fotovoltaico, en corriente continua, para efectuar una detección rápida y fiable.

Más particularmente, se describe un procedimiento de detección de un arco en serie en un dispositivo fotovoltaico, que funciona en corriente continua, que consta de N (N=1 o N>1) módulos fotovoltaicos, conectados a un dispositivo de carga que presenta un comportamiento capacitivo para los módulos, constando este procedimiento de:
60

- a) detectar, en los terminales de n de los N módulos ($1 < n < N$), la evolución temporal de la tensión,
- b) identificar una variación de tensión entre una primera zona de (A) de tensión estable y una segunda zona (B) de tensión estable durante una duración de al menos 5 μ s, que sigue inmediatamente a dicha variación de tensión, y
- 65 c) determinar si la variación de tensión está comprendida entre un valor $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración $T_{mín}$

superior o igual a 0, 5 μ s y una duración $T_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a 5 μ s.

La etapa c) se puede realizar, total o parcialmente, por análisis o cálculo de la pendiente de la variación de tensión, y determinar si está comprendida entre $V_{m\acute{i}n}/T_{m\acute{a}x}$ (0, 04 V/ μ s) y $V_{m\acute{a}x}/T_{m\acute{i}n}$ (40 V/ μ s).

5 La etapa de detección a) puede realizarse en los terminales del conjunto de N módulos fotovoltaicos. Entonces se puede considerar que el valor $V_{m\acute{i}n}$ es superior o igual a 10 V y el valor $V_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a 20 V.

10 Los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos definen un valor de tensión de arco VARC. En este procedimiento, los valores $V_{m\acute{i}n}$ y $V_{m\acute{a}x}$ se pueden colocar a ambos lados de este valor de tensión de arco VARC predefinida para los materiales considerados.

Las duraciones $T_{m\acute{i}n}$ y $T_{m\acute{a}x}$ se pueden colocar a ambos lados de una duración T_{arc} correspondiendo a la duración que permite aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC.

15 La etapa de detección a) puede realizarse en los terminales de un subconjunto de n de los N módulos fotovoltaicos.

20 En este caso, los valores $V_{m\acute{i}n}$ y $V_{m\acute{a}x}$ pueden colocarse a ambos lados de un valor $V_{Arc} \cdot n/N$, correspondiendo VARC a la tensión de arco predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados, siendo el valor $V_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a $20 V \cdot n/N$.

25 Las duraciones $T_{m\acute{i}n}$ y $T_{m\acute{a}x}$ se colocan preferentemente a ambos lados de una duración $T_{arc} \cdot n/N$, con T_{arc} correspondiendo a la duración que permite aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC, siendo $T_{arc} \cdot n/N$ inferior o igual a $5 \cdot n/N \mu$ s.

Las tensiones medidas pueden ser digitalizadas, siendo los pasos a) a c) realizadas a partir de valores digitales de la tensión.

30 Se describe también un dispositivo de detección de un arco en serie en un dispositivo fotovoltaico, que funciona en corriente continua, que consta de N ($N=1$ o $N>1$) módulos fotovoltaicos y un dispositivo o medio que presente un comportamiento capacitivo para los módulos, constando este dispositivo de detección de:

- a) unos medios para detectar, en los terminales de n de los N módulos, la evolución temporal de la tensión,
- 35 b) unos medios para identificar una variación de tensión entre una primera zona de (A) de tensión estable y una segunda zona (B) de tensión estable durante una duración de al menos 5 μ s, que sigue inmediatamente a dicha variación de tensión,
- c) unos medios para determinar si la variación de tensión está comprendida entre un valor $V_{m\acute{i}n}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor $V_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a 20 V, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración $T_{m\acute{i}n}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración $T_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a 5 μ s.

40 Los medios que determinan si la variación de tensión está comprendida entre $V_{m\acute{i}n}$ y $V_{m\acute{a}x}$, y si el tiempo de subida está comprendido entre $T_{m\acute{i}n}$ y $T_{m\acute{a}x}$, pueden realizar un análisis, cálculo o medición de la pendiente de la variación de tensión y determinar si está pendiente está comprendida entre $V_{m\acute{i}n}/T_{m\acute{a}x}$ (0, 04 V/ μ s) y $V_{m\acute{a}x}/T_{m\acute{i}n}$ (40 V/ μ s).

45 La evolución temporal de la tensión se puede detectar en los terminales del conjunto de los N módulos fotovoltaicos, siendo el valor $V_{m\acute{i}n}$ superior o igual a 10 V y siendo el valor $V_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a 20 V.

Preferentemente, los valores $V_{m\acute{i}n}$ y $V_{m\acute{a}x}$ se colocan a ambos lados de un valor de tensión de arco VARC predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados.

50 Las duraciones $T_{m\acute{i}n}$ y $T_{m\acute{a}x}$ se pueden colocar a ambos lados de una duración T_{arc} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC.

55 La evolución temporal de la tensión se puede detectar en los terminales de un subconjunto de n de los N módulos fotovoltaicos.

60 Los valores $V_{m\acute{i}n}$ y $V_{m\acute{a}x}$ pueden colocarse entonces a ambos lados de un valor $V_{Arc} \cdot n/N$, correspondiendo VARC a una tensión de arco predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados, siendo el valor $V_{m\acute{a}x}$ inferior o igual a $20 V \cdot n/N$. Las duraciones $T_{m\acute{i}n}$ y $T_{m\acute{a}x}$ pueden colocarse a ambos lados de una duración $T_{arc} \cdot n/N$, con T_{arc} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC, siendo $T_{arc} \cdot n/N$ inferior o igual a $5 \cdot n/N \mu$ s.

65 Tal dispositivo puede constar de unos medios para filtrar frecuencias al menos iguales a 100 Hz.

Puede constar de unos medios de filtrado que forman un filtro pasivo o que forman un filtro activo y/o medios de filtrado analógicos y/o digitales.

Se pueden proporcionar unos medios para digitalizar las tensiones medidas.

- 5 El dispositivo o los medios que presentan un comportamiento capacitivo para los módulos puede(n) constar un convertidor o un ondulador o una batería.

Breve descripción de las figuras

- 10
- La figura 1A representa la ubicación de un arco en un sistema de tipo conocido,
 - las figuras 1B y 1C representan esquemáticamente una estructura general de una instalación fotovoltaica, con unos medios de detección de arco, colocados entre el módulo fotovoltaico y el convertidor (figura 1B), o entre módulos (figuras 1C),
- 15
- la figura 2 representa las variaciones de una tensión, con el tiempo, durante un arco eléctrico en el borde de un dispositivo fotovoltaico,
 - la figura 3 representa un modo de realización de un dispositivo según la invención,
 - la figura 4 representa otro modo de realización de un dispositivo según la invención,
 - la figura 5 representa aún otro modo de realización de un dispositivo según la invención,
- 20
- la figura 6 representa las curvas de corriente/tensión características de un módulo fotovoltaico,
 - la figura 7 representa un modo de realización digital de un dispositivo según la invención.

Descripción detallada de modos de realización particulares

- 25 La figura 1B representa esquemáticamente la estructura de una instalación fotovoltaica, que consta de 3 módulos fotovoltaicas 1, 2, 3, de unos medios 8 de medición del arco, y de un elemento 10 que impone una carga capacitiva en la salida de la instalación, o bien que presenta un comportamiento capacitivo para los módulos, tal como un convertidor o un ondulador o una batería.

- 30 Este elemento 10 está conectado a la red eléctrica 12. Está entre los módulos fotovoltaicos 1, 2, 3 y/o este elemento 10 que puede producir un arco. O bien, el arco puede producirse entre módulos fotovoltaicos o en los módulos fotovoltaicos, es decir, entre las células de un módulo fotovoltaico.

Se llama módulo fotovoltaico a un ensamblaje monolítico de células fotovoltaicas.

- 35 La presente descripción no se limita a tres módulos fotovoltaicos, sino que se aplica a cualquier número N de estos módulos. El texto que sigue, el conjunto de módulos voltaicos se designará solo con el número de referencia 100.

- 40 Los medios 8 de medición de arco se colocan entre los módulos fotovoltaicos 100 y los medios 10. Permiten medir la tensión del grupo de módulos fotovoltaicos. Si queremos detectar los arcos eléctricos en los módulos o entre los módulos de una serie de módulos, los medios 8 de medición se colocan en los terminales de cada módulo 1, 2, 3 de esta serie de módulos, como se ilustra en la figura 1C. También se puede realizar una medición en los terminales de una serie de n módulos ($1 \leq n < N$).

- 45 Gracias a su capacidad de entrada, o a su carga de entrada de naturaleza capacitiva, los medios 10 permiten, durante la duración de establecimiento de un arco, mantener una tensión estable en la salida de la cadena de módulos fotovoltaicos 100. Como ya se indicó anteriormente, como variante, se puede proporcionar un ondulador, o una carga capacitiva tal como un convertidor o una batería, lo que permitirá el mismo efecto de estabilización.

- 50 La tensión y la corriente suministrada por los módulos fotovoltaicos dependen de varios parámetros (luz solar, temperatura), y puede variar significativamente.

- La figura 6 muestra curvas características de un módulo fotovoltaico en función de la iluminación recibida (de 200 a 1000 W/cm²). La corriente entregada por el módulo varía mucho en función de esta iluminación (proporcionalmente en una primera aproximación). Los puntos de funcionamiento P1, P2,... Pk en las curvas de la figura 6 son los puntos donde el módulo entrega la potencia máxima para una iluminación dada.

- 55 Con el fin de optimizar la producción de energía, el convertidor o el ondulador 10 impone una tensión de funcionamiento de los módulos para que estos produzcan la máxima potencia (esta función se llama: MPPT = "maximum power point tracking").

- 60 Los medios 8 permiten identificar, en la medición de la tensión, una firma característica de un arco eléctrico, lo que se traduce en un rápido aumento de la tensión en los terminales del dispositivo fotovoltaico 100. Esta variación se traduce en una evolución de la tensión instantánea V_i , que presenta fuertes oscilaciones y que puede tomar la forma representada en la figura 2. También está representada la tensión V_f , que resulta de un filtrado de la tensión instantánea V_i . Se observa que las variaciones de tensión se producen entre una primera zona de estabilidad de

tensión (zona en la figura 2), a un valor de tensión V_0 llamado valor inicial, y una segunda zona de estabilidad de tensión (zona B en la figura 2), a un valor V_1 de tensión llamado valor final. Esta segunda zona de estabilidad tiene una duración de al menos unos pocos μs , por ejemplo, al menos $5 \mu\text{s}$ o al menos $10 \mu\text{s}$. En consecuencia, la variación que resulta del frente de tensión varía el valor de la tensión.

5 Siguiendo el frente de subida, la tensión se establece en el valor final V_1 del frente de tensión igual a aproximadamente $V_0 + \text{VARC}$, y permanece sustancialmente en ese valor durante la duración mínima indicada anteriormente.

10 Las oscilaciones de tensión observadas al comienzo del frente de la tensión instantánea V_i pueden variar. La firma se caracteriza, entre la primera zona de estabilidad de tensión y la segunda zona de estabilidad de tensión, por una evolución positiva $\Delta V (= V_1 - V_0)$ de la tensión V_i (pero, también, de V_g , ya que ésta se deduce directamente de V_i , suavizando la curva V_i) en un valor comprendido entre 0, 2 V y 20 V.

15 Este valor es variable según la ubicación de la medición y del número de módulos fotovoltaicos que se encuentran en la cadena de módulos fotovoltaicos 100 donde se implanta el detector de arcos, como se explica a continuación.

El valor máximo de ΔV de 20 V está relacionado con las características físicas de un arco eléctrico. De hecho, como ya se explicó en el documento FR 2 912 848, un arco eléctrico se puede descomponerse en 3 zonas:

- 20
- 1 zona de interfaz de electrodo/aire
 - 1 zona de plasma
 - 1 zona de interfaz de aire/electrodo.

25 Las dos zonas de interfaz se presentan como una unión fotovoltaica de un diodo, a saber, una unión entre un material conductor y un aislante.

30 Por lo tanto, esta unión tiene un potencial fijo que está directamente relacionado con los potenciales de los materiales en presencia. El del aire no varía, por otro lado, el del electrodo puede variar según si el electrodo está hecho de cobre, o de aluminio, o de plata... Este potencial, por lo tanto, está presente en cada interfaz y es característico del arco. Aparece al arranque (antes del establecimiento del plasma) y su valor máximo, medido en los terminales del arco, está comprendido entre 10 V y 20 V.

35 Este valor medido es diferente según la ubicación del detector de arco 8. Tiene un valor máximo de 10 V a 20 V en la parte superior de la instalación fotovoltaica (con una medición entre el terminal positivo + del módulo 1 y el terminal negativo del módulo n).

40 Si el detector de arcos está en los terminales de cualquiera de los módulos 1, 2, 3 o N, el valor de la tensión que ve el detector de arco se divide por un factor igual a N (+/- 5 %) donde N es el número de módulos fotovoltaicos en la cadena fotovoltaica.

45 Al repetir las anotaciones ya utilizadas anteriormente, la tensión medida al nivel de un solo módulo de la cadena habrá variado, al final del establecimiento de un arco, de VARC/N (+/-5 %) donde N es el número de módulos fotovoltaicos en la cadena. De hecho, si la variación de tensión en los terminales del conjunto es de VARC , esta variación será distribuida en cada uno de los N módulos. Si la tensión se mide a en los terminales de un conjunto de n módulos entre los N módulos de la cadena, tendrá una variación de $n \times \text{VARC}/(N)$.

50 Otro parámetro de un arco eléctrico en serie que aparece en un sistema fotovoltaico es el tiempo de subida ΔT del frente de tensión del arco eléctrico (de t_0 a t_1 en la curva II de la figura 2), que se mide entre el valor inicial V_0 de la tensión y el valor final V_1 , (de V_f), con un margen de error, por ejemplo, más o menos 10 %, siendo este margen de error debido al ruido en la forma de onda. Este tiempo de subida está relacionado con las características físicas de los módulos fotovoltaicos y su comportamiento dinámico. Un módulo fotovoltaico representa un cierto valor de capacidad parásita o variable equivalente. Por lo tanto, posee un tiempo de respuesta a un grado de tensión que es característico de él. Pero este tiempo varía poco según las diferentes tecnologías de los módulos fotovoltaicos; está comprendido entre 0, 5 μs y 5 μs .

60 En cuanto a la variación de tensión, este valor de tiempo de subida se divide por el número de módulos cuando la tensión se mide en los terminales de un solo módulo de la cadena. En los terminales de un conjunto de n módulos entre un conjunto de N módulos, será de $n \times \Delta T/N$.

Estas especificidades permiten identificar, entre 2 zonas de estabilidad de la tensión, la firma de un arco eléctrico en serie, característico del medio de un sistema fotovoltaico, con ayuda de la variación ΔV de tensión identificada y el valor ΔT del tiempo de subida.

65 De manera similar, se puede identificar un arco:

- por la duración ΔT y la pendiente de la variación de tensión durante su evolución temporal;
- por la variación de tensión ΔV y la pendiente de la variación de tensión durante su evolución temporal.

La presencia de un arco se traduce:

- 5
- en una variación de tensión máxima comprendida entre 10 V y 20 V (si la medición se realiza en los terminales del conjunto de los módulos), con un tiempo de subida comprendido entre 0, 5 μ s y 5 μ s;
 - o por una pendiente del frente de tensión comprendida entre 40 V/ μ s o 0, 04 V/ μ s, con un tiempo de subida comprendido entre 0, 5 μ s y 5 μ s;
- 10
- o por una pendiente del frente de tensión comprendida entre 40 V/ μ s o 0, 04 V/ μ s, con por una variación de tensión máxima comprendida entre 10 V y 20 V (si la medición se realiza en los terminales del conjunto de los módulos).

15 En otras palabras, se determina, de una manera o de otra, si la variación de tensión está comprendida entre un valor $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración $T_{mín}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración $T_{máx}$ inferior o igual a 5 μ s.

20 Si la medición o la detección se realiza en los terminales del conjunto de los N módulos fotovoltaicos, el valor $V_{mín}$ es superior o igual a 10 V y el valor $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V.

Los valores anteriores están adaptados cuando la medición se realiza en los terminales de un solo módulo o de un conjunto de n módulos entre los N módulos; pero el valor de la pendiente de la variación o el frente de tensión permanece igual en ambos casos.

25 De este modo, si la etapa de detección se realiza en los terminales de un subconjunto de n de los N módulos fotovoltaicos, se puede considerar un valor $V_{máx}$ inferior o igual a $20 V \cdot n/N$, siendo $T_{arc} \cdot n/N$ inferior o igual a $5 \cdot n/N$ μ s.

30 Los ejemplos de realización de un dispositivo para detectar un arco implementan medios técnicos que permiten adquirir la señal y discriminar una firma del tipo descrito anteriormente.

Para ello, son posibles diferentes soluciones técnicas.

35 Con cada una de las soluciones propuestas a continuación, se busca aislar la firma del arco eléctrico de otras perturbaciones de tensión observadas en la entrada de los medios 8 que forman el detector de arcos. De hecho, en un sistema fotovoltaico la tensión no es perfectamente lisa, quedan perturbaciones, en particular a 100 Hz, de forma sinusoidal y de amplitud variable según el nivel de potencia inyectado por el ondulator 10 en la red: estos son armónicos generados por el ondulator, que se refieren a su entrada y, por lo tanto, en la parte continua de la instalación fotovoltaica. Ciertas perturbaciones pueden ser de mayor frecuencia, por ejemplo, perturbaciones de tipo

40 Dirac, que representan perturbaciones de arranque de motor o cualquier otro elemento cercano a la instalación fotovoltaica y que emita perturbaciones electromagnéticas. Por ejemplo, un motor puede estar en un entorno cercano a la instalación fotovoltaica y emitir un campo electromagnético perturbador o ser alimentado por la salida del ondulator.

45 Finalmente, las perturbaciones relacionadas con el uso de la comunicación por corriente portadora en línea (CPL) pueden dañar el detector de arcos. Estos últimos pueden provenir, por ejemplo, de la presencia, en la instalación fotovoltaica, unos sistemas inteligentes y que se comunican por corriente portadora en línea (CPL).

50 Un primer ejemplo de realización consiste en el uso de filtros analógicos pasivos en cascada, como se ilustra en la figura 3. Consta de 3 niveles: un primer filtro pasivo 30 (banda de paso), un segundo filtro pasivo 32 (paso alto) y un amplificador 34.

55 Estos niveles se pueden agrupar en solo 1. En la figura 3, estos niveles pueden ir seguidos de un búfer 36 y de unos medios 38 de desacoplamiento, para desacoplar el módulo fotovoltaico del circuito eléctrico con el fin de que sea seguro. El búfer permite filtrar los rebotes de la señal medida. Un arco eléctrico rara vez es directo y está constituido de una multitud de arranques antes de estabilizar su plasma: solo conviene detectar el primer arranque.

60 Los filtros 30, 32 permiten aislar la buena frecuencia (con el tiempo característico de subida del frente entre 0, 5 μ s y 2 μ s) y, por lo tanto, rechazar las frecuencias bajas (por debajo de 1000 Hz) y las frecuencias altas.

Como se ilustra en la figura 4, este filtrado también se puede realizar con elementos activos que permitan aumentar la selectividad (orden 6 en lugar de orden 1 o 2 con el filtrado pasivo). Este dispositivo ilustrado en la figura 4 consta de:

- 65
- unos medios 40 que forman un filtro activo (paso alto),
 - unos medios 42 que forman un amplificador y comparador, unos medios 44 que forman un filtro pasivo (paso

bajo),

- unos medios 44 que forman un filtro pasivo (paso bajo),
- un búfer 46,
- y unos medios 48 de desacoplamiento.

5 Finalmente, es posible una combinación de medios analógicos y medios digitales, como se ilustra en la figura 5, que consta de:

- unos medios 52 de desacoplamiento,
- 10 - unos medios 54 que forman un amplificador y comparador,
- unos medios 56 de procesamiento digital.

Otros modos de realización son posibles, por ejemplo, las funciones de amplificación y comparación no están necesariamente en el mismo dispositivo 54.

15 En general, cuanto más preferimos un sistema analógico, más rápido es el tiempo de respuesta del dispositivo. Es interesante tener un tiempo de respuesta rápido (de unas pocas decenas de microsegundos) porque, por lo tanto, es posible limitar la aparición del plasma de arco, evitando así degradaciones físicas en el sistema. Cuanto más se reduce el número de componentes para realizar la función, más se reducirá el coste, de ahí el interés de trabajar solo en la firma en tensión y en analógico (no en corriente o en RF y con procesamiento digital pesado detrás).

En los diversos dispositivos descritos, se detecta la tensión y el tiempo de subida correspondiente, de acuerdo con uno de los procedimientos descritos anteriormente, y, en particular:

- 25 - gracias al comparador, una variación de tensión máxima comprendida de entre 0, 2 V y 20 V,
- gracias a la selectividad de los filtros, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre 0, 5 μ s y 5 μ s.

30 Otro modo de realización se ilustra en la figura 7: se trata de un modo digital, que usa una cadena de adquisición y un convertidor analógico/digital 60 que permite diferenciar la firma de otros ruidos ambientales. Este modo de realización digital no necesita filtrado. Preferentemente, el convertidor 60 permite muestrear la señal a una frecuencia igual a 4 MHz o 5 MHz. Los medios de procesamiento digital permiten calcular los diferentes valores e implementar las etapas de procesamiento según la invención.

35 En un procedimiento según la invención:

- se puede realizar un filtrado pasivo o activo con ayuda de medios analógicos y digitales;
- el dispositivo de carga puede constar de un convertidor o de un ondulator o una batería.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de un arco en serie en un dispositivo fotovoltaico, que funciona en corriente continua, que consta de N módulos fotovoltaicos (100, 1, 2, 3), siendo N igual a 1 o estrictamente superior a 1, estando estos módulos conectados a un dispositivo de carga (10) que presenta un comportamiento capacitivo para los módulos, constando este procedimiento de:
- a) detectar, en los terminales de n de los N módulos, siendo n superior o igual a 1 o inferior o igual a N, la evolución temporal de la tensión,
- caracterizado por que** dicho procedimiento consta, además, de:
- b) identificar una variación de tensión entre:
- una primera zona (A) de tensión estable;
 - y una segunda zona (B) de tensión, estable durante una duración de al menos 5 μ s, que sigue inmediatamente a dicha variación de tensión, y
- c) determinar si la variación de tensión está comprendida entre un valor mínimo $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor máximo $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración mínima $T_{mín}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración máxima $T_{máx}$ inferior o igual a 5 μ s.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde se realiza la etapa de determinación c):
- por un lado, analizando la pendiente de la variación de tensión determinando si está pendiente está comprendida entre:
 - * un valor mínimo, dado por la relación $V_{mín}/T_{máx}$, igual a 0, 04 V/ μ s
 - * y un valor máximo, dado por la relación $V_{máx}/T_{mín}$ igual a 40 V/ μ s,
 - y, por otra parte, determinando si la variación de tensión está comprendida entre un valor mínimo $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor máximo $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, o si el tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración mínima $T_{mín}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración máxima $T_{máx}$ inferior o igual a 5 μ s.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en donde la etapa de detección a) se realiza en los terminales del conjunto de N módulos fotovoltaicos, siendo el valor $V_{mín}$ superior o igual a 10 V y siendo el valor $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V.
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2 o 3 en donde:
- los valores $V_{mín}$ y $V_{máx}$ están situados a ambos lados de un valor de tensión de arco V_{ARC} predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados,
 - y las duraciones $T_{mín}$ y $T_{máx}$ están situadas a ambos lados de una duración T_{ARC} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a V_{ARC} .
5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en donde la etapa de detección a) se realiza en los terminales de un subconjunto de n de los N módulos fotovoltaicos.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en donde:
- los valores $V_{mín}$ y $V_{máx}$ están situados a ambos lados de un valor $V_{ARC} \cdot n/N$, correspondiendo V_{ARC} a una tensión de arco predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados, siendo el valor $V_{máx}$ inferior o igual a $20V \cdot n/N$,
 - y las duraciones $T_{mín}$ y $T_{máx}$ están situadas a ambos lados de una duración $T_{ARC} \cdot n/N$, con T_{ARC} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a V_{ARC} , siendo $T_{ARC} \cdot n/N$ inferior o igual a $5 \cdot n/N \mu$ s.
7. Dispositivo de detección de un arco en serie en un dispositivo fotovoltaico, que funciona en corriente continua, que consta de N módulos fotovoltaicos (100, 1, 2, 3), siendo N igual a 1 o estrictamente superior a 1, y un dispositivo (10) que presenta un comportamiento capacitivo para los módulos, constando este dispositivo de detección de:
- a) unos medios (8) para detectar, en los terminales de n de los N módulos, siendo n superior o igual a 1 o inferior o igual a N, la evolución temporal de la tensión,

caracterizado por que dicho dispositivo consta, además, de:

b) unos medios (8) para identificar una variación de tensión entre:

- 5 - una primera zona (A) de tensión estable;
 - y una segunda zona (B) de tensión, estable durante una duración de al menos 5 μ s, que sigue inmediatamente a dicha variación de tensión,

10 c) unos medios (8) para determinar si la variación de tensión está comprendida entre un valor mínimo $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor máximo $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, con un tiempo de subida de esta variación comprendido entre una duración mínima $T_{mín}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración máxima $T_{máx}$ inferior o igual a 5 μ s.

15 8. Dispositivo según la reivindicación 7, determinando dichos medios (8) si la variación de tensión está comprendida entre $V_{mín}$ y $V_{máx}$, y si el tiempo de subida está comprendido entre $T_{mín}$ y $T_{máx}$:

- por un lado, analizando la pendiente de la variación de tensión determinando si está pendiente está comprendida entre:

- 20 * un valor mínimo, dado por la relación $V_{mín}/T_{máx}$, igual a 0, 04 V/ μ s,
 * y un valor máximo, dado por la relación $V_{máx}/T_{mín}$ igual a 40 V/ μ s,

25 - y, por otra parte, determinando si la variación de tensión está comprendida entre un valor mínimo $V_{mín}$ superior o igual a 0, 2 V y un valor máximo $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V, o si el tiempo de subida de esta variación está comprendido entre una duración mínima $T_{mín}$ superior o igual a 0, 5 μ s y una duración máxima $T_{máx}$ inferior o igual a 5 μ s.

30 9. Dispositivo según las reivindicaciones 7 u 8, detectando dichos medios (8) la evolución temporal de la tensión en los terminales del conjunto de los N módulos fotovoltaicos, siendo el valor $V_{mín}$ superior o igual a 10 V y siendo el valor $V_{máx}$ inferior o igual a 20 V.

10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 7 a 9, en donde:

- 35 - los valores $V_{mín}$ y $V_{máx}$ están situados a ambos lados de un valor de tensión de arco VARC predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados,
 - y las duraciones $T_{mín}$ y $T_{máx}$ están situadas a ambos lados de una duración T_{arc} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC.

40 11. Dispositivo según las reivindicaciones 7 u 8, detectando dichos medios (8) la evolución temporal de la tensión en los terminales de un subconjunto n de los N módulos fotovoltaicos.

12. Dispositivo según la reivindicación 11, en donde:

- 45 - los valores $V_{mín}$ y $V_{máx}$ están situados a ambos lados de un valor $V_{Arc} \cdot n/N$, correspondiendo V_{Arc} a una tensión de arco predefinida para los materiales que constituyen las conexiones de los módulos fotovoltaicos considerados, siendo el valor $V_{máx}$ inferior o igual a $20V \cdot n/N$,
 - y las duraciones $T_{mín}$ y $T_{máx}$ están situadas a ambos lados de una duración $T_{arc} \cdot n/N$, con T_{arc} correspondiendo a la duración necesaria para aplicar una variación de tensión en los terminales del conjunto de módulos fotovoltaicos igual a VARC, siendo $T_{arc} \cdot n/N$ inferior o igual a $5 \cdot n/N$ μ s.

13. Dispositivo según la reivindicación 7, que consta de unos medios para filtrar frecuencias al menos iguales a 100 Hz.

55 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 7 a 13, que consta de:

- unos medios (30, 32) que forman un filtro pasivo o que forman un filtro activo;
 - y/o unos medios de filtrado analógicos y digitales (50, 52, 54)
 - y/o unos medios (60) para digitalizar las tensiones medidas.

60 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 7 a 14, en donde el dispositivo (10) que tiene un comportamiento capacitivo para los módulos consta de un convertidor o de un ondulador o de una batería.

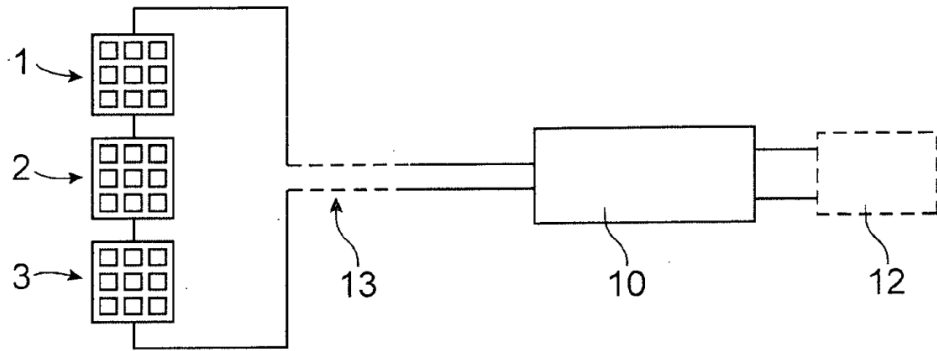


FIG. 1A

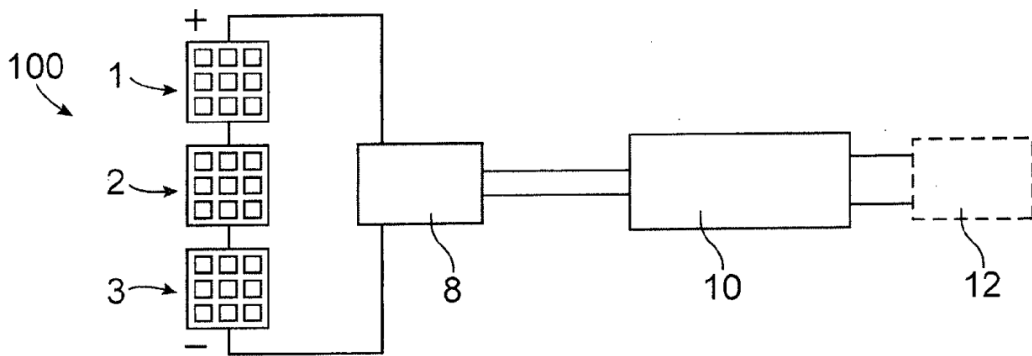


FIG. 1B

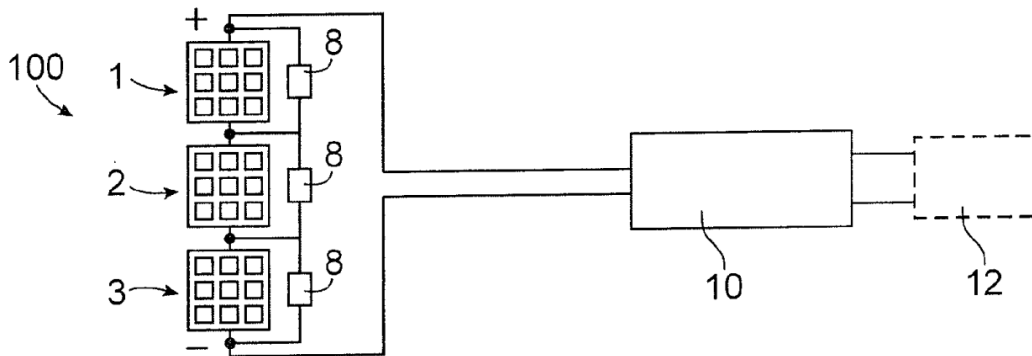


FIG. 1C

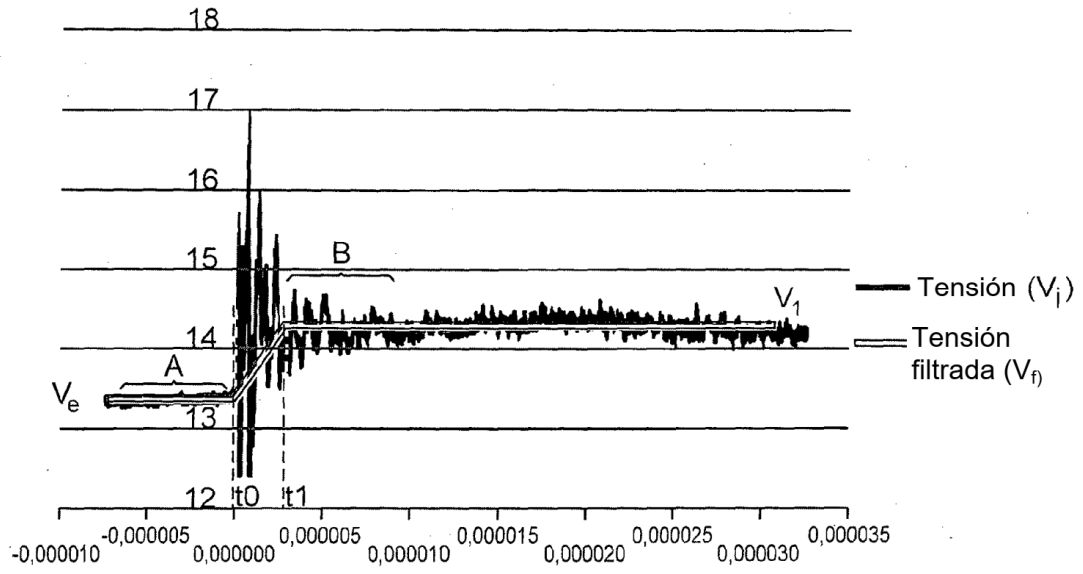


FIG.2

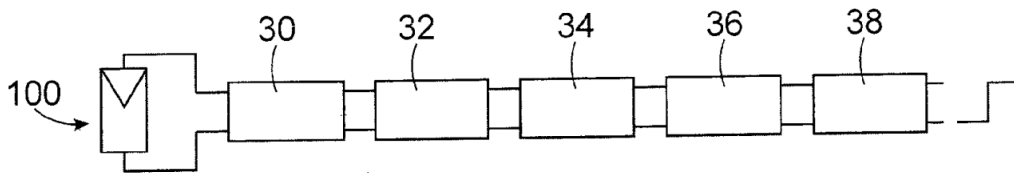


FIG.3

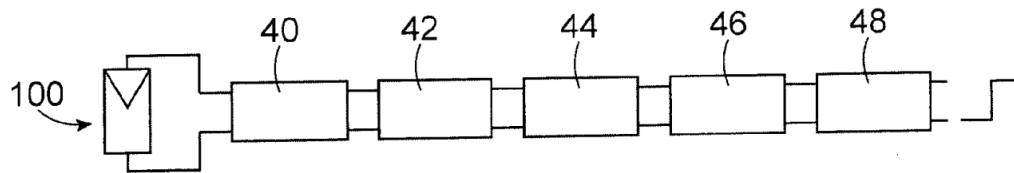


FIG.4

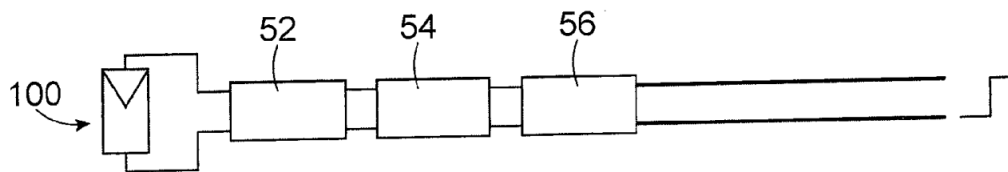


FIG.5

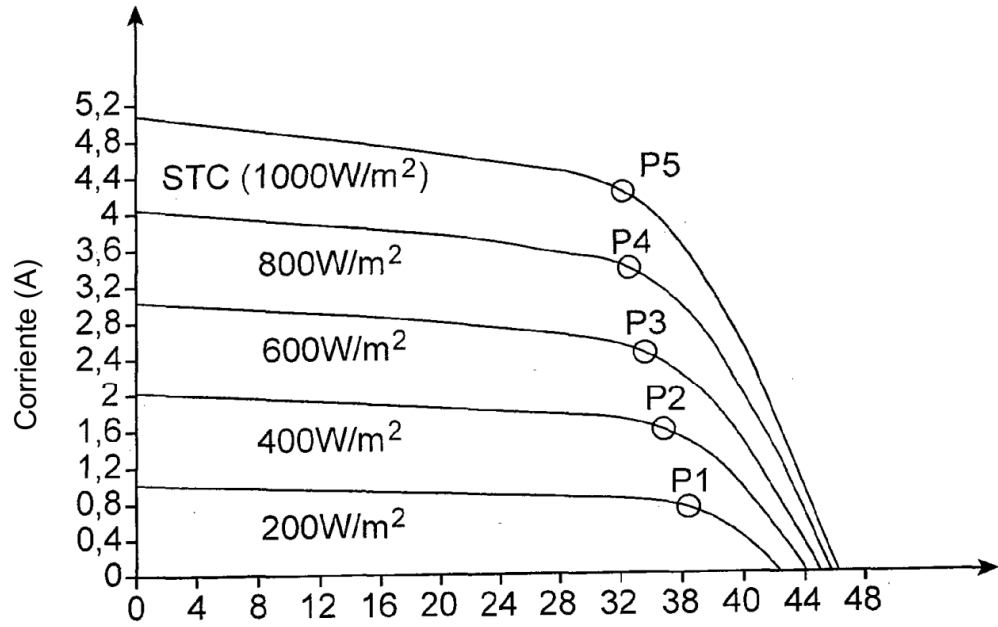


FIG.6

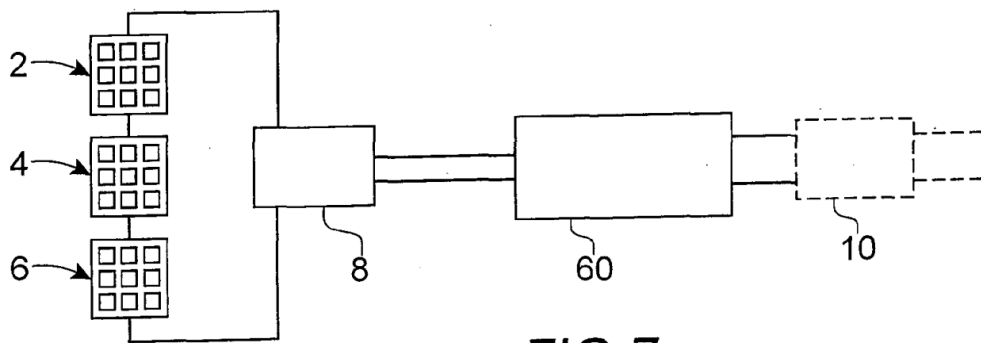


FIG.7