

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33321 B1** (51) Cl. internationale : **G01R 31/12; H01L 31/042**
(43) Date de publication : **01.06.2012**

(21) N° Dépôt : **33965**
(22) Date de Dépôt : **21.06.2011**
(30) Données de Priorité : **22.12.2008 FR 0807432**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2009/067650 21.12.2009**
(71) Demandeur(s) : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES, 25 RUE LEBLANC BATIMENT "LE PONANT D" F-75015 PARIS (FR)**
(72) Inventeur(s) : **CHAINTEUIL, Nicolas ; PERICHON, Pierre ; VALLET, Sandrine**
(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE DÉTECTION D'ARC ÉLECTRIQUE DANS UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE**

(57) Abrégé : Procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique dans un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : - Mesure (E1) d'au moins un paramètre d'un signal reçu par un capteur à ultrasons (6) parmi l'amplitude du signal, la durée du signal, la fréquence centrale du signal; - Comparaison (E2) de la mesure de ce au moins un paramètre du signal avec des valeurs prédéfinies pour déterminer si la mesure correspond à celle d'un arc électrique.

Abrégé descriptif :

Procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique dans un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 - Mesure (E1) d'au moins un paramètre d'un signal reçu par un capteur à ultrasons (6) parmi l'amplitude du signal, la durée du signal, la fréquence centrale du signal ;
- Comparaison (E2) de la mesure de ce au moins un paramètre du signal avec des valeurs prédéfinies pour déterminer si la mesure
- 10 correspond à celle d'un arc électrique.

Figure pour l'abrégé : fig 1



01 JUIN 2012

Procédé de détection d'arc électrique dans une installation photovoltaïque

L'invention concerne un procédé de détection d'un arc électrique dans un système photovoltaïque ainsi qu'un procédé de gestion sécurisée d'un système photovoltaïque. Elle concerne aussi un module photovoltaïque et un dispositif photovoltaïque équipés d'un dispositif de sécurité contre l'apparition d'arcs électriques.

Les installations photovoltaïques fonctionnent à tension continue et courant continu importants, ce qui engendre des risques d'apparition d'arcs électriques. De tels arcs électriques peuvent survenir suite à une erreur de manipulation, par exemple si un opérateur ouvre malencontreusement un connecteur en charge, ou suite à la dégradation des connexions de l'installation. Ces arcs électriques génèrent une forte chaleur de plasma pendant une durée importante puisque sous tension continue, la valeur de la tension n'est jamais nulle au contraire d'un système alternatif, et sont de ce fait très dangereux pour les personnes et les installations. De plus, l'intégration des modules photovoltaïques dans la toiture des bâtiments risque de déclencher l'incendie des charpentes en cas d'arc électrique.

Les installations photovoltaïques peuvent être reliées au réseau électrique par l'intermédiaire d'un onduleur. Dans une telle configuration, il existe des systèmes de sécurité permettant de détecter un éventuel arc électrique survenant sur la liaison électrique entre un champ de modules photovoltaïques et l'onduleur. Toutefois, ces systèmes sont insuffisants puisqu'un tel arc électrique est susceptible de se produire au niveau d'un module photovoltaïque lui-même. Il n'existe aucune solution de sécurité contre un tel risque.

30

Il est connu du document FR2827675 la possibilité de détecter un arc électrique au sein d'un conducteur électrique rigide par l'ajout d'un capteur à ultrasons positionné sur ce conducteur pour mesurer l'onde sonore induite par l'arc électrique sur ce conducteur. Cette solution est adaptée à
5 un conducteur métallique rigide d'un circuit électrique particulier et conventionnel. Un module photovoltaïque comprend une structure très particulière confinée dans des matériaux protecteurs de type verre, dans laquelle les ondes de type ultrasons ne se comportent pas du tout comme dans le cas d'un simple conducteur en cuivre. De plus, un module
10 photovoltaïque est en général positionné dans des environnements extérieurs agressifs, subissant toutes les contraintes climatiques, vent, pluie, froid, chaud. Pour toutes ces raisons, les solutions traditionnelles appliquées aux conducteurs électriques en cuivre ne sont pas applicables au domaine très spécifique et éloigné des installations photovoltaïques.

15 Un problème technique supplémentaire se pose suite à un incident électrique de type arc électrique survenu dans une installation photovoltaïque, qui consiste à optimiser les opérations de maintenance et de réparation qui peuvent facilement s'avérer fastidieuses du fait du
20 nombre élevé de modules équivalents et du fait de leur positionnement pas toujours facilement accessible dans une telle installation.

Ainsi, un objet général de l'invention est de proposer une solution de
25 détection d'un arc électrique dans une installation photovoltaïque, afin d'améliorer la sécurité de telles installations.

Plus précisément, l'invention cherche à atteindre tout ou partie des objets suivants :



Un premier objet de l'invention est de proposer une solution permettant de détecter un arc électrique survenant au sein même d'un module photovoltaïque.

- 5 Un second objet de l'invention est de proposer une solution permettant de sécuriser une installation photovoltaïque dans laquelle survient un arc électrique, notamment en intervenant très rapidement en cas de détection d'un arc électrique.
- 10 Un troisième objet de l'invention est de proposer une solution permettant de faciliter la maintenance et la réparation d'une installation photovoltaïque ayant subi un arc électrique.

A cet effet, l'invention repose sur un procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique dans un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 15 - Mesure d'au moins un paramètre d'un signal reçu par un capteur à ultrasons parmi l'amplitude du signal, la durée du signal, la fréquence centrale du signal ;
- 20 - Comparaison de la mesure de ce au moins un paramètre du signal avec des valeurs prédéfinies pour déterminer si la mesure correspond à celle d'un arc électrique.

La seconde étape de comparaison de la mesure du au moins un paramètre avec des valeurs prédéfinies peut comprendre les vérifications suivantes permettant de déterminer que le signal est bien généré par un arc électrique :

- vérification si l'amplitude du signal reçu est supérieure ou égale à 40 dB ; et/ou



- vérification si la durée du signal reçu est comprise entre 15 et 25 μs ; et/ou
- vérification si la fréquence centrale du signal reçu est comprise entre 200 et 360 kHz.

5

Le procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique peut en outre comprendre l'étape supplémentaire suivante permettant de déterminer que le signal est bien généré par un arc électrique :

- vérification si la tension efficace du signal enregistré augmente, d'une première valeur comprise entre 5 et 15 dB_{EA} , vers une seconde valeur comprise entre 15 et 25 dB_{EA} .

15 L'invention porte aussi sur un procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend un procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique tel que décrit précédemment, puis en ce qu'il comprend une étape consistant à ouvrir le circuit électrique du dispositif photovoltaïque en cas de détection d'un arc électrique, afin d'éteindre l'arc électrique.

- 20 Le procédé peut mettre en œuvre les étapes supplémentaires suivantes :
- après ouverture du circuit électrique suite à la détection d'un arc électrique, remise en fonctionnement du dispositif photovoltaïque au moins une fois ;
 - s'il y a de nouveau la détection d'un arc électrique, arrêt du
- 25 fonctionnement du dispositif photovoltaïque et transmission d'information de la défaillance du dispositif photovoltaïque.

Le procédé de gestion peut comprendre une étape supplémentaire de localisation de l'arc électrique dans le dispositif photovoltaïque.

30

Cette étape de localisation de l'arc électrique dans le dispositif photovoltaïque peut comprendre les sous-étapes suivantes :

- mémorisation des temps de réception du signal pour chacun des capteurs et classement de ces capteurs dans l'ordre de réception ;
- 5 – détermination en fonction de l'ordre d'arrivée du signal sur chaque capteur de la localisation de l'arc électrique.

De plus, le procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque peut comprendre une étape préliminaire de déclenchement du procédé de
10 détection d'arc électrique qu'à partir du moment où le dispositif photovoltaïque dépasse un certain seuil de production électrique.

L'invention porte aussi sur un module photovoltaïque caractérisé en ce qu'il comprend un capteur à ultrasons pour la détection des arcs
15 électriques et un moyen de communication de ce capteur à ultrasons vers une unité de traitement.

Le capteur à ultrasons pour la détection des arcs électriques se trouve sur le cadre ou sur le verre du module.

20

Enfin, l'invention porte aussi sur un dispositif photovoltaïque comprenant des modules photovoltaïques montés sur un ou plusieurs châssis, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur à ultrasons pour la détection des arcs électriques positionné sur un module photovoltaïque ou
25 sur un châssis supportant plusieurs modules photovoltaïques et en ce qu'il comprend une unité de traitement mettant en œuvre le procédé de détection des arcs électriques décrit précédemment.

Le dispositif photovoltaïque peut comprendre au moins un capteur à
30 ultrasons pour deux modules photovoltaïques.



Le dispositif photovoltaïque peut comprendre un dispositif de sécurité dont la fonction est d'ouvrir le circuit électrique en cas de détection d'arc électrique, le dispositif photovoltaïque mettant en œuvre le procédé de gestion sécurisée tel que décrit précédemment.

Le dispositif de sécurité peut être positionné sur une borne de sortie du champ de modules photovoltaïques du dispositif photovoltaïque ou directement au niveau de tout ou partie des modules photovoltaïques.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode d'exécution particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

La figure 1 illustre schématiquement un dispositif photovoltaïque selon un mode d'exécution de l'invention.

La figure 2 représente une onde acoustique générée dans le dispositif photovoltaïque par un arc électrique.

La figure 3 représente une onde acoustique générée dans le dispositif photovoltaïque par la dilatation thermique d'un module photovoltaïque.

La figure 4 illustre schématiquement un dispositif photovoltaïque selon une variante d'exécution de l'invention.

La figure 5 reprend le schéma précédent pour illustrer la mise en œuvre d'une étape du procédé de gestion sécurisée du dispositif photovoltaïque selon un mode d'exécution de l'invention.

L'invention repose sur l'analyse du signal à ultrasons émis par un arc électrique au sein du milieu confiné représenté par un module photovoltaïque et un champ de modules photovoltaïques, de sorte à
5 détecter et identifier la signature acoustique d'un arc électrique. Le concept de l'invention consiste donc à utiliser un ou plusieurs capteur(s) à ultrasons positionné au niveau d'un module photovoltaïque, puis à définir un traitement particulier des mesures effectuées par ce(s) capteur(s) pour identifier avec précision l'existence ou non d'un arc électrique au sein
10 d'une installation photovoltaïque.

La figure 1 représente schématiquement un dispositif photovoltaïque selon un mode d'exécution de l'invention. Ce dispositif comprend deux modules photovoltaïques 2 montés sur un châssis 3, et reliés au réseau électrique
15 traditionnel 5 par l'intermédiaire d'un onduleur 4. Selon l'invention, ce dispositif comprend un capteur à ultrasons 6 positionné au niveau d'un module photovoltaïque 2, relié par une liaison de communication 7 à une unité de traitement du signal 8 apte à analyser les données transmises par le capteur 6. Cette unité de traitement 8 est elle-même reliée par un
20 moyen de communication 9 à un dispositif de sécurité 10 dont la fonction est d'ouvrir le circuit électrique sur demande de l'unité de traitement 8 en cas d'arc électrique. Ces différents composants du dispositif photovoltaïque sont alimentés en énergie directement par les modules photovoltaïques.

25 Selon le mode d'exécution de l'invention, le capteur à ultrasons 6 est positionné de manière optimale pour capter les ondes acoustiques du dispositif photovoltaïque. Il peut par exemple se trouver sur le cadre ou sur le verre, dans la boîte de raccordement du module. En variante, il peut
30 aussi être placé sur le châssis 3 supportant les modules 2.

L'unité de traitement 8 a pour fonction d'analyser les données reçues par le capteur à ultrasons 6 et met en œuvre par des moyens matériel et/ou logiciel, de manière analogique ou numérique, un procédé de détection
5 d'arcs électriques, qui sera détaillé ci-dessous. Ce procédé permet de reconnaître parmi les nombreuses données transmises par le capteur, celles qui correspondent spécifiquement au bruit émis par un arc électrique, en reconnaissant la signature acoustique particulière d'un tel arc électrique. Selon des réalisations possibles, cette unité de traitement 8
10 peut comprendre plusieurs entrées et sorties, notamment une sortie vers l'onduleur 4, et/ou vers un autre organe de gestion du dispositif photovoltaïque ou de gestion de l'énergie. Elle peut aussi comprendre une unité de calcul, comme un microcontrôleur, et des moyens de mémorisation, pour stocker les données prédéfinies correspondant à un
15 arc électrique.

Le procédé de détection d'arc électrique selon l'invention va maintenant être détaillé.

D'abord, selon une étape préliminaire E0, le procédé ne se met en mode
20 de fonctionnement, c'est-à-dire d'écoute des ultrasons, qu'à partir du moment où le dispositif photovoltaïque dépasse un certain seuil de production, par exemple au moins 10% de sa puissance nominale. En-dessous de ce seuil, le risque d'arc électrique n'existe pas et ne nécessite pas de surveillance.

25 L'étape essentielle de détection de la signature acoustique de l'arc électrique consiste à comparer les données reçues par le capteur 6 avec la signature acoustique enregistrée d'un arc électrique, représentée en figure 2. Selon l'invention, l'onde correspondant à cette signature
30 acoustique est caractérisée par quelques paramètres particuliers, ces

paramètres pouvant prendre des valeurs positionnées dans des plages prédéfinies. Ces paramètres sont :

- 5 - l'amplitude du signal, qui est supérieure ou égale à 40 dB ; ce paramètre permet par exemple la mise en œuvre d'une étape consistant à ne pas prendre en compte tous les bruits d'amplitude inférieure ;
- la durée du signal, qui est comprise entre 15 et 25 μ s ;
- la fréquence centrale du signal, qui est comprise entre 200 et 360 kHz ;
- 10 - la tension efficace du signal, qui augmente, en général de 11 dB_{EA} jusqu'à environ 25 dB_{EA}. Ce paramètre est secondaire par rapport aux trois précédents et pourra être utilisé en combinaison avec un ou plusieurs des trois paramètres précédents.

15

Ainsi, le procédé de détection selon l'invention consiste à mesurer tout ou partie de ces paramètres, pour vérifier s'ils se trouvent dans des plages de valeur prédéfinies et mémorisées qui correspondent aux valeurs d'un arc électrique.

20

Le choix des paramètres à utiliser parmi les trois principaux listés précédemment représente un compromis entre la précision souhaitée pour la reconnaissance des arcs électriques et le temps de calcul recherché. Si tous les paramètres sont considérés, la détection des arcs électriques pourra atteindre un taux d'erreur presque nul, la mise en œuvre du calcul sera toutefois légèrement plus long, ce qui retardera l'intervention sur le circuit. De même, le choix des plages de valeur prédéfinies pour chacun de ces paramètres représente aussi un compromis entre la recherche de la détection d'un maximum d'arcs électriques tout en éliminant un maximum de situations provenant d'un

30

autre événement, afin d'éviter l'ouverture du circuit alors qu'il n'y a pas d'arc électrique.

Le procédé de détection mis en œuvre permet ainsi de reconnaître un arc électrique, avec un taux d'erreur choisi, parmi de nombreux autres événements possibles entraînant aussi la formation d'ondes acoustiques. Cette problématique est très particulière pour une installation photovoltaïque du fait de son environnement extérieur qui génère de nombreux bruits, mais aussi du fait de sa structure qui repose sur le positionnement de ses circuits électriques dans des milieux confinés, dans des matériaux spécifiques, généralement en verre. A titre d'exemple, la dilatation thermique d'un module photovoltaïque génère des bruits sous forme de craquements, qui sont aussi mesurés par le capteur à ultrasons et transmis à l'unité de traitement. La figure 3 illustre l'onde mesurée lors d'un tel événement. La durée de la salve est en général supérieure à 25 μ s. De plus, la valeur de la tension efficace du signal enregistré reste constante, n'augmente pas comme dans le cas d'un arc électrique. Les autres bruits principaux rencontrés au niveau d'un module photovoltaïque proviennent de la pluie, qui génère un bruit continu éloigné de l'arc électrique, à l'exception des premières gouttes qui peuvent générer un choc thermique et des phénomènes de dilatation comme mentionnés ci-dessus, du vent qui génère un bruit de fond de faible amplitude, de la grêle qui génère des ondes acoustiques de faible énergie et de fréquence différente de celle d'un arc électrique, des vibrations extérieures, comme suite à un séisme par exemple, de fréquence beaucoup plus basse que celle d'un arc électrique.

Ainsi, le procédé de détection d'un arc électrique selon l'invention va comprendre les deux étapes essentielles suivantes :

E1 - Mesure d'au moins un paramètre d'un signal acoustique reçu par le capteur parmi l'amplitude, la durée de l'onde, la fréquence centrale ;

E2 – Comparaison de la mesure de ce au moins un paramètre avec des valeurs mémorisées pour déterminer si la mesure correspond à celle
5 d'un arc électrique.

La seconde étape E2 peut comprendre plus précisément les vérifications suivantes, qui permettront de considérer que le signal reçu correspond bien à un arc électrique :

- 10 - E21 - vérification si l'amplitude est supérieure ou égale à 40 dB ;
et/ou
- E22 – vérification si la durée du signal est comprise entre 15 et
25 μ s ; et/ou
- E23 – vérification si la fréquence centrale est comprise entre
15 200 et 360 kHz.

Elle peut comprendre en outre l'étape supplémentaire suivante :

- E24 - vérification si la tension efficace du signal électrique
enregistrée augmente. Avantagement, il pourra être vérifié si
20 elle augmente d'une première valeur proche de 11 dB_{EA}, plus
généralement comprise entre 5 et 15 dB_{EA}, vers une seconde
valeur proche de 25 dB_{EA}, plus généralement comprise entre 15
et 25 dB_{EA}.

25 Enfin, le dispositif de sécurité 10 peut être soit disposé sur une des bornes
à la sortie du champ photovoltaïque, soit comprendre un dispositif pour
chaque module photovoltaïque, par exemple dans sa boîte de
raccordement. Après détection d'un arc électrique, l'unité de traitement 8
transmet l'information et l'ordre d'ouverture du circuit électrique au
30 dispositif de sécurité, ce qui permet de stopper la circulation électrique et

d'arrêter l'arc électrique, en supprimant ainsi le risque que représenterait l'entretien de l'arc électrique, notamment le risque d'incendie. Ce dispositif de sécurité peut consister en un simple interrupteur commandé à distance.

5

L'invention porte aussi sur le procédé de gestion sécurisée d'une installation photovoltaïque, qui met en œuvre le procédé de détection d'arc électrique détaillé précédemment, puis l'étape E3 consistant à ouvrir le circuit électrique en cas de détection d'un arc électrique, afin d'éteindre l'arc électrique. Le procédé peut en outre mettre en œuvre les étapes supplémentaires suivantes :

10

E4 – après ouverture du circuit électrique suite à la détection d'un arc électrique, remise en fonctionnement du dispositif photovoltaïque au moins une fois ;

15

E5 – s'il y a de nouveau la détection d'un arc électrique, arrêt du fonctionnement et transmission d'information de la défaillance de l'installation. Cette information peut être transmise à un opérateur par l'intermédiaire d'un voyant, ou de toute interface homme-machine appropriée.

20

La figure 4 illustre un dispositif photovoltaïque selon une variante d'exécution, qui diffère du dispositif décrit précédemment par le fait qu'il comprend huit modules photovoltaïques 12 et quatre capteurs à ultrasons 16. La proportion de un capteur pour deux modules est conservée et avantageuse. Toutefois, toute autre proportion serait aussi envisageable sans sortir du concept de l'invention. Ces différents modules sont montés sur un substrat 13, et reliés électriquement au réseau 15 via un onduleur 14. En remarque, le concept de l'invention est aussi bien adapté à une installation photovoltaïque qui ne serait pas reliée au réseau 15, puisqu'elle repose sur des mesures locales au niveau même des modules

25

30

photovoltaïques. Les capteurs à ultrasons 16 communiquent par des liaisons 17 avec une unité de traitement 18 qui elle-même communique par une liaison 19 avec un dispositif de sécurité 20. Ces derniers composants sont similaires à ceux décrits précédemment.

5

Ce dispositif fonctionne de manière similaire à celui décrit précédemment et met en œuvre le procédé de détection d'arc électrique et de gestion sécurisée de l'installation photovoltaïque qui a été explicité précédemment. Selon une caractéristique intéressante, ce dispositif met
10 en œuvre une fonction supplémentaire de localisation d'un arc électrique, ce qui est avantageux pour améliorer les opérations de maintenance et d'intervention en cas de défaillance, notamment pour les installations très étendues. Une telle fonction peut ainsi permettre d'augmenter la rentabilité et le taux de disponibilité de l'installation, ce qui est important par exemple
15 pour une centrale de production électrique.

Ainsi, ce dispositif met en œuvre un procédé de gestion qui comprend l'étape supplémentaire E6 consistant à localiser la provenance de l'arc électrique dans l'installation. Cette étape est avantageusement réalisée à
20 partir de la donnée de l'instant de réception par chaque capteur du signal d'arc électrique, qui dépend du temps de propagation de l'onde depuis son emplacement jusqu'au capteur et donne donc une indication sur sa provenance.

25 L'étape de localisation E6 pourrait donc se décomposer en sous-étapes suivantes :

E61 – mémorisation du temps t_0 de réception de l'onde acoustique d'arc électrique du premier capteur 16 à la recevoir, qui sert de temps de référence pour les autres capteurs ;

E62 – mémorisation des temps t_i de réception de l'onde acoustique pour chacun des autres capteurs i et classement de ces capteurs dans l'ordre de réception ;

5 E63 – détermination en fonction de l'ordre d'arrivée de l'onde acoustique sur chaque capteur 16 du module photovoltaïque 12 de la localisation de l'arc électrique.

La figure 5 représente un exemple de mise en œuvre de cette méthode. Les différents modules photovoltaïques de l'installation, qui correspond à
10 celle de la figure 4, ont été référencés de 12a à 12h et les différents capteurs de 16a à 16d. Supposons que le premier capteur recevant l'onde acoustique d'arc électrique soit le capteur référencé 16a, puis que l'onde atteigne dans l'ordre les capteurs 16b, 16c, 16d. Alors l'arc électrique se situe obligatoirement sur le module photovoltaïque 12c.

15

La méthode de localisation a été donnée à titre d'illustration de l'invention. D'autres procédés sont possibles, tenant compte par exemple des distances exactes entre les différents modules et les capteurs, afin de retrouver en fonction des temps de propagation des signaux leur distance
20 de provenance de chaque capteur, puis leur localisation exacte.

Ensuite, le dispositif pourra mettre en œuvre une dernière étape E7 de transmission de l'information de localisation, au responsable de l'installation par une interface homme-machine directement positionnée au
25 niveau de l'unité de traitement 18 par exemple, ou par tout autre moyen de communication, par l'intermédiaire de l'onduleur 14 ou d'une centrale de gestion de l'énergie.

Naturellement, le concept de l'invention ne se limite pas aux dispositifs
30 photovoltaïques décrits ci-dessus mais peut être mis en œuvre dans toute

sorte d'installation photovoltaïque, avec de nombreux modules photovoltaïques et d'autres types de capteurs à ultrasons. Toutefois, l'utilisation d'au moins un capteur pour deux modules photovoltaïques est avantageuse.

5

L'application de l'invention permet donc bien de répondre aux objets recherchés et présente en outre les avantages suivants :

-comme l'émission d'ultrasons se propage très vite dans le verre (5000 m/s) et atteint le capteur à ultrasons en quelques millisecondes,

10 le dispositif est apte à une coupure du circuit électrique très rapide ;

-la détection des arcs électriques, même au sein des modules, permet ainsi d'éviter une destruction totale d'une installation photovoltaïque par incendie ;

15 -le dispositif de l'invention fonctionne toujours de manière efficace, même s'il est positionné au voisinage de structures métalliques, sur des bâtiments en béton armé par exemple ;

-cette solution est bien sûr compatible et complémentaire avec d'autres solutions de détection d'arc électrique en dehors des modules photovoltaïques, et peut donc être combinée avec ces autres solutions.

20



Revendications

1. Procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique dans un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes
5 suivantes :

- Mesure (E1) d'au moins un paramètre d'un signal reçu par un capteur à ultrasons (6 ; 16) parmi l'amplitude du signal, la durée du signal, la fréquence centrale du signal ;

10 - Comparaison (E2) de la mesure de ce au moins un paramètre du signal avec des valeurs prédéfinies pour déterminer si la mesure correspond à celle d'un arc électrique.

2. Procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la seconde étape (E2) de
15 comparaison de la mesure du au moins un paramètre avec des valeurs prédéfinies comprend les vérifications suivantes permettant de déterminer que le signal est bien généré par un arc électrique :

- vérification (E21) si l'amplitude du signal reçu est supérieure ou égale à 40 dB ; et/ou

20 - vérification (E22) si la durée du signal reçu est comprise entre 15 et 25 μ s ; et/ou

- vérification (E23) si la fréquence centrale du signal reçu est comprise entre 200 et 360 kHz.

25 3. Procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'étape supplémentaire suivante permettant de déterminer que le signal est bien généré par un arc électrique :

- vérification (E24) si la tension efficace du signal enregistré augmente, d'une première valeur comprise entre 5 et 15 dB_{EA}, vers une seconde valeur comprise entre 15 et 25 dB_{EA}.

5 4. Procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend un procédé de détection par ultrasons d'un arc électrique selon l'une des revendications précédentes, puis en ce qu'il comprend une étape (E3) consistant à ouvrir le circuit électrique du dispositif photovoltaïque en cas de détection d'un arc électrique, afin
10 d'éteindre l'arc électrique.

5. Procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il met en œuvre les étapes supplémentaires suivantes :

15 – après ouverture du circuit électrique suite à la détection d'un arc électrique, remise en fonctionnement du dispositif photovoltaïque au moins une fois (E4) ;

– s'il y a de nouveau la détection d'un arc électrique, arrêt du fonctionnement du dispositif photovoltaïque et transmission d'information
20 de la défaillance du dispositif photovoltaïque (E5).

6. Procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire de localisation (E6) de l'arc électrique dans le dispositif
25 photovoltaïque.

7. Procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de localisation (E6) de l'arc électrique dans le dispositif photovoltaïque comprend les
30 sous-étapes suivantes :

– mémorisation des temps (t_i) de réception du signal pour chacun des capteurs (16i) et classement de ces capteurs dans l'ordre de réception (E61, E62);

– détermination en fonction de l'ordre d'arrivée du signal sur
5 chaque capteur (16i) de la localisation (E63) de l'arc électrique.

8. Procédé de gestion sécurisée d'un dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend une étape
10 préliminaire (E0) de déclenchement du procédé de détection d'arc électrique qu'à partir du moment où le dispositif photovoltaïque dépasse un certain seuil de production électrique.

9. Module photovoltaïque (2 ; 12), caractérisé en ce qu'il comprend un capteur à ultrasons (6 ; 16) pour la détection des arcs électriques et un
15 moyen de communication de ce capteur à ultrasons vers une unité de traitement (8 ; 18).

10. Module photovoltaïque (2 ; 12) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le capteur à ultrasons (6 ; 16) pour la détection des
20 arcs électriques se trouve sur le cadre ou sur le verre du module.

11. Dispositif photovoltaïque comprenant des modules photovoltaïques (2 ; 12) montés sur un ou plusieurs châssis (3 ; 13), caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur à ultrasons (6 ; 16) pour la détection des
25 arcs électriques positionné sur un module photovoltaïque (2 ; 12) ou sur un châssis (3 ; 13) supportant plusieurs modules photovoltaïques (2 ; 12) et en ce qu'il comprend une unité de traitement (8 ; 18) mettant en œuvre le procédé de détection des arcs électriques selon l'une des revendications 1 à 3.

30

12. Dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur à ultrasons (6 ; 16) pour deux modules photovoltaïques (2 ; 12).

5 13. Dispositif photovoltaïque selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de sécurité (10 ; 20) dont la fonction est d'ouvrir le circuit électrique en cas de détection d'arc électrique, le dispositif photovoltaïque mettant en œuvre le procédé de gestion sécurisée selon l'une des revendications 4 à 9.

10

14. Dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dispositif de sécurité (10 ; 20) est positionné sur une borne de sortie du champ de modules photovoltaïques (2 ; 12) du

15 modules photovoltaïques (2 ; 12).



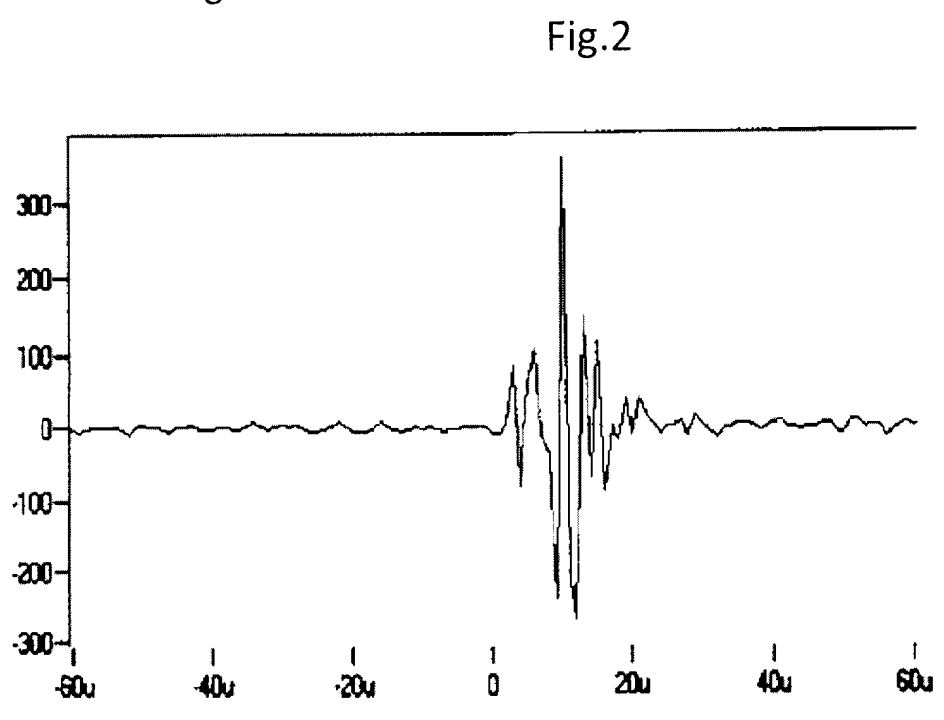
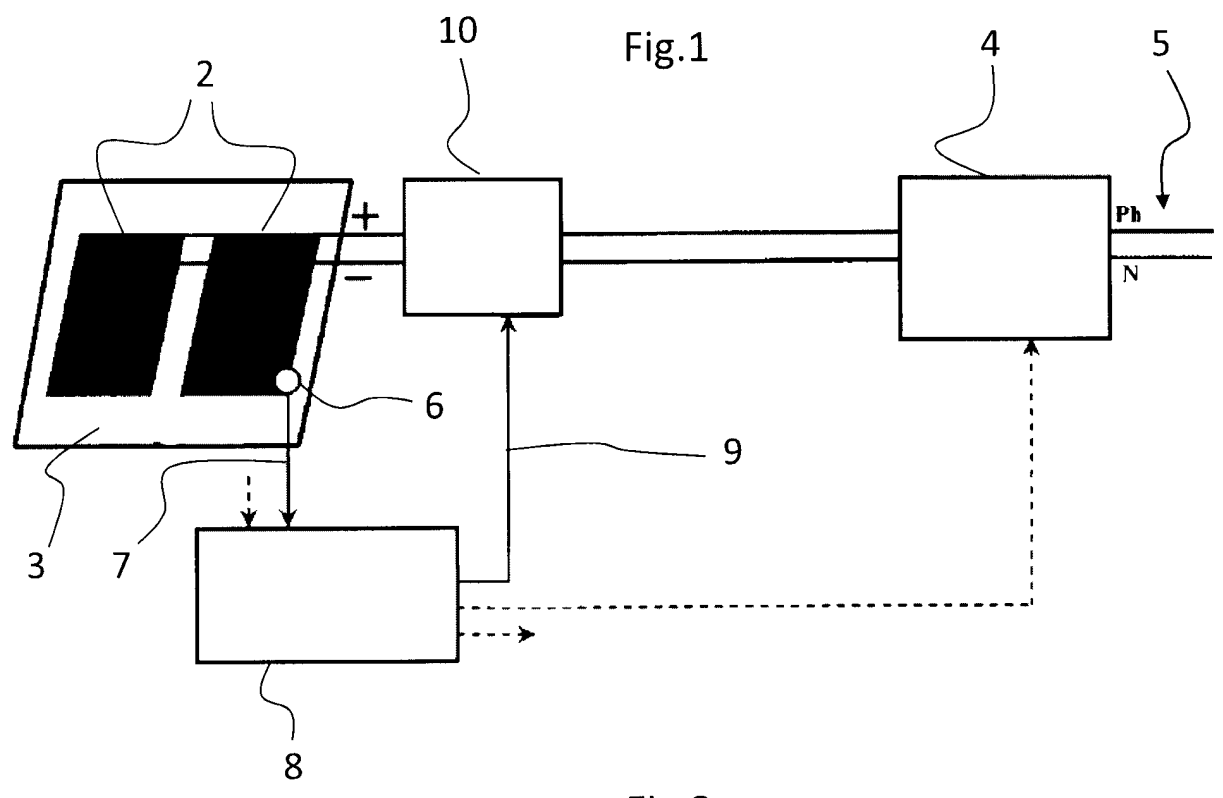


Fig.3

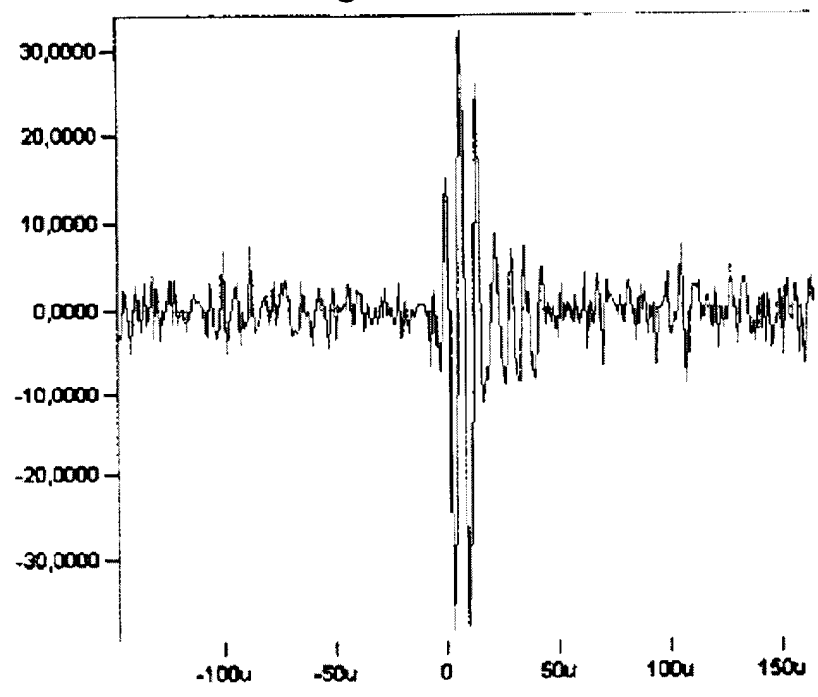
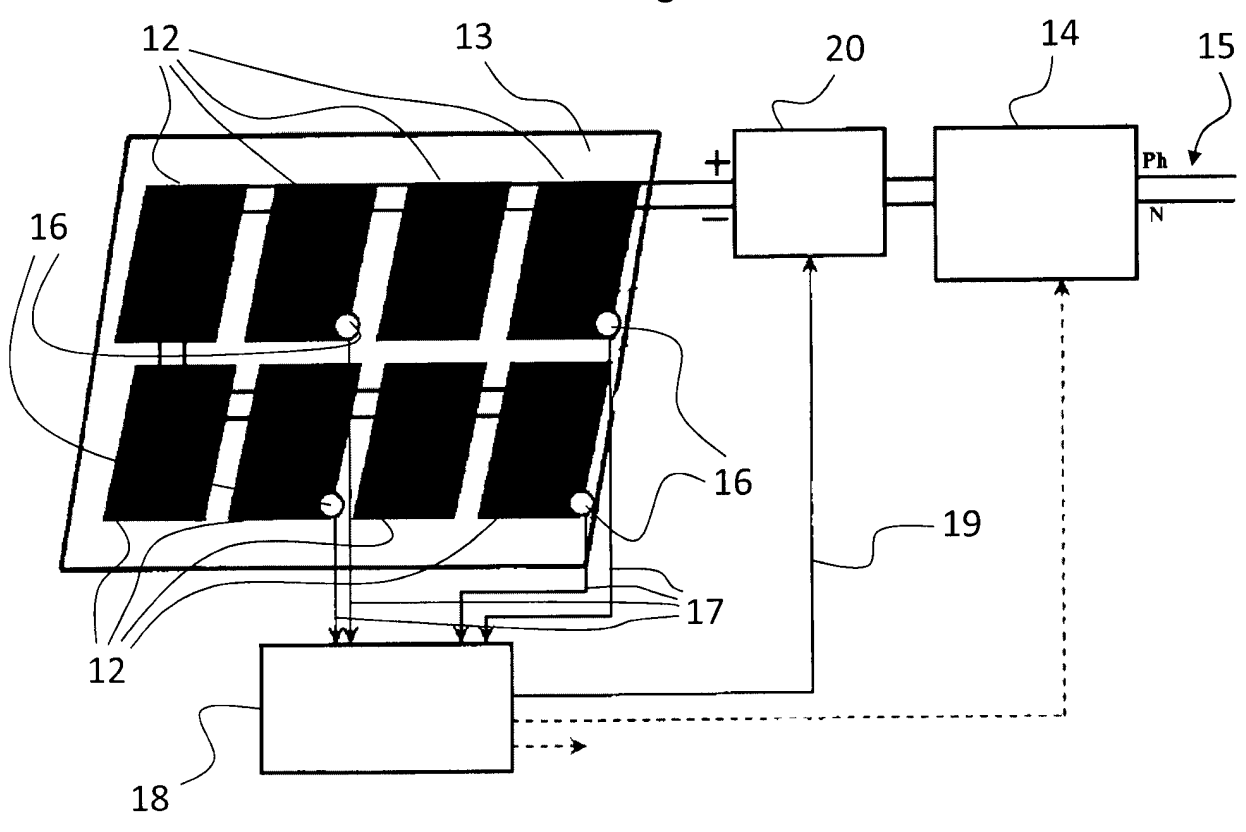
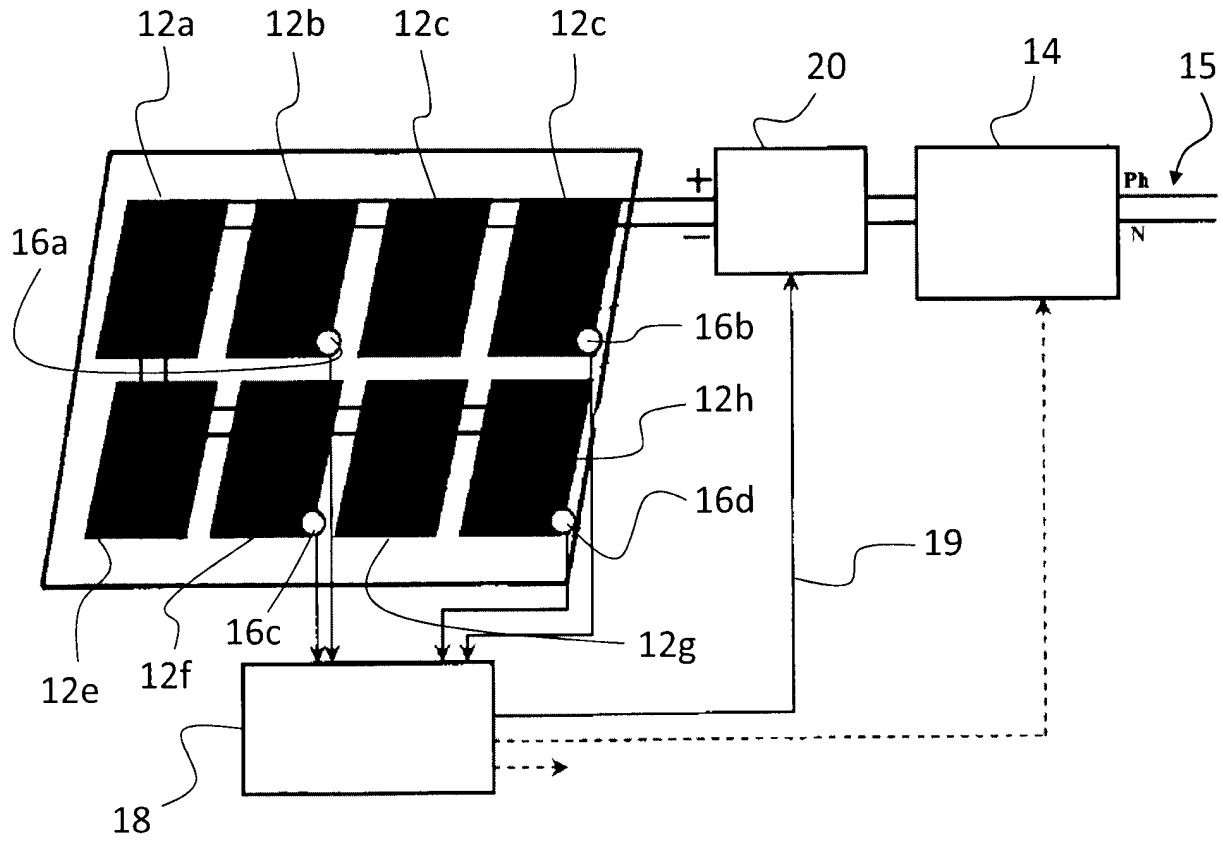


Fig.4



Q

Fig.5



9