

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 951 886

21 N° d'enregistrement national : 09 57450

51 Int Cl⁸ : H 03 K 17/0812 (2006.01), H 03 K 17/284

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.10.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.04.11 Bulletin 11/17.

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 ATOMIQUE — FR.

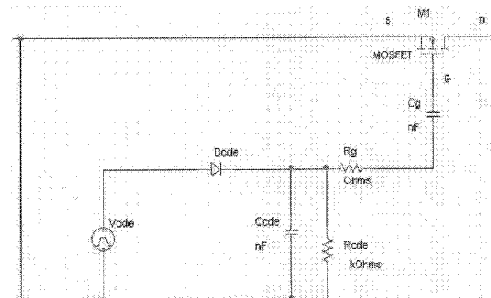
72 Inventeur(s) : CHAINTREUIL NICOLAS.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

74 Mandataire(s) : AIVAZIAN MOREAU-NOVAIMO.

54 COMMANDE AVEC RALENTISSEMENT DE L'OUVERTURE D'UN INTERRUPTEUR ELECTRONIQUE.

57 Interrupteur électronique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de commande comprenant une capacité de commande (C_{code}) et une résistance de commande (R_{code}) relié à l'interrupteur de sorte de ralentir la commande de l'ouverture de l'interrupteur.



FR 2 951 886 - A1



L'invention concerne un interrupteur électronique comprenant un dispositif de commande ainsi qu'un dispositif photovoltaïque comprenant un tel interrupteur. Elle concerne aussi l'utilisation d'un tel interrupteur dans un procédé de diagnostic pour un dispositif photovoltaïque permettant de
5 détecter son dysfonctionnement.

Il est connu d'utiliser un interrupteur électronique de type transistor MOSFET, tel que représenté sur la figure 1. Pour commander la fermeture d'un tel interrupteur, une différence de potentiel dépassant une valeur
10 seuil V_{gs} est appliquée entre la grille G et la source S. Pour cela, une tension V_{cde} est généralement appliquée par un échelon dont le front est très court, de l'ordre de quelques nanosecondes (ns). Elle permet de charger la capacité C_g de la grille, qui est une caractéristique intrinsèque du composant utilisé, au travers d'une résistance R_g de l'ordre d'une
15 centaine d'Ohms, selon le schéma électrique représenté en figure 2. En général, la tension de seuil V_{gs} est comprise entre 12 et 20 V et la tension V_{cde} est une tension en créneaux dont les fronts varient de 0 à une valeur entre 12 et 22 V, en quelques ns. Au-delà de la tension de seuil V_{gs} , la capacité C_g de la grille permet de créer une circulation de courant entre G
20 et S, ce qui ferme l'interrupteur. Au-dessous de cette valeur, le courant ne passe pas et l'interrupteur est ouvert. Les valeurs de la résistance R_g et de la capacité C_g déterminent la vitesse de commutation de l'interrupteur, pour une commande de tension donnée. Dans l'état de la technique, les considérations précédentes permettent d'atteindre une ouverture d'un
25 interrupteur en une durée d'environ 10 ns. Les solutions existantes de commande de cette ouverture ont pour objectif de réduire le temps de commutation afin de réduire les pertes par dissipation d'énergie. Or, pour certaines applications, notamment dans le domaine des dispositifs photovoltaïques, ces commandes existantes de l'ouverture d'interrupteurs
30 ne sont pas adaptées.

Ainsi, un objet général de l'invention est de proposer une solution différente de commande de l'ouverture d'un interrupteur.

5 A cet effet, l'invention repose sur un interrupteur électronique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de commande comprenant une capacité de commande (C_{cde}) et une résistance de commande (R_{cde}) relié à l'interrupteur de sorte de ralentir la commande de l'ouverture de l'interrupteur.

10

L'interrupteur électronique peut être un transistor MOS, comprenant une capacité de grille interne (C_g) et une résistance de grille (R_g) en série, la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) étant disposées en parallèle à la borne d'entrée de l'ensemble formé par la

15 résistance de grille (R_g) et la capacité de grille (C_g).

Avantageusement, la capacité de commande (C_{cde}) peut présenter une valeur comprise entre 10 et 10000 nF et la résistance de commande (R_{cde}) une valeur supérieure à 1 kOhm.

20

Le dispositif de commande peut de plus comprendre une diode (D_{cde}), apte à éviter la décharge de la capacité de grille (C_g) vers un générateur de tension (V_{cde}) qui serait disposé aux bornes de l'ensemble formé par la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde})

25 pour transmettre une commande de tension à l'interrupteur électronique.

La capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) peuvent avoir des valeurs aptes à un ralentissement de l'ouverture de l'interrupteur pour atteindre son ouverture entre 10 ns et 10 ms.

30

Avantageusement, la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) peuvent avoir des valeurs aptes à un ralentissement de l'ouverture de l'interrupteur pour atteindre son ouverture entre 1 et 5000 μs .

5

L'invention porte aussi sur un dispositif photovoltaïque comprenant un générateur photovoltaïque comprenant plusieurs cellules photovoltaïques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un interrupteur avec un dispositif de commande tel que décrit précédemment 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.

Le dispositif photovoltaïque peut comprendre un premier commutateur (T2) apte à relier ou non le générateur photovoltaïque à une charge extérieure comme une batterie ou un réseau électrique, et au moins un second commutateur (T1) en parallèle sur au moins une cellule du générateur photovoltaïque.

L'invention porte aussi 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 (U) pendant qu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert à l'aide d'au moins un dispositif de commande d'un interrupteur tel que décrit précédemment ou réciproquement d'un mode de fonctionnement en circuit ouvert à un mode en court-circuit.

L'étape d'observation de l'évolution de sa tension (U) peut comprendre l'observation de l'évolution $U(I)$ de sa tension (U) en fonction du courant (I).

30

Le procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque peut en outre comprendre la mesure d'au moins 10 points de tension (U) et/ou d'intensité (I) pendant le passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert ou inversement en une durée comprise entre 10 ns et 10 ms.

Il 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 comprendre 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 ;

-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 ;

-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 générateur photovoltaïque dans sa situation de production électrique normale en liaison avec sa charge.

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 :

5 La figure 1 représente un interrupteur de type transistor MOSFET selon l'état de la technique.

La figure 2 représente la commande de l'ouverture d'un interrupteur de type MOSFET selon l'état de la technique.

10 La figure 3 illustre schématiquement un circuit électrique équivalent à une cellule photovoltaïque.

La figure 4 représente la courbe tension-intensité obtenue aux bornes de différentes cellules photovoltaïques.

15

La figure 5 représente schématiquement le circuit électrique de deux cellules photovoltaïques en série dont l'une est défectueuse.

20 Les figures 6 et 7 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.

25 La figure 8 représente des courbes tension-intensité obtenues aux bornes d'un générateur photovoltaïque selon différents scénarii.

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

La figure 10 représente le circuit électrique mis en œuvre pour le diagnostic du dispositif photovoltaïque selon le mode d'exécution de l'invention.

- 5 La figure 11 représente le circuit électrique mis en œuvre pour la commande d'un interrupteur selon un mode d'exécution de l'invention.

La figure 12 représente les évolutions de la tension et du courant lors d'une ouverture d'un interrupteur commandé selon le mode d'exécution de
10 l'invention.

La figure 13 représente la courbe $U(I)$ aux bornes d'un module photovoltaïque obtenue par une mesure imparfaite suite à une non optimisation de la commande de l'interrupteur.

15

Les dispositifs de génération d'énergie à partir de sources intermittentes, 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
20 existants ne sont pas conçus pour une réaction rapide en cas de défaillance, même quand leur production devient anormalement basse. Pour cette raison, ils nécessitent des opérations de maintenance complexes et coûteuses.

25 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,
30 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

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

10

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

15 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.

Le passage du fonctionnement en court-circuit à un mode de

20 fonctionnement en circuit ouvert nécessite une commande particulière d'un interrupteur, dont le temps d'ouverture doit être suffisamment lent 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

25 le dispositif photovoltaïque.

Ainsi, l'invention repose sur 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. Elle va être

30 décrite dans le cadre de son implémentation au sein d'un dispositif

photovoltaïque, afin de détecter sa défaillance, selon le principe explicité ci-dessus. Toutefois, elle pourrait naturellement être implémentée dans toute autre application nécessitant le ralentissement contrôlé de l'ouverture d'un interrupteur.

5

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

- 10 Une cellule photovoltaïque se comporte selon un circuit électrique tel que représenté schématiquement sur la figure 3. Elle fournit un courant I et une tension U sur ses bornes AB de sortie.

La figure 4 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.

25

La figure 5 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

30

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
5 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
10 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 6 et 7 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,
15 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 16 montre que la tension d'un générateur défectueux augmente beaucoup
20 moins vite.

Ainsi, une première méthode de diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque, représentée sur la figure 6, consiste à observer le temps nécessaire pour atteindre une tension U_f représentant un pourcentage
25 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 plus long t_d . Ainsi, la comparaison des temps t_d et t_n permet un diagnostic
30 de l'état du générateur photovoltaïque.

Une seconde méthode, représentée sur la figure 7, 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 tensions U_n et U_d permet un diagnostic de l'état du générateur photovoltaïque.

La figure 8 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 défailante 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 :

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

10 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 9.

15 Le dispositif photovoltaïque de la figure 9 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 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 17, et un bloc 18 de gestion de la publication sur le réseau de la production. Pour remplir sa fonction, le CPU 13 commande régulièrement les mesures suivantes :

- 25 -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.

30 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 représenté sur la figure 10. 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 $T1$, $T2$ selon l'invention, dont le principe de commande sera détaillé par la suite.

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 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 fonction de détection d'arc électrique au sein du générateur photovoltaïque. Ainsi, le procédé de détection de défaillance 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 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 :

- 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 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 ;

5 -mesure de la tension U aux bornes du générateur photovoltaïque 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
10 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 ;

15 -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
20 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% ;

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

En variante, il est possible d'observer la courbe tension-intensité $U(I)$
30 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 :

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

10 -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 ;

-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.

15 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.

20 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 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
25 courbe $U(I)$ afin d'en déduire des informations complémentaires sur les défauts du dispositif.

Selon l'invention, le temps nécessaire pour la mise en œuvre du diagnostic est suffisamment faible pour permettre son exécution sans
30 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 maximale. 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
5 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, l'invention propose 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
10 et 10 ms.

La figure 11 représente le dispositif de commande d'un interrupteur selon un mode d'exécution de l'invention. Ce dispositif repose sur l'ajout d'une résistance R_{cde} , dont la fonction est d'augmenter la durée de la décharge
15 de la capacité de grille C_g du transistor, une capacité C_{cde} , dont la fonction est de ralentir la chute de la tension de commande, et une diode D_{cde} , dont la fonction est d'éviter la décharge de la capacité de grille C_g vers le générateur de tension V_{cde} . La capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) sont disposées en parallèle et reliées
20 à la borne d'entrée de l'ensemble formé par la résistance de grille (R_g) et la capacité de grille (C_g).

A titre d'exemple, considérons une tension en créneaux montants et descendants variant entre 0 et 17V en quelques ns. Lors d'une commande
25 d'ouverture directe du transistor, par l'intermédiaire de la diode D_{cde} , la valeur de la tension de commande V_{cde} passe à 0 V. La capacité de commande C_{cde} , dont la valeur est de 220 nF, se décharge lentement au travers de la résistance de commande R_{cde} , dont la valeur est de 12 kOhms. Dans le même temps, la capacité C_g du transistor se décharge
30 aussi lentement, la diode empêchant une éventuelle décharge par

l'alimentation de tension V_{cde} . En remarque, cette diode est optionnelle. Pour l'utilisation de ce dispositif avec un module photovoltaïque silicium poly-cristallin, le temps d'ouverture est de 800 μ s. Durant cette ouverture, le dispositif mesure une centaine de points, de préférence au moins 10
5 points, permettant de tracer les courbes 20 d'évolution de la tension et 21 d'évolution du courant, durant ces 800 μ s d'ouverture, représentées sur la figure 12. Ces mesures permettent ainsi d'obtenir une courbe $U(I)$ précise, semblable à la courbe 4 de la figure 8.

10 Naturellement, les valeurs numériques précédentes sont données à titre d'exemple, et il convient de les adapter aux technologies d'interrupteur et de modules photovoltaïques utilisés, pour lesquels les capacités varient d'une technologie à une autre en influant sur la forme des courbes $U(I)$. Ainsi, il est opportun de ralentir de manière plus importante la
15 commutation des interrupteurs associés à un module dont la capacité parasite est élevée. Pour cela, les valeurs de la capacité C_{cde} et de la résistance R_{cde} de commande, qui déterminent le niveau de ralentissement de l'ouverture de l'interrupteur avec lequel ces composants sont associés, seront adaptées aux modules photovoltaïques à équiper, à
20 partir de tests particuliers effectués au préalable sur ces modules. Plus la valeur de la capacité de commande est élevée, plus le temps de commutation le sera aussi et plus la courbe $U(I)$ pourra être obtenue de manière précise. Avantageusement, la capacité de commande C_{cde} aura une valeur comprise entre 10 et 10000 nF et la résistance de commande
25 R_{cde} aura une valeur supérieure à 1 kOhm. La figure 13 représente à titre d'exemple une courbe $U(I)$ imparfaite obtenue dans le cas d'un paramétrage non optimal des composants du dispositif de commande de l'interrupteur, sur laquelle la zone 22 correspondant au point de puissance maximum est beaucoup moins marquée. Ainsi, il convient notamment de
30 choisir les paramètres R_{cde} et C_{cde} du dispositif de commande de

l'interrupteur de manière à obtenir un coude précis de la courbe $U(I)$. Dans la pratique, ces valeurs seront déterminées en fonction du ralentissement souhaité de la commutation et seront telles d'avoir pour effet d'obtenir une ouverture entre 10 ns et 10 ms, une valeur comprise 1 et 5000 μ s étant
5 avantageuse. Elles peuvent être déterminées empiriquement pour s'adapter parfaitement à l'environnement et à l'interrupteur sur lequel la commande de ralentissement va s'appliquer.

Un procédé de diagnostic pour le dispositif photovoltaïque a été décrit à
10 titre d'exemple. Bien entendu, d'autres variantes sont possibles pour ce diagnostic, 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 obligatoirement mesurée à chaque mise en œuvre du procédé de diagnostic mais elle peut par
15 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 étapes de diagnostic.

20 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 tension maximale, mesurer le temps nécessaire et le comparer au temps normal en cas de bon fonctionnement. Si ce temps dépasse le temps
25 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
30 10. Selon une variante avantageuse, le diagnostic pourrait être fait en

utilisant la structure d'entrée d'un onduleur photovoltaïque. Classiquement, ces 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

5 partie hacheur (étage convertisseur DC/DC) de l'appareil « onduleur photovoltaïque » et/ou de réaliser la fonction de conversion DC/DC. Ces composants peuvent 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

10 mise en œuvre facilement et principalement grâce à des adaptations logicielles des onduleurs existants.

Revendications

1. Interrupteur électronique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de commande comprenant une capacité de commande (C_{cde}) et une
5 résistance de commande (R_{cde}) relié à l'interrupteur de sorte de ralentir la commande de l'ouverture de l'interrupteur.

2. Interrupteur électronique selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il est un transistor MOS, comprenant une capacité de grille
10 interne (C_g) et une résistance de grille (R_g) en série, la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) étant disposées en parallèle à la borne d'entrée de l'ensemble formé par la résistance de grille (R_g) et la capacité de grille (C_g).

- 15 3. Interrupteur électronique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la capacité de commande (C_{cde}) présente une valeur comprise entre 10 et 10000 nF et la résistance de commande (R_{cde}) une valeur supérieure à 1 kOhm.

- 20 4. Interrupteur électronique selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que le dispositif de commande comprend de plus une diode (D_{cde}), apte à éviter la décharge de la capacité de grille (C_g) vers un générateur de tension (V_{cde}) qui serait disposé aux bornes de
25 l'ensemble formé par la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) pour transmettre une commande de tension à l'interrupteur électronique.

5. Interrupteur électronique selon l'une des revendications précédente, caractérisé en ce que la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de
30 commande (R_{cde}) ont des valeurs aptes à un ralentissement de

l'ouverture de l'interrupteur pour atteindre son ouverture entre 10 ns et 10 ms.

5 6. Interrupteur électronique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la capacité de commande (C_{cde}) et la résistance de commande (R_{cde}) ont des valeurs aptes à un ralentissement de l'ouverture de l'interrupteur pour atteindre son ouverture entre 1 et 5000 μ s.

10 7. Dispositif photovoltaïque comprenant un générateur photovoltaïque comprenant plusieurs cellules photovoltaïques, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un interrupteur avec un dispositif de commande selon l'une des revendications précédentes 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
15 réciproquement.

8. 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 ou
20 un réseau électrique, et en ce qu'au moins un second commutateur (T1) est en parallèle sur au moins une cellule du générateur photovoltaïque.

9. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque caractérisé en ce qu'il met en œuvre une étape d'observation de l'évolution de sa
25 tension (U) pendant qu'il passe d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert à l'aide d'au moins un dispositif de commande d'un interrupteur selon l'une des revendications 1 à 6 ou réciproquement d'un mode de fonctionnement en circuit ouvert à un mode en court-circuit.

30

10. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, 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).
- 5
11. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend la mesure d'au moins 10 points de tension (U) et/ou d'intensité (I) pendant le passage d'un mode de fonctionnement en court-circuit à un mode en circuit ouvert
- 10 ou inversement en une durée comprise entre 10 ns et 10 ms.
12. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de détection des décrochements (7, 8, 9) de la courbe tension-intensité pour
- 15 en déduire le nombre de défauts ainsi que l'importance de la défaillance.
13. Procédé de diagnostic pour un générateur photovoltaïque selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes supplémentaires suivantes :
- 20 -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 ;
- 25 -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 ;
- mesure de la tension (U) et du courant (I) aux bornes du générateur photovoltaïque jusqu'à ce que la tension (U) atteigne la tension
- 30 maximale (U_{CO}) pour obtenir la courbe U(I) ;

22

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

5

1/6

FIG.1

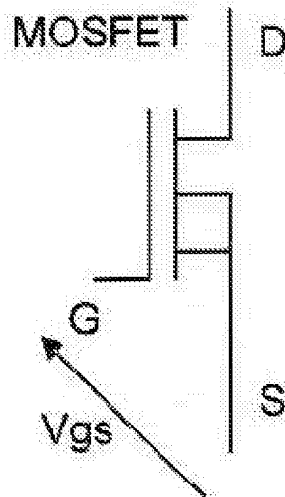


FIG.2

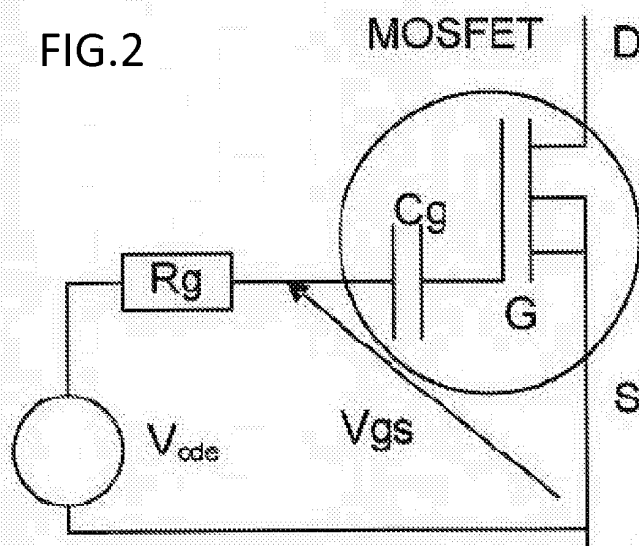


FIG.3

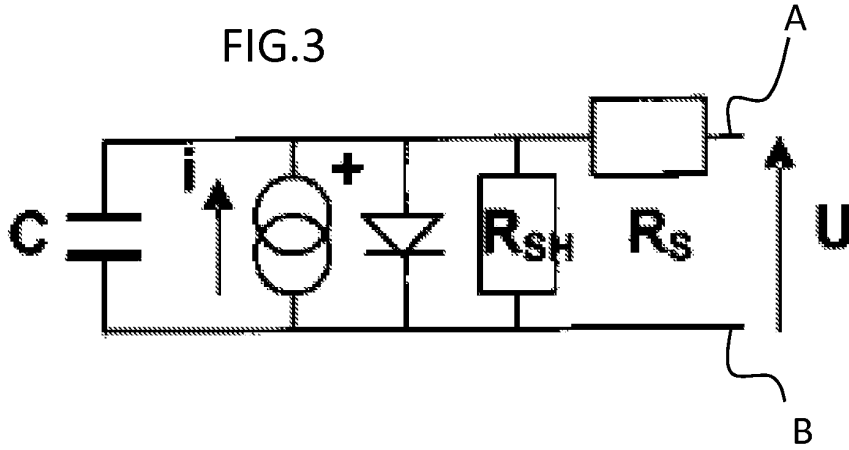


FIG.4

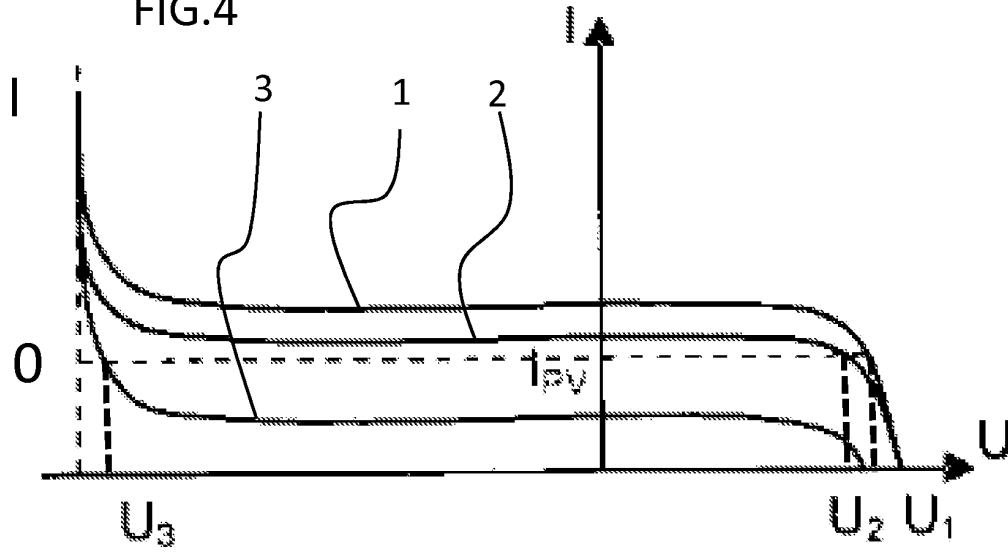
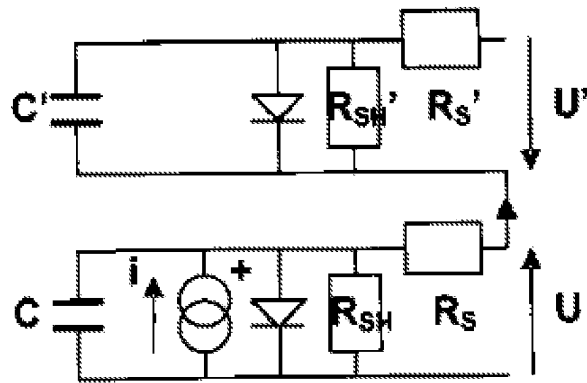


FIG.5



3/6

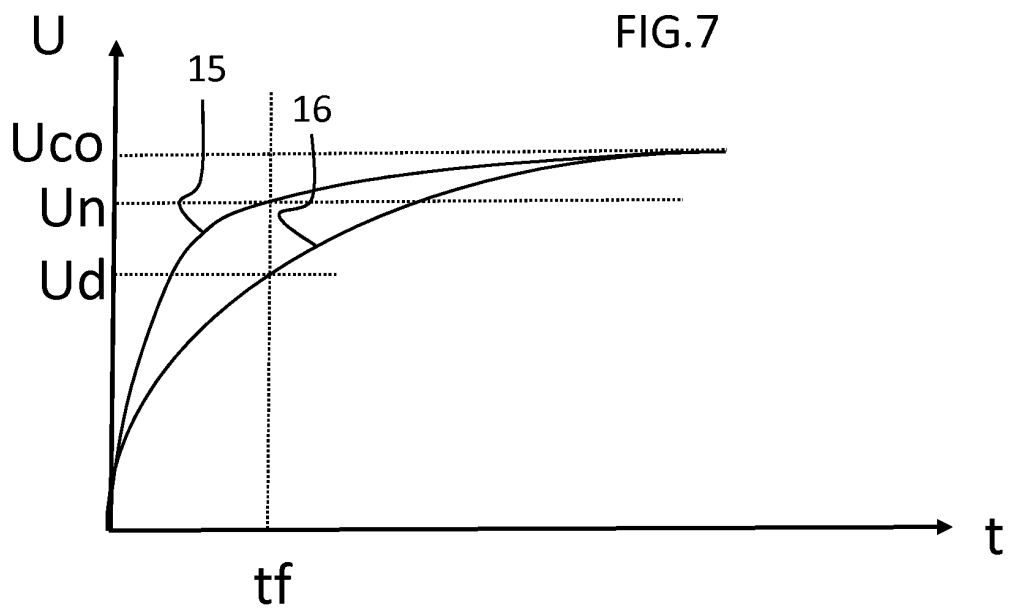
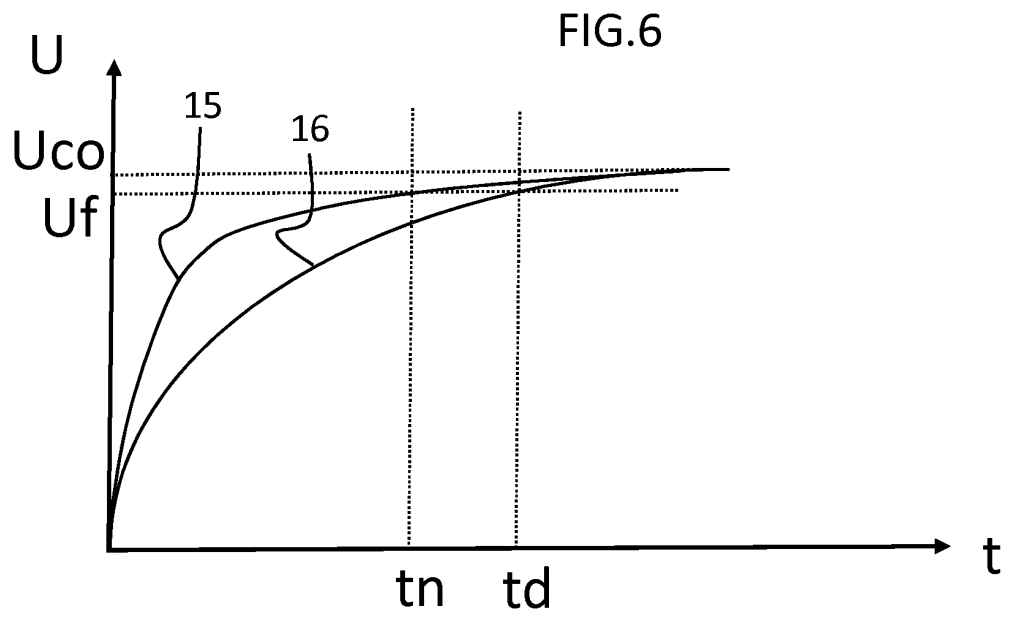


FIG.8

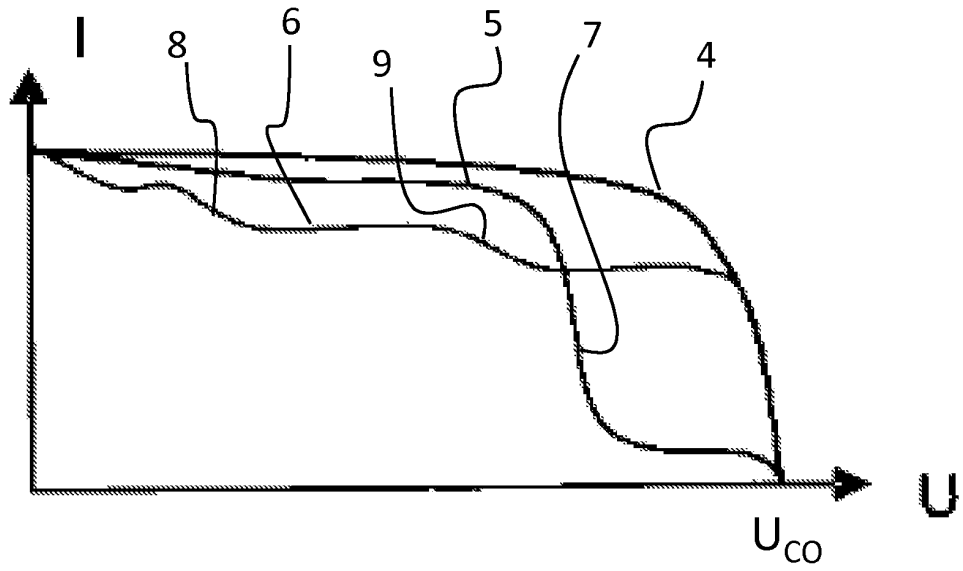


FIG.9

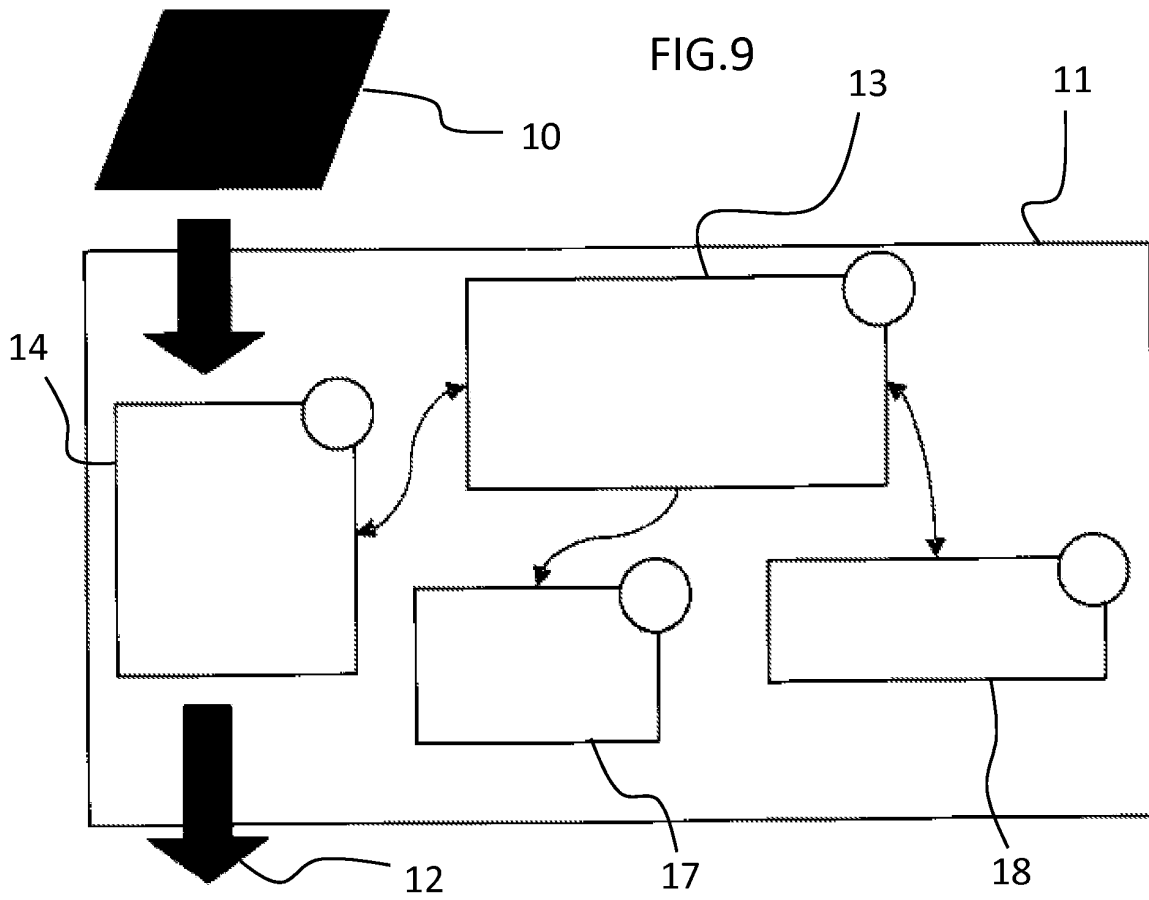
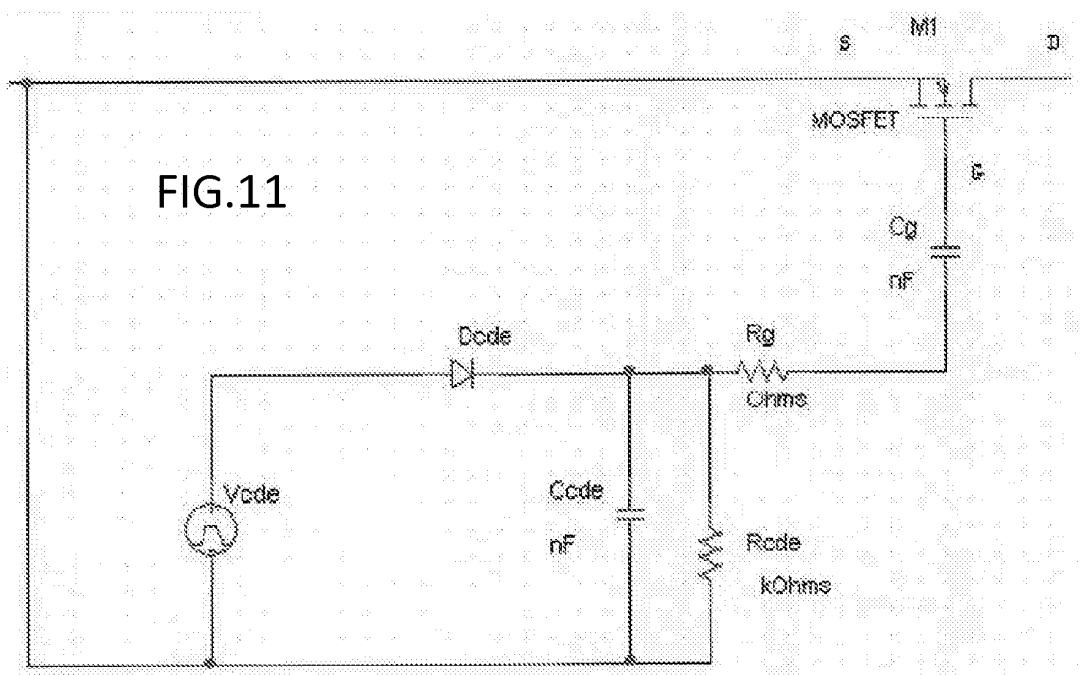
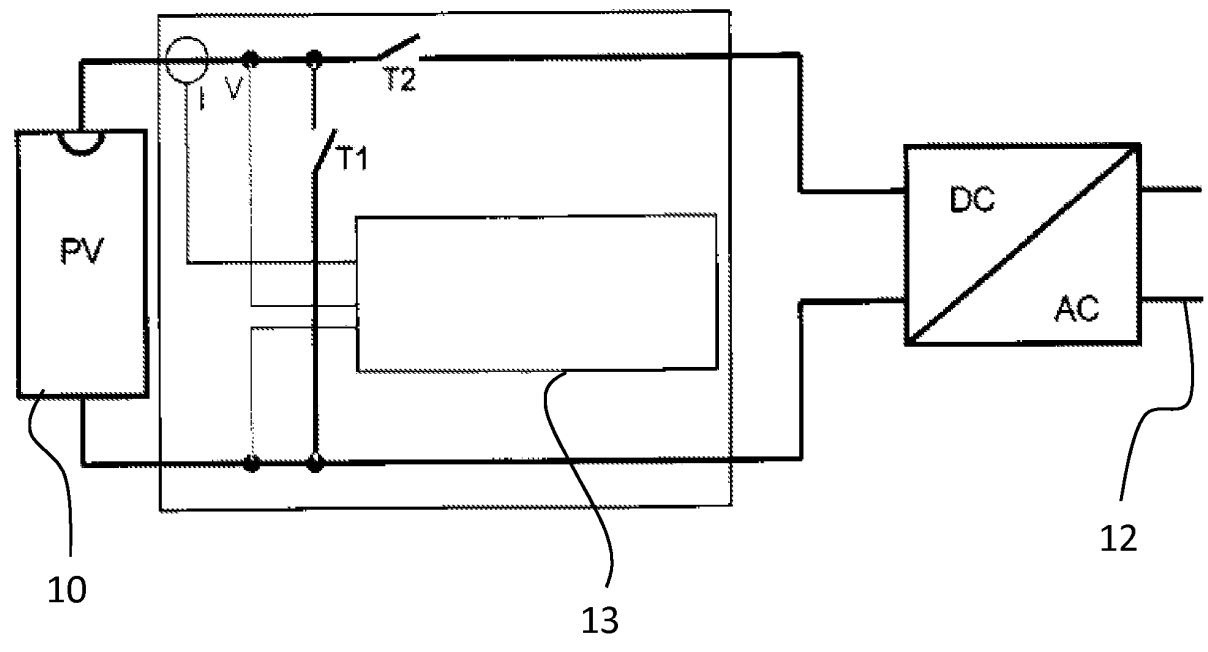


FIG.10



6/6

FIG.12

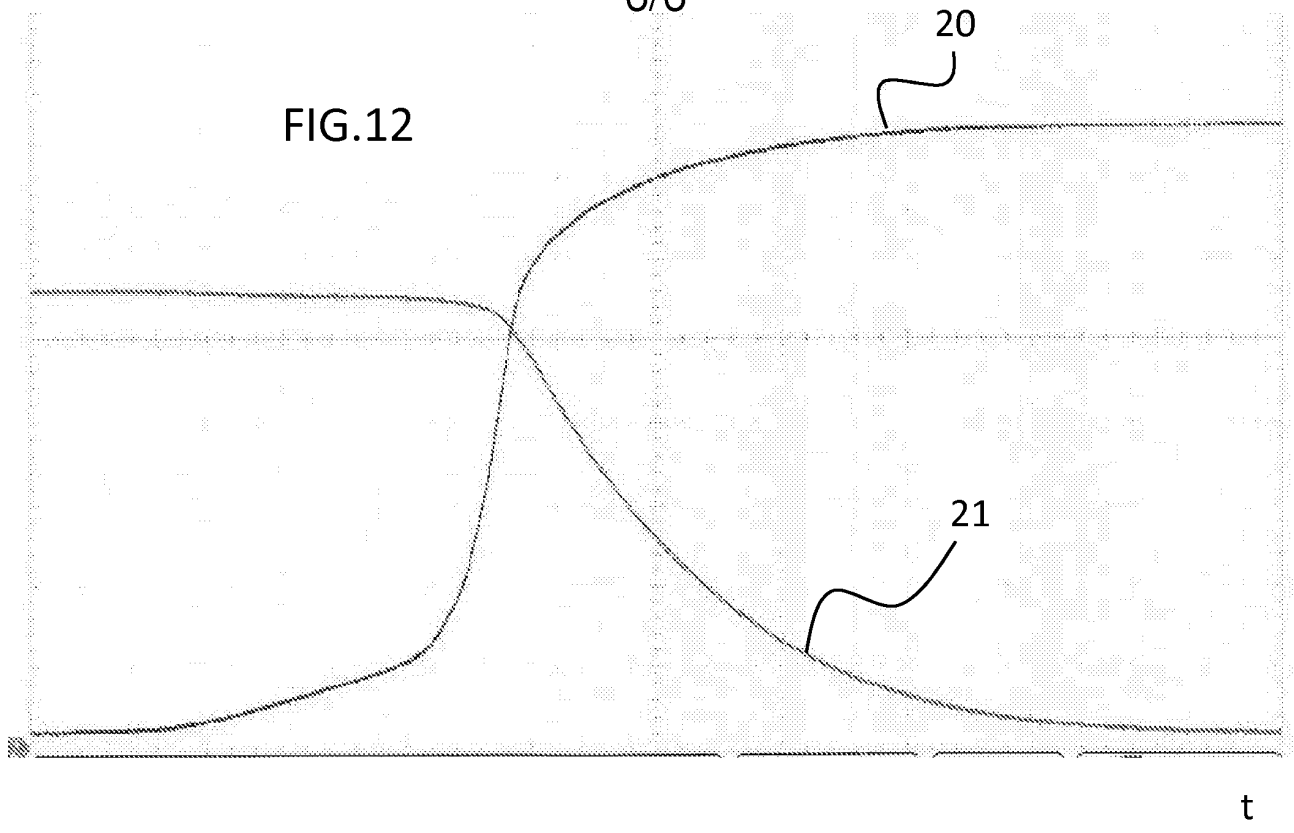
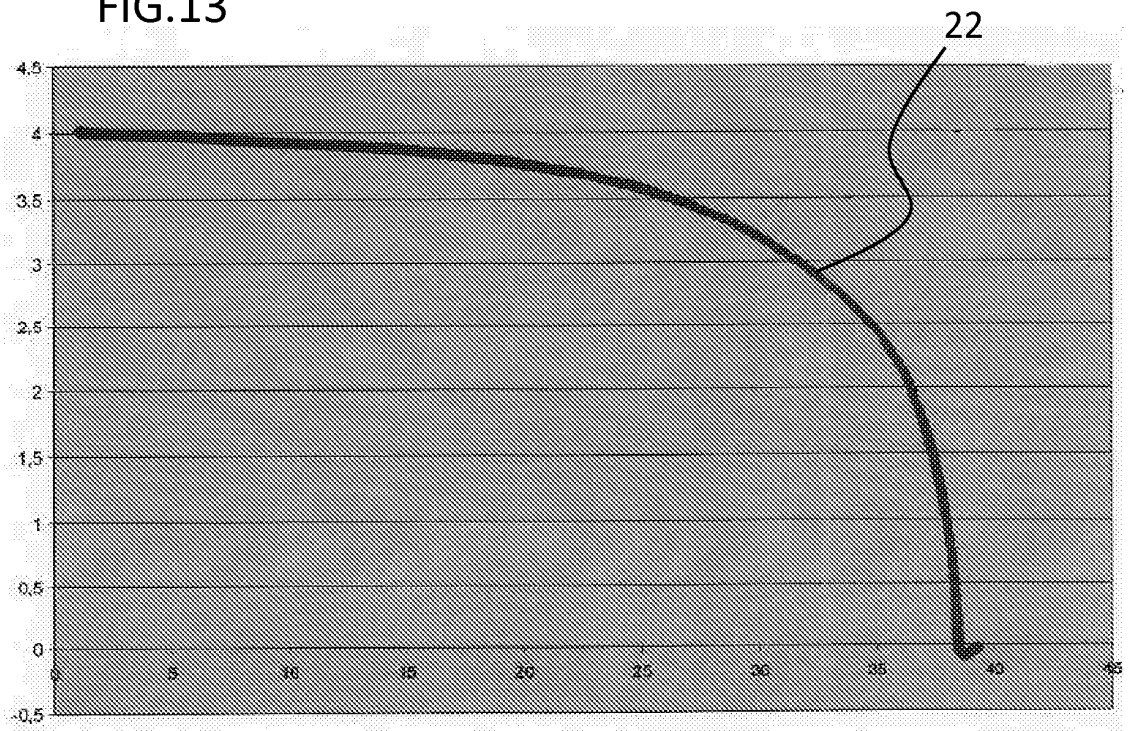


FIG.13





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

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

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement
national

FA 729404
FR 0957450

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 970 420 A (BILLINGS WILLIAM W [US]) 13 novembre 1990 (1990-11-13) * colonne 2, ligne 36-64; figure 1 * -----	1-6	H03K17/0812 H03K17/284
X	DE 30 28 986 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4 mars 1982 (1982-03-04) * page 3, ligne 34 - page 4, ligne 3; figures * * page 4, ligne 14-27 * -----	1-6	
X	US 4 603 269 A (HOCHSTEIN PETER A [US]) 29 juillet 1986 (1986-07-29) * colonne 4, ligne 8-14; figure 3 * -----	1-6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H03K G01R
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 mai 2010		Martínez Martínez, J	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0957450 FA 729404**

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 **19-05-2010**

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 4970420	A	13-11-1990	AUCUN	

DE 3028986	A1	04-03-1982	AUCUN	

US 4603269	A	29-07-1986	AUCUN	

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 729404
FR 0957450

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-6

Le première objet (revendications 1-6) concerne un interrupteur électronique comprenant un transistor MOS et un dispositif de commande qui a une capacité et une résistance en parallèle relié à l'interrupteur de sorte à ralentir la commande de l'ouverture de l'interrupteur.

2. revendications: 1, 7-13

Le deuxième objet (revendications 1, 7-13) concerne un dispositif photovoltaïque comprenant un générateur photovoltaïque et au moins un interrupteur 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 ainsi exécutant un diagnostic du dit générateur photovoltaïque.

La première invention a été recherchée.

L'objet commun entre les deux objets susmentionnés consiste en un interrupteur électronique avec les caractéristiques décrites dans la revendication 1. Un tel interrupteur n'est pas nouveau par rapport au document US 4 970 420 A (voir colonne 2, lignes 36-64, figure 1). En conséquence, les inventions 1 et 2 ne sont pas liées entre eux par des caractéristiques techniques particulières communes ou correspondantes et ils définissent deux inventions différentes qui ne sont pas liées par un seul concept inventif général.

La présente demande ne satisfait donc pas aux exigences d'unité de l'invention.