

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :

2 965 627

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

10 57917

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 01 R 31/02 (2012.01), G 01 R 19/30, H 01 L 31/00

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.09.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 06.04.12 Bulletin 12/14.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

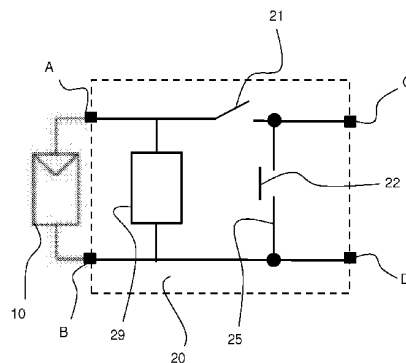
72 Inventeur(s) : CHAINTREUIL NICOLAS et PERI-  
CHON PIERRE.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMI-  
QUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

74 Mandataire(s) : AIVAZIAN MOREAU NOVAIMO.

54 SYSTEME DE GESTION D'UN DISPOSITIF PHOTOVOLTAÏQUE.

57 Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend un premier interrupteur (21; 31) en série et un second interrupteur (22; 32) en parallèle aptes à former un premier moyen de mise en sécurité du dispositif photovoltaïque et un second moyen de passage d'un mode de court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement du dispositif photovoltaïque pour permettre le tracé d'une courbe d'évolution de la tension  $U$  pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque.



FR 2 965 627 - A1



L'invention concerne un système de gestion pour dispositif photovoltaïque. Elle concerne aussi un dispositif photovoltaïque comprenant un tel système de gestion.

5 Les dispositifs de génération d'énergie à partir de sources intermittentes, comme les dispositifs photovoltaïques, qui regroupent plusieurs modules photovoltaïques, sont de plus en plus utilisés. Dans ce cadre, il existe un besoin croissant d'amélioration de la gestion de ces générations d'énergie, afin d'optimiser la production d'énergie, de minimiser l'entretien des  
10 dispositifs, de garantir une sécurité accrue, et finalement de diminuer le coût de production. Ce dernier dépend notamment de l'autonomie et de la capacité de ces dispositifs de génération d'énergie tels les dispositifs photovoltaïques à diagnostiquer leur défaillance, si possible en temps réel. Les dispositifs existants ne sont pas conçus pour une réaction rapide en  
15 cas de défaillance, même quand leur production devient anormalement basse. Pour cette raison, ils nécessitent des opérations de maintenance complexes et coûteuses.

Le document US2008/0147335 décrit une solution reposant sur des  
20 moyens de jonction intelligents entre des modules photovoltaïques, remplissant différentes fonctions de gestion, de suivi, incluant par exemple la mesure de certaines grandeurs électriques et la détection d'arcs électriques. Une telle solution apporte ainsi une amélioration aux centrales de production photovoltaïque existantes mais reste toutefois largement  
25 insuffisante.

Ainsi, un objet général de l'invention est de proposer une solution améliorée de gestion d'un dispositif photovoltaïque.

Plus précisément, un premier objet de l'invention consiste à définir une solution qui permet la mise en place d'un diagnostic d'un dispositif photovoltaïque, permettant notamment de détecter sa défaillance.

- 5 Un second objet de l'invention consiste à définir une solution qui permet d'augmenter la sécurité d'un dispositif photovoltaïque.

- A cet effet, l'invention porte sur un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend un premier interrupteur  
10 en série et un second interrupteur en parallèle aptes à former un premier moyen de mise en sécurité du dispositif photovoltaïque et un second moyen de passage d'un mode de court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement du dispositif photovoltaïque pour permettre le tracé d'une  
15 courbe d'évolution de la tension  $U$  pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque.

Le second interrupteur peut être monté en parallèle se trouve en aval du premier interrupteur.

- 20 Le système de gestion pour un dispositif photovoltaïque peut comprendre un relais dont une position de travail permet de mettre le système de gestion en mode de fonctionnement normal et une position de repos permet de mettre le système de gestion en mode de sécurité.
- 25 Le système de gestion pour un dispositif photovoltaïque peut comprendre un premier interrupteur disposé en série et un second interrupteur disposé en parallèle, sur une liaison parallèle disposée en amont du premier interrupteur.

Le système de gestion pour un dispositif photovoltaïque peut comprendre une alimentation électrique montée en parallèle sur le système de gestion. Il peut comprendre un élément monté en parallèle du second interrupteur permettant d'avoir une tension non nulle aux bornes de l'alimentation électrique.

L'invention porte aussi sur une boîte de jonction pour module photovoltaïque, caractérisée en ce qu'elle comprend un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque tel que décrit précédemment.

10

L'invention porte aussi sur une installation photovoltaïque, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque tel que décrit précédemment.

15 L'invention porte aussi sur un procédé de gestion d'un dispositif photovoltaïque à partir d'un système de gestion tel que décrit précédemment, caractérisé en ce qu'il met en œuvre les deux étapes suivantes :

- mise en sécurité du dispositif photovoltaïque,
- 20 - tracé d'une courbe d'évolution de la tension  $U$  lors d'un passage d'un mode de court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement.

L'étape de mise en sécurité peut comprendre l'ouverture du premier interrupteur en série et la fermeture du second interrupteur en parallèle.

25

L'étape de tracé de la courbe d'évolution de la tension  $U$  peut comprendre les deux sous-étapes suivantes :

- fermeture des deux interrupteurs afin d'obtenir la situation de court-circuit du système de sorte d'obtenir une tension nulle en aval ;

4

- ouverture du second interrupteur afin d'obtenir une situation de circuit ouvert ;

et elle peut comprendre la mesure de la tension entre les deux sous-étapes précédentes.

5

En mode de fonctionnement normal, les deux interrupteurs peuvent être en position ouverte et un relais peut se trouver en position de travail de sorte de former un circuit série fermé entre deux bornes du système en parallèle du premier interrupteur, et l'étape de mise en sécurité peut

10 comprend les sous-étapes suivantes :

- fermeture des deux interrupteurs;

- passage en position de repos du relais, dans laquelle il crée une situation de court-circuit du système de sorte d'obtenir une tension nulle en aval ;

15

- ouverture des deux interrupteurs.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes d'exécution particuliers faits à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes

20

parmi lesquelles :

La figure 1 illustre schématiquement un circuit électrique équivalent à une cellule photovoltaïque.

25

La figure 2 représente la courbe tension-intensité obtenue aux bornes de différentes cellules photovoltaïques.

La figure 3 représente schématiquement le circuit électrique de deux cellules photovoltaïques en série dont l'une est défectueuse.

30

Les figures 4 et 5 représentent respectivement deux méthodes différentes de diagnostic d'un générateur photovoltaïque à partir des courbes d'évolution de la tension en fonction du temps aux bornes d'un générateur photovoltaïque normal et défectueux.

5

La figure 6 représente des courbes tension-intensité obtenues aux bornes d'un générateur photovoltaïque selon différents scénarii.

La figure 7 illustre un dispositif de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon un premier mode d'exécution de l'invention.

10

La figure 8 illustre un dispositif de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon une variante du premier mode d'exécution de l'invention.

La figure 9 illustre un dispositif de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon un second mode d'exécution de l'invention.

15

La gestion classique des dispositifs photovoltaïques consiste à observer leur comportement au niveau des systèmes reliés à ces dispositifs, par exemple en mesurant la charge d'une batterie reliée au dispositif ou en mesurant la production électrique obtenue sur un réseau électrique auquel est relié le dispositif. En cas de mesure plus basse que la valeur attendue, il est conclu à une défaillance du dispositif photovoltaïque. Une telle gestion classique présente l'inconvénient d'être imprécise. En effet, elle ne permet pas de faire la distinction entre une baisse normale de production causée par des ombrages ou des conditions météorologiques particulières avec une réelle défaillance du dispositif. De plus, elle ne permet pas de différencier différentes défaillances du dispositif comme une augmentation de la résistance du câblage, par exemple suite à un défaut de connectique ou un arc électrique dans le dispositif, ou une détérioration de la face

20

25

30

avant du générateur photovoltaïque, par exemple suite à une délamination ou à de la corrosion, à un ombrage ou à une salissure.

5 Une solution repose sur l'analyse de l'évolution de la tension d'un générateur photovoltaïque lors de son passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode de fonctionnement en circuit ouvert ou réciproquement. Cette évolution peut être observée par la courbe de la tension en fonction du temps ou par l'analyse de la courbe représentant l'intensité en fonction de la tension au niveau du générateur  
10 photovoltaïque lors de ce changement de mode.

Le passage du fonctionnement en court-circuit à un mode de fonctionnement en circuit ouvert nécessite une commande particulière d'un interrupteur, dont le temps d'ouverture doit être suffisamment lent  
15 pour permettre la mesure de nombreux points de valeurs de tension et/ou d'intensité, plus lent que la durée habituelle, et suffisamment rapide pour ne pas perturber l'onduleur et le reste du réseau électrique auquel est relié le dispositif photovoltaïque.

20 Pour cela, un interrupteur équipé d'un dispositif de commande qui permet d'atteindre une durée d'ouverture représentant un bon compromis pour répondre aux contraintes précédentes peut être utilisé.

En préambule à la description d'un mode d'exécution du dispositif de  
25 gestion selon l'invention, le principe de détection de la défaillance d'un dispositif photovoltaïque va être détaillé ci-dessous.

Une cellule photovoltaïque se comporte selon un circuit électrique tel que représenté schématiquement sur la figure 1. Elle fournit un courant  $I$  et  
30 une tension  $U$  sur ses bornes AB de sortie.

La figure 2 représente la courbe de l'intensité  $I$  en fonction de la tension  $U$  obtenue aux bornes de différentes cellules photovoltaïques. Les courbes 1 et 2 illustrent le cas de cellules photovoltaïques en fonctionnement normal, c'est-à-dire non défectueuses. La courbe 3 illustre la situation d'une cellule photovoltaïque recevant une irradiation insuffisante ou nulle, dite cellule défectueuse. Dans le cas où le courant fourni par un générateur photovoltaïque, qui comprend plusieurs de ces cellules photovoltaïques, s'élève à une valeur  $I_{PV}$ , les cellules photovoltaïques en position de fonctionnement normal vont présenter une tension  $U_1$ ,  $U_2$  positive à leurs bornes alors qu'une cellule défaillante présentera une tension  $U_3$  négative.

La figure 3 illustre schématiquement la représentation électrique d'une cellule en fonctionnement normal placée en série avec une cellule défaillante, dont la tension  $U'$  est opposée à la tension  $U$  de la cellule en état normal de fonctionnement. Dans une cellule photovoltaïque défectueuse, sa capacité  $C'$  est chargée négativement, sa tension opposée peut atteindre plus de 20 fois la valeur de la tension nominale de la cellule et son courant maximal est plus faible que celui d'une autre cellule. Dans le cas de l'ouverture du circuit relié à une telle cellule défectueuse, la tension de la cellule défectueuse va mettre un temps beaucoup plus long que celui d'une cellule normale pour atteindre une valeur nominale positive. Ce temps peut être de l'ordre de 20 à 100 fois plus long.

Ainsi, le phénomène précédent est exploité pour élaborer, selon la réponse d'un générateur photovoltaïque lors de son passage d'un mode de court-circuit à circuit ouvert, un diagnostic de son fonctionnement.

Les figures 4 et 5 représentent des courbes 15, 16 d'évolution de la tension  $U$  en fonction du temps  $t$  aux bornes d'un générateur photovoltaïque lors de son passage de court-circuit à circuit ouvert, respectivement dans le cas d'un fonctionnement normal et dans le cas

5 d'un fonctionnement défectueux. La courbe normale 15 montre que la tension  $U$  converge finalement vers une tension maximale  $U_{CO}$ . La courbe 16 montre que la tension d'un générateur défectueux augmente beaucoup moins vite.

10 Ainsi, une première méthode de diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque, représentée sur la figure 4, consiste à observer le temps nécessaire pour atteindre une tension  $U_f$  représentant un pourcentage prédéfini de la tension maximale  $U_{CO}$ , par exemple 95%. Dans le cas du

15 générateur en fonctionnement normal, la valeur finale prédéfinie  $U_f$  est atteinte au bout d'un temps normal  $t_n$ . Dans le cas du générateur défectueux, la valeur finale prédéfinie  $U_f$  est atteinte au bout d'un temps plus long  $t_d$ . Ainsi, la comparaison des temps  $t_d$  et  $t_n$  permet un diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque.

20 Une seconde méthode, représentée sur la figure 5, consiste à mesurer la tension obtenue pour un temps prédéfini  $t_f$ . Dans le cas du générateur en fonctionnement normal, une valeur normale  $U_n$  est atteinte au bout du temps  $t_f$ . Dans le cas du générateur défectueux, une valeur finale inférieure  $U_d$  est atteinte au bout du temps  $t_f$ . Ainsi, la comparaison des

25 tensions  $U_n$  et  $U_d$  permet un diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque.

La figure 6 illustre trois courbes  $U(I)$  4, 5, 6 obtenues selon respectivement trois scénarii différents lorsqu'un générateur photovoltaïque passe d'une

30 situation en court-circuit à une situation en circuit ouvert. Chaque courbe

$U(I)$  est la somme des courbes  $U(I)$  de chacune des cellules photovoltaïques composant le générateur photovoltaïque. Des courbes équivalentes seraient obtenues pour un passage d'une situation en circuit ouvert à une situation en court-circuit.

5

La courbe 4 représente un générateur photovoltaïque dans lequel toutes les cellules photovoltaïques sont en bon état de fonctionnement. A l'ouverture du circuit, l'intensité va atteindre une valeur nulle alors que la tension atteindra une valeur maximale  $U_{CO}$  au bout d'un temps relativement court. La courbe 5 représente la même courbe obtenue dans  
 10 le cas d'un générateur comprenant au moins une cellule photovoltaïque défectueuse. Cette courbe présente un décrochement 7 au cours duquel l'intensité chute plus rapidement alors que la tension augmente peu. La courbe 6 illustre un autre exemple dans lequel la courbe présente deux  
 15 décrochements 8, 9, qui indiquent la présence d'au moins deux cellules photovoltaïques défectueuses. Dans tous les cas, la même valeur de tension  $U_{CO}$  est finalement atteinte, après un temps toutefois beaucoup plus long dans le cas des courbes 5, 6 pour les générateurs présentant au moins une cellule défailante comme cela a été explicité ci-dessus. Ces  
 20 exemples permettent d'illustrer plusieurs situations et enseignent que les courbes  $U(I)$  permettent d'obtenir les diagnostics suivants :

-il y a autant de défauts dans le dispositif que de décrochements 7, 8, 9 ;

-plus le décrochement est important, plus la défaillance est  
 25 importante.

Les explications précédentes vont maintenant être exploitées dans un dispositif de gestion d'un module photovoltaïque, dont plusieurs modes d'exécution sont représentés sur les figures 7 à 9.

30

L'invention repose sur un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque, qui met en œuvre plusieurs fonctions de gestion d'un dispositif photovoltaïque, incluant notamment sa mise en sécurité et son passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement pour permettre le tracé d'une évolution de la tension  $U$  pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque, de manière simple et performante. Avantageusement, ce système de gestion se présente sous la forme d'un seul dispositif, intégré dans un boîtier de faible encombrement. Selon le mode d'exécution de l'invention, un tel système de gestion est prévu pour chaque module photovoltaïque d'un dispositif photovoltaïque, et est intégré dans la boîte de jonction de chaque module photovoltaïque.

La figure 7 représente un premier mode d'exécution de l'invention. Un dispositif de gestion 20, qui est donc intégré dans la boîte de jonction d'un module photovoltaïque 10, est connecté aux bornes A-B du module photovoltaïque 10. En aval, toute charge non représentée peut être connectée sur ses bornes de sortie C-D, par l'intermédiaire d'un onduleur par exemple qui permet la liaison du module à un réseau de distribution électrique conventionnelle.

Le dispositif de gestion 20 selon ce premier mode d'exécution comprend un premier interrupteur 21 monté sur la liaison électrique reliant les bornes A et C et disposé en série par rapport au circuit formé par le module photovoltaïque et une charge qui serait connectée aux bornes de sortie C et D. Il comprend de plus un second interrupteur 22 monté en parallèle du module photovoltaïque, sur une liaison 25 reliant les deux liaisons électriques AC et BD en aval du premier interrupteur 21. Ce positionnement aval du second interrupteur est préférable à la situation inverse dans laquelle le premier interrupteur 21 en série serait soumis à

des contraintes en tension. Dans sa configuration de fonctionnement normal, le premier interrupteur 21 est en position fermée et le second interrupteur 22 en position ouverte, ce qui permet au dispositif de gestion 20 de transmettre une tension produite par le module photovoltaïque 10 sur ses bornes de sortie CD.

De plus, le dispositif de gestion 20 comprend une alimentation électrique 29, montée en parallèle du module photovoltaïque 20 en amont des deux interrupteurs 22. Ce positionnement amont lui permet un fonctionnement optimal, notamment lorsque les interrupteurs sont fermés pour provoquer une situation de court-circuit. Cette alimentation électrique permet de subvenir aux besoins du dispositif de gestion 20, pour assurer son fonctionnement dans toutes les configurations, notamment pour l'actionnement des deux interrupteurs 21, 22 explicités ci-dessus. En remarque, les besoins énergétiques du dispositif de gestion seront en grande majorité couverts par le module photovoltaïque 10 lui-même. En effet, la source de tension provenant du module photovoltaïque reste presque toujours disponible, dans toutes ses configurations, car le module photovoltaïque se trouve soit dans la configuration de production normale, aussi appelée MPP en référence à sa dénomination anglo-saxonne de « Maximum Power Point », soit en circuit ouvert. Il n'y a que dans la phase transitoire lors de la mise en œuvre du tracé de la courbe  $U(I)$  que cette tension n'est pas disponible. Pour surmonter cette situation, l'alimentation électrique 29 choisie est une alimentation robuste à une absence de tension de quelques millisecondes.

Outre les éléments mentionnés précédemment, le dispositif de gestion 20 comprend un microprocesseur qui met en œuvre des procédés pour remplir les fonctions de gestion qui seront détaillées par la suite, une mémoire pour stocker certaines données mesurées et échangées avec

l'extérieur, un module de communication, notamment pour transférer les résultats de ses fonctions de gestion, et des moyens de mesure, comme la mesure de la tension et du courant aux bornes du module photovoltaïque 10.

5

Le dispositif de gestion 20 permet de remplir une première fonction de sécurité. En effet, il permet de couper la tension de sortie pour éliminer tout risque d'électrisation, voire d'électrocution, en cas d'intervention humaine sur un dispositif positionné en aval du dispositif de gestion 20.

10 Pour cela, le dispositif de gestion peut occuper une configuration de sécurité dans laquelle le premier interrupteur 21 est ouvert et le second interrupteur 22 est fermé. Le premier interrupteur 21 permet d'ouvrir le circuit et d'obtenir une tension nulle entre les bornes C-D de sortie. De plus, comme le second interrupteur 22 est fermé, le module  
15 photovoltaïque 10 serait en court-circuit en cas de défaillance du premier interrupteur 21, ce qui permettrait aussi d'obtenir une tension nulle entre les bornes C-D de sortie. Ainsi, chacun des deux interrupteurs 21, 22 remplit la même fonction de sécurité d'une manière différente, ce qui permet par redondance de garantir la non défaillance de la gestion de la  
20 sécurité du dispositif de gestion 20.

D'autre part, le dispositif de gestion 20 permet la mise en œuvre du diagnostic du module photovoltaïque 10, en permettant le tracé dynamique de la courbe  $U(I)$  lors d'un passage d'une situation en circuit  
25 ouvert à une situation en court-circuit du module photovoltaïque, ou inversement. Pour cela, les deux interrupteurs 21, 22 sont d'abord positionnés en position fermée, afin d'obtenir la situation de court-circuit du module photovoltaïque 10, avant une ouverture de l'interrupteur 22 pour le passage dans la situation de circuit ouvert. En variante, la  
30 démarche opposée peut être réalisée. De préférence, le premier

interrupteur 21 est de type mécanique pour ne pas insérer de résistance ou de jonction PN parasite sur la mesure effectuée par l'intermédiaire de l'interrupteur 22.

- 5 La figure 8 représente de manière détaillée une mise en œuvre de l'invention selon l'approche du premier mode d'exécution présenté ci-dessus. Elle repose sur un switch hybride, électromécanique et électronique. Deux interrupteurs 21, 22 et un relais 23 sont utilisés.
- 10 La figure 8 représente la position de sécurité du dispositif de gestion, dans laquelle aucune tension n'est transmise entre les bornes de sortie C et D. Dans cette position, les deux interrupteurs 21, 22 sont ouverts et le relais 23 met le dispositif en court-circuit et se trouve dans sa position dite de repos. Dans cette position de repos, il relie deux branches 26, 27 qui
- 15 forment une liaison électrique parallèle mettant le dispositif photovoltaïque relié sur les bornes A et B en court-circuit.

En position de fonctionnement normal, le premier interrupteur 21 est ouvert, le second interrupteur 22 reste ouvert et le relais 23 occupe sa

20 seconde position dite de travail, non représentée, dans laquelle il relie les branches 27, 28 formant un circuit série entre les bornes A et C. Dans ce fonctionnement normal, ce mode d'exécution présente l'avantage de minimiser les pertes car le courant du module photovoltaïque circule par le contact mécanique du relais 23 et non pas par l'interrupteur 21, lequel

25 génère des pertes dans son état passant. Au contraire, la résistance de contact mécanique du relais 23 est négligeable, ce qui génère peu de pertes. De plus, le bilan énergétique du dispositif de gestion est avantageux puisque sa consommation provient principalement de l'alimentation de la bobine de maintien du relais 23 en position de travail,

30 ce qui est faible.

Le fonctionnement de ce dispositif de gestion va maintenant être explicité.

5 La configuration de sécurité du dispositif de gestion est représentée sur la figure 8. Comme explicité précédemment, la sécurité est obtenue de manière redondante à la fois par l'ouverture du circuit et ensuite par la réalisation du court-circuit.

10 Le passage de la configuration de sécurité au mode de fonctionnement normal cité précédemment peut se faire par les opérations suivantes : fermeture du second interrupteur 22, fermeture du premier interrupteur 21, passage en position de travail du relais 23, ouverture du second interrupteur 22, ouverture du premier interrupteur 21. En remarque, la fermeture du premier interrupteur 21 permet d'éviter d'avoir un micro arc à  
15 la fermeture du relais 23, qui se fait alors sous une tension très faible. Le passage de la configuration du mode normal mode de sécurité se fait par les opérations inverses.

20 Le dispositif de gestion 20 permet de plus de tracer la courbe  $U(I)$  afin de réaliser le diagnostic d'un module photovoltaïque, comme cela a été explicité ci-dessus. À partir de la configuration de sécurité, il est possible d'obtenir cette courbe par les opérations suivantes : fermeture du second interrupteur 22, fermeture du premier interrupteur 21, passage du relais 23 en position de travail, ouverture du premier interrupteur 21, ouverture lente  
25 (de durée inférieure à 1 ms) du second interrupteur 22 pour effectuer la mesure lors du passage de court-circuit à circuit ouvert. En fin d'opération, le dispositif se trouve alors dans son mode de fonctionnement normal.

30 Cette courbe  $U(I)$  peut aussi être obtenue à partir du mode de fonctionnement normal, par les opérations suivantes : fermeture du

second interrupteur 22 pour former un court-circuit puis ouverture lente (de durée inférieure à 1 ms) du second interrupteur 22.

5 En remarque, dans tous les états, le dispositif de gestion peut être alimenté par un module photovoltaïque.

La figure 9 décrit un second mode d'exécution d'un dispositif de gestion 30. Son principe de fonctionnement est similaire à celui du premier mode d'exécution. Il repose sur un premier interrupteur 31 disposé en série sur  
10 la liaison électrique reliant les bornes A et C du dispositif de gestion et sur un second interrupteur 32 disposé en parallèle, sur une liaison parallèle 35 disposée en amont du premier interrupteur 31. Une alimentation électrique 39 est de plus montée en parallèle du second interrupteur 32, en amont de celui-ci. En variante, elle pourrait se trouver en aval de celui-ci,  
15 en amont du premier interrupteur 31. Le dispositif de gestion 30 comprend de plus une diode 33 disposée en parallèle du second interrupteur 32. Cette diode 33 a pour fonction d'assurer une alimentation du système de gestion dans certaines de ses configurations, notamment en garantissant une tension non nulle aux bornes du second interrupteur 32, même dans la  
20 configuration de court-circuit du dispositif.

Ce dispositif de gestion selon le second mode d'exécution permet de remplir les fonctions de sécurité et de tracer de la courbe  $U(I)$  de manière similaire au premier mode d'exécution.

25

Le système de gestion de l'invention a été illustré par plusieurs modes d'exécution permettant la mise en œuvre de certaines fonctions importantes de gestion d'un dispositif photovoltaïque, à l'aide de certains composants comme des interrupteurs. Le système de gestion comprend  
30 de plus une intelligence pour commander et/ou piloter la mise en œuvre

effective de ces fonctions. Pour cela, il peut comprendre un microprocesseur ou tout ordinateur, doté de moyens logiciels pour piloter l'actionnement du système, notamment les interrupteurs, selon les procédés explicités précédemment. En variante ou complément, le système peut être équipé d'actionneurs mécaniques, actionnables manuellement par un opérateur, éventuellement à distance. En effet, il est avantageux de réduire au maximum l'intelligence locale et de la reporter sur une unité centrale distante, reliée à plusieurs dispositifs de gestion selon l'invention, et qui échange des informations avec ces dispositifs par l'intermédiaire de leurs moyens de communication, et qui participe ainsi à tout ou partie des fonctions explicitées précédemment.

De plus, le système comprend des moyens de mesure, de la tension et/ou de l'intensité notamment, pour la détermination de la courbe  $U(I)$  par exemple. Pour l'obtention de telles mesures, un composant discret en court-circuit avec le dispositif photovoltaïque peut être utilisé, sans organe intermédiaire pouvant perturber la mesure. Un tel composant sera choisi pour être suffisamment rapide pour pouvoir effectuer une mesure de temps de réponse du module photovoltaïque (inférieure à  $1 \mu s$ ). De plus, il aura aussi un temps de commutation contrôlable pour être ralenti pour le tracé de la courbe d'évolution de tension (entre  $500 \mu s$  et  $1 ms$ ).

De plus, le système de gestion a été décrit précédemment comme permettant la mise en œuvre des fonctions suivantes :

- mise en sécurité ;
- diagnostic de fonctionnement ;
- alimentation électrique du système, en lui permettant d'obtenir une tension aux bornes du dispositif photovoltaïque dans le maximum d'états des interrupteurs.

En complément, le système de gestion peut aussi remplir tout ou partie des fonctions suivantes :

- détection d'arc et coupure ;
- détection de vol ;
- 5     - antivol embarqué ;
- monitoring ;
- by-pass du dispositif.

Chaque fonction a été mise en œuvre dans les modes d'exécution décrits selon un exemple de réalisation non limitatif. En variante, les mêmes fonctions pourraient être mises en œuvre différemment. Notamment, il a été mentionné que la fonction de diagnostic est réalisée par le tracé de la courbe  $U(I)$ . Ce diagnostic peut être effectué de manière différente. Notamment, une variante peut consister en l'observation de l'évolution de sa tension ( $U$ ) lors du passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert, par exemple en fonction du temps, comme explicité précédemment.

En remarque, l'observation de l'évolution de sa tension ( $U$ ) lors du passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert a été obtenue par une ouverture « lente » d'un interrupteur dans les modes d'exécution précédents. Selon une première réalisation, la mise en œuvre de la fonction de diagnostic nécessite la déconnexion de l'onduleur qui relie le dispositif photovoltaïque au réseau électrique. En variante, le temps nécessaire pour la mise en œuvre du diagnostic pourrait être suffisamment faible pour permettre son exécution sans l'arrêt complet de l'onduleur. Pour cela, il faut noter que l'onduleur comprend un bus capacitif permettant de stocker de l'énergie. Pour ne pas perturber son fonctionnement, il convient de tracer la courbe  $U(I)$  en moins de 10 ms. Toutefois, la durée habituelle d'ouverture d'un interrupteur de 10 ns

est trop rapide pour permettre un nombre satisfaisant de mesures et tracer une courbe  $U(I)$  satisfaisante. Ainsi, il est proposé de retarder l'ouverture d'un tel interrupteur grâce à un dispositif de commande particulier pour atteindre une ouverture en un temps compris entre 10 ns et 10 ms.

5

Le système de gestion décrit précédemment présente l'avantage de réunir dans une boîte de jonction d'un module photovoltaïque des fonctions de gestion importantes qui améliorent la performance de production photovoltaïque. Toutefois, ce système de gestion peut être présenté  
10 séparément de la boîte de jonction, dans tout autre dispositif distinct. En effet, le concept de l'invention consiste à définir une architecture de puissance multifonctionnelle, permettant la mise en œuvre le plus simplement possible des différentes fonctions envisagées. Cette architecture unique peut ensuite être avantageusement reproduite à  
15 l'identique sur une multitude de dispositifs photovoltaïques. De plus, le système a été implémenté au niveau de chaque module photovoltaïque. En variante toutefois, il pourrait être implémenté sur tout autre dispositif photovoltaïque qu'un simple module. Plusieurs modules photovoltaïques peuvent ainsi partager un même dispositif de gestion selon l'invention.

20

Finalement, l'invention porte aussi sur une installation photovoltaïque, comprenant une multitude de modules photovoltaïques, et comprenant des dispositifs de gestion selon l'invention.

Revendications

1. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comprend un premier interrupteur (21 ; 31) en série et un second interrupteur (22 ; 32) en parallèle aptes à former un premier moyen de mise en sécurité du dispositif photovoltaïque et un second moyen de passage d'un mode de court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement du dispositif photovoltaïque pour permettre le tracé d'une courbe d'évolution de la tension U pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque.
2. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le second interrupteur (22) monté en parallèle se trouve en aval du premier interrupteur (21).
3. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend un relais (23) dont une position de travail permet de mettre le système de gestion en mode de fonctionnement normal et une position de repos permet de mettre le système de gestion en mode de sécurité.
4. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend un premier interrupteur (31) disposé en série et un second interrupteur (32) disposé en parallèle, sur une liaison parallèle (35) disposée en amont du premier interrupteur (31).
5. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une

alimentation électrique (29 ; 39) montée en parallèle sur le système de gestion.

5 6. Système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend un élément monté en parallèle du second interrupteur (22 ; 32) permettant d'avoir une tension non nulle aux bornes de l'alimentation électrique.

10 7. Boite de jonction pour module photovoltaïque, caractérisée en ce qu'elle comprend un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes.

15 8. Installation photovoltaïque, caractérisé en ce qu'elle comprend au moins un système de gestion pour un dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications 1 à 6.

9. Procédé de gestion d'un dispositif photovoltaïque à partir d'un système de gestion selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il met en œuvre les deux étapes suivantes :

20       - mise en sécurité du dispositif photovoltaïque,  
      - tracé d'une courbe d'évolution de la tension  $U$  lors d'un passage d'un mode de court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement.

25 10. Procédé de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de mise en sécurité comprend l'ouverture du premier interrupteur (21 ; 31) en série et la fermeture du second interrupteur (22 ; 32) en parallèle.

11. Procédé de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'étape de tracé de la courbe d'évolution de la tension U comprend les deux sous-étapes suivantes :

5 - fermeture des deux interrupteurs (21, 22 ; 31, 32) afin d'obtenir la situation de court-circuit du système de sorte d'obtenir une tension nulle en aval ;

- ouverture du second interrupteur (22 ; 32) afin d'obtenir une situation de circuit ouvert ;

10 et en ce qu'elle comprend la mesure de la tension entre les deux sous-étapes précédentes.

12. Procédé de gestion d'un dispositif photovoltaïque selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'en mode de fonctionnement normal, les deux interrupteurs (21, 22) sont en position ouverte et en ce qu'un  
15 relais (23) se trouve en position de travail de sorte de former un circuit série fermé entre deux bornes (AC) du système en parallèle du premier interrupteur (21), et en ce que l'étape de mise en sécurité comprend les sous-étapes suivantes :

- fermeture des deux interrupteurs (21, 22) ;

20 - passage en position de repos du relais (23), dans laquelle il crée une situation de court-circuit du système de sorte d'obtenir une tension nulle en aval ;

- ouverture des deux interrupteurs (21, 22).

25

30

1/5

FIG.1

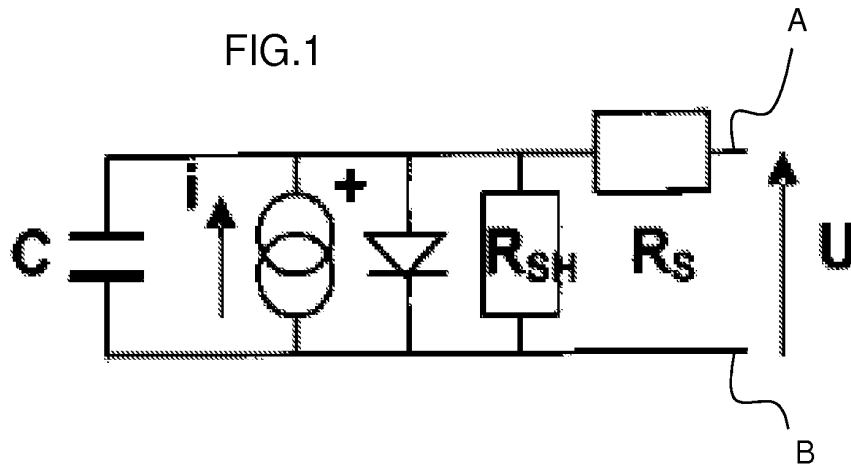


FIG.2

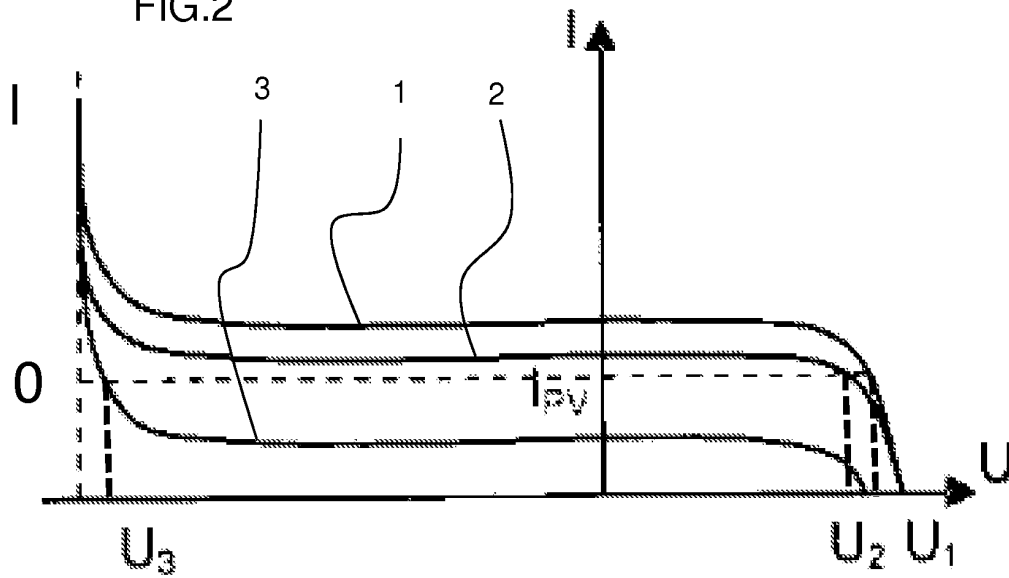
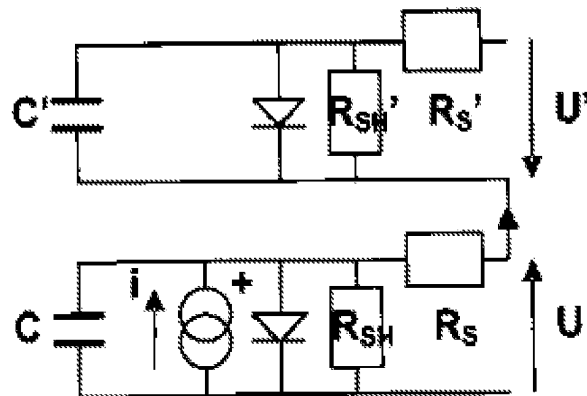
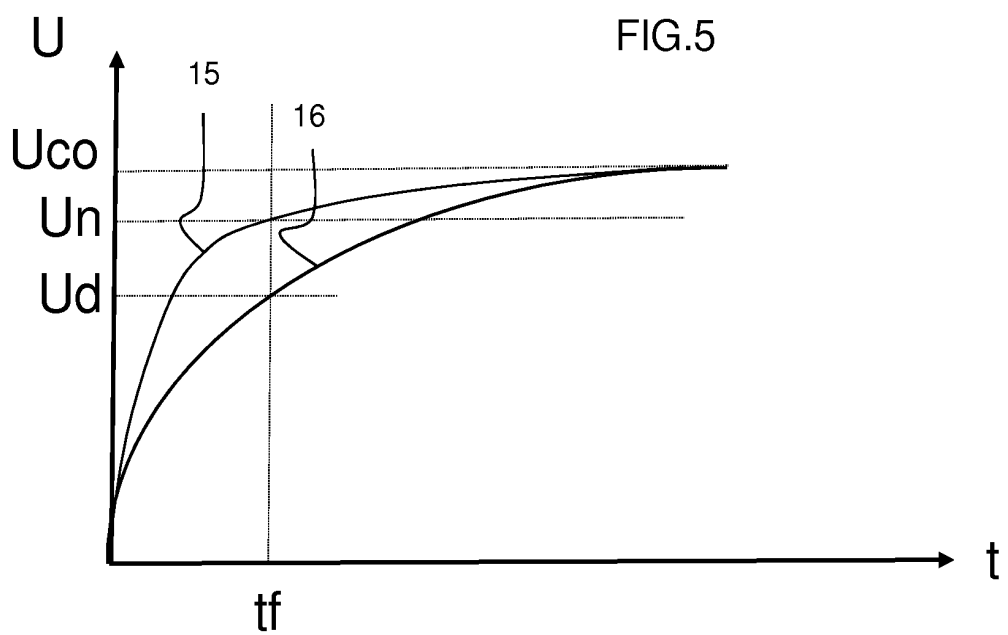
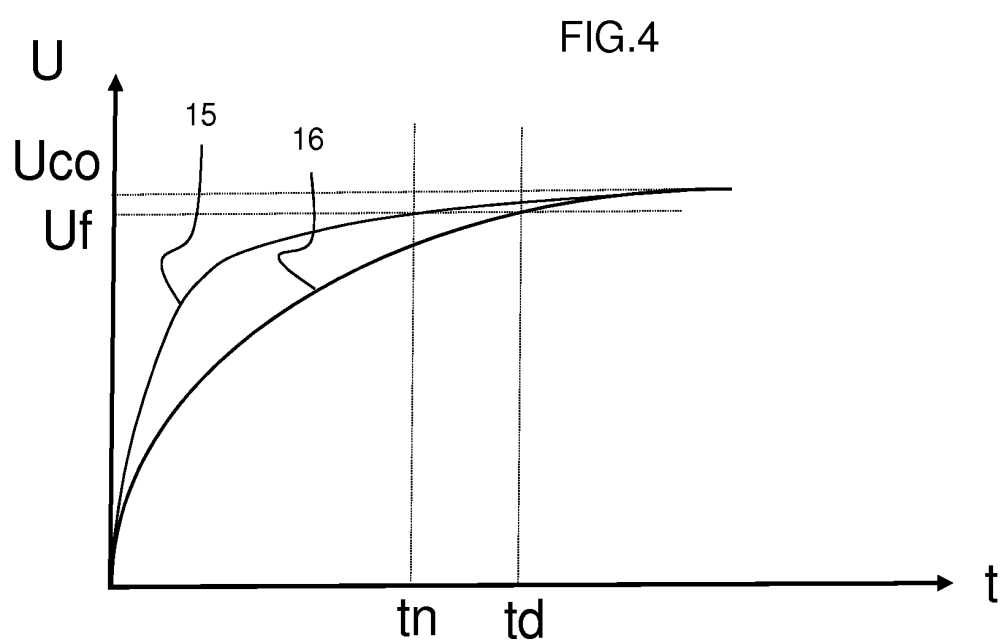


FIG.3

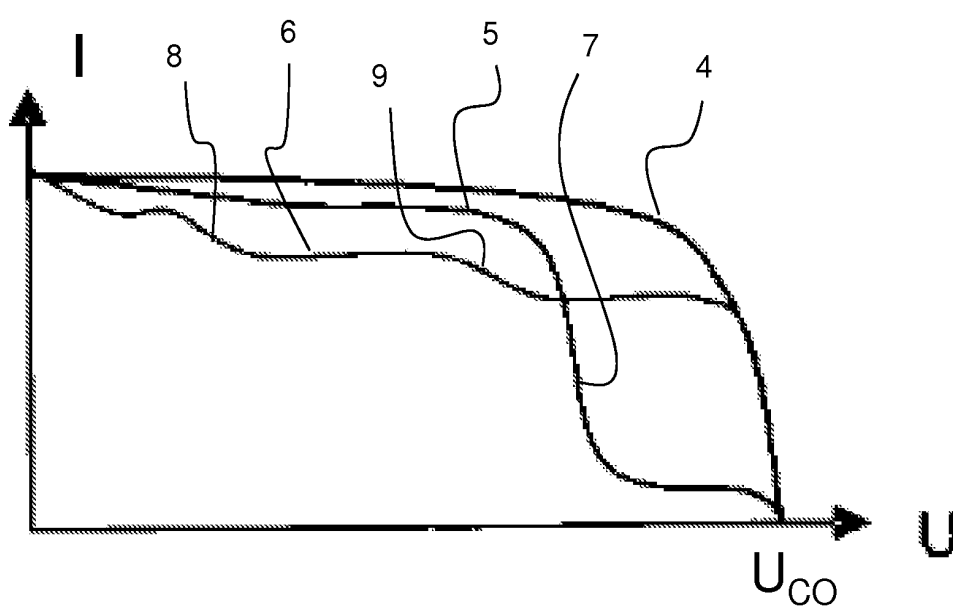


2/5



3/5

FIG.6



4/5

FIG.7

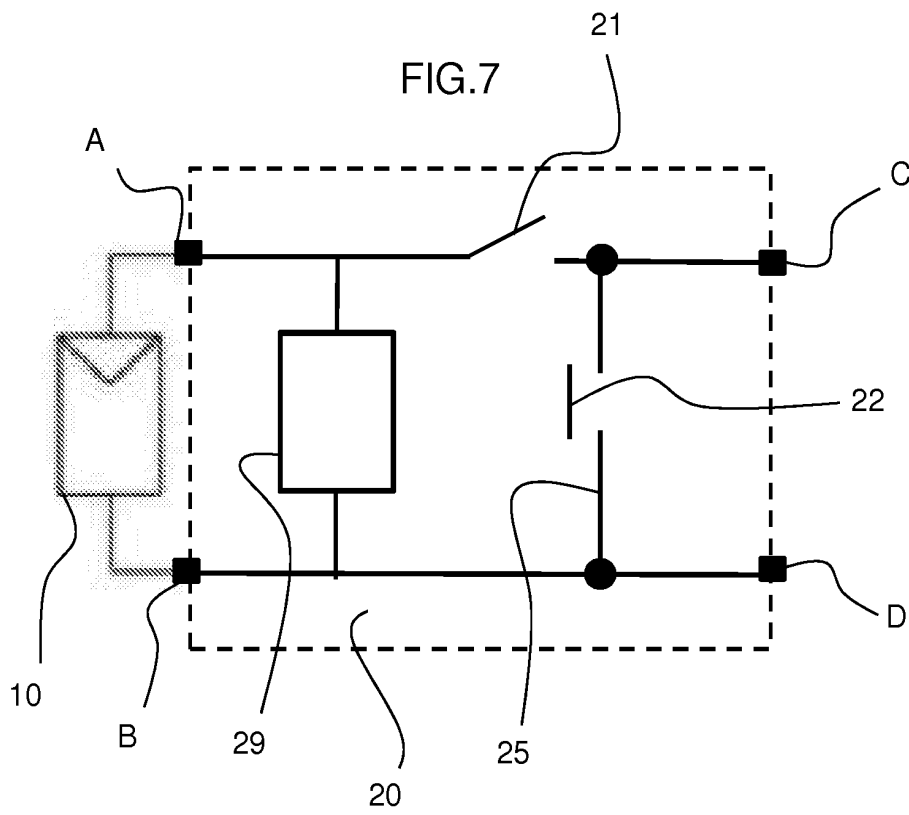
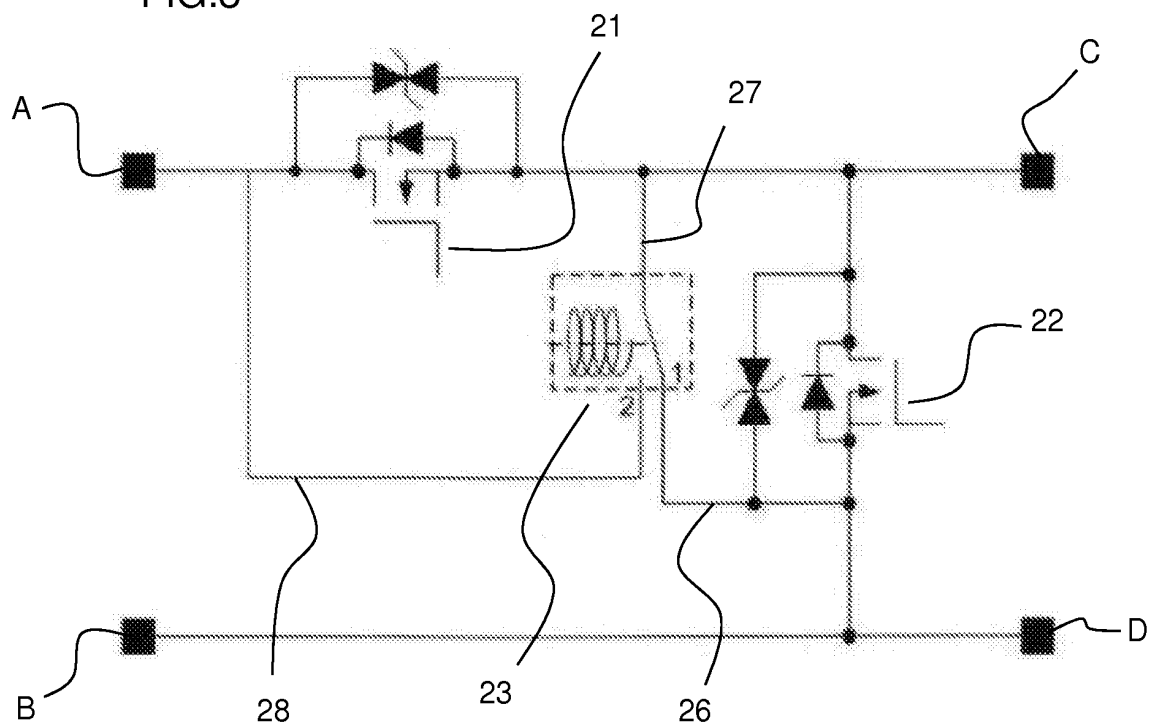
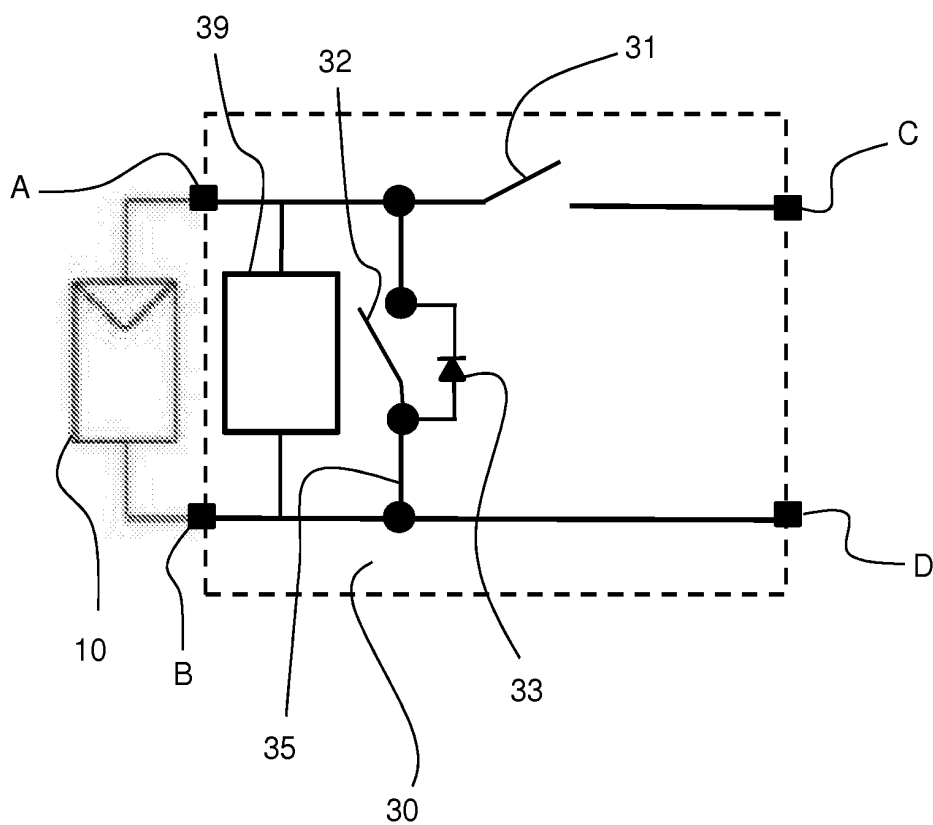


FIG.8



5/5

FIG.9





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 744480  
FR 1057917

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 4 163 194 A (ROSS RONALD G [US]) 31 juillet 1979 (1979-07-31) * colonne 3, ligne 3 - ligne 37; figure 1 *	1-12	G01R31/02 G01R19/30 H01L31/00
A	US 4 528 503 A (COLE STEVEN W [US]) 9 juillet 1985 (1985-07-09) * colonne 2, ligne 34 - colonne 3, ligne 21; figure 1 *	1-12	
A	US 4 184 111 A (TURNER GARY B [US]) 15 janvier 1980 (1980-01-15) * colonne 2, ligne 23 - colonne 3, ligne 5; figure 3 *	1-12	
A	STELLBOGEN D ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Use of PV circuit simulation for fault detection in PV array fields", PROCEEDINGS OF THE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE. LOUISVILLE, MAY 10 - 14, 1993; [PROCEEDINGS OF THE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE], NEW YORK, IEEE, US, vol. CONF. 23, 10 mai 1993 (1993-05-10), pages 1302-1307, XP010113215, DOI: DOI:10.1109/PVSC.1993.346931 ISBN: 978-0-7803-1220-3 * le document en entier *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  G01R
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 juin 2011		O'Callaghan, D	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1057917 FA 744480**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-06-2011**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4163194	A	31-07-1979	AUCUN	
-----				
US 4528503	A	09-07-1985	AUCUN	
-----				
US 4184111	A	15-01-1980	AUCUN	
-----				