

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
21 octobre 2010 (21.10.2010)

PCT

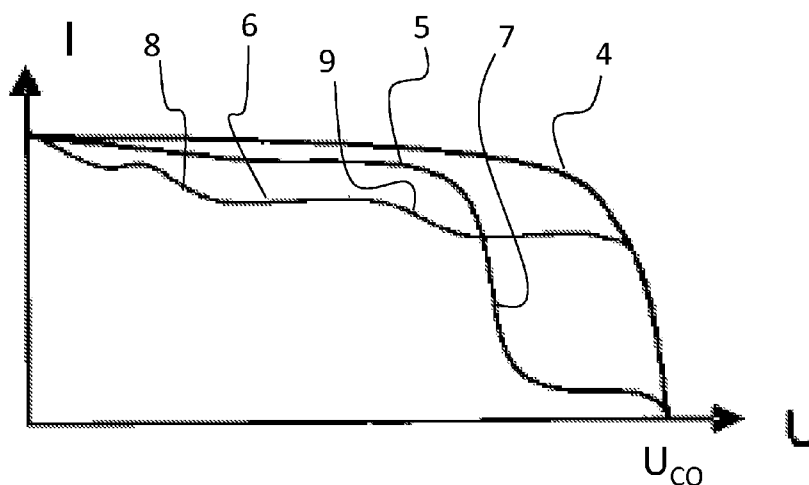
(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/118952 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/26 (2006.01) G01R 19/25 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/054240
- (22) Date de dépôt international :
30 mars 2010 (30.03.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
09/01886 17 avril 2009 (17.04.2009) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
CHAINTREUIL, Nicolas [FR/FR]; 175 rue du Grésivaudan, F-38530 Pontcharra (FR). BARRUEL, Franck [FR/FR]; 5 rue du Souvenir Français, F-38530 Chapareillan (FR). LABRUNIE, Antoine [FR/FR]; 12 rue Broca, F-75005 Paris (FR).
- (74) Mandataires : MOREAU, Stéphane et al.; Aivazian Moreau - Novaimo, BP 50038, F-74802 La Roche-sur-foron Cedex (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Déclarations en vertu de la règle 4.17 :
— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD OF DIAGNOSING THE FAILURE OF A PHOTOVOLTAIC GENERATOR:

(54) Titre : PROCEDE DE DIAGNOSTIC DE LA DEFAILLANCE D'UN GENERATEUR PHOTOVOLTAIQUE

FIG.6



(57) Abstract : Diagnosis method for a photovoltaic generator, characterized in that it employs a step of observing how the voltage of the generator varies when it switches from a short-circuit operating mode to an open-circuit mode, or vice versa.

(57) Abrégé : Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape d'observation de l'évolution de sa tension lorsqu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement.

WO 2010/118952 A1

Procédé de diagnostic de la défaillance d'un générateur photovoltaïque

L'invention concerne un procédé de diagnostic pour un dispositif photovoltaïque permettant de détecter son dysfonctionnement. Elle est
5 particulièrement adaptée à l'optimisation de la production d'un générateur photovoltaïque. Elle concerne aussi un dispositif photovoltaïque mettant en œuvre un tel procédé.

Les dispositifs de génération d'énergie à partir de sources intermittentes,
10 comme les générateurs photovoltaïques, sont de plus en plus utilisés. Le coût de leur production dépend de leur autonomie et de leur capacité à diagnostiquer leur défaillance, si possible en temps réel. Les dispositifs existants ne sont pas conçus pour une réaction rapide en cas de défaillance, même quand leur production devient anormalement basse.
15 Pour cette raison, ils nécessitent des opérations de maintenance complexes et coûteuses.

La gestion classique des dispositifs photovoltaïques consiste à observer leur comportement au niveau des systèmes reliés à ces dispositifs, par
20 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
25 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
30 ou un arc électrique dans le dispositif, ou une détérioration de la face

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

Le document WO2008112080 décrit une solution consistant à comparer
5 des valeurs mesurées au niveau de modules photovoltaïques avec des
valeurs préenregistrées dans une situation de fonctionnement normal pour
détecter des défaillances. Une telle solution est lourde à mettre en œuvre
et n'est pas satisfaisante car elle exige un très grand nombre de données.
Pour cela, il faut un grand nombre de capteurs pour réaliser un grand
10 nombre de mesures, et un long traitement pour comparer ces mesures
aux données enregistrées.

Ainsi, un objet général de l'invention est de proposer une solution de
diagnostic pour un dispositif photovoltaïque qui ne comprend pas les
15 inconvénients des solutions de l'état de la technique.

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

20 Un premier objet de l'invention est de proposer une solution de diagnostic
pour un dispositif photovoltaïque qui permet de détecter avec fiabilité et
précision sa défaillance.

Un second objet de l'invention est de proposer une solution de diagnostic
25 pour un dispositif photovoltaïque qui permet de détecter une défaillance à
distance et en temps réel.

Un troisième objet de l'invention est de proposer une solution de
diagnostic pour un dispositif photovoltaïque qui permet de détecter une
30 défaillance de manière simple et économique.

A cet effet, l'invention repose sur un procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape d'observation de l'évolution de sa tension en fonction du temps pendant
5 qu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement d'un mode de fonctionnement en circuit ouvert à un mode en court-circuit.

Pour cela, le procédé peut comprendre en outre une étape de mesure du
10 temps normal nécessaire pour atteindre une tension maximale U_{CO} lorsque le générateur photovoltaïque passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert dans un état non défectueux et/ou comprendre en outre une étape de mesure de la tension maximale U_{CO} .

15 L'étape de mesure de la tension maximale U_{CO} peut être réalisée après le passage du générateur photovoltaïque d'un mode de fonctionnement normal à un mode en circuit ouvert.

20 Il peut comprendre une étape de mesure du temps nécessaire pour atteindre un pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} lorsqu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert, et une étape de comparaison de ce temps avec le temps normal nécessaire dans le cas du générateur photovoltaïque en état de
25 fonctionnement non défectueux, le générateur photovoltaïque étant considéré comme défectueux si ce temps dépasse un seuil prédéfini.

Le procédé peut comprendre une étape de mesure de la tension U aux bornes du générateur au bout d'un temps prédéfini lorsqu'il passe d'un
30 mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert et

une étape de comparaison de cette tension avec la tension normale atteinte dans le cas du générateur photovoltaïque en état de fonctionnement non défectueux, le générateur photovoltaïque étant considéré comme défectueux si cette tension est inférieure à un seuil
5 prédéfini.

Pour cela, le procédé peut comprendre les étapes supplémentaires suivantes :

-ouverture d'un premier commutateur (en anglais switch) pour
10 obtenir le passage du générateur photovoltaïque de la position de circuit fermé à celle de circuit ouvert, en le déconnectant de sa charge ;

-mesure de la tension maximale stabilisée, obtenue aux bornes du générateur photovoltaïque ;

-fermeture d'un second commutateur pour mettre le générateur
15 photovoltaïque en court-circuit puis ouverture de ce second commutateur pour le remettre en circuit ouvert ;

-mesure de la tension aux bornes du générateur photovoltaïque obtenue au bout d'un temps prédéfini et comparaison de la tension mesurée avec la tension maximale pour déterminer l'état défectueux ou
20 non du générateur photovoltaïque ;

-fermeture du premier commutateur pour remettre le générateur photovoltaïque dans sa situation de production électrique normale en liaison avec sa charge.

25 Le temps prédéfini peut être compris entre 10^{-7} et 10^{-2} secondes et/ou le pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} peut être supérieur à 50 %.

En cas de diagnostic de la défaillance du générateur photovoltaïque, le procédé peut déterminer la courbe de l'évolution $U(I)$ de sa tension U en fonction du courant I .

- 5 Selon un second mode d'exécution de l'invention, le procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque est caractérisé en ce que l'étape d'observation de l'évolution de sa tension U comprend l'observation de l'évolution $U(I)$ de sa tension U en fonction du courant I .
- 10 Le procédé peut comprendre une étape de détection des décrochements de la courbe tension-intensité pour en déduire le nombre de défauts ainsi que l'importance de la défaillance.

Le procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque peut
15 comprendre les étapes supplémentaires suivantes :

- ouverture d'un premier commutateur (en anglais switch) pour obtenir le passage du générateur photovoltaïque de la position de circuit fermé à celle de circuit ouvert, en le déconnectant de sa charge ;
- mesure de la tension maximale U_{CO} stabilisée, obtenue aux bornes
20 du générateur photovoltaïque ;
- fermeture d'un second commutateur pour mettre le générateur photovoltaïque en court-circuit puis ouverture de ce second commutateur pour le remettre en circuit ouvert ;
- mesure de la tension U et du courant I aux bornes du générateur
25 photovoltaïque jusqu'à ce que la tension U atteigne la tension maximale U_{CO} pour obtenir la courbe $U(I)$;
- fermeture du premier commutateur pour remettre le générateur photovoltaïque dans sa situation de production électrique normale en liaison avec sa charge.

Le passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement peut être réalisé par un onduleur.

L'invention porte aussi sur un dispositif photovoltaïque comprenant un
5 générateur photovoltaïque comprenant plusieurs cellules photovoltaïques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux commutateurs pour permettre le passage d'au moins une cellule du générateur photovoltaïque d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement, et en ce qu'il comprend un microcontrôleur ou CPU
10 mettant en œuvre le procédé de diagnostic pour le générateur photovoltaïque tel que décrit précédemment.

Le premier commutateur peut être apte à relier ou non le générateur photovoltaïque à une charge extérieure comme une batterie ou un réseau
15 électrique, et le au moins un second commutateur peut être en parallèle sur au moins une cellule du générateur photovoltaïque.

Le microcontrôleur ou CPU peut être celui d'un onduleur apte à relier le dispositif photovoltaïque à un réseau électrique ou le microcontrôleur ou
20 CPU peut être intégré dans un boîtier disposé au niveau du générateur photovoltaïque.

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

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

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
5 cellules photovoltaïques en série dont une est défectueuse.

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
10 photovoltaïque normal et défectueux.

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

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

La figure 8 représente le circuit électrique mis en œuvre pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque selon le mode d'exécution de l'invention.

20

L'invention 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
25 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 photovoltaïque lors de ce changement de mode.

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

5 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
10 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
15 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
20 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
25 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 concept de l'invention exploite le phénomène précédent pour
30 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
5 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 d'un fonctionnement défectueux. La courbe normale 15 montre que la tension U converge finalement vers une tension maximale U_{CO} . La courbe
10 16 montre que la tension d'un générateur défectueux augmente beaucoup moins vite.

Ainsi, une première méthode de diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque, représentée sur la figure 4, consiste à observer le temps
15 nécessaire pour atteindre une tension U_f représentant un pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} , par exemple 95%. Dans le cas du 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
20 plus long t_d . Ainsi, la comparaison des temps t_d et t_n permet un diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque.

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
25 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 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 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.

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 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 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 défaillante comme cela a été explicité ci-dessus. Ces exemples permettent d'illustrer plusieurs situations et enseignent que les courbes U(I) permettent d'obtenir les diagnostics suivants :

- 25 -il y a autant de défauts dans le dispositif que de décrochements 7, 8, 9 ;
- plus le décrochement est important, plus la défaillance est importante.

Les explications précédentes vont être exploitées dans un mode d'exécution d'un dispositif photovoltaïque équipé d'un dispositif permettant le diagnostic de son fonctionnement, représenté sur la figure 7.

- 5 Le dispositif photovoltaïque de la figure 7 comprend un générateur photovoltaïque 10, qui peut comprendre une ou plusieurs cellules photovoltaïques, relié au réseau électrique par une liaison 12 par l'intermédiaire d'un onduleur 11. Cet onduleur est géré par un microcontrôleur ou CPU 13, dont la fonction principale est de déterminer
- 10 le point de fonctionnement du générateur photovoltaïque 10 et sa liaison avec le réseau 12. Pour cela, il est en contact avec un bloc 14 de gestion de l'élévation de tension, un convertisseur DC – DC 15, et un bloc 16 de gestion de la publication sur le réseau de la production. Pour remplir sa fonction, le CPU 13 commande régulièrement les mesures suivantes :
- 15 -tension et courant fournis par le panneau DC ;
 -mesure d'isolement côté DC ;
 -mesure de présence réseau ;
 -courant et tension injectés sur le réseau AC.
- 20 Selon l'invention, le dispositif photovoltaïque comprend de plus un dispositif de diagnostic intégré dans l'onduleur 11 décrit ci-dessus, dont le CPU met en œuvre le procédé de diagnostic pour le générateur photovoltaïque et notamment de détection des défaillances, qui sera décrit plus loin. Le dispositif de diagnostic correspond au schéma électrique
- 25 représenté sur la figure 8. Le CPU 13 de l'onduleur reçoit les mesures du courant I et de la tension V du générateur photovoltaïque 10 et commande deux interrupteurs T1, T2. En situation de fonctionnement normal de production électrique, le commutateur T2 est fermé alors que le commutateur T1 est ouvert. En variante, d'autres dispositifs sont
- 30 possibles, notamment reposant sur au moins un commutateur. En

variante, le dispositif de diagnostic pourrait être intégré dans tout autre boîtier distinct de l'onduleur, comme un boîtier positionné au niveau d'au moins une cellule photovoltaïque par exemple. Selon une variante de réalisation, un tel boîtier pourrait intégrer d'autres fonctions, comme une

5 fonction de détection d'arc électrique au sein du générateur photovoltaïque. Ainsi, le procédé de l'invention est mis en œuvre par un logiciel installé sur un microcontrôleur ou tout support, qui est ensuite intégré au dispositif photovoltaïque, et fonctionne sur la base de la

10 réception de mesures en phase avec la commande du ou des commutateur(s).

Un tel dispositif peut permettre la mise en œuvre du procédé de son diagnostic selon un premier mode de réalisation comprenant les étapes suivantes :

15 -ouverture du commutateur T2 pour obtenir le passage du générateur photovoltaïque d'un mode en circuit fermé à un mode en circuit ouvert ;

-mesure de la tension maximale U_{CO} stabilisée, obtenue aux bornes du générateur photovoltaïque au bout d'un certain temps (temps de

20 stabilisation), quand l'intensité est nulle ;

-fermeture du commutateur T1 pour mettre le générateur photovoltaïque en court-circuit puis ouverture du commutateur T1 pour le remettre en circuit ouvert ;

-mesure de la tension U aux bornes du générateur photovoltaïque

25 obtenue au bout d'un temps t prédéfini. Dans ce mode d'exécution, t est choisi égal à 15 microsecondes. Toute valeur relativement proche du temps nécessaire au générateur en situation de fonctionnement non défectueux pour atteindre un pourcentage prédéfini de la tension maximale stabilisée U_{CO} peut convenir, ce temps étant soit mesuré, soit

30 estimé. Le temps t prédéfini sera donc suffisamment grand pour que la

tension s'approche de la tension maximale U_{CO} du générateur, au moins pour le cas d'un générateur non défectueux. Ainsi, plus généralement, une valeur comprise entre 10^{-7} et 10^{-2} secondes pourrait être choisie pour ce temps prédéfini ;

5 -comparaison de la tension mesurée U avec le pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} :

 -si la tension mesurée U atteint un certain pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} , alors le générateur est considéré comme fonctionnant normalement et le commutateur T2 est fermé pour
10 remettre le générateur dans sa situation de production électrique normale. Le pourcentage prédéfini est fixé à 95% dans ce mode d'exécution. Il pourrait prendre d'autres valeurs, car il dépend du temps t prédéfini, et par exemple pourrait prendre toute autre valeur de préférence supérieure à 50% ;

15 -si la tension mesurée U n'atteint pas le pourcentage prédéfini de la tension maximale U_{CO} alors le générateur est considéré comme défectueux.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, il est possible
20 d'observer la courbe tension-intensité $U(I)$ déterminée pendant que le dispositif passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert. Pour cela, les étapes suivantes sont réalisées :

 -fermeture du commutateur T1 pour remettre le générateur photovoltaïque en court-circuit puis ouverture du commutateur T1 pour le
25 remettre en circuit ouvert ;

 -mesure de plusieurs points de tension et de courant selon une fréquence f_{acq} prédéfinie, cette fréquence se trouvant avantageusement comprise entre 100 kHz et 1 MHz ;

-lorsque la tension atteint la valeur U_{CO} , alors le commutateur T2 est fermé pour remettre le générateur dans sa situation de production électrique normale ;

5 -les points mesurés sont transmis et analysés par le CPU 13 du dispositif photovoltaïque, qui peut ainsi déduire le nombre de défauts et l'importance de la dégradation.

Selon une variante de réalisation en mode réciproque, seule la première étape est modifiée ; le commutateur T1 est d'abord ouvert puis fermé de sorte de générer un passage d'un circuit ouvert vers un court-circuit.

10

En variante, les deux modes d'exécution décrits précédemment peuvent être cumulés. Par exemple, le premier mode d'exécution reposant sur l'analyse de l'évolution en fonction du temps de la tension lorsqu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode de
15 fonctionnement en circuit ouvert peut être suivi dans le cas où un défaut est détecté de la détermination et de l'observation de l'évolution de la courbe $U(I)$ afin d'en déduire des informations complémentaires sur les défauts du dispositif.

20 Selon une réalisation avantageuse de l'invention, le temps nécessaire pour la mise en œuvre du diagnostic est suffisamment faible pour permettre son exécution sans l'arrêt complet de l'onduleur 11, qui nécessiterait alors un temps important dans le cas contraire, pouvant atteindre plusieurs minutes, pour produire de nouveau sa puissance
25 maximale. Pour cela, il faut noter que l'onduleur comprend un bus capacitif permettant de stocker de l'énergie correspondant à au moins une milliseconde d'injection sur le réseau. Le temps nécessaire pour que la tension du générateur photovoltaïque atteigne sa valeur maximale lors du passage en circuit ouvert dépend du courant et de la capacité équivalente
30 du générateur 10. En remarque, ce temps varie faiblement en fonction de

l'irradiation et des caractéristiques intrinsèques des cellules. Ainsi, en choisissant un transistor de puissance rapide, des composants T1, T2, à commutation rapide, par exemple de l'ordre de la microseconde, et/ou des moyens de mesure appropriés, il est possible de mettre en œuvre le

5 diagnostic en un temps inférieur à 1 milliseconde, ce qui permet de ne pas arrêter l'onduleur et de ne pas pénaliser la production électrique. Le procédé de diagnostic est mis en œuvre périodiquement, et permet ainsi de vérifier le dispositif en temps réel.

10 Un procédé de diagnostic pour le dispositif photovoltaïque a été décrit à titre d'exemple selon le premier mode d'exécution de l'invention. Bien entendu, d'autres variantes sont possibles, reposant sur la variation du temps nécessaire pour atteindre la tension maximale U_{CO} aux bornes du générateur en situation de circuit ouvert. Cette tension maximale n'est pas

15 obligatoirement mesurée à chaque mise en œuvre du procédé de diagnostic mais elle peut par exemple être mesurée une seule fois lorsque le générateur est neuf, en fonctionnement normal non défectueux, et mémorisée. De même, le temps nécessaire pour atteindre cette valeur peut être mesuré simultanément, et mémorisé pour servir de base aux

20 étapes de diagnostic.

Ainsi, une variante possible du premier mode d'exécution du procédé de diagnostic du générateur peut consister à systématiquement attendre, lors du passage en circuit ouvert du générateur, que la tension atteigne la

25 tension maximale, mesurer le temps nécessaire et le comparer au temps normal en cas de bon fonctionnement. Si ce temps dépasse le temps normal d'un pourcentage prédéfini, alors le générateur est considéré comme étant défectueux.

Le procédé de diagnostic a été décrit sur la base d'un dispositif de diagnostic correspondant au schéma électrique représenté sur la figure 8. Selon une variante avantageuse, le diagnostic pourrait être fait en utilisant la structure d'entrée d'un onduleur photovoltaïque. Classiquement, ces

5 onduleurs utilisent des composants d'électronique de puissance, soit en série, soit en parallèle, soit les deux, pouvant permettre de déconnecter la partie onduleur (étage convertisseur DC/AC) de la partie hacheur (étage convertisseur DC/DC) de l'appareil « onduleur photovoltaïque » et/ou de

10 effectuer le passage de court-circuit à circuit ouvert du (des) générateur(s) photovoltaïque(s) connecté(s) en entrée et ainsi permettre de faire le diagnostic. Cette fonctionnalité pourrait ainsi être mise en œuvre facilement et principalement grâce à des adaptations logicielles des onduleurs existants.

15

L'invention atteint ainsi les objets recherchés, et permet un diagnostic précis et rapide d'un générateur photovoltaïque, permet notamment de déterminer en cas de baisse de production si la baisse provient d'un défaut du générateur photovoltaïque ou est lié à un câblage ou

20 connectique défectueux. Le personnel de maintenance peut ainsi être averti rapidement et avec précision de la défaillance

Revendications

1. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape d'observation de l'évolution de sa tension (U) en fonction du temps pendant qu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement d'un mode de fonctionnement en circuit ouvert à un mode en court-circuit.
5
- 10 2. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de mesure du temps normal nécessaire pour atteindre une tension maximale (U_{CO}) lorsque le générateur photovoltaïque passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert dans un état non défectueux et/ou en ce qu'il comprend en outre une étape de mesure
15 de la tension maximale (U_{CO}).
- 20 3. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de mesure de la tension maximale (U_{CO}) est réalisée après le passage du générateur photovoltaïque d'un mode de fonctionnement normal à un mode en circuit ouvert.
- 25 4. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mesure du temps nécessaire pour atteindre un pourcentage prédéfini de la tension maximale (U_{CO}) lorsqu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert, et une étape de comparaison de ce temps avec le temps normal nécessaire dans le
30 cas du générateur photovoltaïque en état de fonctionnement non

défectueux, le générateur photovoltaïque étant considéré comme défectueux si ce temps dépasse un seuil prédéfini.

5. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon l'une
5 des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mesure de la tension (U) aux bornes du générateur au bout d'un temps prédéfini lorsqu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert et une étape de comparaison de cette tension avec
10 la tension normale atteinte dans le cas du générateur photovoltaïque en état de fonctionnement non défectueux, le générateur photovoltaïque étant considéré comme défectueux si cette tension est inférieure à un seuil prédéfini.

6. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la
15 revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes supplémentaires suivantes :

- ouverture d'un premier commutateur (T2) (en anglais switch) pour obtenir le passage du générateur photovoltaïque de la position de circuit fermé à celle de circuit ouvert, en le déconnectant de sa charge ;
- 20 -mesure de la tension maximale (U_{CO}) stabilisée, obtenue aux bornes du générateur photovoltaïque ;
- fermeture d'un second commutateur (T1) pour mettre le générateur photovoltaïque en court-circuit puis ouverture de ce second commutateur (T1) pour le remettre en circuit ouvert ;
- 25 -mesure de la tension (U) aux bornes du générateur photovoltaïque obtenue au bout d'un temps (t) prédéfini et comparaison de la tension mesurée (U) avec la tension maximale (U_{CO}) pour déterminer l'état défectueux ou non du générateur photovoltaïque ;

-fermeture du premier commutateur (T2) pour remettre le générateur photovoltaïque dans sa situation de production électrique normale en liaison avec sa charge.

- 5 7. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le temps prédéfini est compris entre 10^{-7} et 10^{-2} secondes et/ou en ce que le pourcentage prédéfini de la tension maximale (U_{CO}) est supérieur à 50 %.
- 10 8. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'en cas de diagnostic de la défaillance du générateur photovoltaïque, le procédé détermine la courbe de l'évolution $U(I)$ de sa tension (U) en fonction du courant (I).
- 15 9. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape d'observation de l'évolution de sa tension (U) comprend de plus l'observation de l'évolution $U(I)$ de sa tension (U) en fonction du courant (I).
- 20 10. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de détection des décrochements (7, 8, 9) de la courbe tension-intensité pour en déduire le nombre de défauts ainsi que l'importance de la défaillance.
- 25 11. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes supplémentaires suivantes :
- 30 -ouverture d'un premier commutateur (T2) (en anglais switch) pour obtenir le passage du générateur photovoltaïque de la position de circuit fermé à celle de circuit ouvert, en le déconnectant de sa charge ;

-mesure de la tension maximale (U_{CO}) stabilisée, obtenue aux bornes du générateur photovoltaïque ;

-fermeture d'un second commutateur (T1) pour mettre le générateur photovoltaïque en court-circuit puis ouverture de ce second commutateur
5 (T1) pour le remettre en circuit ouvert ;

-mesure de la tension (U) et du courant (I) aux bornes du générateur photovoltaïque jusqu'à ce que la tension (U) atteigne la tension maximale (U_{CO}) pour obtenir la courbe U(I) ;

-fermeture du premier commutateur (T2) pour remettre le
10 générateur photovoltaïque dans sa situation de production électrique normale en liaison avec sa charge.

12. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le passage d'un
15 mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement est réalisé par un onduleur (11).

13. Dispositif photovoltaïque comprenant un générateur photovoltaïque comprenant plusieurs cellules photovoltaïques, caractérisé en ce qu'il
20 comprend au moins deux commutateurs (T1 ; T2) pour permettre le passage d'au moins une cellule du générateur photovoltaïque d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou réciproquement, et en ce qu'il comprend un microcontrôleur ou CPU (13) mettant en œuvre le procédé de diagnostic pour le générateur
25 photovoltaïque selon l'une des revendications précédentes.

14. Dispositif photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'un premier commutateur (T2) est apte à relier ou non le générateur photovoltaïque à une charge extérieure comme une batterie
30 ou un réseau électrique, et en ce qu'au moins un second commutateur

(T1) est en parallèle sur au moins une cellule du générateur photovoltaïque.

15. Dispositif photovoltaïque selon l'une des revendications 13 ou 14,
5 caractérisé en ce que le microcontrôleur ou CPU (13) est celui d'un onduleur (11) apte à relier le dispositif photovoltaïque à un réseau électrique ou en ce que le microcontrôleur ou CPU (13) est intégré dans un boîtier disposé au niveau du générateur photovoltaïque.

FIG.1

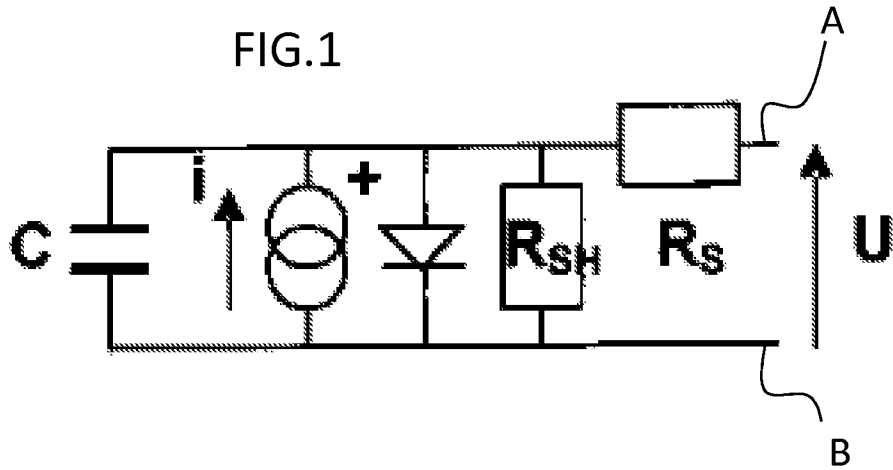


FIG.2

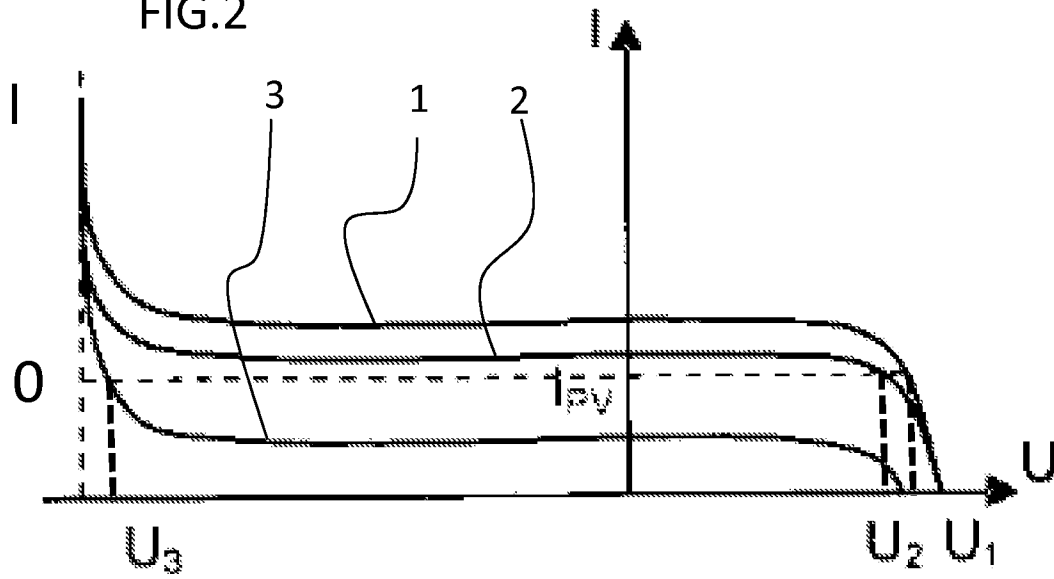
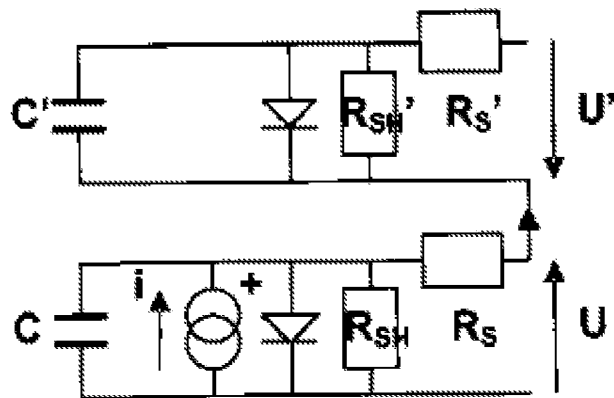


FIG.3



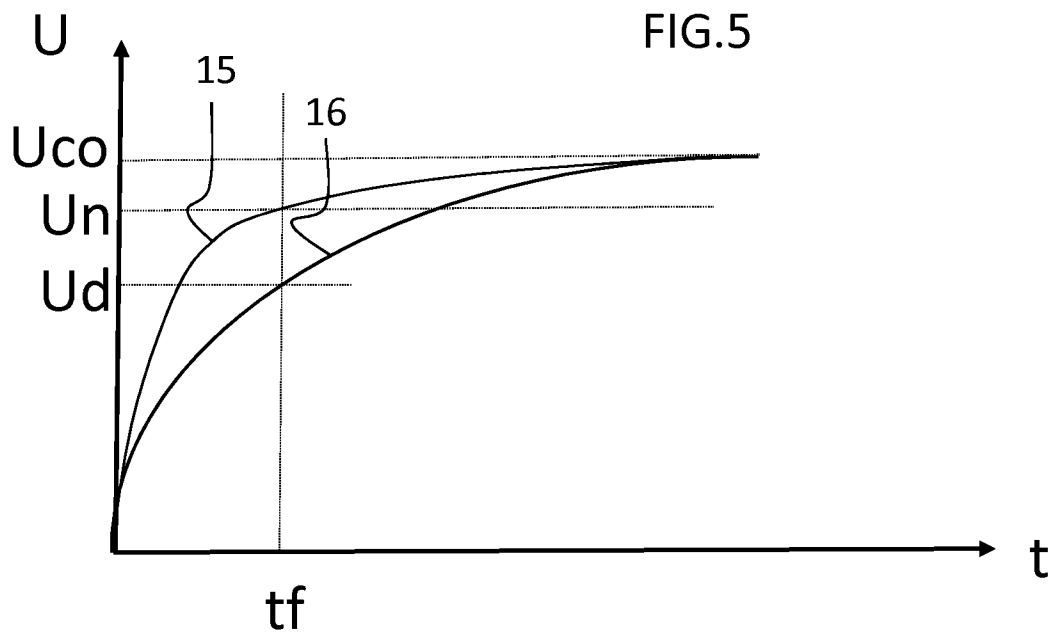
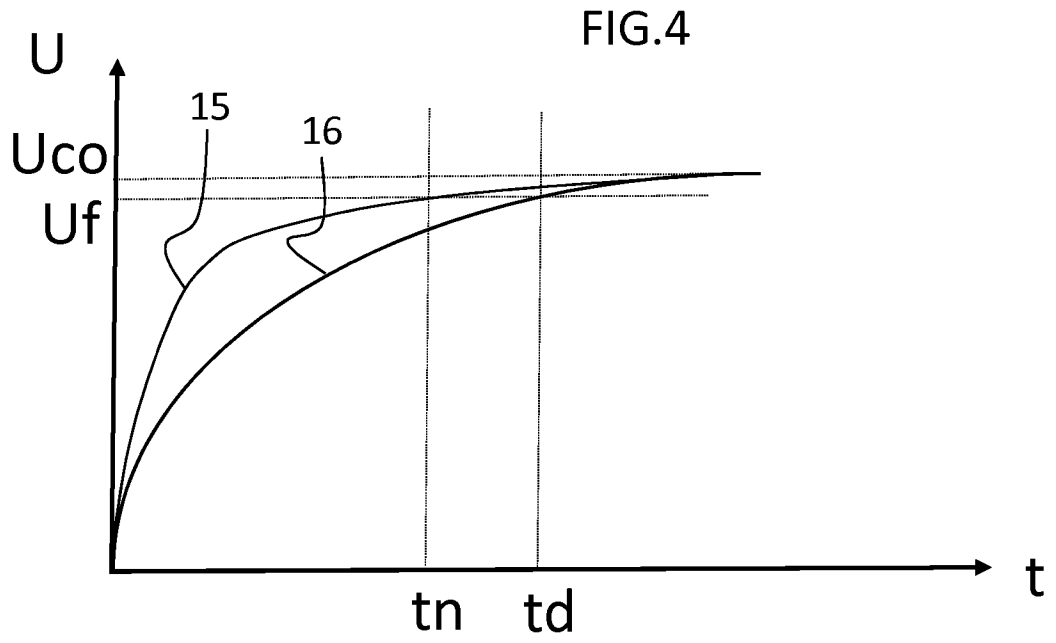


FIG.6

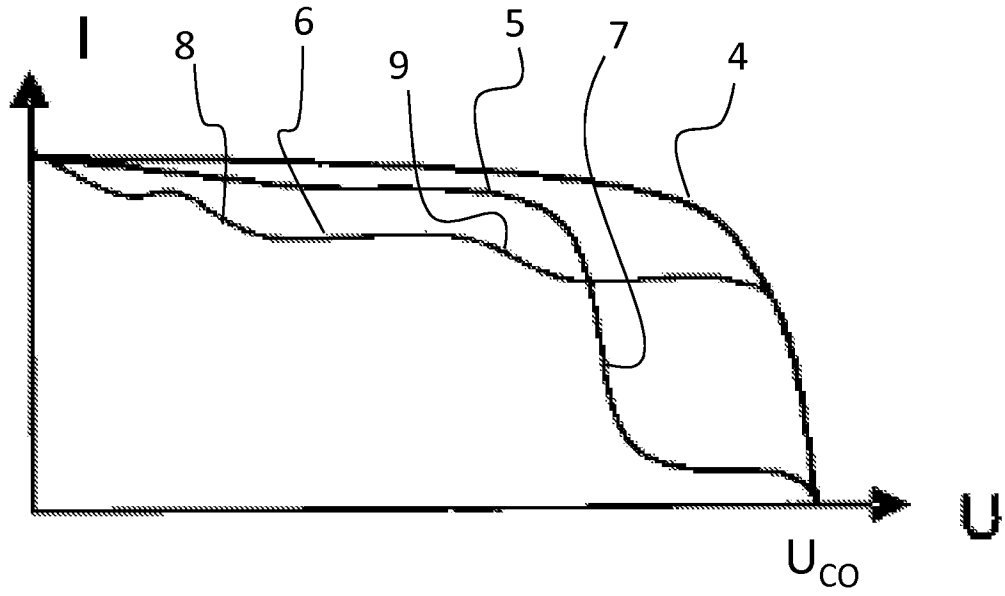


FIG.7

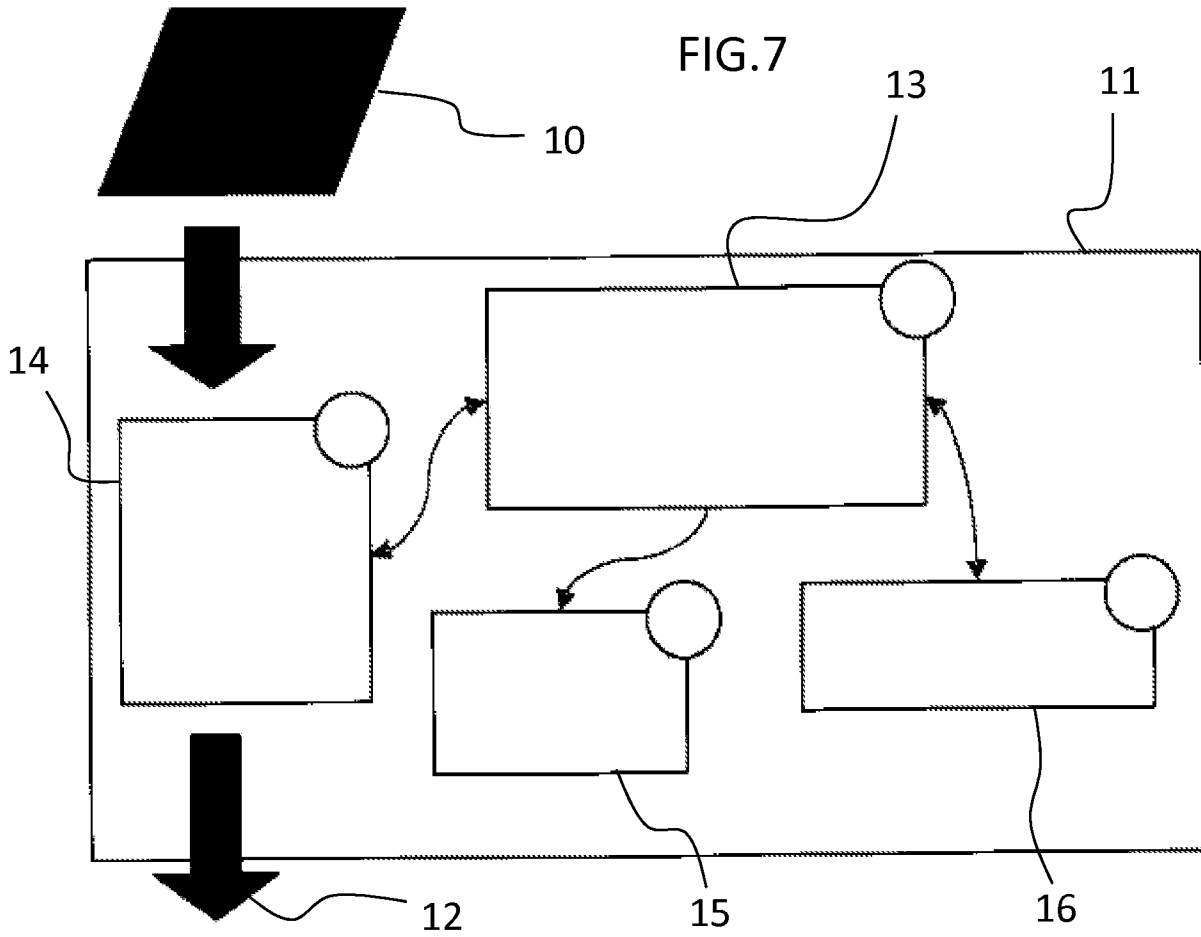
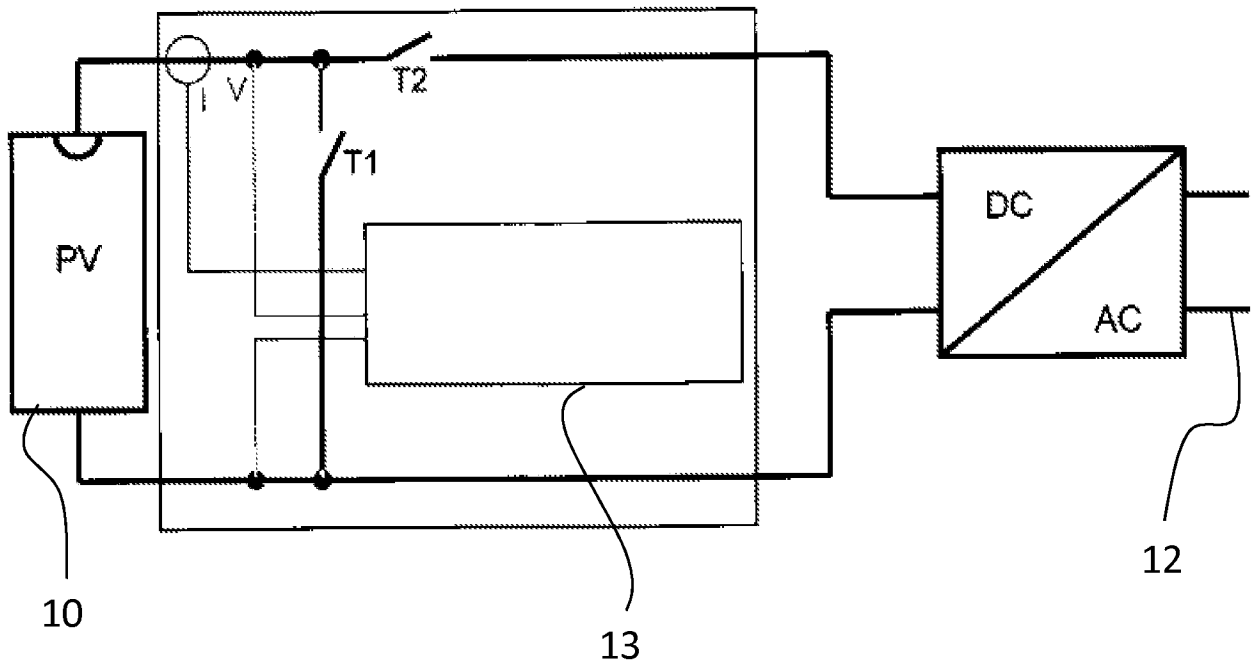


FIG.8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/054240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01R31/26 G01R19/25
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G01R G01D H01L
 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 163 194 A (ROSS RONALD G [US]) 31 July 1979 (1979-07-31)	1-14
Y	column 2, lines 30-40 column 3, lines 3-36 column 4, lines 35-44 column 5, lines 3-19	15
X	US 4 528 503 A (COLE STEVEN W [US]) 9 July 1985 (1985-07-09)	1-14
Y	column 1, lines 13-19 column 2, lines 34-53 column 4, lines 3-34 column 12, lines 16-24; figure 2	15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 21 May 2010	Date of mailing of the international search report 01/06/2010
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer O'Callaghan, D
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/054240

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2004/090559 A (BP CORP NORTH AMERICA INC [US]; WARFIELD DONALD B [US]; GARVISON PAUL) 21 October 2004 (2004-10-21) page 3, lines 8-12; figures 1,2 page 4, line 27 - page 5, line 11 -----	1,13 15 2-12,14
X A	US 4 184 111 A (TURNER GARY B [US]) 15 January 1980 (1980-01-15) column 1, lines 13-18; figure 1 column 2, lines 23-65 column 3, line 14 - column 4, line 29 -----	1,13 2-12,14, 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/054240

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4163194	A	31-07-1979	NONE	
US 4528503	A	09-07-1985	NONE	
WO 2004090559	A	21-10-2004	AU 2004227866 A1	21-10-2004
			CN 1768273 A	03-05-2006
			EP 1611448 A1	04-01-2006
			JP 2006522492 T	28-09-2006
			KR 20050121240 A	26-12-2005
US 4184111	A	15-01-1980	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054240

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G01R31/26 G01R19/25
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
 G01R G01D H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 163 194 A (ROSS RONALD G [US]) 31 juillet 1979 (1979-07-31)	1-14
Y	colonne 2, ligne 30-40 colonne 3, ligne 3-36 colonne 4, ligne 35-44 colonne 5, ligne 3-19	15
X	US 4 528 503 A (COLE STEVEN W [US]) 9 juillet 1985 (1985-07-09)	1-14
Y	colonne 1, ligne 13-19 colonne 2, ligne 34-53 colonne 4, ligne 3-34 colonne 12, ligne 16-24; figure 2	15
	-/--	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

21 mai 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

01/06/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

O'Callaghan, D

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054240

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2004/090559 A (BP CORP NORTH AMERICA INC [US]; WARFIELD DONALD B [US]; GARVISON PAUL) 21 octobre 2004 (2004-10-21)	1,13
Y	page 3, ligne 8-12; figures 1,2	15
A	page 4, ligne 27 - page 5, ligne 11 -----	2-12,14
X	US 4 184 111 A (TURNER GARY B [US]) 15 janvier 1980 (1980-01-15)	1,13
A	colonne 1, ligne 13-18; figure 1 colonne 2, ligne 23-65 colonne 3, ligne 14 - colonne 4, ligne 29 -----	2-12,14, 15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/054240

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	
WO 2004090559	A	21-10-2004	AU 2004227866 A1	21-10-2004
			CN 1768273 A	03-05-2006
			EP 1611448 A1	04-01-2006
			JP 2006522492 T	28-09-2006
			KR 20050121240 A	26-12-2005
US 4184111	A	15-01-1980	AUCUN	