



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33674 B1** (51) Cl. internationale : **H02J 3/38**

(43) Date de publication :
01.10.2012

(21) N° Dépôt :
34778

(22) Date de Dépôt :
13.04.2012

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/ES2009/070438 14.10.2009

(71) Demandeur(s) :
ACCIONA ENERGIA, S.A, AVDA.CIUDAD DE LA INNOVACION 5 E-31621 SARRIGUREN (NAVARRA) (ES)

(72) Inventeur(s) :
GIRAUT RUSO, Elizabeth ; PADRÓS RAZQUIN, María Asunción ; ITÓIZ BEUNZA, Carlos

(74) Mandataire :
MOROCCO INTELLECTUAL PROPERTY SERVICES

(54) Titre : **PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE GÉNÉRATION SOLAIRE**

(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION SOLAIRE AU MOYEN D'UN SYSTÈME (1) QUI COMPREND UN ENSEMBLE DE CELLULES SOLAIRES (2) CONNECTÉES À UN INVERSEUR (4) QUI TRANSMET L'ÉNERGIE PRODUITE À UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE (6). LE PROCÉDÉ CONSISTE À COMMANDER LES PUISSANCES ACTIVE ET RÉACTIVE QUE LE SYSTÈME (1) TRANSMET AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE (6) GRÂCE À LA COMMANDE DE LA TENSION (VCEL) DES CELLULES (2) ET DU COURANT DE SORTIE (IINV) DE L'INVERSEUR (4), DE MANIÈRE QUE, DANS UN PREMIER MODE DE FONCTIONNEMENT, LA TENSION (VCEL) DES CELLULES (2) FOURNIT LA PUISSANCE ACTIVE MAXIMALE DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT ET, DANS UN SECOND MODE DE FONCTIONNEMENT, LA TENSION (VCEL) DANS LES CELLULES (2) EST DIFFÉRENTE DE LA TENSION QUI FOURNIT LA PUISSANCE ACTIVE MAXIMALE, UNE PUISSANCE ACTIVE INFÉRIEURE À LA PUISSANCE ACTIVE MAXIMALE ÉTANT GÉNÉRÉE AFIN D'OPTIMISER L'INTÉGRATION DU SYSTÈME DE GÉNÉRATION SOLAIRE (1) DANS LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE (6).

ABRÉGÉ**PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE GÉNÉRATION SOLAIRE**

L'invention décrit un procédé de production solaire au moyen d'un système (1) comprenant un ensemble de cellules solaires (2) connecté à un onduleur (4) qui transmet l'énergie générée à un réseau électrique (6), qui comprend le contrôle de la puissance active et réactive que le système (1) transmet au réseau électrique (6) en contrôlant la tension (V_{cellule}) des cellules (2) et le courant de sortie (I_{ond}) de l'onduleur (4), de telle façon que : dans un premier mode de fonctionnement, la tension (V_{cellule}) des cellules (2) fournit la puissance active maximale conformément aux conditions opérationnelles ; et, dans un second mode de fonctionnement, la tension (V_{cellule}) dans les cellules (2) est différente de la tension que fournit la puissance active maximale, ce qui génère une puissance active qui est inférieure à la puissance active maximale, afin d'optimiser l'intégration du système de production solaire (1) dans le réseau électrique (6).

01 OCT 2012

WO/2011/045447

PCT/ES2009/070438

PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE GÉNÉRATION SOLAIRE**DESCRIPTION****OBJET DE L'INVENTION**

La présente invention relève du domaine des énergies renouvelables et, plus spécifiquement, de la production, conversion ou distribution de l'énergie dans les centrales d'énergie solaire photovoltaïque.

L'objet principal de la présente invention est un procédé de production solaire qui possède deux modes de fonctionnement, un qui permet d'obtenir la production d'énergie maximale pour chaque condition de fonctionnement, et un autre qui permet l'intégration des centrales photovoltaïques dans des systèmes électriques. De plus, un système capable d'appliquer ledit procédé est également divulgué.

ANTÉCÉDENTS DE L'INVENTION

Dans ce document, le terme « réseau électrique » sera généralement employé pour se référer à n'importe quel système électrique général auquel un système photovoltaïque est connecté. Actuellement, les systèmes photovoltaïques connectés au réseau sont en train de devenir une technologie standard de production d'énergie électrique dans les pays développés. Ils ont commencé à fonctionner, il y a quelques années, en tant qu'installations de courant continu décentralisées, isolées, et, aujourd'hui, les modules photovoltaïques associés à des onduleurs représentent l'une des technologies de production d'électricité arrivées à maturité dans un environnement futur de production renouvelable à grande échelle.

Lesdits systèmes photovoltaïques sont composés d'un ensemble de panneaux solaires qui alimentent un équipement onduleur (convertisseur CC/CA), avec ou sans transformateur, qui est connecté au réseau électrique à travers un compteur qui permet de déterminer l'énergie fournie par l'installation. Dans certains cas, l'équipement onduleur peut comprendre un convertisseur CC/CC.

L'équipement onduleur fonctionne généralement à une puissance variable, en cherchant constamment le point maximum de puissance de sortie. Ladite puissance dépend de l'énergie qui atteint l'onduleur à partir des

panneaux solaires et, par conséquent, à partir des conditions de rayonnement, et de la température. D'autre part, l'onduleur est déconnecté automatiquement lorsque l'énergie fournie à ce dernier est au-dessous d'une valeur donnée, autrement dit, lorsque le rayonnement est faible, au-dessous d'un seuil donné.

5 Dans l'éventualité où l'onduleur comprendrait un convertisseur CC/CC, ce dernier adaptera la tension fournie par les panneaux en une valeur constante qui alimentera le convertisseur CC/CA, qui fonctionnera toujours automatiquement avec la même tension d'entrée. Parfois un accumulateur ou
10 l'énergie produite le jour, laquelle est utilisée la nuit et durant les périodes nuageuses. Un régulateur de charge contrôle le fonctionnement du système et le débit du courant vers et en provenance de la batterie afin de le protéger contre surcharge, surdécharge, etc.

Actuellement, l'énergie solaire photovoltaïque est développée sur deux
15 fronts : le premier consistant à maximiser la production d'énergie et le second, à permettre l'intégration au réseau des centrales photovoltaïques. Du fait de la croissance des énergies renouvelables, les centrales photovoltaïques doivent être en mesure de fournir des services au réseau et de contribuer à sa stabilité ; c'est pourquoi il est de plus en plus nécessaire, et à plus forte raison
20 dans les grandes centrales photovoltaïques, de résoudre le problème de leur intégration dans le réseau électrique.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

C'est un fait bien connu, la puissance active générée par une cellule solaire est en fonction de la tension de ladite cellule. La Fig. 1 montre un
25 graphique de la puissance et de l'intensité d'un panneau solaire par rapport à la tension, où l'on peut observer que la puissance est à un maximum à une tension donnée qui dépend des conditions atmosphériques (température et rayonnement solaire). Actuellement, comme cela a été mentionné plus haut, les procédés de fonctionnement des systèmes de production solaire se limitent
30 à rechercher constamment le point de génération de puissance active maximale. Toutefois, en raison d'événements imprévus dans le réseau électrique, il est parfois conseillé de réduire la puissance active générée et

d'accroître la puissance réactive.

Les inventeurs de cette application ont découvert qu'un contrôle adéquat de l'onduleur d'une cellule solaire, prenant en considération la forme de la courbe P-V, permet de contrôler la puissance active et la puissance
5 réactive qui sont transmises au réseau électrique et de contribuer ainsi à la stabilité du réseau conformément à ses exigences à chaque instant.

Selon un premier aspect de l'invention, un procédé de fonctionnement pour un système de production solaire est divulgué, dans lequel le système comprend au moins un ensemble de cellules solaires connecté à un onduleur
10 qui transmet l'énergie générée à un réseau électrique. Bien que cela ne soit pas mentionné expressément dans cette description, il est clair que les paramètres qui déterminent le comportement de l'onduleur seront contrôlés par un contrôleur d'onduleur. Ce contrôleur peut être mis en œuvre en tant qu'unité
15 séparée dans l'onduleur, ou intégré dans ce dernier. Ainsi, le procédé comprend le contrôle de la puissance active et réactive que le système transmet au réseau électrique en contrôlant la tension des cellules solaires et le courant de sortie de l'onduleur, de telle façon que, dans un premier mode de
20 fonctionnement, la tension des cellules solaires fournit la puissance active maximale, tandis que, dans un second mode de fonctionnement, la tension dans les cellules solaires fournit une puissance active qui est inférieure à la puissance active maximale.

Afin d'illustrer le procédé de l'invention, la Fig. 2 montre un diagramme de phase où chaque vecteur correspond à une puissance apparente donnée, qui est respectivement fractionné en la somme des vecteurs de la puissance
25 active (axe des abscisses) et de la puissance réactive (axe des ordonnées). La puissance apparente transmise par le système de production solaire au réseau électrique est le produit de la tension par l'intensité.

$$S = V_{\text{réseau}} \cdot I_{\text{ond}}$$

À la sortie du système de production, la tension est fixée, via l'onduleur,
30 par la tension du réseau ($V_{\text{réseau}}$), tandis que l'intensité (I_{ond}) peut être contrôlée au moyen de l'onduleur. L'onduleur est conçu avec un courant de sortie maximal (I_{ondMAX}) et, par conséquent, à chaque instant il y a une puissance

apparente disponible S_{dispo} qui dépend du courant de sortie maximal et de la tension de réseau.

$$S_{dispo} = V_{réseau} \cdot I_{ondMAX}$$

Ainsi, en supposant que la tension de réseau ($V_{réseau}$) soit constante,
 5 comme cela est dessiné sur la Fig. 2 et la Fig. 5 :

- des variations dans l'intensité de sortie (I_{ond}) de l'onduleur correspondent aux variations dans le rayon de la circonférence qui représente la puissance apparente, et les limites fixées par une circonférence de rayon S_{dispo} ne peuvent pas être dépassées. La Fig. 2 montre qu'une baisse dans
 10 l'intensité de sortie de l'onduleur fait aller la puissance apparente générée de S_A à S_B .

- des variations dans la puissance active générée par les cellules solaires, en contrôlant la tension ($V_{cellule}$) desdites cellules, correspondent à des variations dans l'angle du vecteur qui représente la puissance apparente S , S
 15 restant constante et, par conséquent, l'extrémité du vecteur restant dans la même circonférence. La Fig. 2 montre qu'une hausse dans la tension des cellules fait aller la puissance apparente générée de S_A à S_C .

Cependant, dans un cas réel, la tension de réseau ($V_{réseau}$) ne peut pas rester constante. Dans ce cas, afin qu'un système photovoltaïque contribue à
 20 la stabilité du réseau électrique, il doit fournir une puissance réactive qui est déterminée par les exigences de l'opérateur et par la tension et la fréquence dudit réseau. D'autre part, la puissance réactive maximale (Q_{MAX}) qui peut être fournie est déterminée par la puissance apparente disponible (S_{dispo}) et la puissance active ($P_{cellule}$) des cellules transmise par l'onduleur :

25
$$Q_{MAX} = \sqrt{S_{dispo}^2 - P_{cellule}^2}$$

Si la puissance réactive maximale (Q_{MAX}) est inférieure à la puissance réactive requise pour soutenir le réseau, il est possible d'augmenter ladite puissance réactive maximale (Q_{MAX}) en diminuant la puissance active par le contrôle de la tension dans les cellules. Puisque la tension de réseau est
 30 variable et qu'elle affecte, comme cela a été décrit ci-dessus, la puissance apparente disponible (S_{dispo}), la comparaison entre la puissance réactive

requis et la puissance réactive maximale qui peut être générée doit être faite régulièrement. Cela sera expliqué de façon plus détaillée à l'aide d'exemples spécifiques, plus loin dans ce document.

En résumé, le procédé de l'invention comprend deux modes de
5 fonctionnement :

- Un premier mode de fonctionnement, où la tension appliquée aux
cellules solaires fournit la puissance active maximale. Ce mode de
fonctionnement correspond approximativement aux procédés divulgués dans
l'état de la technique antérieur, où le suivi de la puissance maximale, c'est-à-
10 dire le suivi du point de puissance active maximale des cellules solaires, est
réalisé à mesure que les conditions de rayonnement et de température
changent.

- Un second mode de fonctionnement, où la tension appliquée aux
cellules solaires est différente de, de préférence supérieure à, la tension
15 fournissant la puissance active maximale.

Augmenter la tension afin de diminuer la puissance générée, au lieu de
la réduire, présente l'avantage d'impliquer des intensités plus basses à travers
les différents dispositifs qui constituent le système, de réduire ainsi leur
échauffement et d'accroître leur vie utile. Un autre avantage consiste en ce que
20 le système est plus stable si un accumulateur (ou condensateur) est connecté
en parallèle entre les cellules solaires et l'onduleur. Une baisse soudaine dans
la puissance active générée par les cellules solaires fera se décharger le
condensateur, et ainsi baisser la tension, qui par conséquent se rapprochera
de la tension de puissance maximale et la puissance générée par les cellules
25 solaires augmentera de nouveau. Par conséquent, dans cette forme de
réalisation préférée, la zone de fonctionnement du système de production sera
située du point de puissance maximale vers la droite sur la courbe P-V, comme
cela est montré sur la Fig. 1.

Conformément à une forme de réalisation préférée de l'invention,
30 commuter du premier mode de fonctionnement au second mode de
fonctionnement consiste à charger un accumulateur installé en parallèle entre
les cellules solaires et l'onduleur, en utilisant, à cette fin, une partie de la

puissance active générée par les cellules solaires.

De la même manière, commuter du second mode de fonctionnement au premier mode de fonctionnement consiste de préférence à décharger l'accumulateur, qui transmet une partie de l'énergie stockée au réseau électrique via l'onduleur.

Par conséquent, le procédé décrit permet aux cellules solaires de générer la puissance maximale possible conformément aux conditions opérationnelles dans le premier mode de fonctionnement, et commute sur le second mode de fonctionnement en réponse aux différentes contingences dans le réseau électrique.

Ainsi, la commutation sur le second mode de fonctionnement interviendra de préférence lorsque l'une des contingences suivantes sera détectée :

- une augmentation dans la fréquence du réseau électrique au-dessus de la valeur d'un seuil préétablie ;
- une dérivation de la fréquence du réseau électrique par rapport au temps qui est au-dessus d'une valeur de seuil préétablie ;
- une tension de réseau électrique qui est à l'extérieur d'une gamme préétablie ;
- fonctionnement isolé.

Une autre forme de réalisation préférée de l'invention est destinée à un procédé de contrôle pour une centrale de production formée par une pluralité de systèmes de production solaire au moyen d'une unité centrale de contrôle. Dans ce cas, l'unité centrale de contrôle envoie des signaux aux différents contrôleurs d'onduleur, déterminant le mode de fonctionnement de chacun sur la base des conditions de réseau. En fonction des besoins, il est possible pour certains des systèmes de production solaire de fonctionner sur le premier mode opérationnel et pour d'autres de fonctionner sur le second mode opérationnel.

Un second aspect de l'invention concerne un système de production solaire qui est capable d'appliquer le procédé décrit ci-dessus, comprenant :

- Un ensemble de cellules solaires connecté à un onduleur qui, à son

tour, transmet l'énergie générée à un réseau électrique.

- Un condensateur connecté en parallèle entre l'onduleur et les cellules solaires, leur chargement et déchargement permettant de contrôler la tension appliquée aux terminaux de cellules solaires. Dans ce document, il est entendu
5 que ce condensateur peut être un condensateur unique ou une batterie de condensateurs.

- Une unité de contrôle d'onduleur contrôle la tension des cellules solaires et l'intensité de sortie de l'onduleur, de telle façon que le système possède un premier mode de fonctionnement où la tension (V_{cellule}) du
10 condensateur fournit la puissance active maximale possible conformément aux conditions opérationnelles à chaque instant ; et un second mode de fonctionnement où la tension (V_{cellule}) du condensateur est différente de, de préférence supérieure à, celle correspondant à la puissance active maximale possible, générant ainsi une puissance active qui est inférieure à la puissance
15 maximale afin d'optimiser l'intégration du système de production solaire dans le réseau électrique.

De préférence, le système de génération comprend en outre un ensemble de capteurs qui fournissent des informations sur l'état du réseau électrique et des cellules solaires à l'unité de contrôle de l'onduleur.

20 De plus, une autre forme de réalisation particulière de l'invention comprend des dispositifs de stockage de l'énergie et, de préférence, également un contrôleur de stockage qui coordonne les opérations de chargement et de déchargement des dispositifs de stockage, qui peuvent être des dispositifs électriques, chimiques (batteries, piles à hydrogène, etc.),
25 mécaniques (volants d'inertie, pompage d'eau, air comprimé, etc.). Il est clair que la présence de dispositifs de stockage dans le système de l'invention ouvre de nombreuses possibilités eu égard à son fonctionnement. Par exemple, l'énergie générée par les cellules solaires peut être utilisée, en totalité ou en partie, pour charger les dispositifs de stockage. Par ailleurs, sous
30 certaines conditions, les dispositifs de stockage peuvent fournir de l'énergie au réseau en plus de celle générée par les cellules solaires.

Le fonctionnement des cellules solaires peut aussi être coordonné au

moyen de charges contrôlables, l'expression charge active servant à désigner tout type de charge susceptible d'être contrôlée afin d'apporter une alimentation variable, par exemple, un équipement d'électrolyse. Un autre exemple de charge active est celui d'une installation conçue pour dessaler de l'eau de mer. En coordonnant la production d'énergie des cellules solaires avec la consommation de charges contrôlables, on peut obtenir une production d'énergie de réseau ayant une variabilité plus basse. Dans ce cas, il y aura aussi un contrôleur de charge active pour coordonner les opérations d'alimentation pour charges actives ou acceptables (celles susceptibles d'apporter une alimentation variable).

Une autre forme de réalisation de l'invention est destinée à une centrale de production solaire comprenant un ensemble de systèmes de production solaire tels que ceux décrits plus haut, et qui, de plus, comprend une unité centrale de contrôle qui est connectée aux unités de contrôle de l'onduleur afin de leur transmettre des signaux de fonctionnement respectifs sur la base des conditions de réseau électrique ou des exigences de l'opérateur de réseau. Une centrale telle que celle-là peut maximiser la production d'énergie chaque fois que c'est possible et, de plus, offrir des services supplémentaires au réseau lorsque ce dernier l'exige. Certains de ces services peuvent être obtenus en combinant simultanément, dans la centrale, des systèmes de production solaire fonctionnant sur le premier mode avec d'autres systèmes fonctionnant sur le second mode.

De préférence, dans une centrale de production solaire, certains systèmes sont faits pour être opérationnels dans le second mode de fonctionnement lorsque ces contingences se présentent :

- une limitation de la puissance maximale devant être générée par la centrale de production, due, par exemple, à une capacité limitée dans la ligne d'interconnexion, qui peut être permanente ou transitoire ;
- une réduction dans la puissance générée par la centrale par rapport à la puissance maximale qu'elle pourrait générer, en raison d'une exigence de la part de l'opérateur de réseau. Dans ce cas, une

réserve de puissance est disponible et, dans l'éventualité d'une réduction dans la fréquence du réseau, la centrale peut augmenter la puissance générée, en contribuant ainsi à restaurer le fonctionnement normal du réseau.

5 Afin de faire face aux contingences décrites ci-dessus, l'unité centrale de contrôle enverra de préférence des signaux de limitation de puissance et/ou des signaux de réduction de puissance aux contrôleurs d'onduleur. Les systèmes de production solaire réduiront la puissance générée, en commutant du premier au second mode de fonctionnement, s'ils reçoivent un signal de
10 limitation de puissance ou s'ils génèrent une puissance qui est supérieure au signal de limitation de puissance.

Les signaux peuvent être différents pour chacun des systèmes de production, ce qui confère des caractéristiques avantageuses à la centrale de production solaire. Par exemple, lorsqu'il est demandé à une centrale de
15 production solaire de maintenir une réduction de puissance par rapport à la puissance maximale qu'elle pourrait générer (puissance active disponible) durant un certain temps, il est difficile de déterminer la valeur de puissance active disponible utilisée lorsque ladite puissance active est limitée. Ladite puissance active disponible est variable et dépend au moins de la température,
20 du rayonnement solaire et de la salissure accumulée sur les cellules.

Afin de résoudre le problème décrit ci-dessus, la présente invention propose un mode de fonctionnement dans la centrale de production solaire au moyen duquel certains systèmes sont sur le premier mode de fonctionnement et d'autres sont sur le second mode de fonctionnement, et la production
25 maximale que la centrale entière (la puissance active disponible) pourrait générer est estimée sur la base de la puissance active générée par le premier ; le signal de puissance active pour les autres systèmes est établi sur la base de cette valeur, si bien que la puissance totale générée par la centrale est conforme à l'exigence de limitation de puissance active.

30 Par ailleurs, sur la base de l'évolution de la puissance disponible calculée, des signaux peuvent être envoyés depuis l'unité de contrôle afin d'homogénéiser ses dérivations : si un nuage entre dans le champ solaire, les

systèmes dans le premier mode de fonctionnement réduiront rapidement la puissance active générée, et la puissance disponible calculée diminuera aussi. Afin de compenser cet effet, l'unité centrale de contrôle peut envoyer des signaux aux systèmes opérant sur le second mode de fonctionnement de façon à ce qu'ils augmentent la puissance générée. De cette façon, les variations de puissance sont homogénéisées.

DESCRIPTION DES DESSINS

Afin de compléter la description en cours et de contribuer à une meilleure compréhension des caractéristiques de l'invention, conformément à un exemple de forme de réalisation pratique préférée de cette dernière, un jeu de dessins est joint à ladite description dont il fait partie intégrante, où ce qui suit a été représenté à des fins d'illustration non limitatives :

Figure 1 montre un graphique de la caractéristique P-V d'une cellule solaire.

Figure 2 montre un diagramme de phase où l'on peut voir les variations dans la puissance active et réactive dépendant de la tension des cellules solaires et l'intensité de l'onduleur.

Figure 3 montre un diagramme d'un système de production solaire conformément à la présente invention.

Figure 4 montre un diagramme d'une centrale de production solaire conformément à la présente invention.

Figure 5 montre un exemple d'application de l'invention.

Figure 6 montre un autre exemple d'application de l'invention.

FORME DE RÉALISATION PRÉFÉRÉE DE L'INVENTION

Des exemples spécifiques du système et du procédé de l'invention sont décrits ci-dessous par référence aux figures ci-jointes. En particulier, la Fig. 3 montre un diagramme d'un système de production solaire (1) conformément à l'invention, où l'on peut voir les différents éléments qui le constituent : un ensemble de cellules solaires (2) connecté à un onduleur (4), qui transmet la puissance générée au réseau électrique (6). Un contrôleur (5) reçoit des informations sur les conditions du réseau électrique (6) et la tension (V_{cellule}) aux terminaux des cellules solaires (2) afin de contrôler de manière

adéquate l'onduleur (4). Par ailleurs, un condensateur (3) est installé en parallèle entre les cellules solaires (2) et l'onduleur (4), de façon à ce que toute variation dans la tension (V_{cellule}) des cellules solaires (2) conduise à leur chargement et déchargement.

5 D'autre part, la Fig. 4 montre un diagramme simplifié d'une centrale de production solaire (8) formée par un ensemble de systèmes (1) comme le précédent. Dans cet exemple, trois systèmes (1) ont été représentés en parallèle, dont chacun peut être contrôlé à partir d'une unité centrale de contrôle (7) connectée à chacun des contrôleurs (5) des onduleurs (4) des
10 systèmes respectifs.

Fig. 5 montre un exemple du procédé de l'invention qui peut être appliqué par un système (1) tel que celui de la Fig. 3. À un temps donné, il y a une puissance disponible S_{dispo1} , générant une puissance active P_1 , qui est la puissance active maximale possible dans les conditions de rayonnement et de
15 température courantes, et une puissance réactive adaptée aux exigences du réseau électrique (6) à ce moment-là. Remarquez que la puissance apparente S_1 est inférieure à la puissance apparente disponible S_{dispo1} .

Si, à un moment donné, la tension de réseau diminue, la puissance disponible diminue à S_{dispo2} , qui est une valeur inférieure à S_1 . Afin de continuer
20 à fournir la puissance réactive Q_1 au réseau électrique (6), il est nécessaire de modifier la tension des cellules solaires (2), en diminuant la puissance active générée, qui devient P_2 , et en maintenant la génération de puissance réactive requise malgré la baisse dans la tension ($V_{\text{réseau}}$) du réseau électrique (6).

Fig. 6 montre un autre exemple d'application de l'invention dans des
25 conditions de départ similaires. La puissance disponible est S_{dispo1} et une puissance active P_1 , qui est la puissance maximale possible dans ces conditions, et une puissance réactive Q_1 sont générées. La puissance apparente S_1 est inférieure à la puissance apparente disponible.

À un moment donné, en raison des mesures prises dans le réseau
30 électrique (6) ou des signaux envoyés depuis une unité centrale de contrôle (7), il peut être nécessaire d'augmenter de manière significative la puissance réactive, qui devient Q_3 . Afin de répondre à cette demande sans dépasser la

puissance apparente disponible $S_{\text{dispo}1}$, il est nécessaire de diminuer la puissance active générée, qui deviendra P_3 , et d'augmenter l'intensité (I_{ond}) à la sortie de l'onduleur (4).

5 Dans certaines conditions, la situation sera une combinaison des exemples présentés ci-dessus. Ainsi, par exemple, une baisse de tension diminue considérablement la puissance apparente disponible et accroît les exigences de production de puissance réactive. De façon similaire, une surtension exige une consommation de puissance réactive qui peut rendre nécessaire la diminution de la puissance active générée.

10 Nous décrivons ci-après un exemple du calcul des instructions de puissance réactive finale ($Q_{\text{réf}}$), qui peuvent être données par les unités de contrôle (5) dans chaque système de production (1), par l'unité centrale de contrôle (7) d'une centrale de production tout entière (8), ou par une combinaison des deux.

15 Dans une première forme de réalisation, l'unité de contrôle (5) de l'onduleur (4) est capable de calculer les instructions de puissance réactive finale ($Q_{\text{réf}}$) sur la base de la tension du réseau électrique (6) comme étant mesurée localement. Dans ce cas, l'unité de contrôle (5) comprend un régulateur conventionnel qui calcule les instructions de puissance réactive
20 finale ($Q_{\text{réf}}$) sur la base de la différence entre la tension mesurée (V_{mes}) et un signal de tension ($V_{\text{réf}}$).

Dans une forme de réalisation préférée, l'unité centrale de contrôle (7) mesure la tension (V_{mes}) ou le facteur de puissance au point où la centrale de production solaire (8) est connectée au réseau électrique (6) et, sur la base de
25 cette valeur, calcule les instructions de puissance réactive pour les différents systèmes de production (1). Dans ce cas, l'unité centrale de contrôle (7) comprend un régulateur conventionnel qui calcule les instructions de puissance réactive ($Q_{\text{créf}}$) sur la base de la différence entre la tension mesurée ou facteur de puissance et un signal de tension ($V_{\text{créf}}$) ou signal de facteur de puissance,
30 et les envoie aux unités de contrôle (5) dans les différents systèmes de production (1).

Dans une autre forme de réalisation alternative, le contrôle local de la

tension au niveau du système de production (1), mis en œuvre par le dispositif de contrôle (5), est combiné avec le contrôle de la tension ou facteur de puissance au niveau de la centrale de production (8), mis en œuvre par l'unité centrale de contrôle (7). Sur la base de la puissance réactive requise ($Q_{\text{créf}}$) devant être générée par le système (1) et de la puissance réactive (Q_{mes}) mesurée au moyen d'un régulateur (21), les instructions pour la tension locale ($V_{\text{réf}}$) aux terminaux du système de production (1) sont générées. De préférence, les contrôles de la tension dans le système de production (1) sont rapides, afin de répondre à des changements de tension soudains, tandis que les contrôles de la tension ou du facteur de puissance au niveau de la centrale de production (8) sont plus lents et servent à régler les performances de la centrale tout entière (8).

Une fois que les instructions de puissance réactive ($Q_{\text{réf}}$) pour le système de production solaire (1) ont été calculées au moyen de n'importe laquelle des alternatives présentées et que la puissance apparente disponible (S_{dispo}) a été calculée comme cela a été décrit plus haut, un signal de puissance active ($P_{\text{réf}}$) pour le système (1) est calculé.

$$P_{\text{réf}} = \sqrt{S_{\text{dispo}}^2 - Q_{\text{réf}}^2}$$

Si, en raison des conditions environnementales, la puissance active générée par le système (1) dépasse lesdites instructions, dans une forme de réalisation il se produira une commutation vers le second mode de fonctionnement, ce qui modifiera la tension des cellules (2).

La génération de puissance réactive par une centrale de production solaire peut être réalisée même en l'absence de génération active, par exemple la nuit.

Enfin, nous décrivons un exemple de fonctionnement pour une centrale de production (8) où l'opérateur du réseau électrique (6) exige une réserve de puissance de la part de la centrale de production solaire (8), c'est-à-dire qu'elle génère une puissance active inférieure à la puissance active disponible. Par exemple, cela pourrait nécessiter que, pendant une certaine période de temps, la centrale (8) génère une puissance qui soit de 2 %

inférieure à la puissance active disponible. Comme cela a été expliqué plus haut, demander une réduction de puissance de 2 % à un système de production implique cette difficulté qu'il n'est pas simple pour un système de production (1), une fois qu'il réduit la puissance générée en commutant vers le

5 second mode de fonctionnement, de connaître la puissance maximale qu'il pourrait générer. Conformément à une forme de réalisation préférée, l'unité centrale de contrôle (7) de la centrale (8) fait fonctionner un premier groupe de systèmes (1) dans le premier mode de fonctionnement et il fait fonctionner un second groupe de systèmes (1) dans le second mode de fonctionnement.

10 Supposons, par exemple, que le premier groupe de systèmes (1) soit composé de la moitié des systèmes de production (1) qui constituent la centrale (8), et, par ailleurs, que ledit premier groupe soit uniformément réparti dans toute la centrale (8). Conformément à cet exemple, la puissance active disponible pour la centrale de production tout entière (8) peut être assez précisément estimée

15 comme étant deux fois la puissance active produite par le premier groupe de systèmes (1).

Sur la base de ce chiffre et de l'exigence de réduction de puissance pour la centrale tout entière (8), l'unité centrale de contrôle (7) calcule et envoie des signaux de réduction de puissance active au second groupe de systèmes

20 (1). En partant de l'exemple précédent, si une réduction de puissance de 2 % est demandée pour la centrale tout entière (8), des signaux seront envoyés aux systèmes (1) qui constituent le second groupe de systèmes (1) de façon à ce que ledit second groupe produise, globalement, 48 % de la puissance active disponible dans la centrale tout entière (8). De cette manière, en ajoutant la

25 production des deux groupes de systèmes (1), le résultat est de 98 % de la puissance active disponible, et l'exigence de l'opérateur est ainsi satisfaite.

Comme on peut s'y attendre, si un système (1) est hors service, cela sera pris en compte dans le calcul de la puissance active disponible et dans les signaux de puissance active qui en résulteront.

30

REVENDEICATIONS

1. Procédé de production solaire utilisant un système (1) comprenant un ensemble de cellules solaires (2) connecté à un onduleur (4) qui transmet
5 l'énergie générée à un réseau électrique (6), qui comprend le contrôle de la puissance active et réactive que le système (1) transmet au réseau électrique (6) en contrôlant la tension (V_{cellule}) des cellules solaires (2) et le courant (I_{ond}) à la sortie de l'onduleur (4), de façon à ce que :

- dans un premier mode de fonctionnement, la tension (V_{cellule}) appliquée
10 aux cellules solaires (2) fournisse la puissance active maximale conformément aux conditions de fonctionnement ; et

- dans un second mode de fonctionnement, la tension (V_{cellule}) appliquée aux cellules solaires (2) soit différente de la tension que fournit la puissance active maximale, ce qui génère une puissance active qui est inférieure à la
15 maximale,

où ledit procédé de production solaire comprend la commutation du premier mode de fonctionnement sur le second mode de fonctionnement lorsque l'une des contingences sélectionnée parmi :

20 - une augmentation dans la fréquence du réseau électrique (6) au-dessus de la valeur d'un seuil préétablie,
- une dérivation de la fréquence du réseau électrique (6) par rapport au temps qui est au-dessus d'une valeur de seuil préétablie, et
- une tension de réseau électrique (6) qui est à l'extérieur d'une
25 gamme préétablie,

est détectée par une unité de contrôle (5) de l'onduleur (4) ou par une unité centrale de contrôle (7) connectée à de multiples unités de contrôle (5).

30 2.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 1, où la tension (V_{cellule}) appliquée aux cellules solaires (2) dans le second mode de fonctionnement est supérieure à la tension de puissance active maximale.

- 3.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 2, où la commutation du premier mode de fonctionnement sur le second mode de fonctionnement comprend le chargement d'un accumulateur (3) installé en parallèle entre les cellules solaires (2) et l'onduleur (4), en utilisant, à cette fin,
5 une partie de la puissance active générée par les cellules solaires (2).
- 4.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 3, où la commutation du second mode de fonctionnement sur le premier mode de fonctionnement comprend le déchargement de l'accumulateur (3), qui transmet
10 une partie de l'énergie stockée au réseau électrique (6) via l'onduleur (4).
- 5.- Procédé de production tel que revendiqué dans n'importe laquelle des revendications précédentes, qui comprend le calcul de la puissance active devant être générée par le système de production (1) sur la base d'un signal
15 de puissance réactive et de la puissance apparente disponible, qui, à son tour, est calculée comme étant le produit de la tension mesurée du réseau électrique (6) et du courant de sortie maximal de l'onduleur (4).
- 6.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 5, qui
20 comprend la commutation du premier mode de fonctionnement sur le second mode de fonctionnement en réponse à une génération de puissance active par le système solaire qui est supérieure à un signal de puissance active.
- 7.- Procédé de production tel que revendiqué dans n'importe laquelle des
25 revendications précédentes, qui comprend la commutation du premier mode de fonctionnement sur le second mode de fonctionnement en réponse à la détection d'un fonctionnement isolé dans le système de production (1).
- 8.- Procédé de production tel que revendiqué dans n'importe laquelle des
30 revendications précédentes, qui comprend le contrôle d'une centrale de production (8) composée d'une pluralité de systèmes de production solaire (1) à partir d'une unité centrale de contrôle (7) connectée aux contrôleurs (5).

- 9.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 8, où certains systèmes (1) dans la centrale de production (8) commutent du premier mode de fonctionnement sur le second mode de fonctionnement en réponse à la réception d'un signal provenant de l'unité centrale de contrôle (7).
- 10.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 9, où le signal est un signal de puissance active.
- 11.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 9, où un premier groupe de systèmes de production (1) fonctionne sur le premier mode de fonctionnement et un second groupe de systèmes de production (1) fonctionne sur le second mode de fonctionnement, et où l'unité centrale de contrôle (7) calcule les signaux de puissance active pour le second groupe de systèmes (1) sur la base de la puissance active générée par le premier groupe et de l'exigence de réduction de puissance active pour la centrale tout entière (8).
- 12.- Procédé de production tel que revendiqué dans la revendication 11, où, face à une augmentation ou à une diminution dans la puissance active générée par le premier groupe de systèmes (1), les signaux envoyés au second groupe de systèmes (1) sont modifiés dans la direction opposée, afin d'homogénéiser les variations dans la puissance active totale générée par la centrale de production (8).
- 13.- Système de production solaire (1) capable d'appliquer le procédé de n'importe laquelle des revendications précédentes, comprenant un ensemble de cellules solaires (2) connecté à un onduleur (4) qui, à son tour, transmet l'énergie générée à un réseau électrique (6), caractérisé en ce qu'il comprend en outre un condensateur (3) connecté en parallèle entre l'onduleur (4) et les cellules solaires (2), et où une unité de contrôle (5) dans l'onduleur (4) contrôle la tension des cellules solaires (2) et l'intensité de sortie de l'onduleur (4), tel

que le système (1) possède :

- un premier mode de fonctionnement où la tension (V_{cellule}) du condensateur (3) fournit la puissance active maximale possible conformément aux conditions opérationnelles à chaque instant ; et

5 - un second mode de fonctionnement où la tension (V_{cellule}) du condensateur (3) est différente de celle correspondant à la puissance active maximale possible, générant ainsi une puissance active qui est inférieure à la puissance active maximale,

10 où le système (1) comprend en outre :

- des charges contrôlables adaptées pour coordonner le fonctionnement des cellules solaires (2), et

- un contrôleur de charges actives qui coordonne les opérations d'alimentation pour lesdites charges contrôlables.

15

14.- Système de production solaire (1) tel que revendiqué dans la revendication 13, qui comprend en outre un ensemble de capteurs qui fournissent des informations sur les conditions du réseau électrique (6) et les cellules solaires (2) à l'unité de contrôle (5) dans l'onduleur (4).

20

15.- Système de production solaire (1) tel que revendiqué dans n'importe laquelle des revendications 13 – 14, qui comprend en outre des dispositifs de stockage d'énergie.

25 16.- Système de production solaire (1) tel que revendiqué dans la revendication 15, qui comprend en outre un contrôleur de stockage qui coordonne les opérations de chargement et de déchargement dans les dispositifs de stockage.

30 17.- Centrale de production solaire (8), comprenant un ensemble de systèmes de production solaire (1) tels que revendiqués dans n'importe laquelle des revendications 13 – 16, qui comprend en outre une unité centrale

WO/2011/045447

PCT/ES2009/070438

de contrôle (7) connectée aux unités de contrôle (5) dans les onduleurs (4), afin de leur transmettre des signaux de fonctionnement respectifs sur la base des conditions du réseau électrique (6) ou sur la base des exigences de l'opérateur du réseau électrique.

5

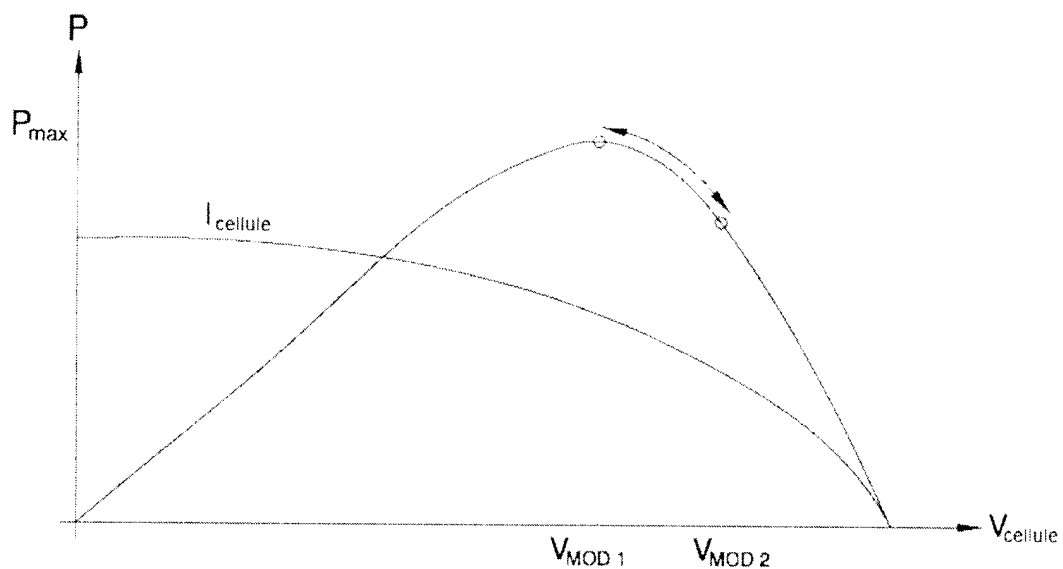


FIG. 1

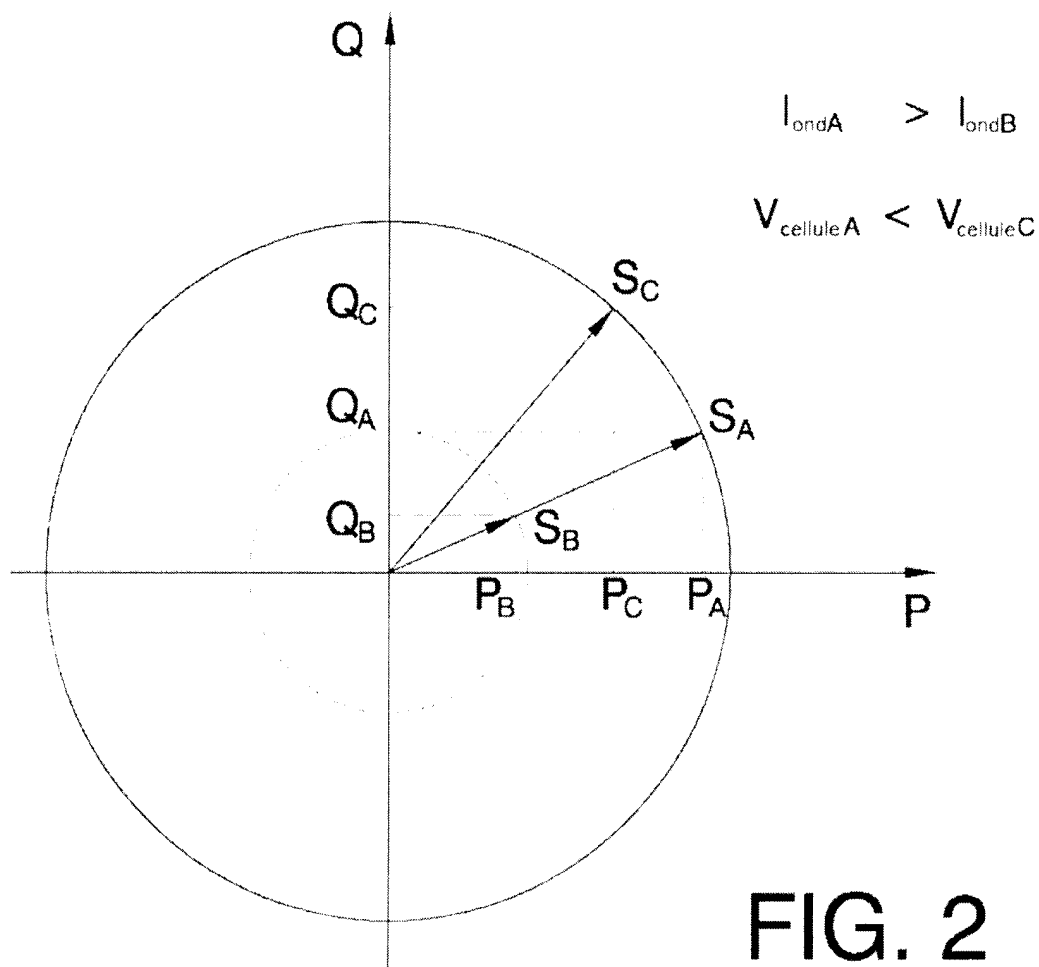


FIG. 2

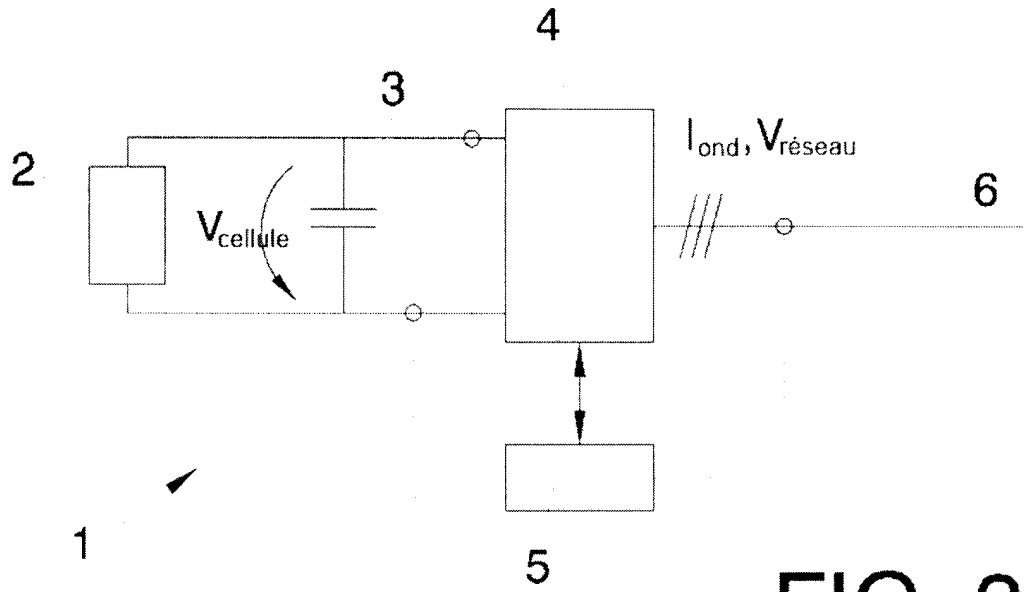


FIG. 3

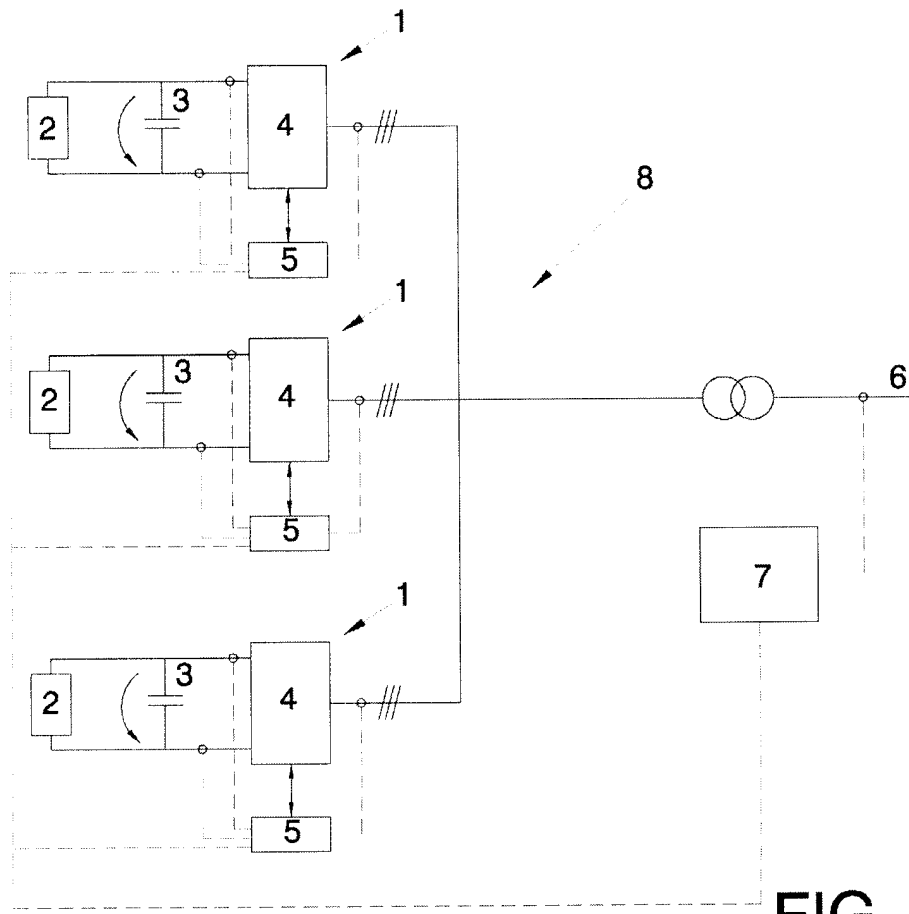


FIG. 4

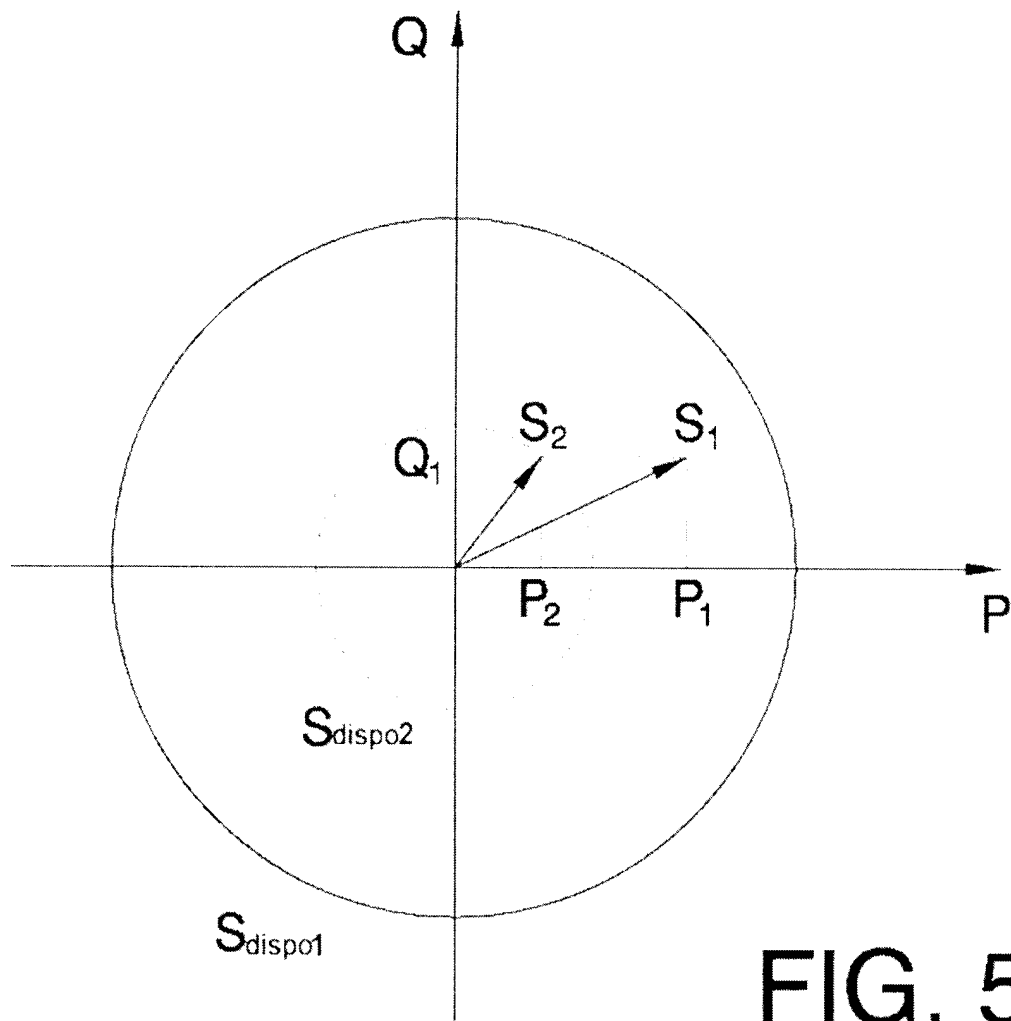


FIG. 5

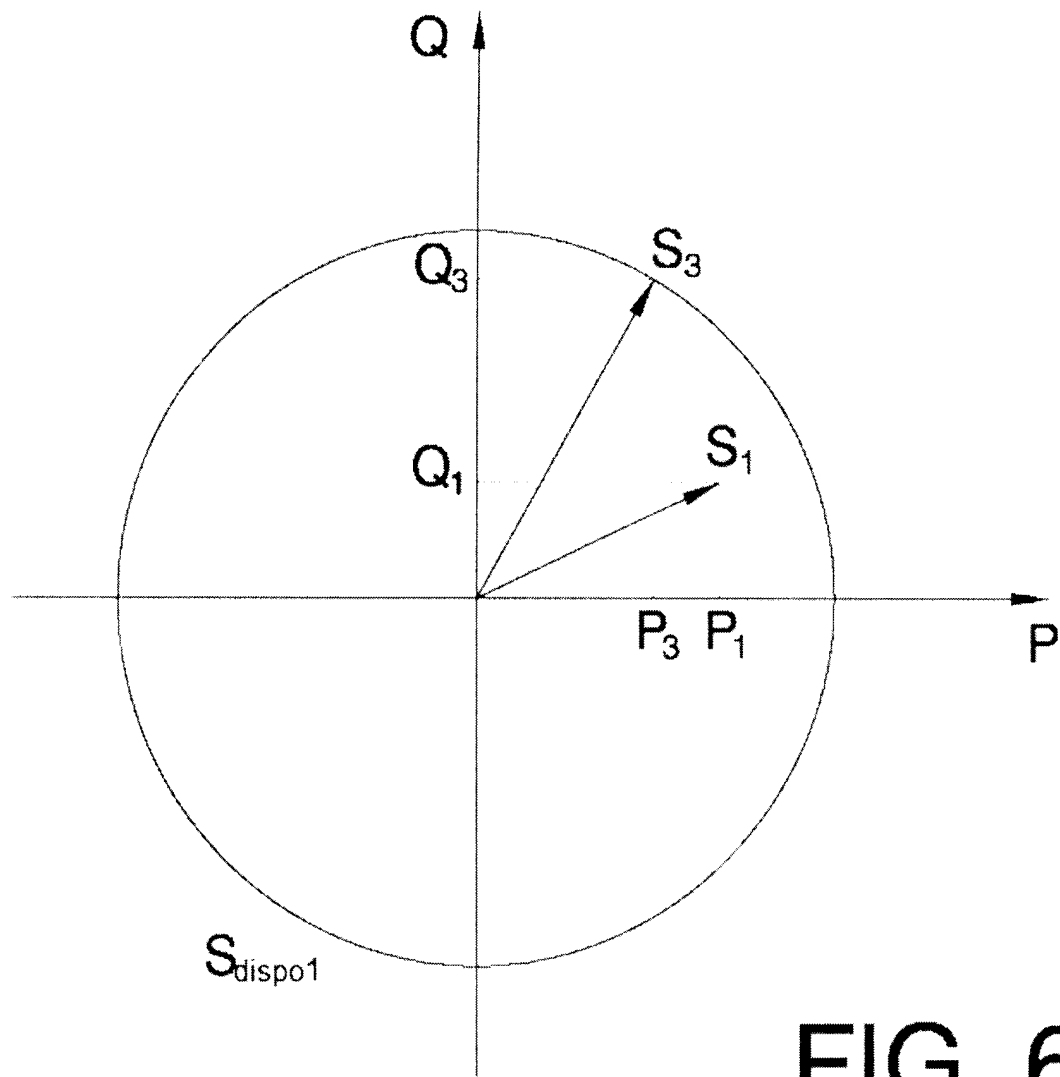


FIG. 6