

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 895 146 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
15.01.2003 Bulletin 2003/03

(51) Int Cl.7: **G05F 1/67**

(21) Numéro de dépôt: **98401903.4**

(22) Date de dépôt: **27.07.1998**

(54) **Dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur d'énergie électrique, notamment d'un générateur solaire**

Arbeitspunktsteuervorrichtung eines Generators elektrischer Energie, insbesondere eines Solargenerators

Operating point control device of an electrical energy generator, especially of a solar generator

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorité: **28.07.1997 FR 9709583**

(43) Date de publication de la demande:
03.02.1999 Bulletin 1999/05

(73) Titulaire: **CENTRE NATIONAL D'ETUDES
SPATIALES
F-75039 Paris Cedex 01 (FR)**

(72) Inventeur: **Barnaba, Alphonse
31650 Auzielle (FR)**

(74) Mandataire: **Luziau, Roland
Cabinet JP Colas
37, avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 780 750 DE-C- 4 343 822
FR-A- 2 626 689 US-A- 5 530 335
US-A- 5 594 325**

• **NIEBAUER M ET AL: "SOLARENERGIE
OPTIMAL NUTZEN INTELLIGENTES
MPP-TRACKING MIT EINEM
ST62-MIKROCONTROLLER" ELEKTRONIK, vol.
45, no. 16, 6 août 1996, pages 86-89,
XP000622027**

EP 0 895 146 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à un dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur d'énergie électrique, notamment d'un générateur solaire alimentant une charge et, plus particulièrement, à un tel dispositif conçu pour faire fonctionner le générateur à sa puissance maximale.

[0002] On connaît un tel dispositif du brevet français n° 2 626 689 au nom de la demanderesse. Le dispositif décrit comprend un convertisseur à modulation de largeur d'impulsions couplé à un générateur de courant, des moyens délivrant des signaux représentatifs de la tension et du courant délivré par ledit générateur audit convertisseur, des moyens alimentés par lesdits signaux pour signaler l'existence ou non d'un état de décrochage du convertisseur, une boucle de régulation de la largeur d'impulsions comprenant elle-même des moyens de mesure de la tension délivrée par le convertisseur à une charge, un amplificateur différentiel, un inverseur, un intégrateur et des moyens de modulation de largeur d'impulsions commandant ledit convertisseur.

[0003] Le dispositif décrit permet bien de supprimer le phénomène de décrochage que l'on observe quand la puissance appelée par la charge devient supérieure à la puissance maximale que peut fournir le générateur. Il permet aussi de réguler le point de fonctionnement de l'alimentation de la charge en une position correspondant à la puissance maximale que peut délivrer cette alimentation comme en tout autre point de la caractéristique courant/tension du générateur. Il est cependant relativement complexe, comprenant entre autres deux capteurs pour l'intensité et la tension du courant délivré par le générateur, et donc coûteux.

[0004] Or, il existe actuellement un besoin pour un système d'alimentation de divers consommateurs d'énergie électrique installés dans des véhicules spatiaux tels que des satellites voués à des missions dites "économiques", dispositifs capable de réguler le fonctionnement de l'alimentation à sa puissance maximale ou à d'autres niveaux de puissance, et ceci tout en étant de réalisation aussi peu coûteuse que possible.

[0005] A cet égard, on connaît de la publication intitulée "A minimum component photovoltaic array maximum power point tracker" par M.J. Case et J.J. Schoeman, présentée à la Conférence dite "European Space Power Conference" qui s'est tenue à Graz, en Autriche, du 23 au 27 août 1993, un dispositif de poursuite du point de puissance maximale d'un générateur solaire, relativement simple, constitué d'un générateur d'impulsions, d'un circuit échantillonneur/bloqueur, d'un modulateur de largeur d'impulsions, d'un transistor de puissance à effet de champ et d'une inductance. Cependant, ce dispositif exige la détermination et l'utilisation d'un rapport entre la tension délivrée à la puissance maximale et la tension délivrée en circuit ouvert, rapport qui peut être faussé en cas de mauvais fonctionnement de certaines cellules d'un générateur solaire, du fait de sa-

lissures ou de détériorations, par exemple. En outre, ce dispositif n'est utilisable que lorsque le générateur solaire fonctionne en générateur de courant, alors qu'un tel générateur peut aussi, du fait de la forme sensiblement rectangulaire de sa caractéristique $I_{GS} = f(V_{GS})$ représentée à la figure 1 du dessin annexé, fonctionner en générateur de tension.

[0006] On connaît aussi de DE-A-43 43 822 un dispositif de réglage du point de fonctionnement d'un générateur d'énergie électrique alimentant une charge située dans le circuit de l'enroulement secondaire d'un transformateur à enroulements primaire et secondaire de sens inverse. Le dispositif compare la tension ou le courant de sortie du transformateur à une valeur prédéterminée, la différence assurant la régulation du point de fonctionnement du générateur.

[0007] US-A-5 530 335 décrit un dispositif de régulation d'un générateur d'énergie solaire comprenant un calculateur dûment programmé pour assurer la régulation.

[0008] La présente invention a pour but de réaliser un dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur solaire qui ne présente pas les inconvénients évoqués ci-dessus des dispositifs de la technique antérieure et qui soit donc simple et de réalisation peu coûteuse, permettant de fixer et réguler avec souplesse la position du point de fonctionnement du générateur, en tout point de la caractéristique courant/tension de celui-ci, et notamment au point correspondant à la fourniture d'une puissance électrique maximale par ledit générateur.

[0009] On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec un dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur d'énergie électrique alimentant une charge, ce dispositif étant remarquable en ce qu'il comprend a) un transformateur à accumulation d'énergie, à enroulements primaire et secondaire de sens inverses, l'enroulement primaire étant alimenté par le générateur sous la commande d'un interrupteur, l'enroulement secondaire étant connecté en série avec une diode et avec la charge, b) un détecteur sensible à l'intensité du courant moyen circulant dans l'enroulement primaire du transformateur pour délivrer un signal représentatif de cette intensité, et c) des moyens de commande de la commutation de l'interrupteur, sensible audit signal pour établir dans l'enroulement primaire du transformateur un courant moyen correspondant à un point de fonctionnement prédéterminé du générateur.

[0010] Comme on le verra plus loin, ce dispositif de structure simple, à un seul détecteur, est donc économique, et cependant de fonctionnement très souple.

[0011] Suivant une caractéristique du dispositif selon l'invention, ce détecteur est constitué par un deuxième transformateur à accumulation d'énergie comprenant des enroulements primaire et secondaire de sens inverses, l'enroulement primaire étant traversé par le courant circulant dans l'enroulement primaire du premier trans-

formateur, l'enroulement secondaire étant placé en série avec une diode et une charge, le signal délivré par le détecteur étant prélevé aux bornes de ladite charge.

[0012] Suivant une autre caractéristique du dispositif suivant l'invention, les moyens de commande de celui-ci comprennent un microcontrôleur alimenté par le signal délivré par le détecteur et représentatif du courant moyen circulant dans l'enroulement primaire du premier transformateur à accumulation d'énergie électrique et un convertisseur amplitude-durée alimenté par un signal de consigne élaboré par le microcontrôleur, pour commander la commutation de l'interrupteur avec un signal à modulation de largeur d'impulsions.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- les figures 1 et 4 représentent des graphes utiles à la compréhension du fonctionnement du dispositif suivant l'invention,
- la figure 2 est un schéma fonctionnel du dispositif suivant l'invention, et
- les figures 3 et 5 sont des schémas fonctionnels du détecteur et du convertisseur amplitude-durée, respectivement, formant partie du dispositif suivant l'invention.

[0014] On se réfère à la figure 1 du dessin annexé où l'on a représenté en trait plein la caractéristique courant/tension $I_{GS} = f(V_{GS})$ d'un générateur solaire d'énergie électrique typique. Le graphe de cette caractéristique présente, comme représenté, une allure généralement rectangulaire comportant une partie sensiblement parallèle à l'axe des tensions et une autre partie sensiblement parallèle à l'axe des intensités, ces deux parties étant raccordées par une partie arrondie. Dans un satellite, par exemple, un générateur solaire débite ordinairement dans une batterie d'accumulateurs et dans divers consommateurs d'énergie électrique constitués par des équipements du satellite. Le point de fonctionnement du générateur est alors situé à l'intersection de sa caractéristique courant/tension avec une droite de charge passant l'origine des coordonnées. Ce point peut ainsi se situer sur diverses parties de la caractéristique, par exemple à son intersection avec la droite de charge D_1 , sur la partie de cette caractéristique où le courant reste sensiblement constant, soit quand le générateur fonctionne en "générateur de courant". Il pourrait de même se situer sur la partie de la caractéristique où la tension est sensiblement constante, si l'on recherche un fonctionnement en "générateur de tension".

[0015] Sur la figure 1, on a aussi représenté en trait interrompu le graphe de la puissance P_{GS} délivrée par le générateur en fonction de la tension V_{GS} qu'il délivre. Du fait que $P_{GS} = I_{GS} \times V_{GS}$, on comprend que P_{GS} présente un maximum là où la surface du rectangle de dia-

gonale OF à côtés parallèles aux coordonnées, est maximale, soit quand la droite de charge D coupe la caractéristique en F_m , dans la partie arrondie de la caractéristique courant/tension du générateur.

[0016] Pour utiliser au mieux l'énergie délivrée par le générateur solaire, notamment dans le cadre de missions "économiques" évoquées dans le préambule de la présente description, il convient de disposer de moyens permettant d'ajuster constamment le point de fonctionnement du générateur de manière que celui-ci corresponde aux conditions de fourniture de la puissance maximale de celui-ci. La caractéristique du générateur solaire étant fortement variable, tout en conservant la même allure générale, en fonction de l'éclairement et de l'état des panneaux solaires du générateur, il convient de disposer de moyens permettant de réguler en permanence la position de ce point de fonctionnement de manière à tirer du générateur solaire la puissance maximale disponible. Les principes exposés ci-dessus aident à comprendre le fonctionnement du dispositif de commande suivant l'invention, dont on va maintenant décrire la structure en liaison avec la figure 2.

[0017] Sur cette figure, on a représenté le générateur solaire GS débitant sur une charge représentée par une batterie d'accumulateurs 1 et une résistance 2 symbolisant divers consommateurs d'énergie électrique embarqués dans un satellite par exemple.

[0018] Suivant une caractéristique de la présente invention, le générateur GS débite sur cette charge à travers un transformateur 3 à accumulation d'énergie, dont les enroulements primaire 5 et secondaire 6 sont de sens inverses comme indiqué par les points placés sur ces enroulements. L'enroulement primaire 5 est alimenté par le générateur, sous la commande d'un interrupteur 7, avantageusement électronique, placé en série avec cet enroulement entre une borne de celui-ci et la masse.

[0019] Au secondaire, le transformateur 3 est associé à une diode 8 disposée en série avec l'enroulement 6 et un condensateur 9 monté entre les bornes de l'enroulement, en parallèle avec la charge 1,2.

[0020] Un autre condensateur 10 est monté entre la sortie du générateur GS et la masse. Vu du transformateur 3, ce condensateur fait apparaître, en régime dynamique, le générateur GS comme un générateur de tension.

[0021] On reconnaît dans le montage décrit ci-dessus une alimentation à découpage du type "fly-back". On sait que lorsque l'interrupteur 7 est fermé, l'enroulement 5 se charge alors que la diode 8 bloque toute décharge de l'enroulement 6. C'est alors la capacité 9 qui alimente la charge, avec la batterie d'accumulateurs 1. Quand l'interrupteur 7 s'ouvre, l'énergie accumulée dans l'enroulement 6 est débitée dans la charge et le condensateur 9.

[0022] Grâce à la présence d'une telle alimentation "à découpage" et à transformateur à accumulation d'énergie dans le dispositif suivant l'invention, celui-ci bénéficie

cie de l'isolation galvanique apportée par la présence de ce transformateur entre le générateur et la charge. En outre, comme on le verra plus loin, cette alimentation donne au dispositif suivant l'invention une grande souplesse, permettant de fixer le point de fonctionnement du générateur solaire en tout point de sa caractéristique courant/tension et notamment au point correspondant à la fourniture d'une puissance maximale par ce générateur.

[0023] Pour assurer cette commande du point de fonctionnement du générateur solaire, le dispositif suivant l'invention comprend en outre un détecteur 11 sensible au courant moyen I_p circulant dans l'enroulement primaire du transformateur 3 pour délivrer un signal de tension V_{det} représentatif de l'intensité de ce courant. Ce signal est délivré à des moyens de commande constitués par un microcontrôleur 12, par exemple, ce microcontrôleur étant dûment programmé pour former, à partir du signal V_{det} , un signal de consigne V_{cons} délivré à un convertisseur amplitude-durée 13 commandant l'interrupteur 7. Les moyens 11, 12, 13 constituent ainsi une boucle de régulation du courant moyen passant dans l'enroulement primaire 5 du transformateur 3, la régulation de ce courant moyen à une valeur prédéterminée permettant de fixer le point de fonctionnement du générateur solaire, comme on l'expliquera plus loin.

[0024] Le détecteur 11 est représenté en plus de détails à la figure 3. Sur cette figure, il apparaît que ce détecteur est constitué par un deuxième transformateur 14 à accumulation d'énergie, fonctionnant en mode "lourd" dont l'enroulement primaire 15 est alimenté par le courant I_p délivré par le générateur à l'enroulement primaire du premier transformateur 3, et dont l'enroulement secondaire 16 est monté en série avec une diode 17. La tension V_{det} est prélevée entre les bornes d'une charge constituée par une résistance 18 et un condensateur 19 montés en parallèle entre la diode 17 et une borne de l'enroulement secondaire 16.

[0025] On démontre par le calcul qu'en régime statique la tension V_{det} mesurée aux bornes de l'enroulement secondaire 16 est proportionnelle au courant moyen passant dans l'enroulement primaire 5, ce courant moyen étant alors constitué par le courant I_{GS} délivré par le générateur solaire. On démontre aussi qu'en tout point de fonctionnement du générateur solaire, le graphe de V_{det} en fonction de V_{GS} présente la même allure que celui de la puissance P_{GS} en fonction de V_{GS} . On a représenté ces deux graphes sur la figure 4 où il apparaît qu'ils présentent tous les deux un maximum pour la même valeur de V_{GS} . Ceci peut se comprendre si l'on considère que le courant moyen I_p porte toute l'énergie délivrée par le générateur solaire et doit donc être maximal quand le générateur solaire délivre sa puissance maximale.

[0026] Suivant l'invention, on tire parti de cette caractéristique du graphe de V_{det} en fonction de V_{GS} pour extraire du générateur solaire sa puissance maximale, et ceci à l'aide d'un seul détecteur, le détecteur 11 du

courant moyen passant dans l'enroulement primaire du transformateur 14, solution particulièrement avantageuse aussi bien du point de vue économique que du point de vue fiabilité. Pour ce faire, on utilise une programmation adéquate du microcontrôleur 12 propre à permettre le calcul de la valeur d'un signal de consigne V_{cons} délivré au convertisseur amplitude-durée 13, représenté en plus de détails à la figure 5.

[0027] Celui-ci comprend essentiellement un comparateur 20 dont une entrée 21 reçoit le signal V_{cons} (ou un signal proportionnel à celui-ci) et dont une autre entrée 22 est alimentée classiquement par un signal en dents de scie S_1 , de période fixe T . La sortie du comparateur 20 fait commuter l'un ou l'autre de deux transistors 23, 24 de type opposé, dont les circuits émetteur/collecteur sont montés en série entre une ligne à la tension V_{dd} et la masse de manière à produire un signal S_2 de même période que S_1 , et dont le rapport cyclique t/T est fonction de V_{cons} .

[0028] Ce signal S_2 , à modulation de largeur d'impulsions ou signal "PWM", commande la commutation de l'interrupteur électronique 7, comme cela est représenté à la figure 2. Cet interrupteur peut être constitué par un transistor dont le circuit émetteur/collecteur est placé en série avec l'enroulement primaire 5 du transformateur 3 et dont la base est commandée par le signal S_2 .

[0029] On comprend qu'en commandant convenablement le microcontrôleur 12 pour qu'il délivre une valeur de V_{cons} correspondant à un point de fonctionnement prédéterminé du générateur solaire, on peut réguler la position de ce point de fonctionnement en tout point choisi de la caractéristique courant/tension du générateur solaire, de manière à commander la puissance électrique P_{GS} délivrée par le générateur GS.

[0030] En particulier, c'est ainsi que le microcontrôleur 12 peut être programmé pour rechercher, à partir de la connaissance du graphe de V_{det} (voir figure 4), la valeur de V_{cons} à délivrer au convertisseur amplitude-durée 13 pour que le générateur solaire fonctionne à sa puissance maximale, compte tenu du niveau de l'éclairement actuel des cellules solaires du générateur. Diverses stratégies connues de recherche du maximum d'une grandeur sont utilisables à cet effet. Le microcontrôleur peut, par exemple, commander des variations de la valeur de consigne V_{cons} , d'excursion V_{ac} , les évolutions des mesures $x_1, x_2, x_3, \dots$ de V_{det} fournies par le détecteur 11 lors de cette excursion, et notamment le sens des variations de ces mesures, permettant de localiser la position x_2 du sommet du graphe et donc la valeur V_{cons} correspondant à ce sommet.

[0031] Les variations de V_{cons} commandées par le microcontrôleur s'opèrent classiquement par pas. On peut facilement faire varier le pas en fonction, par exemple, de la position du point de fonctionnement du générateur solaire. Si l'on considère que le fonctionnement dynamique du dispositif suivant l'invention est très différent suivant qu'il fonctionne en générateur de courant ou en générateur de tension, cette possibilité de varia-

tion du pas de la commande est avantageuse car elle permet d'adapter celle-ci au fonctionnement dynamique qui résulte du point de fonctionnement choisi, par exemple à droite ou à gauche du point correspondant à la fourniture de la puissance maximale.

[0032] Il apparaît maintenant que l'invention permet bien d'atteindre les buts fixés, à savoir fournir un dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur solaire d'énergie électrique, permettant de faire fonctionner ce générateur à sa puissance maximale aussi bien qu'à toute autre puissance plus faible, ce qui est avantageux notamment pour adapter cette puissance aux variations de consommation des consommateurs alimentés, notamment lorsque ceux-ci comptent une batterie d'accumulateurs qui atteint sa charge maximale. Le dispositif est en outre simple, et donc de réalisation économique, et souple, grâce à l'utilisation d'un microcontrôleur, qui permet une gestion automatique du dispositif, sans entretien ou recalibrage.

[0033] Le dispositif suivant l'invention peut s'adapter à des générateurs d'énergie électrique autres que du type à cellules solaires, en particulier quand la caractéristique courant/tension de ce générateur présente une allure qui se rapproche de celle d'un générateur solaire.

Revendications

1. Dispositif de commande du point de fonctionnement d'un générateur d'énergie électrique (GS) alimentant une charge incluant une batterie d'accumulateurs (1), comprenant a) un transformateur (3) à accumulation d'énergie, à enroulements primaire (5) et secondaire (6) de sens inverses, l'enroulement primaire (5) étant alimenté par le générateur (GS) sous la commande d'un interrupteur (7), l'enroulement secondaire (6) étant connecté en série avec une diode (8) et avec la charge (1,2), **caractérisé en ce qu'il** comprend b) un détecteur (11) directement sensible à l'intensité du courant moyen (I_p) circulant dans l'enroulement primaire (5) du transformateur (3) pour délivrer un signal (V_{det}) représentatif de cette intensité, et c) des moyens de commande (12,13) de la commutation de l'interrupteur (7), sensibles audit signal (V_{det}) pour établir dans l'enroulement primaire (5) du transformateur (3) un courant moyen (I_p) correspondant à un point de fonctionnement prédéterminé du générateur (GS).
2. Dispositif conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de commande (12,13) sont conçus pour établir ledit courant moyen (I_p) à une valeur correspondant au maximum (P_{max}) de la puissance délivrée par ledit générateur (GS).
3. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** ledit détec-

teur (11) comprend un transformateur (14) à accumulation d'énergie comprenant des enroulements primaire (15) et secondaire (16) de sens inverses, l'enroulement primaire (15) étant traversé par le courant (I_p) circulant dans l'enroulement primaire (5) du transformateur (3), l'enroulement secondaire étant placé en série avec une diode (8) et une charge (18,19), le signal (V_{det}) étant prélevé aux bornes de la charge (18,19).

4. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de commande comprennent un microcontrôleur (12) alimenté par ledit signal (V_{det}) représentatif du courant moyen (I_p) circulant dans l'enroulement primaire (5) du transformateur (3) à accumulation d'énergie électrique, et un convertisseur amplitude-durée (13) alimenté par un signal de consigne (V_{cons}) élaboré par le microcontrôleur, pour commander la commutation de l'interrupteur (7) avec un signal (S_2) à modulation de largeur d'impulsions.
5. Dispositif conforme à la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit microcontrôleur est programmé pour délivrer un signal de consigne (V_{cons}) propre à réguler la position du point de fonctionnement du générateur (GS) de manière à assurer la fourniture par celui-ci d'une puissance électrique prédéterminée.
6. Dispositif conforme à la revendication 5, **caractérisé en ce que** le pas des variations du signal de consigne (V_{cons}) est fonction de la position du point de fonctionnement choisi.
7. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le microcontrôleur (12) est programmé pour rechercher le point de fonctionnement correspondant à la puissance maximale du générateur (GS) par l'observation des sens de variations du signal (V_{det}) délivré par le détecteur (11) lors d'une excursion (V_{ac}) du signal de consigne (V_{cons}).
8. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est associé à un générateur solaire d'énergie électrique.
9. Véhicule spatial équipé d'un dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Steuern des Arbeitspunkts eines Stromgenerators (GS), der eine eine Akkumulo-

- renbatterie (1) enthaltende Last speist, mit: a) einem Energieakkumulationstransformator (3) mit gegenläufig orientierten Primär- (5) und Sekundärwicklungen (6), wobei die Primärwicklung (5) durch den Generator (GS) unter Steuerung durch einen Schalter (7) gespeist wird, während die Sekundärwicklung (6) in Reihe mit einer Diode (8) und mit der Last (1, 2) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung aufweist: b) einen Detektor (11), der die Stärke des in der Primärwicklung (5) des Transformators (3) fließenden mittleren Stroms (I_p) direkt erkennt, um ein diese Stärke angegebendes Signal (V_{det}) auszugeben, und c) Einrichtungen (12, 13) zum Steuern des Schaltzustands des Schalters (7), die auf das Signal (V_{det}) reagieren, um in der Primärwicklung (5) des Transformators (3) einen mittleren Strom (I_p) zu erzeugen, der einem vorbestimmten Arbeitspunkt des Generators (GS) entspricht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuereinrichtungen (12, 13) derart ausgebildet sind, daß sie den mittleren Strom (I_p) mit einem Wert erzeugen, der dem Maximum (P_{max}) der vom Generator (GS) gelieferten Leistung entspricht.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Detektor (11) einen Energieakkumulationstransformator (14) mit gegenläufig orientierten Primär- (15) und Sekundärwicklungen (16) aufweist, wobei durch die Primärwicklung (15) der Strom (I_p) fließt, der in der Primärwicklung (5) des Transformators (3) fließt, wobei die Sekundärwicklung in Reihe mit einer Diode (8) und einer Last (18, 19) angeordnet ist, wobei das Signal (V_{det}) an den Anschlüssen der Last (18, 19) abgenommen wird.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuereinrichtungen aufweisen: einen Mikrocontroller (12), der durch das Signal (V_{det}) gespeist ist, welches den in der Primärwicklung (5) des Stromakkumulationstransformators (3) fließenden mittleren Strom (I_p) wiedergibt, und einen Amplituden-Zeit-Wandler (13), der durch ein vom Mikrocontroller erstelltes Stellsignal (V_{cons}) gespeist ist, um das Schalten des Schalters (7) durch ein Impulsweitenmodulationssignal (S_2) zu steuern.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Mikrocontroller zum Ausgeben eines Stellsignals (V_{cons}) programmiert ist, das geeignet ist, den Arbeitspunkt des Generators (GS) derart zu regeln, daß das Liefern einer vorbestimmten elektrischen Leistung durch diesen sichergestellt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** Variationsschritte des Stellsignals (V_{cons}) von der Position des gewählten Arbeitspunkts abhängen.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Mikrocontroller (12) derart programmiert ist, daß er den Arbeitspunkt, der der maximalen Leistung des Generators (GS) entspricht, findet, durch Erfassen der Richtungen der Veränderung des von dem Detektor (11) bei einem Hub (V_{ac}) des Stellsignals (V_{cons}) ausgegebenen Signals (V_{det}) ermittelt.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie mit einem Solarstromgenerator verbunden ist.
9. Raumfahrzeug mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

Claims

1. A device for controlling the operating point of an electrical energy generator (GS) for supplying power to a load including a storage battery (1), the device comprising a) an energy accumulator transformer (3) with a primary winding (5) and a secondary winding (6) in opposite directions, the primary winding (5) being supplied with power by the generator (GS) under the control of a switch (7), the secondary winding (6) being connected in series with a diode (8) and with the load (1, 2), which device is **characterized in that** it comprises b) a detector (11) directly sensitive to the average current (I_p) flowing in the primary winding (5) of the transformer (3) to deliver a signal (V_{det}) representative of that current and c) means (12, 13) for controlling switching of the switch (7) and sensitive to the signal (V_{det}) to establish in the primary winding (5) of the transformer (3) an average current (I_p) corresponding to a predetermined operating point of the generator (GS).
2. A device according to claim 1, **characterized in that** said control means (12, 13) are adapted to establish said average current (I_p) at a value corresponding to the maximum power (P_{max}) delivered by said generator (GS).
3. A device according to either claim 1 or claim 2, **characterized in that** said detector (11) comprises an energy accumulator transformer (14) comprising a primary winding (15) and a secondary winding (16) in opposite directions, the primary winding (15) carrying the current (I_p) circulating in the primary winding (5) of the transformer (3), the secondary

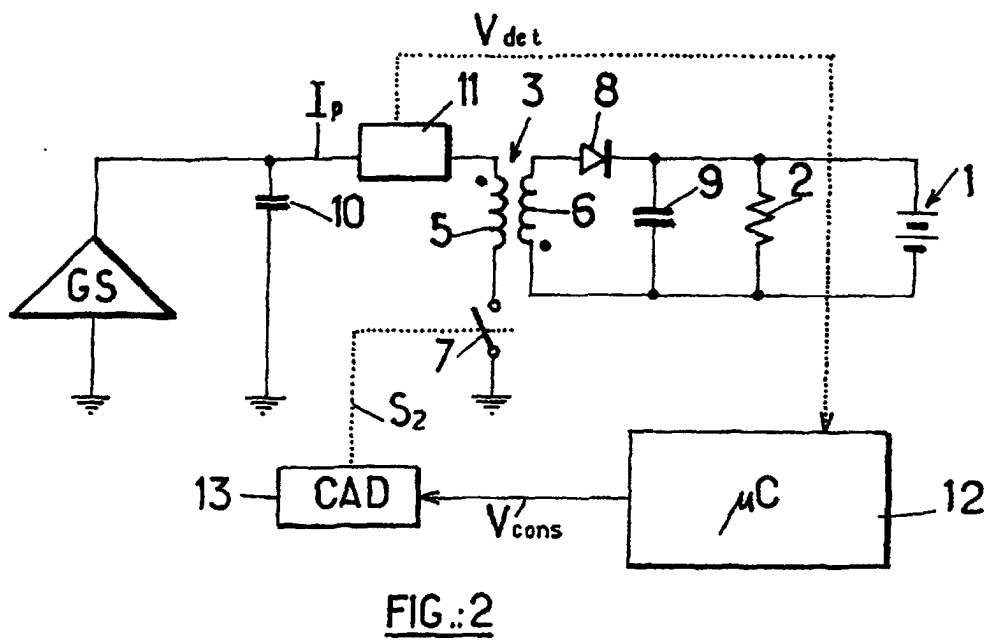
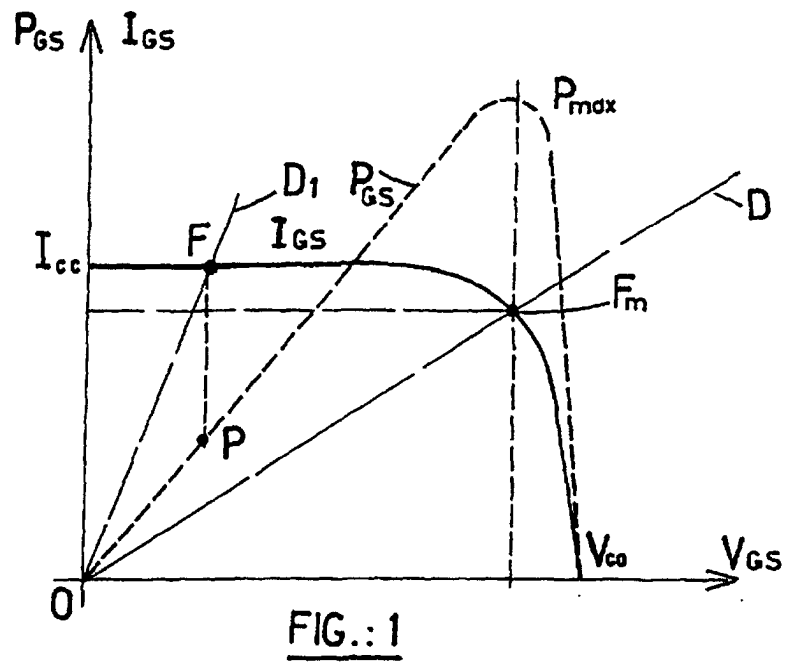
winding being placed in series with a diode (8) and a load (18, 19), and the signal (V_{det}) being taken at the terminals of the load (18, 19).

4. A device according to any of claims 1 to 3, **characterized in that** said control means comprise a microcontroller (12) fed with said signal (V_{det}) representative of the average current (I_p) circulating in the primary winding (5) of the electrical energy accumulator transformer (3) and an amplitude-duration converter (13) fed with a set point signal (V_{cons}) produced by the microcontroller to control the switching of the switch (7) with a pulse width modulated signal (S_2). 5
10
15
5. A device according to claim 4, **characterized in that** said microcontroller is programmed to deliver a set point signal (V_{cons}) for regulating the position of the operating point of the generator (GS) so that the latter supplies a predetermined electrical power. 20
6. A device according to claim 5, **characterized in that** the step of the variations of the set point signal (V_{cons}) is a function of the position of the chosen operating point. 25
7. A device according to either claim 5 or claim 6, **characterized in that** the microcontroller (12) is programmed to search for the operating point corresponding to the maximum power of the generator (GS) by observing the directions of the variations of the signal (V_{det}) delivered by the detector (11) at the time of an excursion (V_{ac}) of the set point signal (V_{cons}). 30
35
8. A device according to any preceding claim, **characterized in that** it is associated with a solar electrical energy generator.
9. A spacecraft equipped with a device according to any of claims 1 to 8. 40

45

50

55



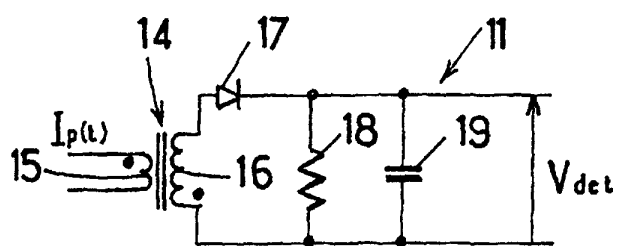


FIG.:3

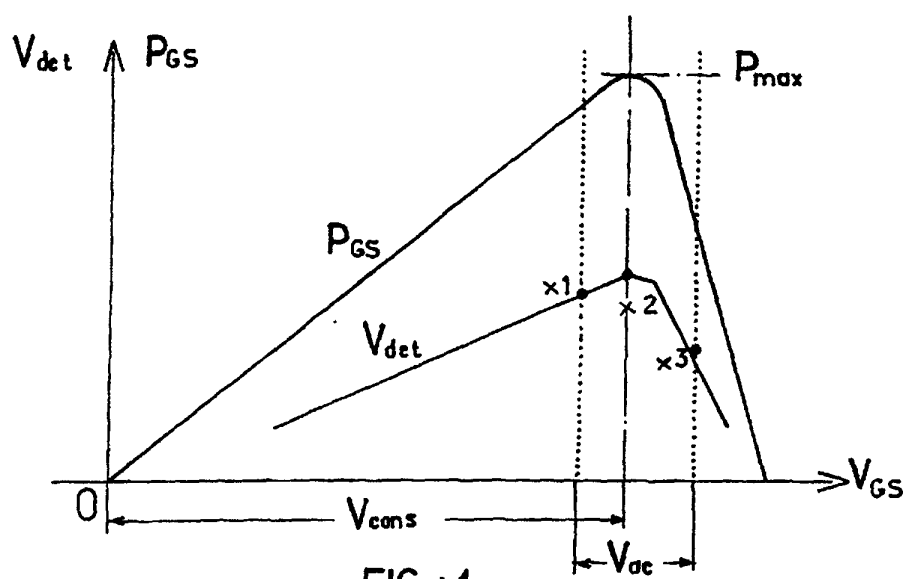


FIG.:4

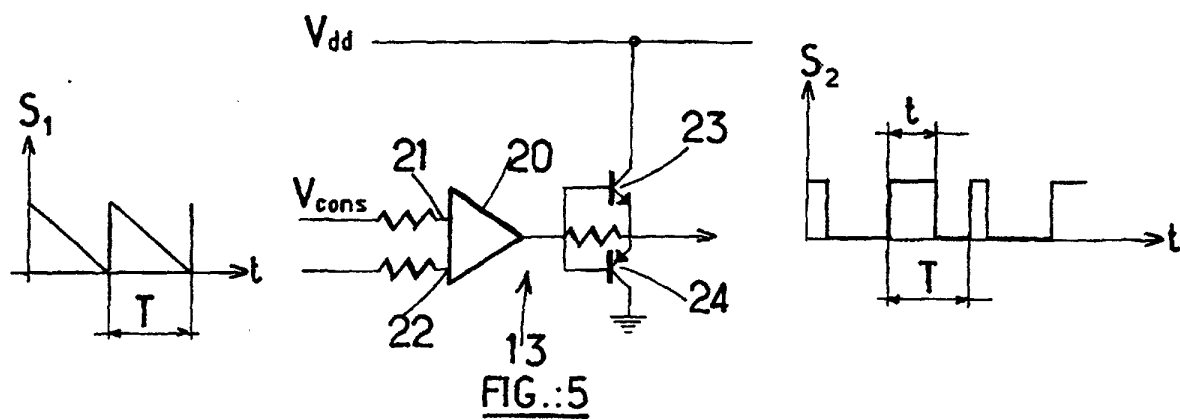


FIG.:5