

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 43077 B1** (51) Cl. internationale : **G01R 31/00**

(43) Date de publication :
31.08.2020

(21) N° Dépôt :
43077

(22) Date de Dépôt :
03.08.2018

(71) Demandeur(s) :
**UNIVERSITE HASSAN II, 19, RUE TARIK BNOU ZIAD, MERS SULTAN, BP 9167,
CASABLANCA (MA)**

(72) Inventeur(s) :
SANDALI Abdelhalim ; OUKHOYA TAREK

(74) Mandataire :
NAHID HANANE

(54) Titre : **Procédé et système de détermination des caractéristiques électriques des panneaux photovoltaïques à base d'onduleurs à modulation de largeur d'impulsions**

(57) Abrégé : Le procédé comprend les étapes de connecter un onduleur à résonance série au générateur photovoltaïque, appliquer aux transistors de l'onduleur des signaux modulés en densité d'impulsions qui ont une longueur et un rapport cyclique adaptés pour que le point de fonctionnement du générateur photovoltaïque décrit un cycle complet, et mesurer le courant de sortie et la tension aux bornes du générateur photovoltaïque durant ledit cycle. Les signaux de grille modulés en densité d'impulsions sont générés par un circuit de commande numérique. Le générateur photovoltaïque étant initialement en circuit ouvert, on commande des cycles actifs, puis on commande des cycles inactifs. Durant les cycles actifs, la caractéristique V-I est tracée dans le sens point de circuit-ouvert vers point de court-circuit. Durant les cycles inactifs, la caractéristique V-I est tracé dans le sens inverse.

RESUME/ABSTRACT

Le procédé comprend les étapes de connecter un onduleur à résonance série au générateur photovoltaïque, appliquer aux transistors de l'onduleur des signaux modulés en densité d'impulsions qui ont une longueur et un rapport cyclique adaptés pour que le point de fonctionnement du générateur photovoltaïque décrit un cycle complet, et mesurer le courant de sortie et la tension aux bornes du générateur photovoltaïque durant ledit cycle. Les signaux de grille modulés en densité d'impulsions sont générés par un circuit de commande numérique. Le générateur photovoltaïque étant initialement en circuit ouvert, on commande des cycles actifs, puis on commande des cycles inactifs. Durant les cycles actifs, la caractéristique V-I est tracée dans le sens point de circuit-ouvert vers point de court-circuit. Durant les cycles inactifs, la caractéristique V-I est tracé dans le sens inverse.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

Ref 1: Eladio Duran Aranda; Juan Antonio Gomez Galan; Mariano Sidrach de Cardona; Jose Manuel Andujar Marquez, "Measuring the I-V curve of PV generators", IEEE Industrial Electronics Magazine, Year: 2009, Volume: 3, Issue: 3, Pages: 4 – 14

Ref 2: E. Duran; J. M.I Andujar, J. M. Enrique and J. M. Perez-Oria;" Determination of PV Generator I-V/P-V Characteristic Curves Using a DC-DC Converter Controlled by a Virtual Instrument", International Journal of Photoenergy, vol. 2012, Article ID 843185, 13 pages, 2012. doi:10.1155/2012/843185

Ref 3: J. Mun˜oz *, E. Lorenzo, "Capacitive load based on IGBTs for on-site characterization of PV arrays", Solar Energy, 2006, Vol.80(11), pp.1489-1497

Ref 4: Mahmoud, Marwan M. "Transient analysis of a PV power generator charging a capacitor for measurement of the I-V characteristics", Renewable Energy, 2006, Vol.31(13), pp.2198-2206

Ref 5: Y. Kuai and S. Yuvarajan, "An electronic load for testing photovoltaic panels," Journal of Power Sources, vol. 154, no. 1, pp. 308–313, 2006.

Ref 6: MAI THI THANH YEN, CHAINTREUIL NICOLAS et DESMOULIERE JEAN-BAPTISTE, "Procédé et système de détermination de caractéristiques courant-tension d'une installation photovoltaïque " FR. Patent 3,044,097, issued May 26, 2017.

Ref 7: Fujita H, Akagi H. Pulse-density-modulated power control of a 4 kW, 450 kHz voltage-source inverter for induction. IEEE Trans Ind Appl 1996;32(2):279-86

Ref 8 Sandali A. and Cheriti A.," Pulse Density Modulation Applied to Series Resonant Inverter and Ac-Ac Conversion" Chapter 4 in Recent Developments on Power Inverters book, Edited by Ali Saghafinia, ISBN 978-953-51-3232-5, Print ISBN 978-953-51-3231-8, Publisher: InTech, June 21, 2017 DOI: 10.5772/65189

TITRE DE L'INVENTION

Procédé et système de détermination des caractéristiques électriques des panneaux photovoltaïques à base d'onduleurs à modulation de largeur d'impulsions

INVENTEURS : Abdelhalim SANDALI et Tarek OUKHOYA

DESCRIPTION

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un procédé et un équipement de détermination des caractéristiques électriques des générateurs photovoltaïques dans les conditions environnementales d'exploitation. La caractéristique Courant – Tension est visualisée instantanément. La caractéristique Puissance-Tension est obtenue après traitement numérique de la caractéristique Courant-Tension.

État de la technique

Pour la maintenance et l'exploitation optimale d'un système de génération photovoltaïque, il est indispensable de disposer de la caractéristique Courant-Tension (I-V) des générateurs photovoltaïques utilisés, correspondant aux conditions climatiques réelles sur le site d'exploitation. Deux démarches de détermination de la caractéristique I-V sont possibles : la démarche indirecte et la démarche directe.

La démarche indirecte consiste à simuler la caractéristique I-V. À partir d'un modèle de fonctionnement des panneaux photovoltaïques, de données fournies par les constructeurs et de mesures de grandeurs climatiques (Irradiation solaire, température, vent, ...) effectuées sur le site d'installation, il est possible de déterminer une caractéristique I-V correspondant aux conditions climatiques actuelles. L'avantage de cette démarche est qu'elle ne nécessite aucune intervention sur les panneaux PV. En conséquence, elle ne perturbe pas le fonctionnement des systèmes de génération PV. Ses limitations résident dans le fait que la caractéristique obtenue ne tient compte ni du vieillissement ni des défauts des panneaux PV et, aussi, dans le fait que la mesure des grandeurs climatiques est une opération délicate et coûteuse.

À l'opposé de la démarche indirecte, la démarche directe ne nécessite ni la connaissance d'un modèle de fonctionnement ni l'usage de capteurs de grandeurs climatiques. Elle consiste à appliquer aux panneaux PV une charge variable et d'enregistrer la réponse en tension et en courant qui s'ensuit. Cette démarche permet de déterminer une caractéristique I-V qui correspond à l'état physique des panneaux et à leur environnement. Par contre, il est impératif de déconnecter les panneaux du système de génération lors de la caractérisation.

Les procédés mettant en œuvre la démarche directe se classent en trois types : à charge électronique linéaire, à charge électronique de puissance ou à charge capacitive.

Le procédé à charge électronique linéaire utilise un transistor fonctionnant en mode linéaire. Un signal de commande déplace le point de fonctionnement du transistor depuis le seuil de conduction jusqu'à la saturation. Le panneau PV voit donc le transistor comme une résistance variable variant depuis une valeur très grande (infinie) à une valeur très faible. La modulation du signal de commande du transistor permet alors de balayer la caractéristique I-V depuis le point de circuit ouvert (PCO) au point de court-circuit (PCC) et inversement. Le transistor doit dissiper toute l'énergie extraite du panneau sans que sa température ne dépasse la valeur admissible; d'où la limitation de ce procédé à la caractérisation de panneaux de faible puissance.

Le procédé à charge électronique de puissance utilise un convertisseur électronique de puissance DC-DC pour émuler une résistance variable. Une résistance fixe (R_0) est transformée en une résistance variable en fonction de la topologie du convertisseur et de son rapport cyclique. En faisant varier le rapport cyclique, il est alors possible de balayer la caractéristique I-V en partie ou en totalité. Les convertisseurs abaisseurs permettent de tracer une partie de la caractéristique I-V comprise entre le point de circuit ouvert (PCO) et le point particulier correspondant au rapport cyclique unitaire. Les convertisseurs élévateurs permettent de tracer une partie de la caractéristique I-V comprise entre le point de court-circuit (PCC) et le point particulier correspondant au rapport cyclique unitaire. En théorie, les convertisseurs élévateur-abaisseur permettent de tracer la totalité de la caractéristique I-V. En pratique, le point de court-circuit n'est jamais atteint car les

imperfections, inévitables, des composants électroniques limitent le rapport de transformation des convertisseurs à des valeurs finies. Pour réduire les ondulations du courant et de la tension, dues au découpage, et donc améliorer la qualité du tracé des caractéristiques, il est nécessaire de placer des filtres entre le panneau PV et le convertisseur. L'augmentation de la fréquence de commutation permet de réduire l'encombrement des éléments de filtrage, en revanche, augmente les contraintes sur les composants semiconducteurs. On retrouve un compromis classique dans le dimensionnement des convertisseurs.

Le procédé à charge capacitive consiste à faire débiter le panneau PV, objet de la caractérisation, dans un condensateur initialement déchargé. Ce procédé est très simple. Il utilise un switch électronique de puissance pour relier un condensateur au panneau photovoltaïque ou à une résistance de décharge. Il permet de tracer la caractéristique sans ondulations et uniquement dans le sens PCC au PCO. Son inconvénient c'est qu'il n'est pas continuellement opérationnel. Il faut chaque fois décharger le condensateur avant de tracer une nouvelle caractéristique.

La présente invention vient proposer un nouveau procédé et améliorer la situation

Objet de l'invention

A cet effet, l'invention concerne un procédé de détermination des caractéristiques courant-tension d'un générateur photovoltaïque constitué d'un seul panneau photovoltaïque ou d'une mise en série et /ou en parallèle de plusieurs panneaux comprenant les étapes suivantes :

- connecter un onduleur à résonance série à un générateur photovoltaïque
- appliquer aux grilles des interrupteurs de l'onduleur à résonance série des signaux de grille modulés en densité d'impulsions
- ajuster la période et le rapport cyclique des signaux de grille modulés en densité d'impulsions pour avoir un cycle complet de la tension et du courant du générateur photovoltaïque
- mesurer le courant et la tension du générateur photovoltaïque durant un temps supérieur ou égal à la période des signaux modulés en densité d'impulsions.

Les signaux de grille modulés en densité d'impulsions se composent de deux types de cycles appelés cycles actifs et cycles inactifs (Figure 1). Durant la phase des cycles actifs, les signaux modulés en densité d'impulsions sont identiques aux signaux conventionnels de commande des interrupteurs d'onduleurs monophasés avec la particularité qu'ils sont à la fréquence de résonance de la charge RLC de l'onduleur à résonance. Durant la phase des cycles inactifs dont la durée est un multiple de la période de résonance de la charge RLC, les signaux modulés en densité d'impulsions appliqués aux interrupteurs supérieurs restent continuellement au même niveau (haut ou bas) et ceux appliqués aux interrupteurs inférieurs restent continuellement au niveau complémentaire (bas ou haut). Les signaux modulés en densité d'impulsions se caractérisent alors par la longueur et le rapport cyclique, qui représentent, respectivement, la somme des cycles actifs et inactifs et le ratio des cycles actifs sur la somme des cycles.

Un cycle temporel complet de la tension et du courant du générateur photovoltaïque se compose de la succession de quatre phases : une montée du courant (phase 1) – un état stationnaire au point de court-circuit (PCC) (phase 2) – une montée de la tension (phase 3) – état stationnaire au point de circuit ouvert (PCO) (phase 4) (Figure 3).

Les phases 1 et 2 sont provoquées par les cycles actifs des signaux de grille modulés en densité d'impulsions. Au cours de ces phases, la caractéristique Courant-tension du générateur photovoltaïque est tracée dans le sens du point de circuit ouvert (PCO) vers le point de court-circuit (PCC). En effet, durant ces phases, la charge ramenée par l'onduleur au générateur photovoltaïque est réduite à une inductance équivalente.

Les phases 3 et 4 sont provoquées par les cycles inactifs des signaux de grille modulés en densité d'impulsions. Au cours de ces phases, la caractéristique Courant-tension du générateur photovoltaïque est tracée dans le sens du point de court-circuit (PCC) vers le point de circuit ouvert (PCO). En effet, durant ces phases, la charge ramenée par l'onduleur au générateur photovoltaïque est réduite au condensateur de découplage haute fréquence placé à l'entrée continue de l'onduleur.

Grâce à l'invention, la durée de l'opération de détermination de la caractéristique Courant-tension est fortement réduite. En effet, dans un mode de réalisation, la longueur et le rapport cyclique des signaux modulés en densité d'impulsions peuvent être ajustés jusqu'à l'annulation des durées des phases stationnaires. Les durées de détermination des caractéristiques dans le sens PCO vers PCC et dans le sens PCC vers PCO peuvent être réduites, respectivement, aux durées des phases 1 et 3. Ces dernières correspondent, respectivement, aux temps de charge de l'inductance équivalente et de la capacité de découplage haute fréquence. Sachant que dans un onduleur commandé en modulation de densité d'impulsions, il est toujours possible de réduire les valeurs de la capacité de découplage haute fréquence et de l'inductance équivalente par une augmentation de la fréquence de commutation sans que ceci n'augmente les pertes dans les interrupteurs de l'onduleur, on comprend que dans le concept de l'invention il n'y a pas une limite à la rapidité de détermination de la caractéristique. La limite de la rapidité réside dans les performances des instruments de mesure.

Avantageusement, l'invention ne nécessite aucune opération de filtrage du courant ou de la tension du générateur photovoltaïque, objet de la caractérisation. L'invention permet de tracer la caractéristique courant-tension :

- sans ondulations dans le sens PCC vers PCO
- avec des ondulations à peine perceptibles dans le sens PCO vers PCC, car la fréquence de commutation de l'onduleur MDI est très élevée.

Avantageusement, l'invention proposée nécessite moins de composants réactifs que dans les procédés de caractérisation des générateurs photovoltaïques à base de convertisseurs DC-DC. En effet, l'invention proposée utilise une seule inductance à courant alternatif et deux condensateurs de faibles valeurs, alors que les procédés à base de convertisseurs DC-DC utilisent au minimum 2 inductances à courant continu et deux condensateurs.

Avantageusement encore, l'encombrement des composants réactifs utilisés est réduit, car l'invention est basée sur un onduleur où les pertes par commutation sont nulles. Il y a une marge très importante pour augmenter la fréquence de commutation afin de miniaturiser les composants réactifs sans provoquer une surchauffe des composants semiconducteurs.

Avantageusement, l'invention utilise un onduleur à résonance série pour émuler une inductance à courant continu.

L'invention concerne aussi un système de détermination de caractéristiques courant-tension de générateurs photovoltaïques comprenant un onduleur à résonance série connecté aux bornes du générateur photovoltaïque, un circuit de commande destiné à appliquer aux interfaces de commande des interrupteurs des signaux modulés en densité d'impulsions à longueur et rapport cyclique variables, un oscillateur et un dispositif de mesure et d'acquisition de la tension et du courant du générateur photovoltaïque, objet de la caractérisation, durant au moins une période des signaux modulés en densité d'impulsions. Le circuit de commande est un circuit de commande numérique adapté pour générer des signaux de grille modulés en densité d'impulsions avec longueur et rapport cyclique réglables dans des plages précises.

Dans un mode de réalisation particulier, le circuit de commande numérique est bâti autour d'une mémoire et d'un compteur. Des signaux modulés en densité d'impulsions de différentes longueurs et différents rapports cycliques sont déterminés au préalable et stockés dans la mémoire. L'adresse de chaque mot de la mémoire se compose de trois composantes :

- Une composante constituée des bits de poids les plus élevés détermine la longueur des signaux.
- Une composante constituée de bits de poids intermédiaires détermine le rapport cyclique des signaux modulés en densité d'impulsions
- Une composante constituée des bits de poids les plus faibles est générée par le compteur, dont la fréquence de l'horloge détermine la fréquence des cycles (actifs et inactifs) des signaux modulés en densité d'impulsions.

Description sommaire des dessins

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante d'un mode de réalisation particulier du procédé de détermination de caractéristiques courant-tension d'un générateur photovoltaïque constitué d'un seul panneau photovoltaïque ou d'une association en série et/ou en parallèle de plusieurs panneaux, en référence aux dessins sur lesquels :

- ✓ La figure 1 représente de façon schématique un onduleur à résonance série et les signaux de grille modulés en densité d'impulsions;
- ✓ La figure 2 représente de façon schématique la connexion d'un onduleur commandé en modulation de densité d'impulsions à un générateur photovoltaïque et les modèles équivalents durant les cycles actifs et inactifs.
- ✓ La figure 3 représente un cycle temporel complet. On y distingue la phase de la montée du courant (phase 1), la phase stationnaire correspondant au PCC (phase 2), la phase de montée de la tension (phase 3) et la phase stationnaire au PCO (phase 4);
- ✓ La figure 4 représente un schéma bloc fonctionnel d'un système de détermination des caractéristiques courant-tension et puissance-tension d'un générateur photovoltaïque selon une forme de réalisation particulière de l'invention;
- ✓ La figure 5 représente un organigramme des étapes du procédé de traçage selon un mode de réalisation particulier de l'invention
- ✓ La figure 6 représente un exemple de caractéristique courant-tension visualisée directement sur un oscilloscope
- ✓ La figure 7 représente un exemple de caractéristique courant-tension obtenue après transfert des mesures de la tension et du courant dans un ordinateur et élimination de la réponse dynamique rapide.
- ✓ La figure 8 représente un exemple de caractéristique puissance-tension obtenue après transfert des mesures de la tension et du courant dans un ordinateur.

Description détaillée de mode de réalisation particulier de l'invention

L'invention vise à déterminer les caractéristiques Courant-Tension (I-V) et, par la suite les caractéristiques Puissance-Tension (P-V) d'un générateur photovoltaïque 1 permettant de tracer les courbes I-V et P-V du générateur photovoltaïque 1. Le générateur photovoltaïque 1 peut être constitué d'un seul panneau photovoltaïque ou d'une association en série et / ou en parallèle de plusieurs panneaux.

Afin de déterminer les caractéristiques I-V et P-V d'un générateur photovoltaïque 1, on utilise un système 2 comprenant les éléments suivants :

- Un onduleur à résonance série 3
- Un circuit de commande 4, destiné à faire fonctionner l'onduleur en modulation de densité d'impulsions
- Un dispositif de mesure 5, destiné à l'acquisition et la visualisation du courant et la tension du générateur photovoltaïque 1 ainsi que leur produit.
- Une interface utilisateur 6
- Des câbles et connecteurs pour la connexion de l'onduleur à résonance série 3 et du dispositif de mesure 4 au générateur photovoltaïque 1.

L'ensemble de ces éléments est disposé selon le schéma bloc fonctionnel montré sur la figure 4.

L'onduleur à résonance série 3 est destiné pour être alimenté par le générateur photovoltaïque 1 de sorte à ce que le générateur photovoltaïque 1 et l'entrée continue de l'onduleur 3 soient connectés en série en circuit fermé, comme représenté sur la figure 2.a. L'onduleur à résonance série 3 commandé en modulation de densité d'impulsions sert pour déterminer la caractéristique I-V du générateur photovoltaïque 1

- dans le sens PCC vers PCO en se comportant comme une charge capacitive, comme représenté sur la figure 2.b,
- et dans le sens PCO vers PCC en se comportant comme une charge capacitive, comme représenté sur la figure 2.c.

Le dispositif de mesure 5 est destiné à l'acquisition et la visualisation du courant I_{PV} de sortie du générateur photovoltaïque et la tension V_{PV} aux bornes du générateur photovoltaïque ainsi qu'à leur traitement. Il comprend ici un capteur de courant 50 relié en série avec le générateur photovoltaïque, un oscilloscope 51 et éventuellement un ordinateur 52. L'oscilloscope 51 reçoit sur deux de ses canaux le signal fourni par le capteur de courant 50 et le signal représentant la tension aux bornes du générateur photovoltaïque fourni par une sonde de tension. La caractéristique I-V est visualisée sur l'écran de l'oscilloscope 51. Dans l'éventualité où le produit des signaux représentant la tension et le courant du générateur photovoltaïque ne peut être effectué par l'oscilloscope 51, l'oscilloscope 51 est relié à un ordinateur 52. La caractéristique P-V est visualisée sur l'écran de l'ordinateur 52.

Le circuit de commande 4 est destiné à délivrer les quatre signaux de grille modulés en densité d'impulsions des interrupteurs de l'onduleur 1 avec longueurs et rapports cycliques variables. Le circuit de commande 4 est un circuit électronique numérique. Il comporte une mémoire 40, un étage de verrouillage 41, un étage d'amplification 42 et des générateurs d'adresses partielles 43 et 44.

Des signaux de grille modulés en densité d'impulsions de différentes longueurs et différents rapports cycliques sont déterminés au préalable et stockés dans la mémoire 40. La mémoire 40 est subdivisée en zones et sous zones. Dans le mode de réalisation particulier considéré, les zones sont au nombre de quatre. Chacune de ces zones est réservée pour le stockage de signaux de grille modulés en densité d'impulsions de longueurs $k = 64, 32, 16$ et 8 . Dans le mode de réalisation particulier considéré, chaque zone est subdivisée en seize sous zones. Dans les sous zones sont stockés des signaux de grille modulés en densité d'impulsions de rapports cycliques d variant de $1/16$ à 1 par pas de $4/64, 2/32, 1/16$ ou $1/8$ selon que les sous zones appartiennent à la zone de longueur $k = 64, 32, 16$ ou 8 .

Une sous-zone est destinée pour stocker des signaux de grille modulés en densité d'impulsions de longueur maximale égale à 64 . Elle doit donc se composer de 128 cases mémoire. Les signaux de grille modulés en densité d'impulsions destinés aux interrupteurs $S1, S2, S3$ et $S4$, sont respectivement, stockés dans les bits de poids $0, 2, 4$ et 8 des cases mémoires. La taille mémoire minimale est alors

$128 \times 16 \times 4 \times 4 = 8 \times 1024 \times 4$ bits. Pour des raisons de disponibilité, nous utilisons une mémoire de taille 64 ko.

L'étage de verrouillage 41 est constitué de quatre latches. Ces latches permettent de synchroniser le transfert des données.

L'étage d'amplification 42 est constitué de quatre buffers à collecteur ouvert et des résistances reliées à une tension 12 V. Cet étage permet de convertir les signaux d'un niveau 0 - 5 V à un niveau 0 – 12 V.

Des signaux modulés en densité d'impulsions de longueur et rapport cyclique données sont codés sur 128 cases mémoires. Pour adresser ces 128 cases mémoire, il faut un mot d'adresse de 7 bits. Pour transférer les contenus de ces 128 cases mémoires sur le bus de données de manière cyclique et à une fréquence qui soit égale à la fréquence de résonance de la charge RLC de l'onduleur, il faut que le mot d'adresse soit généré par un compteur 7 bits et dont la fréquence d'horloge est le double de la fréquence de résonance. Le générateur d'adresse partielle 43 se compose alors d'un compteur 7 bits et d'un oscillateur. Dans le mode de réalisation particulier considéré, l'oscillateur est un GBF. Le générateur d'adresses partielles 43 génère une partie du mot d'adresse de la mémoire 40 : $A_6A_5A_4A_3A_2A_1A_0$

Les sous zones sont au nombre de seize. Pour sélectionner une sous zone, il faut donc une adresse de 4 bits. Dans une zone donnée, le générateur d'adresse partielle 44 sélectionne une sous zone. Le générateur d'adresse partielle 44 est réalisé à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique 8 bits, mais seuls les 4 bits de poids les plus élevés sont utilisés. Le générateur d'adresse partielle 44 génère une partie du mot d'adresse de la mémoire 40 : $A_{10}A_9A_8A_7$

L'interface utilisateur 6 se compose d'un jeu de switches 60 et d'un potentiomètre 61.

Pour sélectionner une zone parmi quatre, il faut un mot d'adresse de 2 bits. Dans le mode de réalisation particulier considéré, l'adresse des zones est générée à l'aide d'un jeu de deux switches à deux positions 60. Par action sur ce jeu de switches 60, l'utilisateur choisit la longueur des signaux modulés en densités d'impulsions ($k = 8, 16, 32$ ou 64) en générant une partie du mot d'adresse de la mémoire 40 : $A_{12}A_{11}$.

Le mot d'adressage des sous zones $A_{10}A_9A_8A_7$ est la conversion en numérique de la tension du potentiomètre 61. Par action sur le potentiomètre 61, l'utilisateur ajuste le rapport cyclique des signaux modulés en densités d'impulsions.

On va maintenant décrire en référence à la figure 5 le procédé de détermination des caractéristiques courant-tension et puissance-tension du générateur photovoltaïque 1 permettant de tracer la courbe I-V et la courbe P-V de celui-ci, selon un mode de réalisation particulier.

Le procédé comprend une première étape E0 de connexion de l'onduleur, lors de laquelle un opérateur connecte l'onduleur à résonance série 3 en série avec le générateur photovoltaïque 1, l'onduleur 3 et le générateur 1 étant reliés en circuit fermé. Comme représenté sur la figure 2.a.

Le procédé comprend une deuxième étape E1 de connexion du dispositif de mesure 5, lors de laquelle un opérateur connecte la sonde de courant 50 en série avec la charge RLC de l'onduleur 3. L'oscilloscope 51 reçoit sur deux de ses canaux le signal fourni par le capteur de courant 50 et le signal représentant la tension aux bornes de la charge RLC fourni par une sonde de tension.

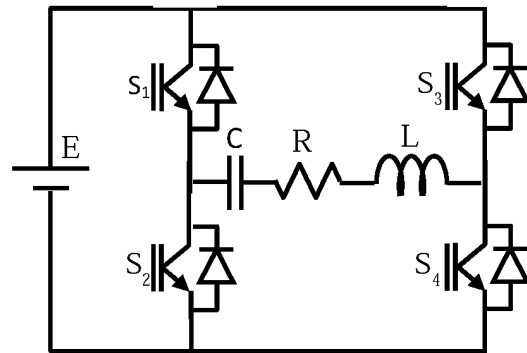
Lors d'une troisième étape E2, un opérateur ajuste le potentiomètre 61 jusqu'à observer une tension sans modulation de densité d'impulsions. Ensuite, il ajuste la fréquence de l'oscillateur jusqu'à observer que les transitions de la tension coïncident avec les passages du courant par zéro. La fréquence de commutation est alors égale à la fréquence de résonance.

Durant une quatrième étape E3, le capteur de courant 50 est relié en série avec le générateur photovoltaïque et l'oscilloscope 51 reçoit sur deux de ses canaux le signal fourni par le capteur de courant 50 et le signal représentant la tension aux bornes du générateur photovoltaïque fourni par une sonde de tension. La tension et le courant à la sortie du générateur photovoltaïque sont alors visualisés sur l'écran de l'oscilloscope 51.

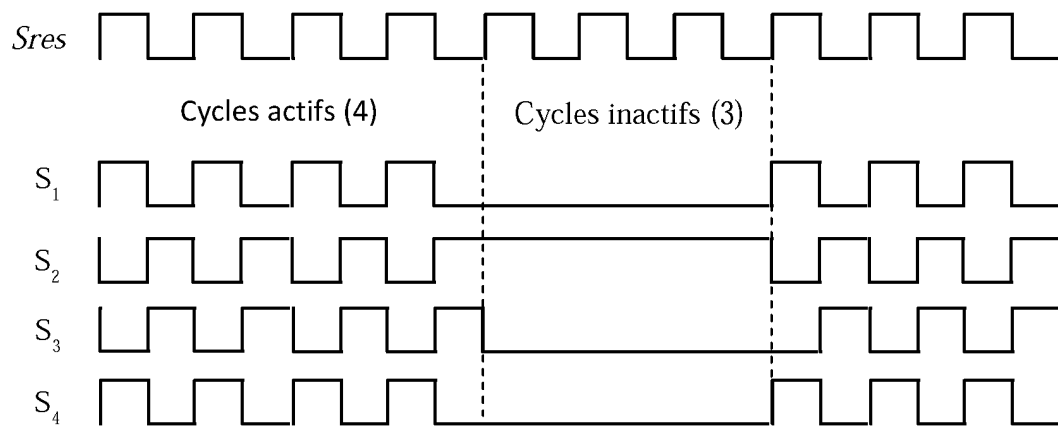
Durant une cinquième étape E4, l'utilisateur règle la longueur et le rapport cyclique en agissant sur le jeu de switch 60 et sur le potentiomètre 61 pour visualiser sur l'oscilloscope 51 un cycle temporel complet tel qu'est indiqué sur la figure 3.

Durant une sixième étape E5, l'opérateur met l'oscilloscope 51 en mode XY et la caractéristique courant-tension est visualisée. La caractéristique P-V peut être visualisée sur l'oscilloscope 51 si ce dernier est équipé d'un module de traitement numérique.

Éventuellement, durant une septième étape E6, les données enregistrées sont transférées vers un ordinateur 52 pour calculer la puissance et tracer la caractéristique P-V.

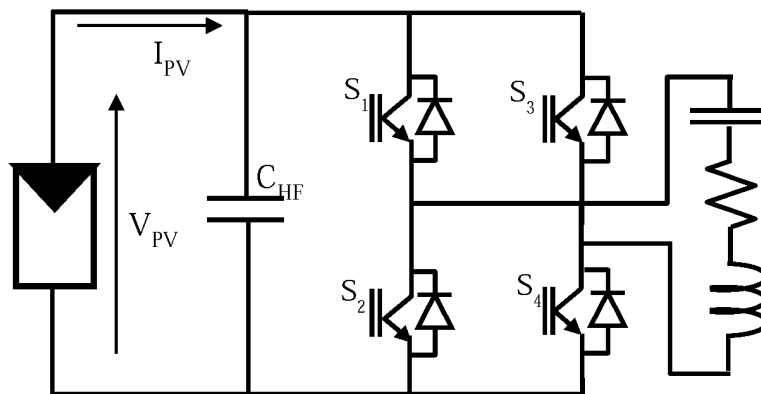


a) Topologie du convertisseur

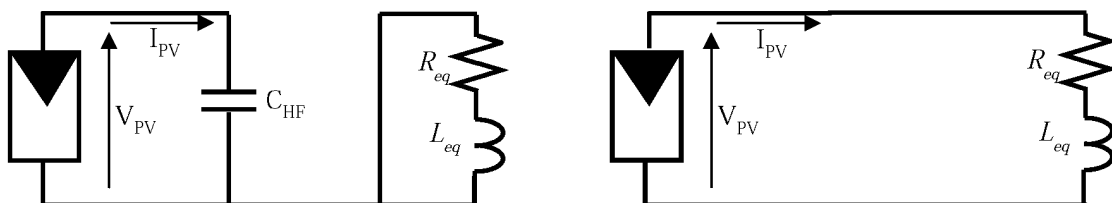


b) Exemple de signaux de grille modulés en densité d'impulsions, cas $k=7$ et $d=4/7$

Figure 1



a.



b. Durant les cycles inactifs

c. Durant les cycles actifs

Figure 2

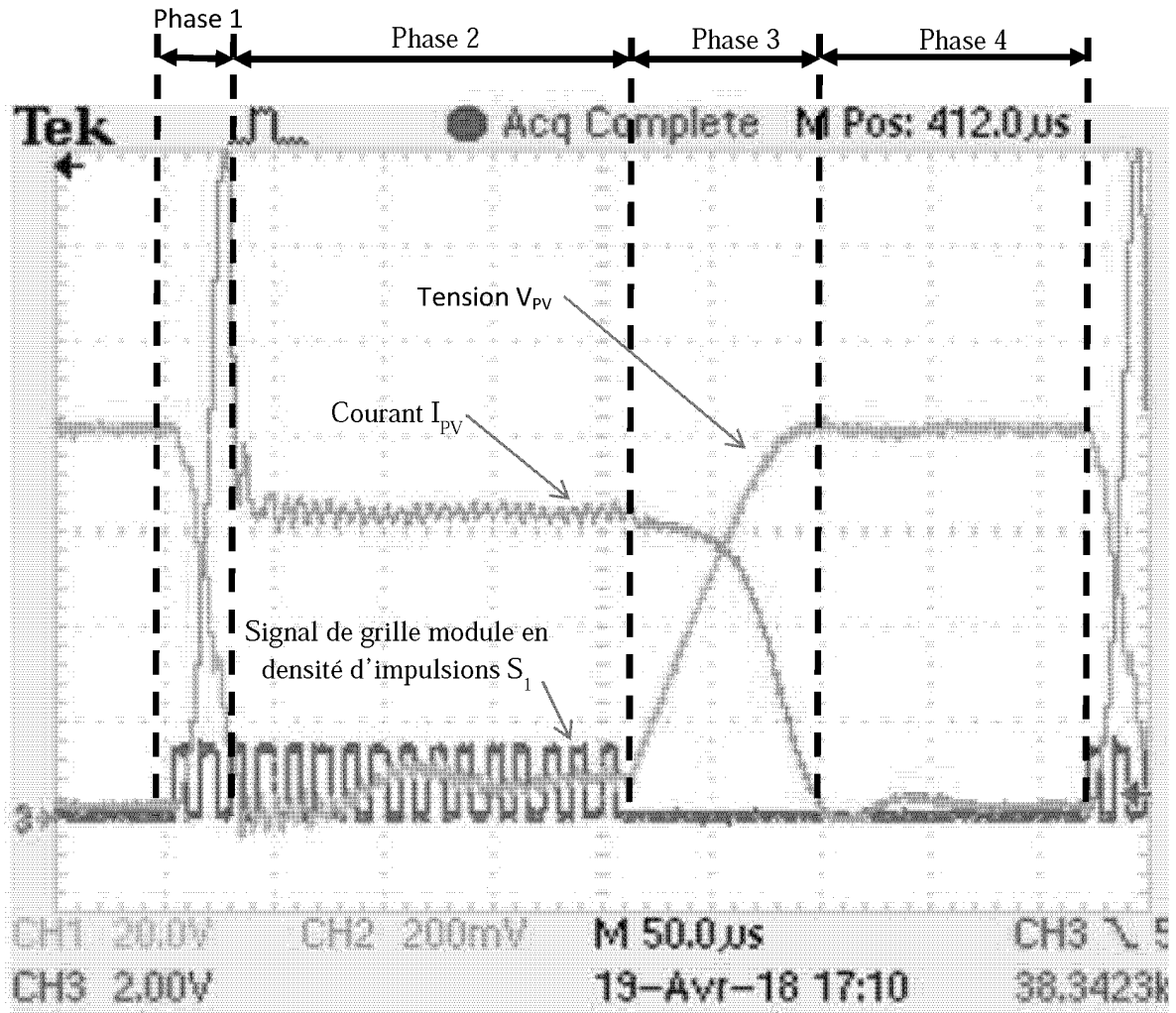


Figure 3

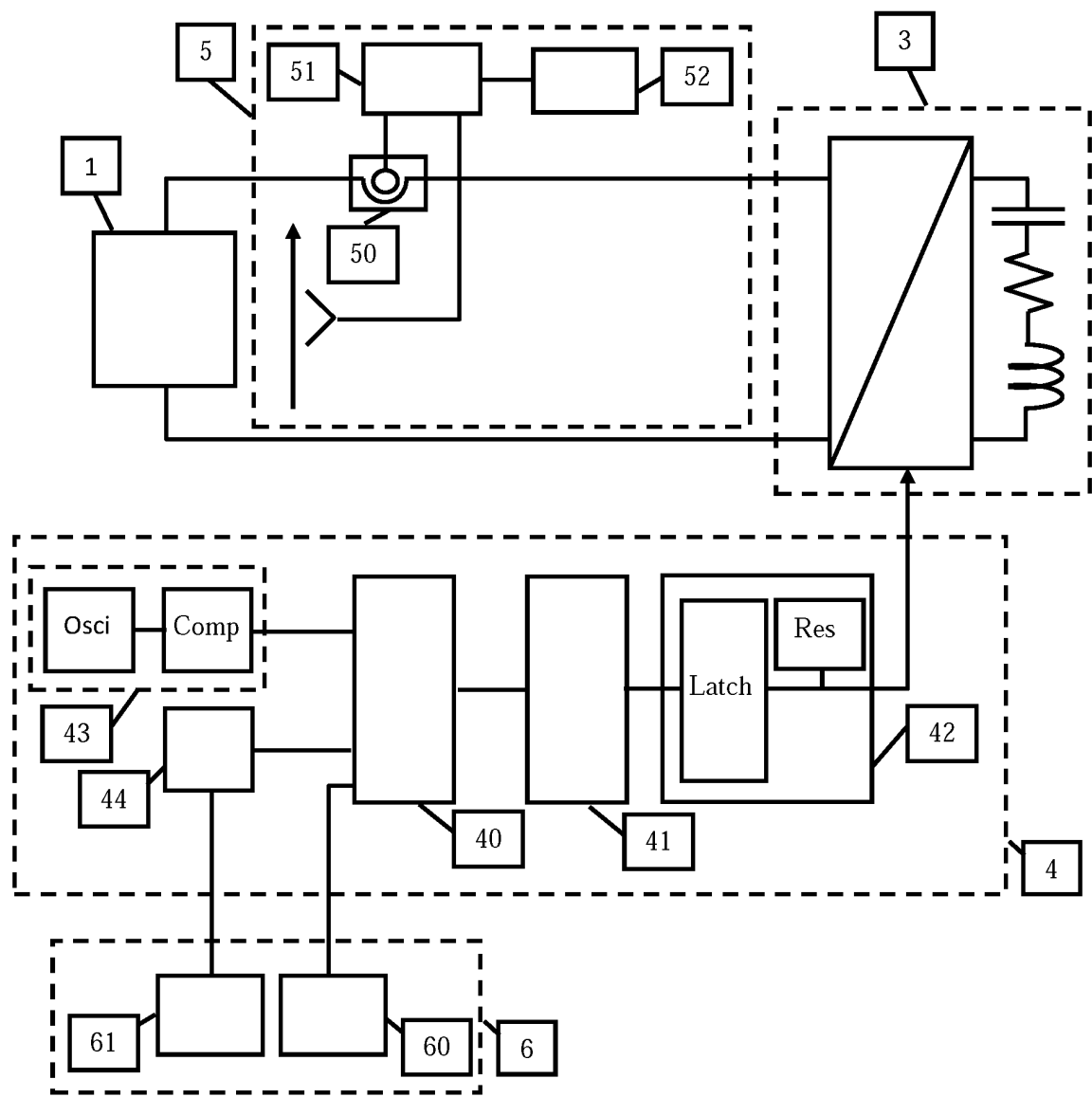


Figure 4

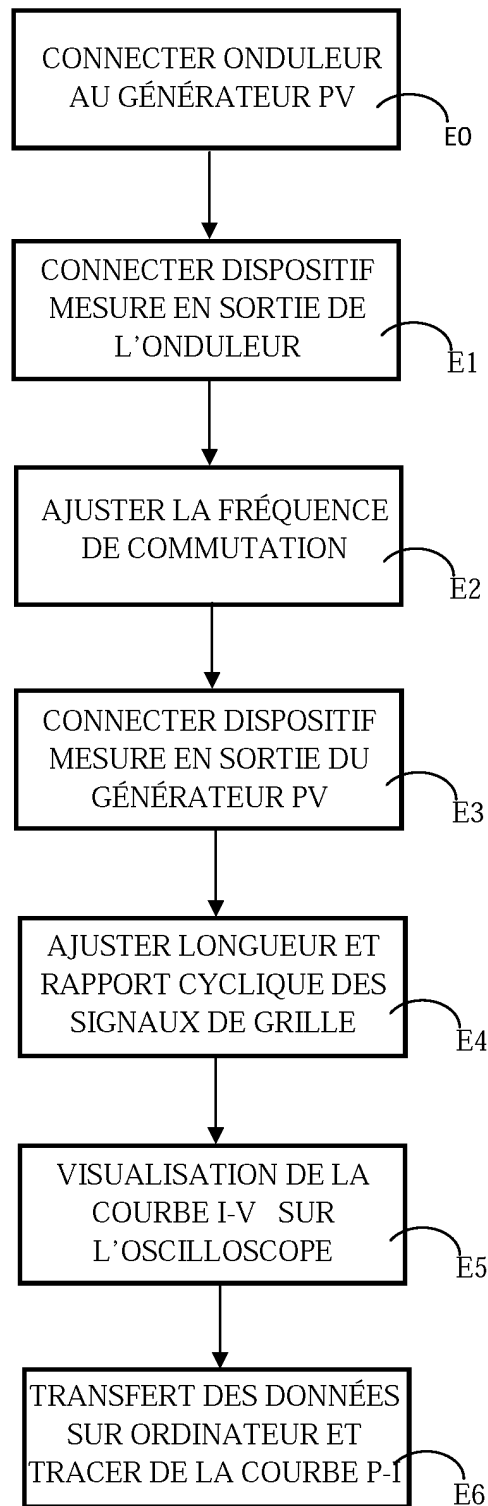


Figure 5

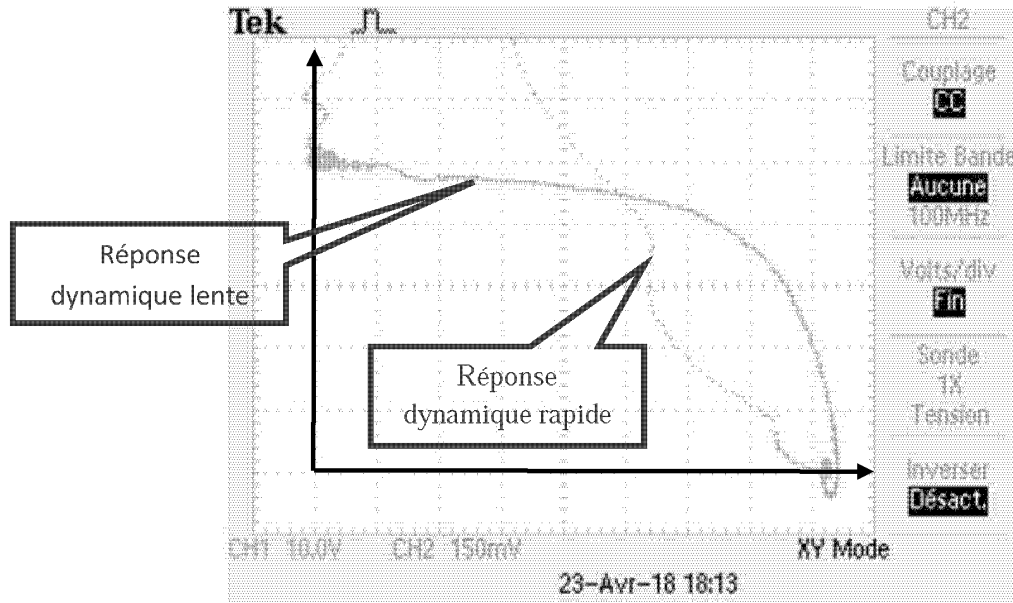


Figure 6

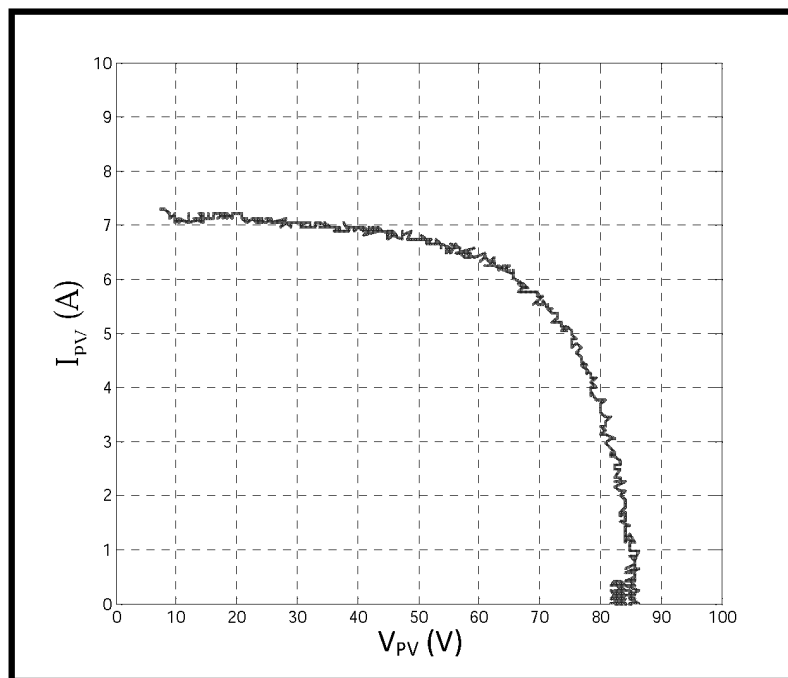


Figure 7

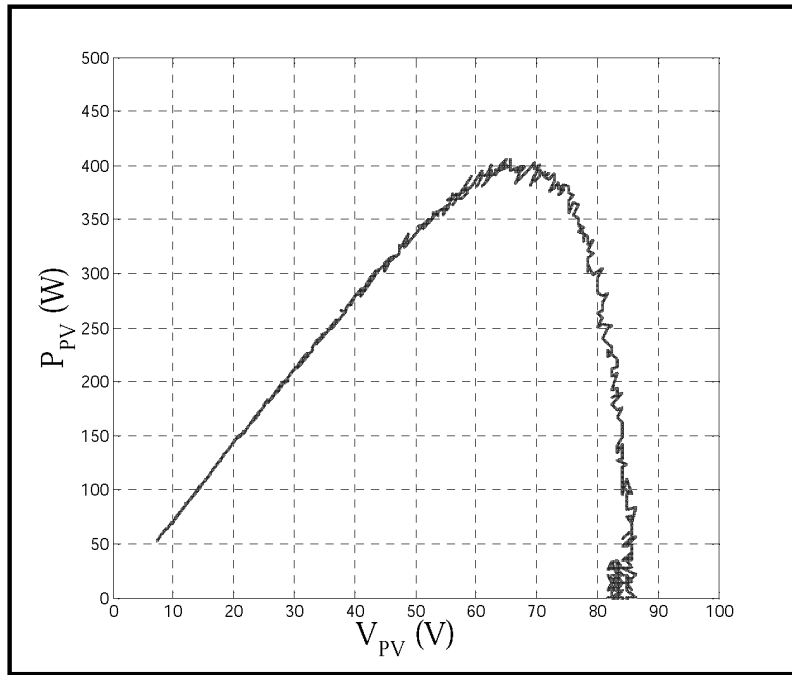


Figure 8



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 43077	Date de dépôt : 03/08/2018
Déposant : UNIVERSITE HASSAN II	
Intitulé de l'invention : Procédé et système de détermination des caractéristiques électriques des panneaux photovoltaïques à base d'onduleurs à modulation de largeur d'impulsions	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Mohamed EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 06/02/2019
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
12 Pages
- Revendications
1-10
- Planches de dessin
6 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : H 02S 50/10 ; G01R31/2603

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	WO2010133730 ; UNIV HUELVA [ES] et al. ; 25/11/2010	1-10
A	DURAN ET AL., "An Application of Interleaved DC-DC Converters to Obtain I-V Characteristic Curves o Photovoltaic Modules", Industrial Electronics, 2008. IECON 2008. 34th Annual Conference of IEEE, 10-13 Nov. 2008, Orlando, Florida, pages 2284 - 2289, ISSN 1553-572X, ISBN 978-1-4244-17,	1-10
A	DURAN ET AL., "A New Application of the Buck-Boost-Derived Converters to Obtain the I-V Curve of Photovoltaic Modules", Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007, Orlando, Florida, fecha publicacion IEEE: 17-21 June 2007, pages 413 - 417, ISSN 0275-9306, ISBN 978-1-4244-06,	1-10

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO2010133730

1. Nouveauté (N) :

Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un procédé de détermination de caractéristique courant-tension d'un générateur photovoltaïque selon la revendication 1, ni un système comprenant les caractéristiques techniques énoncées dans la revendication 6 de la présente demande.

D'où l'objet des revendications indépendantes 1, 6 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet des revendications 2-5, 7-10 est également nouveau.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un procédé de détermination de caractéristique courant-tension d'un générateur photovoltaïque comprenant les étapes:

- Connecter un convertisseur DC-DC à un générateur photovoltaïque;
- Appliquer aux grilles des interrupteurs de l'onduleur à résonance série des signaux de grille modulés en largeur d'impulsions ;
- Mesurer le courant et la tension du générateur photovoltaïque durant un temps supérieur ou égal à la période des signaux modulés en largeur d'impulsions (implicite);

Caractérisé en ce que les signaux de grille des interrupteurs sont modulés en largeur d'impulsions à longueur et rapport cyclique réglables et générés à partir d'un circuit d'électronique numérique et en ce que le générateur PV étant initialement en circuit ouvert ou en court-circuit.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce procédé connu par l'utilisation d'un onduleur à résonance série commandé par des signaux modulés en densité d'impulsion, la commande commence par des cycles actifs suivis par des cycles inactifs ou des cycles inactifs

suivis par des cycles actifs.

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme améliorer les procédés connus de mesure de la caractéristique électriques des panneaux photovoltaïques.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande n'est pas décrite ni rendue évidente par l'art antérieur considéré.

D'où l'objet de la revendication 1 est considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique à l'objet de la revendication 6 qui est aussi considéré comme impliquant une activité inventive. Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-5, 7-10 est également considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.