

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.02.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public — FR et BHG Société par actions
simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : CHAINTREUIL Nicolas et LESPINATS
Sylvain.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public, BHG Société par actions simplifiée.

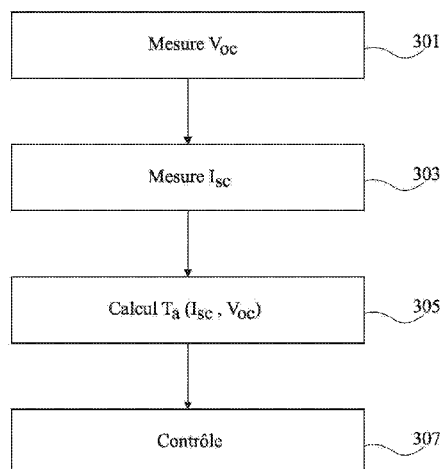
74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 Procédé et système de mesure de température au moyen d'un module photovoltaïque.

57 Procédé et système de mesure de température au
moyen d'un module photovoltaïque

La présente description concerne un procédé de déter-
mination de la température ambiante extérieure T_a dans un
système comportant un module photovoltaïque (104), com-
prenant les étapes suivantes : a) mesurer le courant de
court-circuit I_{sc} et la tension de circuit ouvert V_{oc} du module
photovoltaïque (104); b) calculer la température ambiante
extérieure T_a , au moyen d'un dispositif électronique de trai-
tement (110), en fonction de la valeur du courant de court-
circuit I_{sc} et de la valeur de la tension de circuit ouvert V_{oc}
mesurées à l'étape a), au moyen d'un modèle mathéma-
tique polynomial unique à deux variables d'entrée.

Figure pour l'abrégé: Fig. 3



Description

Titre de l'invention : Procédé et système de mesure de température au moyen d'un module photovoltaïque

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale les systèmes intégrant des modules photovoltaïques, et vise plus particulièrement un procédé et un système de mesure de température au moyen d'un module photovoltaïque.

Technique antérieure

[0002] De nombreux systèmes comprenant un ou plusieurs modules photovoltaïques configurés pour alimenter une charge, par exemple une batterie électrique, ont été proposés.

[0003] Dans de nombreuses situations, il peut être souhaitable de mesurer une température au sein du système, par exemple en vue de commander en conséquence un élément du système.

[0004] Pour ce faire, on prévoit de façon classique une sonde de température dédiée à cette mesure.

[0005] L'intégration d'une telle sonde au sein du système peut toutefois poser des difficultés.

Résumé de l'invention

[0006] Un mode de réalisation prévoit un procédé de détermination de la température ambiante extérieure T_a dans un système comportant un module photovoltaïque, comprenant les étapes suivantes :

a) mesurer le courant de court-circuit I_{sc} et la tension de circuit ouvert V_{oc} du module photovoltaïque ;

b) calculer la température ambiante extérieure T_a , au moyen d'un dispositif électronique de traitement, en fonction de la valeur du courant de court-circuit I_{sc} et de la valeur de la tension de circuit ouvert V_{oc} mesurées à l'étape a), au moyen d'un modèle mathématique polynomial unique à deux variables d'entrée.

[0007] Selon un mode de réalisation, le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement est un modèle d'ordre supérieur ou égal à 1 comprenant des coefficients fixes déterminés lors d'une phase préalable de calibration et stockés dans une mémoire du dispositif électronique de traitement.

[0008] Selon un mode de réalisation, le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement est un modèle multilinéaire d'ordre 1 défini par la relation suivante :

[Math.9]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc} + b \times V_{oc} + c$$

,
où a, b et c sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.

[0009] Selon un mode de réalisation, le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement est un modèle d'ordre 2 défini par la relation suivante :

[Math.10]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc}^2 + b \times V_{oc}^2 + c \times I_{sc} \times V_{oc} + d \times I_{sc} + e \times V_{oc} + f$$

,
où a, b, c, d, e et f sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.

[0010] Selon un mode de réalisation, le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement est un modèle d'ordre n supérieur à 2, défini par la relation suivante :

[Math.11]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{i,j} \times I_{sc}^i \times V_{oc}^j$$

,
où i et j sont des entiers allant de 1 à n et les valeurs $a_{i,j}$ sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.

[0011] Selon un mode de réalisation, à l'étape a), la valeur du courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque est déterminée par mesure d'une tension aux bornes d'une résistance de shunt connectée aux bornes du module photovoltaïque.

[0012] Selon un mode de réalisation, la valeur de la résistance de shunt est telle que la tension aux bornes de la résistance de shunt lors de la mesure du courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque est inférieure à 5% de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module photovoltaïque.

[0013] Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre une étape de commande d'un élément commandable électriquement du système en tenant compte de la valeur de la température ambiante T_a calculée à l'étape b).

[0014] Un autre mode de réalisation prévoit un système comprenant un module photovoltaïque et un dispositif électronique de traitement configuré pour mettre en oeuvre un procédé tel que défini ci-dessus.

[0015] Selon un mode de réalisation, le système comprend un dispositif d'occultation motorisé alimenté par le module photovoltaïque.

Brève description des dessins

- [0016] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0017] la [Fig.1] est une vue en perspective illustrant de façon schématique un exemple d'un système intégrant un module photovoltaïque ;
- [0018] la [Fig.2] représente de façon schématique, sous forme de blocs, un exemple d'un système de mesure de température selon un mode de réalisation ; et
- [0019] la [Fig.3] représente de façon schématique, sous forme de blocs, un exemple d'un procédé de mesure de température selon un mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0020] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.
- [0021] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les circuits de contrôle et de traitement adaptés à mettre en oeuvre les procédés décrits n'ont pas été détaillés, la réalisation de tels circuits étant à la portée de la personne du métier à partir des indications de la présente description. En outre, la réalisation des modules photovoltaïques des systèmes décrits n'a pas été détaillée, les modes de réalisation étant compatible avec tous ou la plupart des modules photovoltaïques connus.
- [0022] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.
- [0023] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à un ... dans une position normale d'utilisation.
- [0024] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.
- [0025] La [Fig.1] est une vue en perspective illustrant de façon schématique un exemple d'un système 100 intégrant un module photovoltaïque.
- [0026] Dans cet exemple, le système 100 est un dispositif d'occultation motorisé de type

volet roulant.

- [0027] Le dispositif 100 comporte un tablier 102 constitué par un assemblage de plusieurs lames, et comporte en outre un arbre motorisé (non visible sur la [Fig.1]) sur lequel peut être enroulé le tablier 102 et à partir duquel peut être déroulé le tablier 102.
- [0028] Le dispositif 100 comporte en outre un générateur photovoltaïque ou module photovoltaïque 104, comportant un ou plusieurs panneaux photovoltaïques. A titre d'exemple, le dispositif 100 comporte un caisson 106 dans lequel est disposé l'arbre motorisé. Le ou les panneaux photovoltaïques du module photovoltaïque 104 sont par exemple disposés sur le caisson 106.
- [0029] Le dispositif 100 comporte de plus une batterie électrique 108 alimentée en énergie électrique par le module photovoltaïque 104 et alimentant en énergie électrique le dispositif 100, et en particulier le moteur d'entraînement (non visible sur la [Fig.1]) de l'arbre d'enroulement du tablier 102. A titre d'exemple, la batterie 108 est disposée dans le caisson 106.
- [0030] Le dispositif 100 comporte en outre un dispositif électronique de contrôle 110, permettant notamment de commander le moteur du dispositif. A titre d'exemple, le dispositif de contrôle 110 est disposé à l'intérieur du caisson 106.
- [0031] Le dispositif électronique de contrôle 110 peut comprendre divers capteurs, ainsi qu'un circuit électronique de traitement des données mesurées par les capteurs. A titre d'exemple, le circuit électronique de traitement comprend une unité de traitement de type microcontrôleur, et peut en outre comprendre un ou plusieurs circuits mémoire.
- [0032] Le dispositif d'occultation 100 est destiné à être monté devant une ouverture (non visible sur la [Fig.1]) d'un bâtiment, apte à laisser passer la lumière, par exemple devant une fenêtre équipée d'une vitre transparente.
- [0033] Dans cet exemple, le dispositif électronique de contrôle 110 est configuré pour mettre en oeuvre un procédé de commande automatique dit intelligent du dispositif d'occultation, tenant compte notamment de l'irradiation solaire et de la température extérieure. Un tel procédé permet de gérer les apports solaires dans le bâtiment, par exemple en privilégiant l'ouverture des volets exposés au soleil lorsque les températures extérieures sont basses, et/ou en fermant les volets exposés au soleil lorsque les températures extérieures sont élevées.
- [0034] L'irradiation solaire peut être estimée par le dispositif électronique de contrôle 110 en mesurant le courant de court-circuit du module photovoltaïque 104.
- [0035] La température extérieure peut quant à elle être mesurée au moyen d'une sonde de température. La prévision d'une telle sonde induit toutefois un coût supplémentaire. De plus, l'intégration d'une telle sonde dans le dispositif 100 peut présenter des difficultés.
- [0036] Selon un aspect d'un mode de réalisation, on prévoit d'utiliser le module photovoltaïque 104 pour estimer la température.

[0037] Pour cela, le dispositif de contrôle 110 est configuré pour, lors d'une phase de mesure de température, mesurer la tension en circuit ouvert V_{oc} du module photovoltaïque 104, mesurer le courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque 104, puis calculer une valeur T_a représentative de la température ambiante au voisinage du module photovoltaïque 104, en fonction de la valeur de la tension en circuit ouvert V_{oc} et de la valeur du courant de court-circuit I_{sc} .

[0038] Par température ambiante, on entend ici la température de l'air ambiant extérieur, c'est-à-dire de l'air à l'extérieur du module, au voisinage du module, par exemple à une distance de 1 à 30 cm du module, par exemple à une distance de 1 à 10 cm du module.

[0039] En pratique ont déterminé que quelle que soit la valeur de l'irradiation solaire, pour autant que cette dernière soit non négligeable, par exemple supérieure ou égale à 10 W/m², de préférence supérieure ou égale à 50 W/m², et plus préférentiellement encore supérieure ou égale à 100 W/m², il existe, pour chaque valeur d'irradiation solaire, une relation sensiblement linéaire entre la température T du module photovoltaïque 104 et sa tension de circuit ouvert V_{oc} , de la forme :

[Math.1]

$$T = a \times V_{oc} + b$$

où a et b sont des coefficients variant en fonction de l'irradiation solaire I_{π} .

[0040] L'irradiation solaire I_{π} peut elle-même être déterminée en mesurant le courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque. En effet, pour un module photovoltaïque donné, le courant de court-circuit I_{sc} du module varie linéairement en fonction de l'irradiation solaire I_{π} .

[0041] Les inventeurs ont déterminé que le coefficient directeur a de l'équation Math 1 ci-dessus peut être approximé à partir du courant de court-circuit I_{sc} du module par une relation polynomiale d'ordre supérieur ou égal à 1, par exemple par la relation polynomiale d'ordre 2 suivante :

[Math.2]

$$a = a_{cd} \times I_{sc}^2 - b_{cd} \times I_{sc} - c_{cd}$$

où a_{cd} , b_{cd} et c_{cd} sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104.

[0042] De façon similaire, l'ordonnée à l'origine b de l'équation Math 1 ci-dessus peut être approximée à partir du courant de court-circuit I_{sc} du module par une relation polynomiale d'ordre supérieur ou égal à 1, par exemple par la relation polynomiale d'ordre 2 suivante :

[Math.3]

$$b = a_{oo} \times I_{sc}^2 - b_{oo} \times I_{sc} - c_{oo}$$

où a_{oo} , b_{oo} et c_{oo} sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104.

ristiques du module photovoltaïque 104.

- [0043] Ainsi, la température estimée T du module photovoltaïque 104 peut être approximée, par exemple, par la relation suivante :

[Math.4]

$$T = (a_{cd} \times I_{sc}^2 - b_{cd} \times I_{sc} - c_{cd}) \times V_{oc} + (a_{oo} \times I_{sc}^2 - b_{oo} \times I_{sc} - c_{oo})$$

- [0044] Par ailleurs, la température T du module photovoltaïque varie en fonction de la température ambiante extérieure T_a et du courant de court-circuit I_{sc} du module (lui-même représentatif de l'irradiation solaire).

- [0045] Plus particulièrement, pour une température donnée T quelconque du module photovoltaïque, la relation entre la température ambiante T_a et le courant de court-circuit I_{sc} du module est sensiblement linéaire.

- [0046] Ainsi, la température ambiante extérieure T_a peut être approximée par la relation suivante :

[Math.5]

$$T_a = A \times I_{sc} + B$$

où A et B sont des coefficients variant en fonction de la température T du module photovoltaïque.

- [0047] Les inventeurs ont déterminé que le coefficient directeur A de l'équation Math 5 ci-dessus peut être approximé à partir de la température T du module photovoltaïque par une relation polynomiale d'ordre supérieur ou égal à 1, par exemple par la relation polynomiale d'ordre 2 suivante :

[Math.6]

$$A = A_{cd} \times T^2 - B_{cd} \times T - C_{cd}$$

où A_{cd} , B_{cd} et C_{cd} sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104 et de son intégration dans le système considéré (notamment de son couplage thermique avec d'autres éléments du système).

- [0048] De façon similaire, l'ordonnée à l'origine B de l'équation Math 5 ci-dessus peut être approximée à partir du courant de court-circuit I_{sc} du module par une relation polynomiale d'ordre supérieur ou égal à 1, par exemple par la relation polynomiale d'ordre 2 suivante :

[Math.7]

$$B = A_{oo} \times T^2 - B_{oo} \times T - C_{oo}$$

où A_{oo} , B_{oo} et C_{oo} sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104 et de son intégration dans le système considéré.

- [0049] Ainsi, la température ambiante T_a au voisinage du module photovoltaïque 104 peut être approximée, par exemple, par la relation suivante :

[Math.8]

$$T_a = (A_{cd} \times T^2 - B_{cd} \times T - C_{cd}) \times I_{sc} + (A_{oo} \times T^2 - B_{oo} \times T - C_{oo})$$

[0050] Il est ainsi possible, à partir d'une mesure de la tension de circuit ouvert V_{oc} et du courant de court-circuit I_{sc} du module, au moyen d'un premier modèle mathématique défini par exemple par l'équation Math 4 ci-dessus, d'estimer la température T du module photovoltaïque 104, puis, à partir de la température T estimée au moyen du premier modèle et de la mesure du courant I_{sc} , au moyen d'un deuxième modèle mathématique défini par exemple par l'équation Math 8 ci-dessus, d'estimer la température ambiante T_a au voisinage du module.

[0051] Toutefois, un inconvénient de cette approche est que les erreurs introduites par les deux modèles d'approximation successifs sont combinées, ce qui limite la précision de l'estimation de la température ambiante T_a .

[0052] Selon un aspect d'un mode de réalisation, on prévoit d'estimer la température ambiante T_a au voisinage du module directement à partir d'une mesure de la tension de circuit ouvert V_{oc} et du courant de court-circuit I_{sc} du module, en utilisant pour cela un modèle mathématique polynomial unique à deux variables d'entrée V_{oc} et I_{sc} . Ceci permet de s'affranchir de l'étape intermédiaire de calcul de la température T du module. Ceci permet en outre de minimiser l'erreur d'approximation liée à l'imprécision du modèle dans l'estimation de la température ambiante T_a .

[0053] A titre d'exemple, le modèle est un modèle multilinéaire (polynomial d'ordre 1), défini par la relation suivante :

[Math.9]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc} + b \times V_{oc} + c$$

où a , b et c sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104 et de son intégration dans le système considéré (notamment de son couplage thermique avec d'autres éléments du système).

[0054] A titre de variante, le modèle est un modèle polynomial d'ordre 2, défini par la relation suivante :

[Math.10]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc}^2 + b \times V_{oc}^2 + c \times I_{sc} \times V_{oc} + d \times I_{sc} + e \times V_{oc} + f$$

où a , b , c , d , e et f sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104 et de son intégration dans le système considéré (notamment de son couplage thermique avec d'autres éléments du système).

[0055] A titre de variante, le modèle $T_a(I_{sc}, V_{oc})$ est un modèle polynomial d'ordre n , avec n entier supérieur à 2, défini par la relation suivante :

[Math.11]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{i,j} \times I_{sc}^i \times V_{oc}^j$$

où i et j sont des entiers allant de 0 à n et les valeurs $a_{i,j}$ sont des coefficients fixes dépendants uniquement des caractéristiques du module photovoltaïque 104 et de son intégration dans le système considéré (notamment de son couplage thermique avec d'autres éléments du système).

- [0056] La température ambiante estimée T_a au voisinage du module photovoltaïque 104 peut être calculée par le dispositif de contrôle 110 au moyen du modèle multilinéaire $T_a(I_{sc}, V_{oc})$.
- [0057] La tension V_{oc} et le courant I_{sc} peuvent être mesurés respectivement par un capteur de tension et par un capteur de courant du dispositif électronique de contrôle 110. Le dispositif de contrôle 110 peut par ailleurs comprendre des interrupteurs commandables pour mettre le module photovoltaïque en circuit ouvert lors de la mesure de la tension V_{oc} et en court-circuit lors de la mesure du courant I_{sc} .
- [0058] Le courant I_{sc} est par exemple déterminé par mesure d'une tension aux bornes d'une résistance de shunt connectée aux bornes du module photovoltaïque. La résistance de shunt utilisée pour la mesure du courant de court-circuit I_{sc} est de préférence relativement faible de façon à obtenir une mesure précise. A titre d'exemple, la résistance de shunt est telle que la chute de tension aux bornes de la résistance de shunt pendant la mesure du courant I_{sc} ne dépasse pas 5 %, et soit de préférence de l'ordre de 1 % de la valeur de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module. Par exemple, pour un module photovoltaïque présentant une tension de circuit ouvert V_{oc} de l'ordre de 7,5 V et un courant de court-circuit I_{sc} de l'ordre de 0,75 A, une résistance de shunt de l'ordre de 0,1 ohms peut être prévue (conduisant à une chute de tension aux bornes de la résistance de shunt de l'ordre de 0,075 V soit 1% de la tension V_{oc}).
- [0059] Les coefficients du modèle multilinéaire (a, b, c dans le cas du modèle Math 9 ci-dessus ou a, b, c, d, e, f dans le cas du modèle Math 10 ci-dessus) peuvent être déterminés lors d'une phase de calibration, à la conception du système, par régression polynomiale multiple à partir de données mesurées empiriquement, et stockés dans un circuit mémoire du dispositif électronique de contrôle 110.
- [0060] Pour déterminer les coefficients du modèle multilinéaire, le système peut être installé dans une chambre de calibration permettant de faire varier la température ambiante T_a et l'irradiation. On vient alors balayer la plage des valeurs de température ambiante T_a auxquelles le module est susceptible d'être soumis en conditions réelles d'utilisation. Pour chaque valeur de température ambiante T_a , on fait varier l'irradiation de façon à balayer la plage d'irradiations auxquelles le module est susceptible d'être soumis en conditions réelles d'utilisation. Pour chaque valeur d'irradiation et pour chaque valeur de température ambiante T_a , on mesure le courant de court-circuit I_{sc} et la tension de circuit ouvert V_{oc} . Les coefficients du modèle sont ensuite déterminés par régression polynomiale multiple à partir des mesures réalisées.

- [0061] Le procédé décrit ci-dessus permet d'estimer la température ambiante T_a de façon précise, à partir d'une mesure du courant de court-circuit I_{sc} du module et d'une mesure de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module, et ce par un calcul simple (formule d'algèbre linéaire) nécessitant des ressources calculatoires limitées et pouvant aisément être mis en oeuvre par un circuit électronique de contrôle embarqué du système intégrant le module photovoltaïque. On peut ainsi se passer d'une sonde de température extérieure dédiée à cette mesure.
- [0062] Les modes de réalisations décrits ne se limitent pas à l'application susmentionnée à un système de type volet roulant motorisé. Plus généralement, la solution proposée peut s'appliquer à tout système comprenant un module photovoltaïque, et dans lequel on souhaite pouvoir mesurer la température ambiante au voisinage du module. Par exemple, le module photovoltaïque peut être installé sur un toit d'un bâtiment. La température ambiante T_a au voisinage du module peut par exemple être exploitée par un dispositif électronique de contrôle pour piloter de façon automatique un système de chauffage ou de refroidissement du bâtiment, ou, simplement transmise à l'utilisateur via un dispositif d'affichage électronique, pour information.
- [0063] La [Fig.2] représente de façon schématique, sous forme de blocs, un exemple d'un système 100 de mesure de température selon un mode de réalisation. Le système 100 de la [Fig.2] peut être un système du type décrit en relation avec la [Fig.1], ou, plus généralement, tout système intégrant un module photovoltaïque 104. Le système 100 comprend un dispositif électronique de contrôle 110 relié au module photovoltaïque 104 et adapté à mesurer la tension de circuit ouvert V_{oc} et le courant de court-circuit I_{sc} du module. Le dispositif électronique de contrôle 110 est en outre relié à un élément commandable électriquement 102 du système. Le dispositif électronique 110 est configuré pour estimer la température ambiante T_a au voisinage du module photovoltaïque 104 à partir de la tension V_{oc} et du courant I_{sc} en utilisant un modèle multi-linéaire du type décrit ci-dessus, et commander en conséquence l'élément 102.
- [0064] La [Fig.3] représente de façon schématique, sous forme de blocs, un exemple d'un procédé de mesure de température selon un mode de réalisation, mis en oeuvre par le dispositif électronique de contrôle 110 dans un système du type décrit en relation avec la [Fig.2].
- [0065] Le procédé comprend une étape 301 de mesure de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module 104, suivie d'une étape 303 de mesure du courant de court-circuit I_{sc} du module. En pratique, l'ordre des étapes 301 et 303 peut être inversé. De préférence, les étapes 301 de mesure de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module 104 et 303 de mesure du courant de court-circuit I_{sc} du module sont mises en oeuvre dans un intervalle de temps rapproché, par exemple à moins d'une minute d'intervalle, afin de conserver des conditions sensiblement identiques de température et d'irradiation lors

des deux mesures.

- [0066] Le procédé comprend en outre, après les étapes 301 et 303, une étape 305 de calcul de la température ambiante T_a au voisinage du module à partir de la tension V_{oc} et du courant I_{sc} , au moyen d'un modèle multilinéaire tel que décrit ci-dessus.
- [0067] Le procédé comprend en outre, après l'étape 305, une étape 307 de contrôle d'un élément 102 du système en tenant compte de la température T_a calculée à l'étape 305.
- [0068] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas aux exemples d'applications mentionnés explicitement ci-dessus, mais peuvent être adaptés à tout système intégrant un module photovoltaïque et dans lequel on peut tirer profit d'une mesure de température ambiante au voisinage du module photovoltaïque.
- [0069] De plus, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à l'exemple particulier décrit ci-dessus dans lequel le calcul de température ambiante est mis en oeuvre par le dispositif électronique de contrôle du module. A titre de variante, le calcul peut être mis en oeuvre par un dispositif électronique de traitement externe distant, par exemple un ordinateur, par exemple lors d'une phase de post-traitement de données passées acquises par le dispositif électronique de contrôle du module.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détermination de la température ambiante extérieure T_a dans un système comportant un module photovoltaïque (104), comprenant les étapes suivantes :
- a) mesurer le courant de court-circuit I_{sc} et la tension de circuit ouvert V_{oc} du module photovoltaïque (104) ;
 - b) calculer la température ambiante extérieure T_a , au moyen d'un dispositif électronique de traitement (110), en fonction de la valeur du courant de court-circuit I_{sc} et de la valeur de la tension de circuit ouvert V_{oc} mesurées à l'étape a), au moyen d'un modèle mathématique polynomial unique à deux variables d'entrée.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement (110) est un modèle d'ordre supérieur ou égal à 1 comprenant des coefficients fixes déterminés lors d'une phase préalable de calibration et stockés dans une mémoire du dispositif électronique de traitement.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement (110) est un modèle multilinéaire d'ordre 1 défini par la relation suivante :
- [Math.9]
- $$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc} + b \times V_{oc} + c$$
- ,
- où a, b et c sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 2, dans lequel le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement (110) est un modèle d'ordre 2 défini par la relation suivante :
- [Math.10]
- $$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = a \times I_{sc}^2 + b \times V_{oc}^2 + c \times I_{sc} \times V_{oc} + d \times I_{sc} + e \times V_{oc} + f$$
- ,
- où a, b, c, d, e et f sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 2, dans lequel le modèle polynomial utilisé à l'étape b) par le dispositif électronique de traitement (110) est un modèle d'ordre n supérieur à 2, défini par la relation suivante :

[Math.11]

$$T_a(I_{sc}, V_{oc}) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{i,j} \times I_{sc}^i \times V_{oc}^j$$

,

où i et j sont des entiers allant de 1 à n et les valeurs $a_{i,j}$ sont les coefficients fixes du modèles, déterminés lors de la phase préalable de calibration et stockés dans ladite mémoire du dispositif électronique de traitement.

- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, à l'étape a), la valeur du courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque est déterminée par mesure d'une tension aux bornes d'une résistance de shunt connectée aux bornes du module photovoltaïque (104).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel la valeur de la résistance de shunt est telle que la tension aux bornes de la résistance de shunt lors de la mesure du courant de court-circuit I_{sc} du module photovoltaïque (104) est inférieure à 5% de la tension de circuit ouvert V_{oc} du module photovoltaïque (104).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant en outre une étape de commande d'un élément commandable électriquement (102) du système en tenant compte de la valeur de la température ambiante T_a calculée à l'étape b).
- [Revendication 9] Système (100) comprenant un module photovoltaïque (104) et un dispositif électronique de traitement (110) configuré pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
- [Revendication 10] Système (100) selon la revendication 9, comprenant un dispositif d'occultation motorisé alimenté par le module photovoltaïque (104).

[Fig. 1]

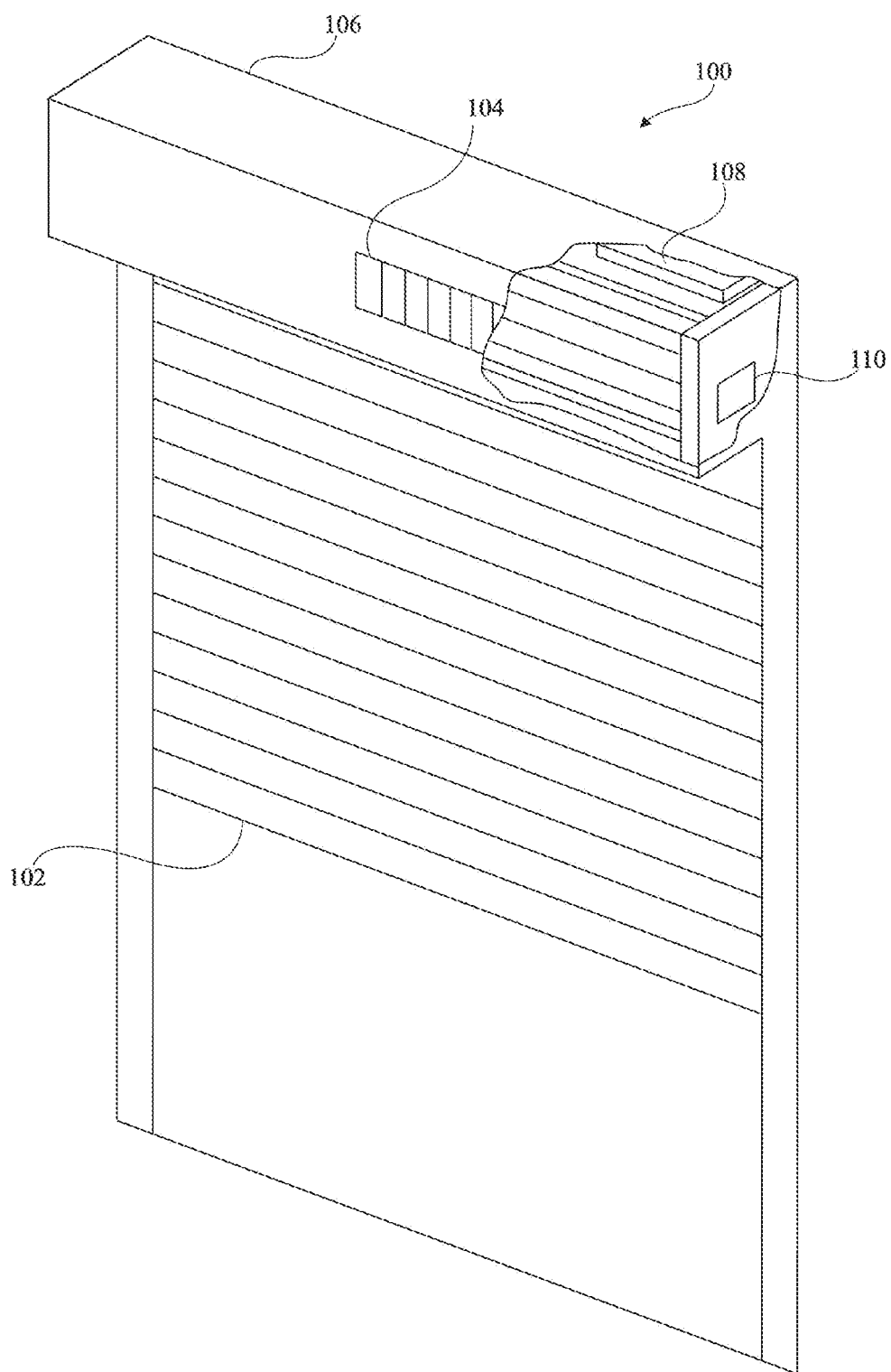


Fig 1

[Fig. 2]

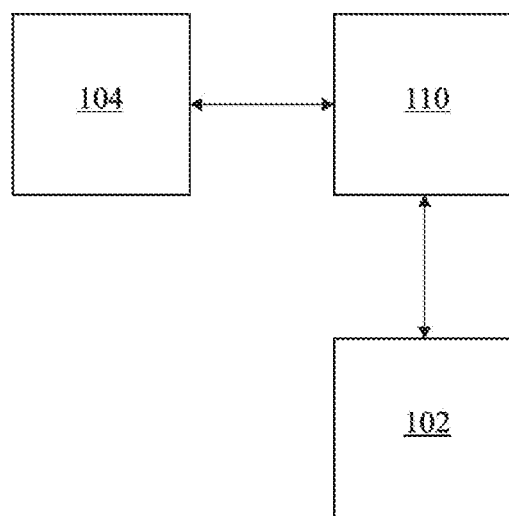


Fig 2

[Fig. 3]

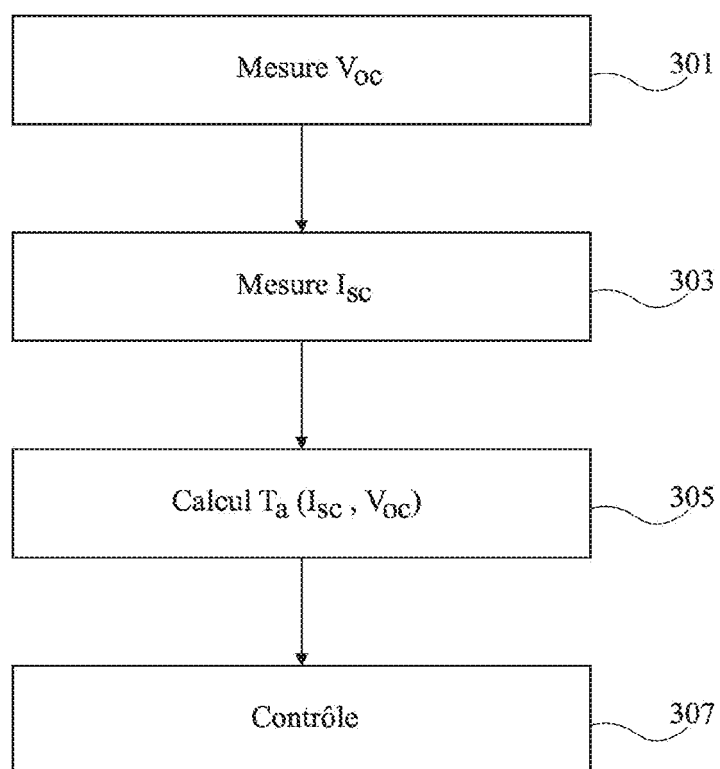


Fig 3

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 903811
FR 2201446

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 10 2013 219494 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 avril 2015 (2015-04-02) * alinéa [0030] - alinéa [0086]; revendications 1-10; figures 1-7 * -----	1-10	G01K11/00 H01L31/02 G01K7/00 G01K13/00
A	FR 2 966 943 A1 (BUBENDORFF [FR]; COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 4 mai 2012 (2012-05-04) * page 7, ligne 4 - page 38, ligne 11; figures 1-7 * -----	1-10	
A	FR 2 966 942 A1 (BUBENDORFF [FR]; COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 4 mai 2012 (2012-05-04) * page 7, ligne 1 - page 35, ligne 11; figures 1-7 * -----	1-10	
A	FR 3 060 634 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; BUBENDORFF SA [FR]) 22 juin 2018 (2018-06-22) * alinéa [0020] - alinéa [0069]; figures 1-3 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01K E06B H02S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 septembre 2022		Rosello Garcia, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201446 FA 903811**

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 **14-09-2022**
 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
DE 102013219494 A1	02-04-2015	AUCUN	
FR 2966943 A1	04-05-2012	CN 103733473 A	16-04-2014
		EP 2636120 A2	11-09-2013
		ES 2532228 T3	25-03-2015
		FR 2966943 A1	04-05-2012
		PL 2636120 T3	30-06-2015
		US 2013327486 A1	12-12-2013
		WO 2012059673 A2	10-05-2012
FR 2966942 A1	04-05-2012	CN 103765726 A	30-04-2014
		EP 2636119 A2	11-09-2013
		ES 2532227 T3	25-03-2015
		FR 2966942 A1	04-05-2012
		PL 2636119 T3	30-06-2015
		US 2014145511 A1	29-05-2014
		WO 2012059672 A2	10-05-2012
FR 3060634 A1	22-06-2018	EP 3336300 A1	20-06-2018
		ES 2898687 T3	08-03-2022
		FR 3060634 A1	22-06-2018
		PL 3336300 T3	21-02-2022