



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35855 B1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/38; G05F 1/67; G01S 3/786**
- (43) Date de publication : **01.12.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **37196**
- (22) Date de Dépôt : **11.07.2014**
- (30) Données de Priorité : **15.12.2011 ES P201132022**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/ES2012/070868 14.12.2012**
- (71) Demandeur(s) : **ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A., Campus Palmas Altas - C/ Energía Solar, 1 E-41014 Sevilla (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **ORTEGA LINARES, Manuel Gil ; RODRÍGUEZ RUBIO, Francisco ; GUERRERO CANO, Manuel ; NORIEGA GIL, Pablo**
- (74) Mandataire : **SABA&CO**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE RÉGLAGE APPROPRIÉ POUR UN SYSTÈME DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES DE CONCENTRATION**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de réglage approprié pour un système de modules photovoltaïques de concentration qui permet le maintien de l'orientation correcte des modules pour le suivi du soleil sans utiliser de capteurs de positionnement. Le suivi du soleil s'effectue en réalisant à chaque intervalle de temps des déplacements angulaires dans chacun des niveaux de liberté en mesurant la puissance ou le courant produit par le ou les modules de capture d'énergie. L'estimation du soleil et la stratégie de mouvements postérieurs sont déterminées en fonction de cette lecture.

ABREGE

La présente invention concerne un procédé de réglage approprié pour un système de modules photovoltaïques de concentration qui permet le maintien de l'orientation correcte des modules pour le suivi du soleil sans utiliser de capteurs de positionnement. Le suivi du soleil s'effectue en réalisant à chaque intervalle de temps des déplacements angulaires dans chacun des niveaux de liberté en mesurant la puissance ou le courant produit par le ou les modules de capture d'énergie. L'estimation du soleil et la stratégie de mouvements postérieurs sont déterminées en fonction de cette lecture.

(VINGT NEUF PAGES)

ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A
P. P. SABA & CO., Casablanca

35855

01 DEC 2014

Description**OBJET DE L'INVENTION**

- 5 La présente invention est destinée à un procédé de contrôle approprié pour un système de modules photovoltaïques à concentration qui permet le maintien de la correcte orientation des modules pour le suivi du Soleil sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des capteurs de positionnement. Le suivi du Soleil s'effectue en réalisant à chaque période de temps définie des déplacements
- 10 angulaires sur chacun des degrés de liberté en mesurant la puissance ou le courant fourni par le ou les modules de captage d'énergie. L'estimation de la position du Soleil et la stratégie de mouvements postérieurs sont déterminés en fonction de cette lecture.

ANTÉCÉDENTS DE L'INVENTION

- 15 La puissance générée par un système photovoltaïque dépend de son orientation par rapport à la position du Soleil. Les systèmes suiveurs sont des dispositifs qui permettent de modifier l'orientation des modules de captage d'énergie solaire pour que l'orientation soit à chaque instant de temps la plus proche possible de la position à laquelle se trouve le Soleil.
- 20 Les modules de captage d'énergie solaire constitués de panneaux photovoltaïques conventionnels, en particulier, ont un rendement qui dépend de l'angle d'incidence des rayons. Cependant, même lorsque cet angle est important, les modules continuent de capter de l'énergie, bien que ce soit dans une moindre mesure.
- 25 Les modules concentrateurs sont un autre type de modules de captage d'énergie solaire. Ces modules ne couvrent pas la totalité de la surface irradiée avec un matériau semi-conducteur, mais ils sont formés d'une surface constituée par des lentilles de concentration qui focalisent le rayonnement incident sur une zone réduite sur laquelle se trouve le semi-conducteur ou
- 30 cellule solaire. En général, les systèmes photovoltaïques à concentration sont beaucoup plus sensibles aux déviations par rapport à la correcte orientation vers le Soleil. Même avec de petites déviations, la non-focalisation des

faisceaux incidents sur le semi-conducteur peut provoquer une chute significative de la puissance produite.

En l'état de la technique on connaît des dispositifs auxiliaires qui mesurent l'erreur de visée dudit système par rapport à la position du Soleil.

- 5 Cette mesure est interprétée et utilisée par des moyens de contrôle qui à leur tour agissent sur des moyens d'impulsion du dispositif suiveur pour que les modules de captage d'énergie solaire maintienne la correcte orientation.

- 10 Un exemple de dispositif auxiliaire est celui qui utilise une pluralité de zones sensibles au rayonnement solaire situées sur un plan et réparties autour d'un point ; et un élément opaque situé sur ledit point, distancié du plan, destiné à projeter de l'ombre sur le plan où se trouvent les zones sensibles.

- 15 Lorsque l'orientation du plan où se trouvent les zones sensibles au rayonnement solaire est perpendiculaire au rayonnement, l'élément qui se trouve sur ce plan projette alors l'ombre sur le point autour duquel sont réparties les zones sensibles sans que pour aucune d'elles la lecture du rayonnement ne soit réduite. Au contraire, lorsque le plan n'est pas orienté perpendiculairement au sens de rayonnement, l'ombre couvre quelques-unes des zones sensibles. En fonction de la zone sensible qui est celle se trouvant totalement ou partiellement couverte, il est possible de déterminer le degré de
- 20 déviation de l'orientation du plan de ce dispositif auxiliaire.

- 25 Ce type de dispositifs auxiliaires et d'autres ont plusieurs inconvénients. Le premier c'est que la salissure peut dénaturer la lecture, puisque des ombres peuvent apparaître qui seront interprétées comme des déviations du dispositif d'orientation. Une particule, pas très grande, peut empêcher la correcte orientation de la totalité d'un module de captage d'énergie solaire et ce dernier peut être installé à un endroit auquel on n'accède ni facilement ni immédiatement.

- 30 Un autre inconvénient que présente l'utilisation de dispositifs auxiliaires déterminant l'erreur de visée tient au fait que ces dispositifs mesurent l'erreur dans leur orientation par rapport à la direction d'incidence des rayons et non pas l'erreur dans l'orientation du système complet. C'est pourquoi il est nécessaire de garantir que le capteur de visée et le suiveur ont la même

orientation. Cependant, cette orientation de l'un par rapport à l'autre n'est pas toujours parfaite, elle est sujette à des erreurs de montage ; et elle peut se voir modifiée par des problèmes, par exemple de déformation ou de désalignement des éléments de structure.

- 5 La présente invention est un procédé pour parvenir à orienter correctement un système photovoltaïque à concentration sans qu'il soit nécessaire d'employer des éléments auxiliaires qui mesurent l'erreur de visée.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

- 10 Un premier aspect de l'invention est un procédé de contrôle approprié pour un système de modules photovoltaïques à concentration selon la revendication 1. Un second aspect de l'invention est un dispositif selon la revendication 13 adapté pour exécuter le procédé de contrôle selon le premier aspect de l'invention.

DESCRIPTION DES DESSINS

- 15 Ces caractéristiques et avantages de l'invention, ainsi que d'autres, seront plus clairement mis en évidence à partir d'une forme de réalisation préférée dont la description détaillée est donnée ci-après, à titre d'exemple illustratif et non limitatif, par référence aux figures accompagnant le présent document.

- 20 Figures 1-5 Les cinq figures montrent une séquence de graphiques de lecture de la puissance ou du courant fourni par un module de captage d'énergie solaire durant une phase de déplacement pour différents cas possibles.

- 25 Figure 6 La figure 6 montre un schéma de réglage où il est tenu compte de l'erreur de position d'un suiveur conformément à un exemple de réalisation de l'invention.

PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

- 30 Comme on l'indiquait dans la description de l'invention, un premier aspect de l'invention est un procédé de contrôle approprié pour un système de modules photovoltaïques à concentration. Ce procédé permet le suivi adéquat du Soleil pour optimiser son rendement où ce système comprend :

- Au moins un module de captage d'énergie solaire pour fournir de l'énergie à

une charge,

le module de captage d'énergie solaire ne doit pas nécessairement être un module concentrateur, néanmoins, ce procédé est spécialement avantageux sur ce type de dispositifs et il a été prouvé qu'il offre la précision suffisante pour maintenir la correcte orientation. La charge à laquelle est fournie de l'énergie est généralement un réseau de distribution d'énergie auquel est transférée l'énergie générée.

5

- Un dispositif d'orientation doté d'un ou plusieurs degrés de liberté Y_j , $j=1,2,\dots$ selon un ou plusieurs axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$ adapté pour situer le module de captage d'énergie solaire dans une position angulaire $X_{dis}=(Y_1', Y_2', \dots)$ déterminée,

10

généralement, les dispositifs d'orientation sont des structures sur lesquelles sont installés les modules de captage d'énergie solaire où lesdites structures sont configurées comme une chaîne cinématique qui dispose d'un nombre déterminé de degrés de liberté.

15

Le premier élément de la chaîne cinématique est un support fixe et le dernier élément de la chaîne cinématique est solidaire du module de captage d'énergie solaire. Ces degrés de liberté et la façon dont est configurée la chaîne cinématique peuvent être très variés.

20

Le plus courant, et à titre d'exemple, c'est que le dispositif d'orientation dispose de deux degrés de liberté. Sur un support fixe, une première rotation permet l'orientation sur l'azimut d'un deuxième support entraîné par cette première rotation. Sur ce deuxième support se trouve un troisième support lié par une deuxième rotation, celle qui permet de déterminer le degré d'élévation du troisième support. Ce troisième support est celui qui soutient le module de captage d'énergie solaire.

25

Le vecteur constitué par les angles qui déterminent la position angulaire du module de captage d'énergie solaire est le vecteur que nous avons dénommé X_{dis} .

30

- Des moyens d'impulsion adaptés pour déplacer le dispositif d'orientation sur chacun des axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$, chaque degré de liberté implique l'existence d'un moyen d'impulsion qui

permet de déplacer le dispositif d'orientation par rapport à l'axe associé audit degré de liberté. Étant entendu que les moyens d'impulsion associés à un degré de liberté peuvent opérer indépendamment de ceux associés à un degré de liberté distinct.

5 Le Soleil est la référence à suivre par le dispositif d'orientation qui entraîne les modules de captage d'énergie solaire. Le Soleil suit une trajectoire progressant de façon continue. Le procédé selon l'invention établit une discrétisation du temps, pas nécessairement uniforme, de façon qu'à
10 chaque instant de ladite discrétisation il est procédé à une évaluation pour savoir s'il est nécessaire d'effectuer un déplacement ou pas.

Le procédé tient compte d'une estimation de la position du Soleil et de la position angulaire du dispositif d'orientation. On considère qu'il est nécessaire d'effectuer un déplacement des modules lorsque la différence entre l'une est l'autre, pour un degré de liberté déterminé, est supérieure à
15 une valeur seuil prédéfinie pour ledit degré de liberté.

S'il est nécessaire de procéder à un déplacement, on agit sur les moyens d'impulsion pour rapprocher l'orientation du dispositif d'orientation de la position du Soleil, estimée conformément aux étapes qui seront détaillées ci-après. L'évaluation est réalisée indépendamment pour chaque degré de
20 liberté et sans que soit essentiel l'ordre suivi pour tous les degrés de liberté.

- Des moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire,
le schéma de contrôle sur lequel repose ce procédé est en boucle fermée. Concrètement, l'action consistant à modifier l'orientation du dispositif
25 d'orientation dépend, entre autres facteurs, de la lecture qu'on obtient de la puissance ou du courant généré par les modules de captage d'énergie solaire.

Le déplacement angulaire des modules le long de l'un des axes associés à un degré de liberté donne lieu à une puissance générée qui varie durant le déplacement en fonction de l'orientation à chaque instant du module. Ce
30 sera cette lecture de la puissance fournie durant le déplacement qui sera utilisée pour établir l'estimation de la position du Soleil. Autrement dit,

- durant chaque déplacement, il est procédé à la lecture continue de la puissance ou du courant fourni par les modules de captage d'énergie et c'est a posteriori qu'est actualisée l'estimation de la position du Soleil. La lecture continue peut se faire par une série de lectures discrètes qui
- 5 permettent de reconstruire par exemple par interpolation l'évolution de la puissance ou du courant fourni durant le déplacement.
- Une unité de traitement couplée aux moyens de mesure de la puissance ou de l'intensité fournie et apte à générer des ordres qui déterminent le déplacement du dispositif d'orientation,
- 10 Cette unité de traitement est celle qui reçoit au moins le signal de lecture de la puissance ou du courant et celle qui réalise le procédé de l'invention. La façon la plus courante de réaliser cette unité de traitement c'est au moyen d'une unité de traitement programmable.
- Où le contrôle à travers l'unité de traitement détermine le suivi du Soleil par le
- 15 module de captage d'énergie solaire conformément aux étapes suivantes :
- définir une fonction de référence $P_{\text{réf}}$ qui détermine une estimation de la position du Soleil $X_{\text{soleil}}=(Y_1, Y_2, \dots)=X_{\text{réf}}$, où $X_{\text{réf}}=(Y_{r1}, Y_{r2}, \dots)=P_{\text{réf}}(t, \text{lat}, \text{lon})$ dépendant au moins de la date, heure, latitude et longitude.
 - Générer des ordres pour orienter le dispositif d'orientation vers un premier
- 20 point $X_{\text{dis}}=X_{\text{réf}}$.
- Par les coordonnées X_{soleil} sont indiquées les coordonnées angulaires de l'estimation de la position du Soleil. Dans un exemple de réalisation, cette estimation est corrigée à chaque itération de correction de la position du dispositif d'orientation pour tenir compte d'éventuelles erreurs de structure
- 25 ou dues à d'autres causes qui donnent lieu à la déviation du dispositif.
- Pour commencer, le procédé requiert un premier positionnement estimant la position du Soleil. Ce premier positionnement dépend de la date, heure, latitude et longitude. Il existe des équations qui possèdent ces paramètres comme arguments et servent de modèle mathématique pour déterminer
- 30 une estimation du Soleil. Cette première estimation peut aussi être mémorisée dans des tableaux qui permettent de déterminer l'estimation de la position du Soleil au moyen de techniques d'interpolation. Ces modèles

- ne tiennent pas compte des déviations de structure ou dues à d'autres causes qui donnent lieu à des erreurs entre la position objective et la position qu'adopte réellement le module de captage d'énergie solaire. En outre, un exemple de réalisation de l'invention emploie un tableau d'erreurs pour corriger les valeurs fournies par les équations pour prendre en compte ces déviations.
- 5
- Pour chaque axe de rotation E_j établir une valeur seuil ε_j , $j=1,2,\dots$ de déviation angulaire minimale,
- Chaque degré de liberté peut requérir des valeurs seuils distinctes par exemple parce que les déviations par rapport audit degré de liberté donnent lieu à des déviations plus importantes du foyer de rayonnement concentré comparées aux déviations sur un autre degré de liberté. Ce seuil est celui qui détermine s'il est nécessaire d'effectuer à chaque instant de temps un déplacement ou pas.
- 10
- Pour chaque instant de temps t_i d'une séquence d'instant de temps établis par l'unité de traitement, pendant que les modules de captage sont opérationnels, et sur chacun des axes de rotation du dispositif d'orientation E_j $j=1,2,\dots$, en prenant les axes E_j dans n'importe quel ordre, on réalise la séquence d'étapes a)-e) :
- 15
- 20
- Lorsqu'il y a plusieurs degrés de liberté, l'ensemble d'étapes a)-e) s'applique à chaque degré de liberté séparément. Comme cela a été indiqué précédemment, la discrétisation dans le temps ne doit pas obligatoirement être homogène. Par exemple, les intervalles de temps seront plus petits lorsque le déplacement du Soleil sera plus rapide. Même si c'est l'unité de traitement qui détermine cette discrétisation du temps, la mesure du temps peut être réalisée par un dispositif externe tel qu'une
- 25
- horloge à quartz avec un compteur ou la propre horloge interne de l'unité de traitement.
- 30
- a) on détermine l'estimation de la coordonnée angulaire de la position du Soleil Y_{rj} à partir de la fonction de référence P_{ref} sur t_i et on calcule la déviation angulaire δ_{Y_j} entre ladite position estimée Y_{rj} du Soleil et la position angulaire du dispositif d'orientation Y'_j à l'instant de temps

antérieur.

La position estimée du Soleil X_{soleil} a été initialement estimée en employant la fonction P_{ref} par exemple en utilisant les équations du Soleil et a donné lieu à un premier déplacement du dispositif d'orientation.

5 Dans cette première itération les valeurs de démarrage de la boucle itérative sont celles qui correspondent à l'identification « à l'instant antérieur ». Après la première étape et durant les étapes suivantes, l'estimation du Soleil est de nouveau évaluée en utilisant les mesures de la puissance ou du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire selon la stratégie qui sera décrite ci-après.

10 Ainsi, lors de la première itération de la boucle qui comprend les étapes a)-e), la position angulaire du dispositif Y_{rj} qui apparaît dans l'étape a) est celle qu'a le dispositif après s'être déplacé sur la position déterminée par la fonction de référence P_{ref} ; et, lors de la deuxième itération de la boucle et des suivantes, cette variable prend la valeur déterminée après son déplacement sur la position déterminée par l'estimation X_{soleil} qui a été calculée lors de l'itération antérieure à partir de la lecture de la puissance ou du courant qui provient du module de captage d'énergie solaire.

20 Comme maintenant l'instant de temps t_i dans l'itération actuelle est celui qui correspond à l'instant t_{i+1} si l'on a comme référence l'itération antérieure, à cet instant la position estimée du Soleil X_{soleil} évaluée dans l'étape e) correspond maintenant à l'instant de temps antérieur t_{i-1} . C'est pour cette raison qu'à l'instant t_i , pour savoir s'il est nécessaire d'avancer on prend de nouveau comme première estimation de la position du Soleil celle que détermine la fonction de référence P_{ref} . Cette première estimation est de nouveau corrigée après la progression du dispositif au cours de l'étape e). La façon dont elle est corrigée est décrite dans l'étape suivante.

25 30 Au vu des variables impliquées, il existe au moins 3 positions angulaires : la position angulaire qu'a réellement le dispositif d'orientation indiquée par X_{dis} , la position estimée du Soleil indiquée comme étant

X_{soleil} , et la position réelle du soleil et qui est celle qu'on souhaite estimer avec les lectures de puissance ou de courant.

De ces vecteurs de coordonnées, puisque l'ensemble d'étapes a)-i) est réalisé pour un seul degré de liberté, on ne tient compte que de la coordonnée angulaire associée, par exemple Y_j ou Y_j' selon le cas.

5

b) Si la déviation angulaire δ_{Y_j} est supérieure à sa valeur seuil ϵ_j de déviation minimale, on établit une distance de progression α_j le long de la direction de progression pour le dispositif d'orientation sur ledit axe E_j , telle que la position avancée $Y_j' + \alpha_j$ se trouve devant la position estimée du Soleil Y_{rj} sur ledit axe E_j , et l'on établit une valeur nulle si la déviation angulaire est inférieure à cette même valeur seuil.

10

Si l'estimation de l'avancement du Soleil entre les instants de temps t_{i-1} , t_i détermine qu'il est nécessaire d'avancer, cet avancement est utilisé pour estimer de nouveau la position du Soleil puisque durant le déplacement angulaire du module de captage d'énergie on procède à la lecture de la puissance ou du courant fourni, et que c'est cette lecture qui est utilisée pour effectuer les calculs pour l'estimation.

15

Ainsi, à l'instant t_i on détermine une première estimation de la position du Soleil Y_{rj} prise à partir de la fonction de référence P_{ref} . En connaissant cette estimation de la position du Soleil et la position du dispositif Y_j' qu'on a de l'instant de temps antérieur t_{i-1} on a un avancement α_j qui doit être supérieur à la différence entre Y_{rj} et Y_j' . De cette manière, on s'assure qu'en avançant on va au-delà de la position qu'occupe le Soleil ; autrement dit, on s'assure que le maximum de la lecture de la puissance ou de l'intensité mesurée se trouve dans l'intervalle de lecture.

20

25

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la quantité supplémentaire d'avancement est un angle préétabli qui peut être modifié si l'on observe qu'il n'atteint pas toujours son objectif de façon adéquate. Dans cet exemple de réalisation, l'avancement sera $(Y_{rj} - Y_j')$ plus une valeur positive déterminée préétablie.

30

Dans un autre exemple de réalisation, aux valeurs de référence P_{ref} utilisées pour fournir une estimation de la position du Soleil on ajoute un

facteur de correction qui prend en compte la déviation du dispositif de positionnement par rapport à la position objective. Ces facteurs de correction sont évalués à chaque étape et peuvent être utilisés postérieurement par exemple lors des jours qui suivent.

- 5 Comme cela a été indiqué, le déplacement du module est réalisé en utilisant uniquement l'un des degrés de liberté chaque fois. Les autres degrés de liberté sont maintenus fixes ou bloqués. Un déplacement angulaire sur le module de captage d'énergie solaire donne lieu à une variation de la puissance ou du courant fourni puisque sa position
- 10 angulaire change par rapport à la position angulaire du Soleil. Étant donné que les autres degrés de liberté sont bloqués, la position angulaire la plus proche de la position angulaire du Soleil en utilisant un unique degré de liberté n'a pas à correspondre à la position correcte du Soleil puisque les degrés de liberté bloqués peuvent aussi avoir de petites
- 15 déviations.

- Même dans ce cas, le point le plus proche donnera lieu à un maximum dans la lecture de la puissance ou du courant. Dans cette hypothèse, le déplacement qui est réalisé pendant qu'on lit la puissance ou le courant fourni est déterminé suffisamment grand de façon à dépasser l'angle où
- 20 on estime que le maximum est atteint. Ainsi, la puissance ou le courant fourni doit en principe donner lieu à une fonction concave vers le bas avec un maximum local.

- L'ensemble d'étapes a)-e) donne lieu à un procédé de contrôle optimal. Cependant, le procédé peut être renforcé face à la présence de perturbations par des vérifications de conditions anormales lors
- 25 desquelles non seulement on tient compte du fait qu'on obtient une fonction concave vers le bas avec un maximum local, mais d'autres situations qui autrement donneraient lieu à la perte du Soleil.

- Déterminer qu'il est nécessaire d'avancer implique qu'on a dépassé la
- 30 valeur seuil ε_j de déviation minimale. La condition d'établir une valeur nulle de α_j dans le cas contraire ; autrement dit, si la déviation angulaire est inférieure à la valeur seuil ε_j de déviation minimale, elle doit être

- interprétée comme le fait que le procédé détermine que dans cette étape un avancement n'est pas réalisé et que par conséquent les autres étapes c)-e) du procédé itératif ne nécessitent pas d'évaluation. Il en résulte qu'on passe à l'itération suivante en prenant en compte le degré de liberté suivant ; ou, on attend l'instant de temps suivant si l'on a déjà réitéré sur tous les degrés de liberté.
- 5
- c) Déterminer X_0 comme la position initiale Y_j' avant l'avancement et $X_1=Y_j'+\alpha_j$ comme la position finale après l'avancement ; et générer des ordres pour l'avancement sur l'axe E_j du dispositif d'orientation au point
- 10 X_1 ,
- d) définir une fonction $P(X)$ dans l'intervalle $[X_0, X_1]$ où $P(X)$ correspond à la mesure fournie par les moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire le long du parcours $[X_0, X_1]$ selon l'axe E_j .
- 15 Ces deux étapes c) et d) sont celles qui concrétisent l'action déjà décrite : on déplace le module de captage d'énergie de la distance estimée et durant le déplacement on construit une fonction qui représente la lecture réalisée pour pouvoir estimer la position du Soleil pour le degré de liberté avec lequel on est en train de travailler.
- 20 e) Évaluer le maximum P_{\max} de la fonction $P(X)$ dans l'intervalle $[X_0, X_1]$ et le point X_m où est localisé ledit maximum $P_{\max}=P(X_m)$, et établir $Y_j=X_0+\beta$ où $\beta<\alpha_j$, β étant tel que Y_j prend la valeur X_m où est localisé le maximum $P_{\max}=P(X_m)$.
- 25 La valeur du maximum sera utilisée pour établir le point X_m qui correspond à la valeur de l'angle de la position estimée du Soleil où se produit ledit maximum. C'est ce point qui est établi comme l'estimation de Y_j .
- Il y a des situations non optimales qui peuvent faire que survienne la perte du Soleil. Pour que le procédé soit renforcé et permette le suivi du Soleil dans ces conditions non optimales on peut éventuellement procéder à des vérifications et à des actions supplémentaires.
- 30

La première vérification dont il faut tenir compte c'est s'il existe des

perturbations dans la lecture qui modifient la fonction $P(X)$ de façon que le point X_m cesse de correspondre au point où se trouve réellement le maximum de $P(X)$. Lorsqu'il est possible d'établir que ces perturbations existent, si l'on détecte la présence de ces perturbations, on établit alors l'avancement d'une

5 quantité préétablie indépendamment du lieu où l'on a lu le maximum ; autrement dit, β est sélectionné comme $k \alpha_j$ où k prend des valeurs entre 0 et 0,5, de préférence 0,5.

L'ensemble suivant d'étapes supplémentaires et optionnelles correspondent aux décisions à prendre en fonction des cas éventuels pouvant

10 se présenter.

Évaluer un coefficient c_u entre 0 et 1, de préférence 0.95, et une valeur seuil $U=c_u P_{\max}$, c'est la valeur seuil calculée comme un pourcentage de la valeur maximale. Avec cette valeur seuil on cherche à faire en sorte qu'il n'y ait pas de lieux du

15 domaine $[X_0, X_1]$ où la puissance descende de manière excessive puisque si cela se produit, cela indique par exemple que le rayonnement a baissé à cause de la présence d'un nuage ou parce qu'il y a eu un éloignement excessif de la position du Soleil. Dans tous les cas, il est nécessaire de prendre les mesures les plus appropriées.

20 Si $P(X_0)$ est supérieure à U et $P(X_1)$ est supérieure à U alors établir $Y_j=X_0+\beta$ où $\beta<\alpha_j$,

cette étape correspond à la situation souhaitable et correspond à l'avancement par défaut. La puissance est toujours au-dessus de la valeur seuil de puissance et l'estimation de la position du Soleil se trouve en un point à

25 droite de X_0 . La valeur de β est telle qu'on prend le point X_m où se trouve le maximum sauf si, comme cela a été décrit, il existe des perturbations qui justifient qu'on doive prédéfinir une valeur déterminée en invalidant la lecture correcte de $P(X)$.

Si $P(X_0)$ est supérieure à U et $P(X_1)$ est inférieure à U , calculer le point

30 X_2 tel que $P(X_2) = U$, et établir alors $Y_j=X_2-\beta$ où $\beta<\alpha_j$,

initialement, la puissance ou valeur du courant est au-dessus de la valeur seuil, mais c'est à la fin du déplacement que la fonction $P(X)$ tombe en

dessous de la valeur seuil. L'une des causes de cette situation c'est d'avoir avancé de manière excessive.

La première mesure consiste à réduire le domaine en étendant l'intervalle jusqu'au point X_2 où la fonction $P(X)$ tombe en dessous de la valeur seuil. Dans

5 cet intervalle est établie l'estimation de la position du Soleil.

Si $P(X_0)$ est inférieure à U et $P(X_1)$ est supérieure à U , calculer le point X_2 tel que $P(X_2) = U$, et établir alors $Y_j = X_2 + \beta$ où $\beta < \alpha$,

c'est la situation contraire à l'étape antérieure. Dans ce cas le domaine de la fonction $P(X)$ se voit également réduit à gauche jusqu'au point où ladite
10 fonction se trouve au-dessus de la valeur seuil et l'on réalise aussi une nouvelle estimation de la position du Soleil dans l'intervalle restreint.

Comme cela a été expliqué, le procédé selon le premier aspect de l'invention permet d'estimer la position du Soleil en effectuant un déplacement sur un unique degré de liberté et en prenant la position de la trajectoire sur
15 laquelle une plus grande puissance ou un plus grand courant a été généré ; cela si, tenant compte du fait qu'on considère que la charge qui est connectée au système de captage d'énergie solaire est constante. En principe la charge est constante lorsqu'il n'y a pas d'inverseurs ni de dispositifs tels que des MPPTs (« Maximum power point trackers »). Cependant, même s'il existe de
20 tels dispositifs l'invention conformément aux divers modes particuliers de la réaliser tient compte de ces cas.

Lorsque la charge n'est pas constante, une façon de réaliser l'invention consiste à effectuer une permutation entre la charge donnée par le réseau auquel est fournie la puissance générée et une charge fixe. Cette charge fixe
25 est celle qui reçoit la puissance fournie par le module de captage d'énergie et par conséquent elle ne produit pas de perturbations dans la fonction $P(X)$. Cette commutation est maintenue au moins durant la lecture de la fonction $P(X)$.

Selon un autre exemple de réalisation, on procède à une lecture de la perturbation et elle est compensée dans le signal fourni par les moyens de
30 mesure de la puissance ou du courant. Cet exemple est particulièrement valide par exemple avec l'utilisation de dispositifs MPPT où il est possible de connaître la perturbation introduite.

Selon un autre exemple de réalisation, l'unité de traitement dispose d'une sortie avec laquelle elle est capable d'agir sur les éléments qui génèrent la perturbation, soit en la minimisant soit même en provoquant sa déconnexion durant la période de temps où est réalisée la lecture qui permet de construire la

5 fonction $P(X)$.

Ci-dessous est décrit un exemple de réalisation de l'invention en utilisant des figures.

Il a été dit que lorsqu'on réalise un déplacement sur une coordonnée (par rapport à l'un des axes E_j), on analyse, après filtrage, la puissance ou le

10 courant instantané généré durant le déplacement. Postérieurement, on calcule le maximum de cette courbe de puissance et l'on compare avec un seuil minimal.

Lorsque le maximum ne dépasse pas un seuil minimal U_m (ce seuil minimal n'est pas le paramètre U), on considère que durant le déplacement le

15 Soleil n'a pas été détecté, c'est pourquoi on n'établit pas d'estimation de sa position. Dans ce cas on en conclut que la plateforme est semi-perdue ou perdue, et l'on agit en conséquence, par exemple on applique une procédure parmi celles qu'on connaît de recherche du Soleil au moyen d'une spirale ou par l'utilisation de la correction du jour précédent ajoutée aux équations du

20 Soleil. Dans une façon de réaliser l'invention, dans le cas où ne serait pas dépassé le seuil minimal U_m , mais où le niveau de rayonnement mesuré par un dispositif externe ne dépasserait pas une certaine valeur préétablie, on considère qu'il n'y a pas de rayonnement suffisant. Il n'est procédé à aucun déplacement tant que cette condition ne cesse pas d'être remplie.

Au contraire, dans le cas où le maximum dépasse bien le seuil minimal,

25 on définit alors la valeur seuil U , de préférence avec une valeur de 95% de la puissance maximale. Le seuil U étant établi, la courbe $P(X)$ obtenue durant le déplacement se divise en deux zones : une première zone où les positions de la trajectoire ont donné lieu à des lectures de la puissance ou du courant

30 supérieures audit seuil et une seconde zone où ça n'est pas le cas. En fonction de la courbe et compte tenu de cette séparation en zones, on a distingué les cas suivants :

Sans puissance

Ce cas correspond à la situation dans laquelle la puissance ou le courant instantané capté par les modules de captage d'énergie ne dépasse à aucun moment le seuil minimal U_m . Dans ce cas, on n'actualise pas l'estimation de la position du Soleil sur la coordonnée correspondante et on en conclut que la plateforme est semi-perdue ou perdue. Ce cas est montré sur la figure 1.

Les deux extrémités au-dessus du seuil

Désormais, dans les en-têtes des différents cas, lorsque le terme extrémité est utilisé, il fait référence aux extrémités de l'intervalle dans lequel est définie la fonction $P(X)$.

Ce cas correspond à la situation dans laquelle toutes les valeurs de la puissance ou du courant instantané $P(X)$ sont au-dessus de la valeur seuil U déterminée comme un pourcentage de la valeur maximale de $P(X)$ comme le montre la figure 2. Dans ce cas on détermine le point X_m où est atteint le maximum et c'est cette coordonnée, celle de la position angulaire par rapport à l'axe E_j , dans laquelle a été réalisée la lecture de $P(X)$. La coordonnée X est une variable qui représente la coordonnée angulaire par rapport à l'axe E_j .

Un premier exemple de réalisation établit que l'estimation de la position du Soleil X_{soleil} correspond au point X_m où est atteint le maximum. Dans un autre exemple de réalisation de l'invention, l'estimation de la position du Soleil prend la valeur moyenne de l'intervalle. Les tests réalisés avec le premier exemple de réalisation ont donné lieu à de meilleurs résultats face à l'absence de perturbations dans la charge.

La première extrémité en dessous du seuil et la seconde extrémité au-dessus du seuil

Ce cas correspond à la situation dans laquelle il existe une première zone au début de l'intervalle de variation de la fonction $P(X)$ où la puissance ou le courant est en dessous de la valeur seuil U ; et, une seconde zone à la fin de l'intervalle dans laquelle $P(X)$ adopte des valeurs au-dessus de la valeur seuil U . Ce cas est représenté sur la figure 3.

D'abord, on détermine la coupe de la fonction $P(X)$ avec la ligne horizontale établie par la valeur du seuil U . La première zone est à gauche du

point X_2 de coupe et la seconde zone est à droite du point de coupe.

Selon un mode de réalisation de l'invention, on réalise une estimation de la position du Soleil dans la seconde zone. Cette estimation est prise sur un point avancé d'une distance β , inférieure à la largeur de l'intervalle. Un exemple

5 de réalisation établit un pourcentage déterminé de l'angle avancé α_j , de préférence la moitié. Sur la figure 3 ce point avancé est représenté avec une flèche horizontale qui n'arrive pas jusqu'à l'endroit où se produit le maximum. Ce choix établit un procédé dont il a été prouvé expérimentalement qu'il est très

10 renforcé même face à la présence de perturbations par exemple à cause de l'existence d'un dispositif MPPT. Un autre exemple de réalisation prend comme estimation de la position du Soleil sur cette coordonnée angulaire la coordonnée sur laquelle se trouve le maximum de $P(X)$. Cette position est indiquée par une seconde flèche horizontale placée sous la première et qui elle

15 atteint bien le lieu où la fonction est maximale. Cette valeur, bien qu'il ait été prouvé qu'elle est moins solide face à l'existence de perturbations est une bonne estimation si ces perturbations n'existent pas ou ont été compensées.

Dans le cas où le maximum local se trouve à l'extrémité droite de l'intervalle et face à l'absence de perturbations, ce qui s'est produit c'est que l'avancement réalisé n'a pas été suffisant pour dépasser la position du Soleil

20 ainsi que l'exige le procédé. Dans ce cas il est nécessaire d'effectuer un plus grand avancement. Cet exemple est l'un de ceux dans lesquels il est possible d'intercaler un avancement dans le procédé selon l'invention pour éviter des pertes de visée du Soleil en prévoyant la défaillance par l'analyse de la fonction $P(X)$. Dans cet avancement on procéderait de nouveau à une lecture d'une

25 nouvelle fonction $P(X)$ pour estimer de nouveau la position du Soleil. En cas de perturbations, ces perturbations peuvent donner lieu à des déterminations du point où se trouve le maximum qui ne correspond pas au réel, d'où le fait que dans ces cas la détermination d'un avancement préétabli s'avère plus solide.

La première extrémité au-dessus du seuil et la seconde extrémité en

30 **dessous du seuil**

Ce cas est le contraire du cas précédent. Comme cela est montré sur la figure 4, initialement $P(X)$ se trouve au-dessus de la valeur seuil U ; mais, à

partir d'un point de coupe, la puissance ou le courant tombe en dessous de la valeur seuil U . Cette situation peut survenir par exemple lorsque l'avancement est excessif et qu'il se produit une défocalisation dans le module de captage d'énergie.

- 5 La première étape consiste à calculer le point de coupe X_2 de la fonction $P(X)$ avec la ligne horizontale déterminée par la valeur seuil U ; et, établir un retour arrière qui corrige l'avancement excessif.

- 10 L'estimation de la position du Soleil est établie sur le point $X_2 - \beta$ où β est une valeur inférieure à la largeur de l'intervalle $[X_0, X_1]$ et donne lieu au fait que dans l'étape suivante qui comporte un avancement on procède à un retour arrière d'une certaine distance, de préférence la moitié de l'intervalle. Ce retour arrière a été représenté sur la figure 4 par une flèche horizontale dont la pointe est orientée à gauche.

- 15 Comme dans le cas précédent, il est également possible d'établir un retour arrière qui au lieu d'adopter la distance $X_2 - \beta$, le retour arrière se fasse jusqu'à X_m où se produit la valeur maximale P_{max} .

Les deux extrémités se trouvent en dessous du seuil

- 20 Cette situation se présente lorsque, bien que les extrémités se trouvent en dessous d'une valeur seuil U , il y a d'autres positions qui elles se trouvent bien au-dessus de ladite valeur seuil U .

- 25 Ce cas peut correspondre par exemple à la situation dans laquelle on a attendu trop longtemps pour procéder à la correction et où par conséquent le Soleil a beaucoup avancé, d'où le fait que la lecture commence en dessous de la valeur seuil U ; et, qu'on avance aussi excessivement atteignant ainsi le maximum et baissant de nouveau en dessous de la valeur seuil U .

Dans ce cas la position estimée du Soleil est également estimée en prenant la valeur où se trouve le maximum. Voir figure 5.

- 30 Dans le cas où la puissance instantanée mesurée sur la position finale serait inférieure au seuil, il convient de procéder à un nouveau déplacement de correction dans lequel on prend en considération la nouvelle estimation de la position du Soleil calculée.

Dans tous les cas on considère que la fonction $P(X)$ s'étend pour des

valeurs croissantes de sa variable indépendante X , la position angulaire. Cependant, il est possible que la trajectoire du Soleil avance selon une direction dans laquelle la valeur angulaire est décroissante. Dans ce cas les explications sont également valides si ce n'est que le point X_0 initial se trouve à droite, le point final X_1 se trouve à gauche et $P(X)$ évolue de droite à gauche se montrant selon une symétrie spéculaire par rapport à un axe vertical. Dans ces cas, le terme « avancement » signifie que la valeur de la coordonnée correspond à des points situés plus à gauche.

Dans la description de l'invention il a été signalé que par les coordonnées X_{soleil} sont indiquées les coordonnées angulaires de l'estimation de la position du Soleil. Cependant, dans un cas pratique, lorsque sont générés des ordres de positionnement destinés aux moyens d'impulsion pour que le dispositif s'oriente conformément à ladite estimation, cela ne se passe pas ainsi. Il y a des déformations de structure, des dilatations, ou de petits défauts de montage qui donnent lieu à des différences entre les coordonnées objectives X_{soleil} et celles réellement adoptées X_{dis} par le dispositif.

Un exemple très proche est l'utilisation de valeurs de référence telles que les équations du Soleil mais elles pourraient être des valeurs tabulées qui permettent aussi de déterminer des valeurs intermédiaires par des techniques d'interpolation. Ces valeurs de référence permettent par exemple de mettre en marche le procédé selon le premier aspect de l'invention à partir de quelques valeurs de la position angulaire. Cependant, bien qu'elles permettent par exemple de mettre en marche le suivi du Soleil elles ne tiennent pas compte des déviations de structure, des erreurs sur le modèle cinématique du suiveur, ou d'autres causes qui donnent lieu aux erreurs mentionnées entre la position objective et la position qu'adopte réellement le module de captage d'énergie solaire.

Dans un exemple de réalisation de l'invention, il est tenu compte des déviations mesurées pendant qu'on procède aux actions de correction d'orientation selon le premier aspect inventif de l'invention. Dans ce cas, on conserve un tableau d'erreurs pour corriger les valeurs fournies par une valeur de référence.

Un premier mode simple de réalisation de l'invention tenant compte de ces déviations, chaque fois qu'il est procédé à une action de correction via n'importe laquelle des étapes g), h) ou i), définit un facteur de correction $e=(e_1, e_2, \dots)$, tel que l'estimation de la position du Soleil $X_{\text{soleil}}=(Y_1, Y_2, \dots)$ est

5 $X_{\text{soleil}}=X_{\text{ref}}+e$ pour une valeur de référence $X_{\text{ref}}=(Y_{r1}, Y_{r2}, \dots)$ déterminée. Dans ce cas, pour chaque axe E_j la coordonnée angulaire j est actualisée comme $e_j=Y_j-Y_{rj}$.

D'autres exemples de réalisation réalisent des actions de correction plus complexes. C'est le cas montré sur la figure 6.

10 La figure 6 montre l'utilisation d'un régulateur pour la correction de la position en raison de ces erreurs de position. Le rectangle A représente les équations du Soleil prises comme exemple de valeur de référence X_{ref} . À cette valeur X_{ref} est ajoutée la valeur correctrice et qui provient du contrôleur B. Cette valeur est celle qui est envoyée via des ordres d'exécution du déplacement

15 destinés aux moyens d'impulsion C qui à leur tour agissent sur le dispositif d'orientation D. Cette orientation donne lieu à des coordonnées X_{dis} qui sont comparées à celles qu'établit un estimateur E de la position du Soleil X_{soleil} comme celui de l'invention. Cette comparaison est celle qui est envoyée au contrôleur B fermant un contrôle en boucle fermée.

20 Dans cet exemple de réalisation, les valeurs correctives et qui proviennent du contrôleur B sont celles qui seront mémorisées dans un tableau en tenant compte de l'heure et du jour. Ainsi, en cas de perte du Soleil, il sera possible par exemple de parvenir à ce que le dispositif vise de nouveau le Soleil en prenant X_{ref} à partir des équations du Soleil et d'ajouter l'action correctrice

25 mémorisée dans ces tableaux. Ainsi, un avantage de ce facteur de correction tient au fait que, dans le cas où l'on perd le Soleil, il est possible de le récupérer en tenant compte des déviations dues par exemple à des défauts de structure, de montage, ou d'exactitude du modèle mathématique ou cinématique.

Selon un autre exemple de réalisation, si ces valeurs sont mémorisées

30 d'un jour à l'autre, par exemple en conservant des listes circulaires qui sont actualisées tous les jours, lorsque le module de captage d'énergie solaire commence à être opérationnel un nouveau jour, il peut atteindre une meilleure

position dès le début ou il peut aussi disposer toute la journée d'une valeur de référence après un arrêt dû au passage de nuages.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de contrôle approprié pour un système de modules photovoltaïques à concentration où ce système comprend :
- 5
- au moins un module de captage d'énergie solaire pour fournir de l'énergie à une charge,
 - un dispositif d'orientation doté d'un ou plusieurs degrés de liberté Y_j , $j=1,2,\dots$ selon un ou plusieurs axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$ adapté pour situer le module de captage d'énergie solaire dans une position angulaire
- 10 $X_{dis}=(Y_1', Y_2', \dots)$ déterminée,
- des moyens d'impulsion adaptés pour déplacer le dispositif d'orientation sur chacun des axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$,
 - des moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire,
- 15
- une unité de traitement couplée aux moyens de mesure de la puissance ou de l'intensité fournie et apte à générer des ordres qui déterminent le déplacement du dispositif d'orientation,
- où le contrôle à travers l'unité de traitement détermine le suivi du Soleil par le module de captage d'énergie solaire conformément aux étapes suivantes :
- 20
- définir une fonction de référence $P_{réf}$ qui détermine une estimation de la position du Soleil $X_{soleil}=(Y_1, Y_2, \dots)=X_{réf}$, où $X_{réf}=(Y_{r1}, Y_{r2}, \dots)=P_{réf}(t, \text{lat}, \text{lon})$ dépendant au moins de la date, heure, latitude et longitude.
 - générer des ordres pour orienter le dispositif d'orientation vers un premier point $X_{dis}=X_{réf}$,
- 25
- pour chaque axe de rotation E_j établir une valeur seuil ε_j , $j=1,2,\dots$ de déviation angulaire minimale,
 - Pour chaque instant de temps t_i d'une séquence d'instant de temps établis par l'unité de traitement, pendant que les modules de captage sont opérationnels, et sur chacun des axes de rotation du dispositif
- 30 d'orientation E_j $j=1,2,\dots$, en prenant les axes E_j dans n'importe quel ordre, on réalise la séquence d'étapes a)-e) :
- a) on détermine l'estimation de la coordonnée angulaire de la position

du Soleil Y_{rj} à partir de la fonction de référence P_{ref} sur t_i et on calcule la déviation angulaire δ_{Y_j} entre ladite position estimée Y_{rj} du Soleil et la position angulaire du dispositif d'orientation Y_j' à l'instant de temps antérieur,

- 5 b) si la déviation angulaire δ_{Y_j} est supérieure à sa valeur seuil ϵ_j de déviation minimale, on établit une distance de progression α_j le long de la direction de progression pour le dispositif d'orientation sur ledit axe E_j , telle que la position avancée $Y_j'+\alpha_j$ se trouve devant la position estimée du Soleil Y_{rj} sur ledit axe E_j , et l'on établit une valeur
- 10 nulle si la déviation angulaire est inférieure à cette même valeur seuil,
- c) déterminer X_0 comme la position initiale Y_j' avant l'avancement et $X_1=Y_j'+\alpha_j$ comme la position finale après l'avancement ; et générer des ordres pour l'avancement sur l'axe E_j du dispositif d'orientation au point X_1 ,
- 15 d) définir une fonction $P(X)$ dans l'intervalle $[X_0, X_1]$ où $P(X)$ correspond à la mesure fournie par les moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire le long du parcours $[X_0, X_1]$ selon l'axe E_j ,
- e) évaluer le maximum P_{max} de la fonction $P(X)$ dans l'intervalle $[X_0, X_1]$
- 20 et le point X_m où est localisé ledit maximum $P_{max}=P(X_m)$, et établir $Y_j=X_0+\beta$ où $\beta < \alpha_j$, β étant tel que Y_j prend la valeur X_m où est localisé le maximum $P_{max}=P(X_m)$.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce qu'avant d'établir la

25 valeur Y_j dans l'étape e) on vérifie s'il y a des perturbations qui altèrent la lecture de $P(X)$ auquel cas $\beta = k \alpha_j$ où k prend des valeurs entre 0 et 0,5, de préférence 0,5.

3. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce qu'après avoir évalué

30 le maximum P_{max} dans l'étape e) on évalue un coefficient c_u entre 0 et 1, de préférence 0.95, et une valeur seuil $U=c_u P_{max}$ de telle façon que si $P(X_0)$ est supérieure à U et $P(X_1)$ est inférieure à U , alors on calcule le point X_2 tel que

$P(X_2) = U$, et on établit alors $Y_j = X_2 - \beta$ où $\beta < \alpha_j$.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce qu'après avoir évalué le maximum P_{\max} dans l'étape e) on évalue un coefficient c_u entre 0 et 1, de
- 5 préférence 0.95, et une valeur seuil $U = c_u P_{\max}$ de telle façon que si $P(X_0)$ est inférieure à U et $P(X_1)$ est supérieure à U , alors on calcule le point X_2 tel que $P(X_2) = U$, et on établit alors $Y_j = X_2 + \beta$ où $\beta < \alpha_j$.
5. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce que l'estimation de la
- 10 position du Soleil est modifiée par une correction de contrôle intégral.
6. Procédé selon la revendication 1 ou 5 caractérisé parce qu'on définit un facteur de correction $e = (e_1, e_2, \dots)$, tel que l'estimation de la position du Soleil $X_{\text{soleil}} = (Y_1, Y_2, \dots)$ employée dans l'étape a) est une correction de la position
- 15 prise à partir de la fonction de référence P_{ref} de la forme $X_{\text{soleil}} = X_{\text{ref}} + e$.
7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé parce qu'après l'étape de détermination de Y_j , ledit facteur de correction e pour chaque axe E_j , est actualisé comme $e_j = Y_j - Y_{rj}$.
- 20
8. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce qu'après l'étape e) on procède à une vérification pour savoir si la totalité de la fonction $P(X)$ se trouve en dessous d'une valeur seuil minimale U_m auquel cas on exécute une procédure de recherche du Soleil.
- 25
9. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce que le système comprend des moyens de mesure du temps aptes à générer une séquence d'impulsions qui fixent à l'unité de traitement les instants t_i où elle doit exécuter la séquence d'étapes a)-e).
- 30
10. Procédé selon n'importe laquelle des revendications précédentes caractérisé parce que le système comprend un capteur de rayonnement solaire

tel que, si le rayonnement mesuré se trouve en dessous d'une valeur seuil U_r déterminée, l'unité de traitement diffère l'instant d'exécution des étapes a)-e) jusqu'à ce que ledit rayonnement soit de nouveau au-dessus de la valeur seuil U_r .

5

11. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce que le suiveur solaire comprend une charge fixe de façon que l'unité de traitement génère des ordres pour commuter la charge connectée au module de captage d'énergie solaire par la charge fixe durant l'enregistrement de la fonction $P(X)$ durant l'avancement de l'angle α_j .

10

12. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce que le système comprend des composants qui génèrent des perturbations dans la lecture des moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire et où l'unité de traitement comprend une ligne de mesure de la perturbation de façon que l'unité de traitement définisse la fonction $P(X)$ via les moyens de mesure de la puissance ou du courant en compensant la lecture desdits moyens avec la lecture de la perturbation.

15

13. Procédé selon la revendication 1 caractérisé parce que le système comprend des composants générateurs de perturbations de la lecture des moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire et que l'unité de traitement comprend une sortie en communication avec les composants générateurs de perturbations pour, au moins dans la période de temps que dure la lecture, modifier les paramètres de fonctionnement des composants générateurs de la perturbation pour minimiser son effet.

25

14. Procédé selon la revendication 1 et n'importe laquelle des revendications 5 à 7 caractérisé parce que l'unité de traitement mémorise un tableau avec les valeurs de la correction de la position $e=(e_1, e_2, \dots)$ au fil du temps pour les utiliser postérieurement lorsqu'on ne dispose pas de lectures des moyens de

30

mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire qui permettent de déterminer la position du Soleil.

15. Procédé selon la revendication 14 caractérisé parce que le tableau est circulaire là où l'unité de traitement actualise les valeurs de la correction les plus anciennes correspondant à l'instant de temps calculé.
16. Dispositif de captage d'énergie qui comprend un système suiveur de modules photovoltaïques à concentration où ce système comprend à son tour :
- 10 • au moins un module de captage d'énergie solaire pour fournir de l'énergie à une charge,
 - un dispositif d'orientation doté d'un ou plusieurs degrés de liberté Y_j , $j=1,2,\dots$ selon un ou plusieurs axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$ adapté pour situer le module de captage d'énergie solaire dans une position angulaire
 - 15 $X_{dis}=(Y_1', Y_2', \dots)$ déterminée,
 - des moyens d'impulsion adaptés pour déplacer le dispositif d'orientation sur chacun des axes de rotation E_j , $j=1,2,\dots$,
 - des moyens de mesure soit de la puissance soit du courant fourni par le module de captage d'énergie solaire,
 - 20 • une unité de traitement couplée aux moyens de mesure de la puissance ou de l'intensité fournie et apte à générer des ordres qui déterminent le déplacement du dispositif d'orientation conformément à un procédé selon n'importe laquelle des revendications 1 à 15.

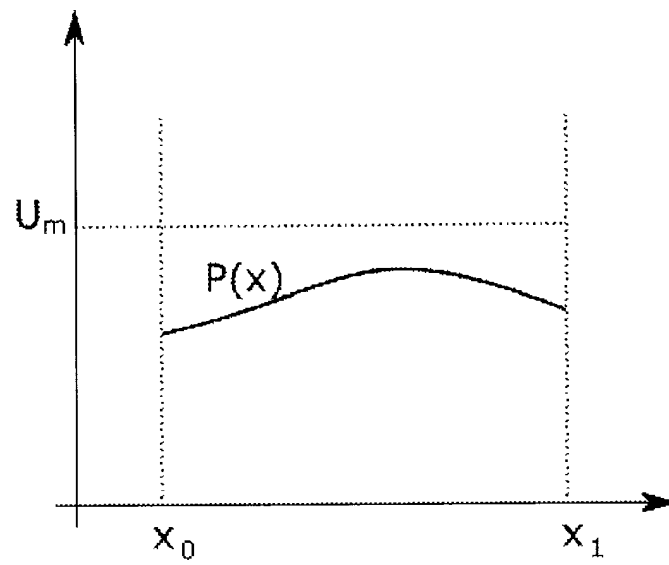


FIG. 1

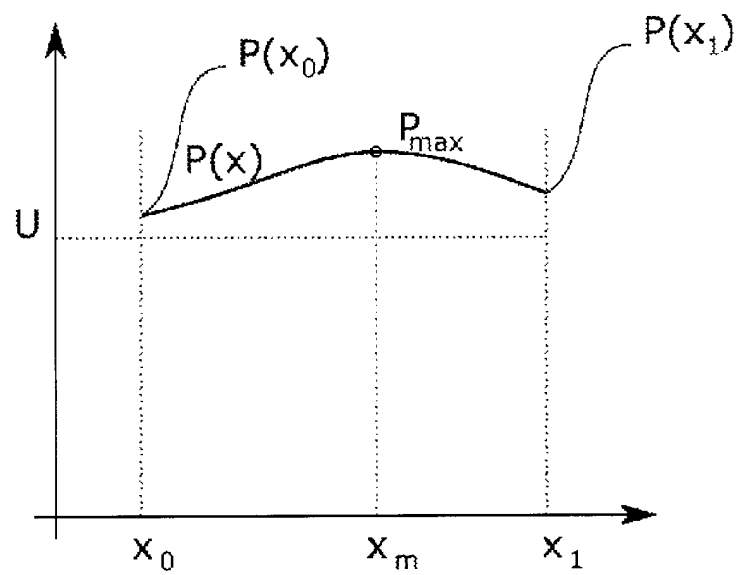


FIG. 2

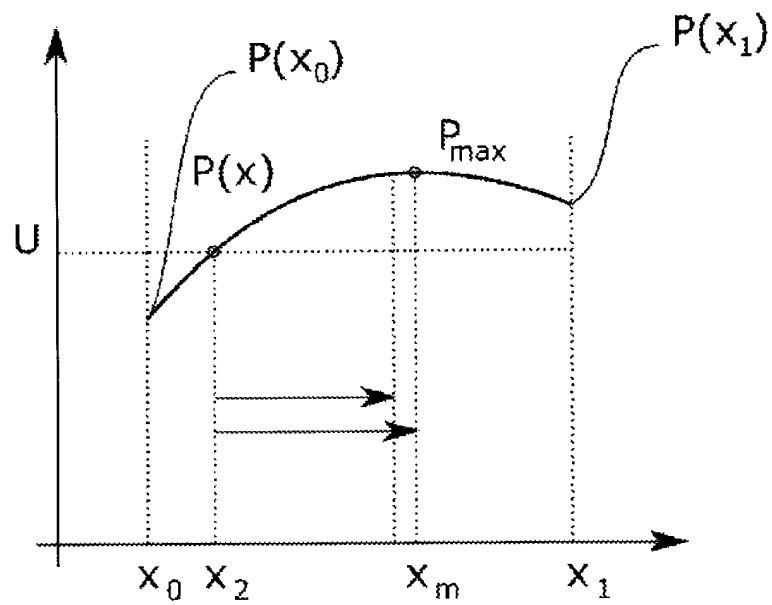


FIG. 3

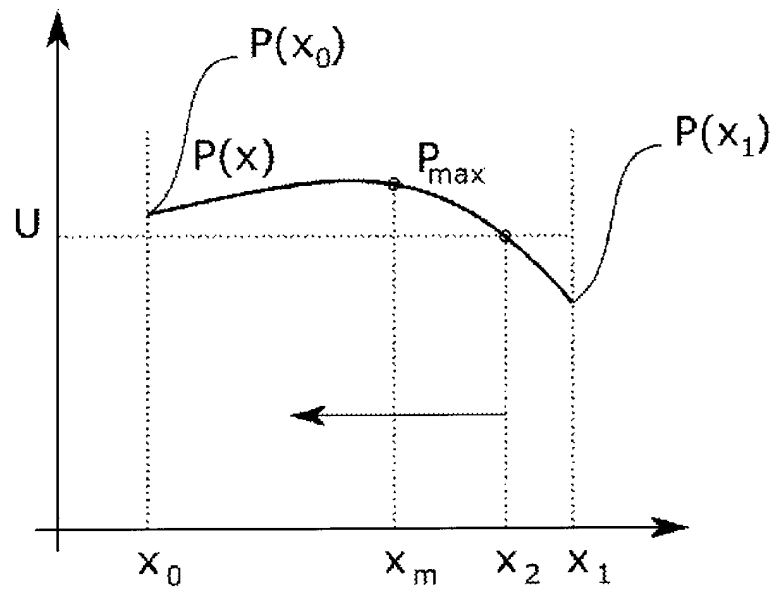


FIG. 4

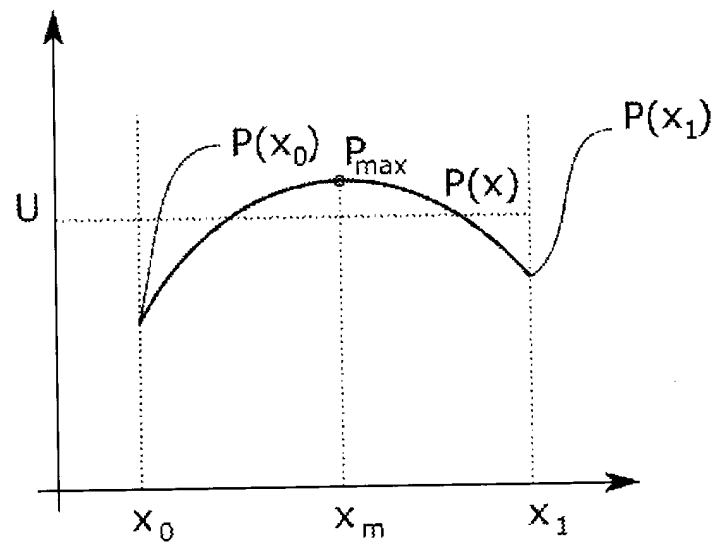


FIG. 5

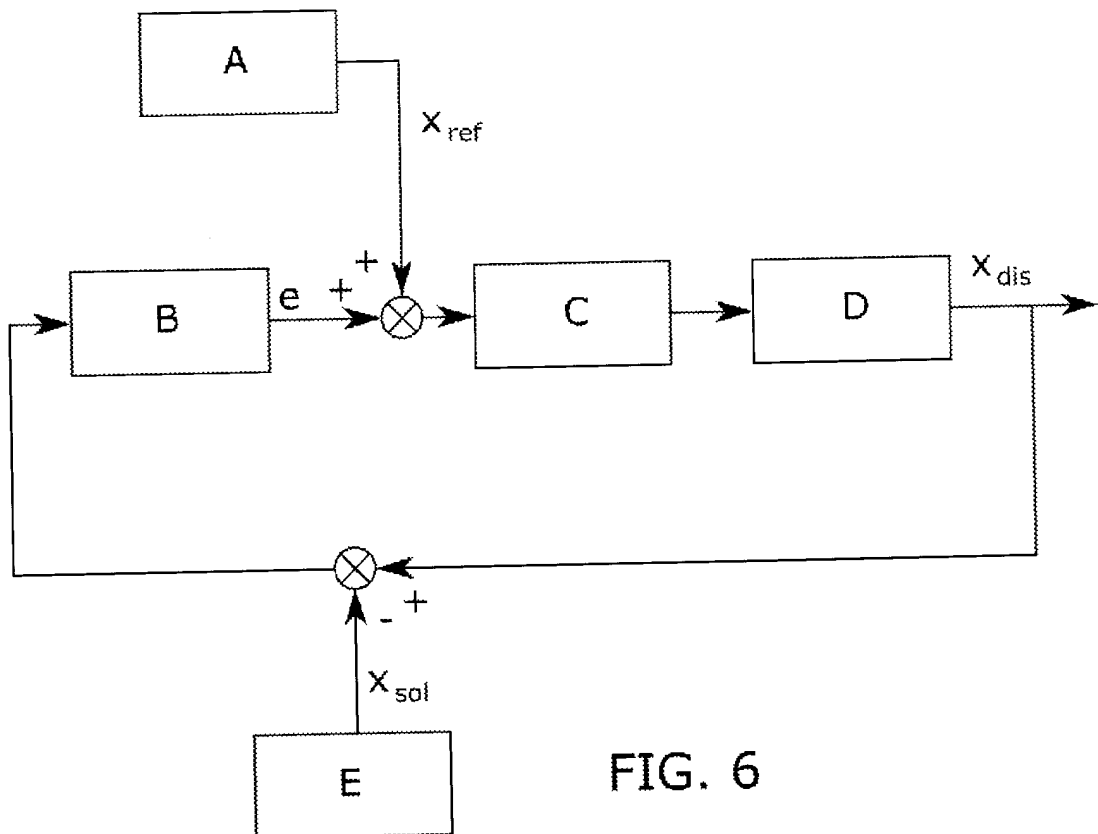


FIG. 6