



- (51) Classification internationale des brevets :
H02J 3/38 (2006.01) *H02M 1/36* (2007.01)
G05F 1/67 (2006.01) *H02B 5/00* (2006.01)
H02J 11/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/051256
- (22) Date de dépôt international :
1 juin 2011 (01.06.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1054419 4 juin 2010 (04.06.2010) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **AEG POWER SOLUTIONS B.V.** [NL/NL]; Weerenweg 29, NL-1161 Ag Zwanenburg (NL).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DELAY, Christian** [FR/FR]; La Besnerie, F-37260 Thilouze (FR). **UHL, Nicolas** [FR/FR]; 20 impasse des Chesnaies, F-37510 Savonnières (FR). **ESTOP, Pascal** [FR/FR]; 2 impasse des Iris, F-37170 Chambray Les Tours (FR).
- (74) Mandataires : **DAVID, Alain** et al.; Cabinet BEAU DE LOMENIE, 158 rue de l'Université, F-75340 PARIS Cedex 07 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : MATRIX CONNECTION DEVICE FOR PHOTOVOLTAIC PANELS AND/OR WIND TURBINES.

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONNEXION MATRICIELLE POUR PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES ET/OU EOLIENNES.

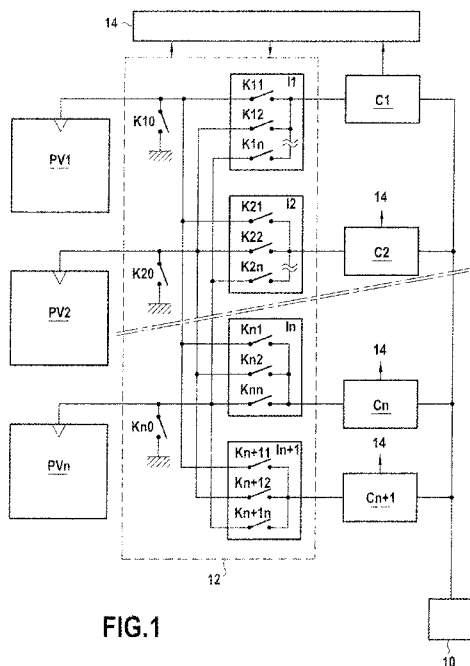


FIG.1

(57) Abstract : Matrix connection device placed between n photovoltaic panels and/or wind turbines (PV1, PV2, PVn) and n power converters (C1, C2, Cn) with the aim of powering a common load (10), comprising: n matrix circuit breakers (11, 12 to In) each comprising n linking switches (Ki1, Ki2 to Kin), the outputs of which are connected together and the n inputs of which are connected to the n outputs of said photovoltaic panels and/or wind turbines; at least one additional circuit breaker comprising n switches (Kn+1, Kn+1,2 to Kn+1,n), the outputs of which are connected together and the n inputs of which are respectively connected to the n outputs of unidirectional power supplies; and a command/control circuit (14) for turning on the power converters or not turning them on, depending on the power available at each of the photovoltaic panels and/or wind turbines, and then for keeping them powered or deactivated, depending on the power consumed by each of them.

(57) Abrégé : Dispositif de connexion matricielle disposé entre n panneaux photovoltaïques et/ou éoliennes (PV1, PV2, PVn) et n convertisseurs de puissance (C1, C2, Cn) dans le but d'alimenter une charge commune (10), comprenant : - n interrupteurs matriciels (11, 12 à In) comportant chacun n commutateurs de liaison (Ki1, Ki2 à Kin) dont les sorties sont reliées entre elles et dont les n entrées sont reliées aux n sorties desdits panneaux photovoltaïques et/ou éoliennes, - au moins un interrupteur supplémentaire (In+ 1) comportant n commutateurs (Kn+1, Kn+1,2 à Kn+1,n).

[Suite sur la page suivante]

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

$n+1$) dont les sorties sont reliées entre elles et les n entrées reliées respectivement aux n sorties des sources d'énergie unidirectionnelles, et - un circuit de contrôle/commande (14) pour commander ou non le démarrage des convertisseurs de puissance en fonction de la puissance disponible au niveau de chacun des panneaux photovoltaïques et/ou éoliennes puis pour commander leur maintien en tension ou leur désactivation en fonction de la puissance consommée par chacun d'eux.

DISPOSITIF DE CONNEXION MATRICIELLE POUR PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES ET/OU EOLIENNES

Domaine de la technique

La présente invention se rapporte au domaine des générateurs d'énergie photovoltaïque ou éolienne et elle concerne plus particulièrement un dispositif de connexion pour relier des sources d'énergie unidirectionnelles (c'est-à-dire périodiques ou continues ayant toujours la même polarité) à des convertisseurs de puissance.

Art antérieur

Le recours à l'énergie solaire pour l'alimentation en énergie de charges diverses ou pour l'injection sur le réseau est de plus en plus généralisée. Dans les installations petites ou moyennes (typiquement inférieur à quelques centaines de watts), l'emploi d'un seul convertisseur alimenté par un unique panneau photovoltaïque ou plusieurs panneaux photovoltaïques disposés en parallèle est la plupart du temps suffisant.

Par contre, pour les installations plus puissantes ou mixtes, c'est-à-dire comportant à la fois des panneaux photovoltaïques et des éoliennes, comme l'illustre le schéma de principe de la figure 3, les champs de panneaux photovoltaïques 1 et 2 et l'éolienne 3 sont chacun reliés à un convertisseur 4, 5, 6 relié au réseau d'alimentation ou à une charge commune 7. Cette configuration n'est toutefois pas sans poser quelques inconvénients. En effet, le rendement des convertisseurs étant fonction de la puissance consommée, celui-ci s'avère médiocre lorsque les conditions d'ensoleillement ou de vent sont faibles. De même, les convertisseurs ayant besoin d'une puissance minimale pour démarrer, leur mise en route s'avère impossible sous faible ensoleillement ou faible vent et nécessite donc l'emploi d'énergie alternative ou le recours à un stockage intermédiaire lorsque la charge doit être alimentée dans de telles conditions. Il en résulte des installations relativement complexes et alors peu économiques en terme de coût et d'encombrement.

But et objet de l'invention

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précités en proposant un dispositif de connexion entre des sources d'énergie unidirectionnelles et des convertisseurs de puissance qui maximise le rendement de chaque convertisseur et en facilite le démarrage sous de faibles conditions d'ensoleillement ou de vent. Ces buts sont atteints par un dispositif de connexion matricielle disposé entre n sources d'énergie unidirectionnelles et au moins $n+1$ convertisseurs de puissance dans le but d'alimenter une charge commune, caractérisé en ce qu'il comprend :

- . n interrupteurs matriciels comportant chacun n commutateurs de liaison dont les sorties sont reliées entre elles et dont les n entrées sont reliées aux n sorties desdites sources d'énergie unidirectionnelles, la sortie de la première source d'énergie unidirectionnelle étant reliée à chacun des premiers commutateurs de chacun des interrupteurs matriciels, la sortie de la deuxième source d'énergie unidirectionnelle étant reliée à chacun des deuxièmes commutateurs de chacun des interrupteurs matriciels et ainsi de suite jusqu'à la sortie de la n ème source d'énergie unidirectionnelle qui est reliée à chacun des n èmes commutateurs de chacun des interrupteurs matriciels,

- . au moins un interrupteur supplémentaire comportant n commutateurs dont les sorties sont reliées entre elles et les n entrées reliées respectivement aux n sorties desdites sources d'énergie unidirectionnelles, et

- . un circuit de contrôle/commande pour commander ou non le démarrage desdits convertisseurs de puissance en fonction de la puissance disponible au niveau de chacune desdites sources d'énergie unidirectionnelles puis pour commander leur maintien en tension ou leur désactivation en fonction de la puissance consommée par chacun d'eux.

Ainsi, par cette connexion matricielle, on autorise un démarrage successif ou simultané des convertisseurs selon les conditions d'ensoleillement ou de vent affectant chacune des sources d'énergie (lesquelles peuvent être par exemple des panneaux photovoltaïques ou des éoliennes ou une combinaison des deux). Ensuite, une fois démarrés,

les convertisseurs restent ou non sous tension selon l'évolution des conditions d'ensoleillement ou de vent et la puissance consommée par les convertisseurs pour alimenter la charge.

Le dispositif de connexion matricielle selon l'invention peut comporter en outre n commutateurs de court-circuit pour mettre en court-circuit la sortie de chacune desdites sources d'énergie unidirectionnelles et ainsi permettre une mesure de ladite puissance disponible ou bien encore n capteurs de puissance disposés auprès desdites n sources d'énergie unidirectionnelles pour permettre une mesure de ladite puissance disponible. Selon la nature de la source d'énergie, ledit capteur de puissance peut être formé par un capteur d'ensoleillement ou par un capteur de mesure de la vitesse du vent.

De préférence, lesdits commutateurs comportent un IGBT ou un MOSFET associé à des circuits de protection à la fois contre les surtensions et les surintensités ou encore un simple composant électromécanique.

Brève description des dessins :

Les caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux de la description suivante, faite à titre indicatif et non limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un exemple de réalisation d'une installation solaire mettant en œuvre un dispositif de connexion matricielle conforme à la présente invention,
- la figure 2 est un organigramme des différentes étapes permettant l'alimentation de 3 convertisseurs depuis 3 panneaux photovoltaïques, et
- la figure 3 est un exemple d'installation mixte solaire/éolien de l'art antérieur.

Description détaillée d'un mode de réalisation préférentielle

La figure 1 illustre schématiquement une installation solaire dans laquelle une pluralité de panneaux photovoltaïques PV1, PV2 à PVn est reliée à une pluralité correspondante de convertisseurs de puissance C1, C2 à Cn dans le but d'alimenter une charge (utilisation) commune 10.

Selon la nature de la charge, ces convertisseurs de puissance peuvent être des convertisseurs continu/continu (DC/DC) ou continu/alternatif (DC/AC). Cette installation de conversion d'énergie avec ses n panneaux photovoltaïques est bien entendu mentionnée à titre illustratif et toute autre installation réalisée à partir d'autres types de sources d'énergie unidirectionnelles est envisageable.

Conformément à l'invention, cette liaison est effectuée au travers d'un dispositif de connexion matricielle 12 comportant n interrupteurs matriciels I_1, I_2 à I_n comportant chacun n commutateurs de liaison K_{i1}, K_{i2} à K_{in} dont les sorties sont reliées entre elles et dont les n entrées sont reliées aux n sorties des panneaux photovoltaïques. Plus précisément, la sortie du premier panneau photovoltaïque PV1 est reliée à chacun des premiers commutateurs K_{i1} de chacun des interrupteurs matriciels I_1, I_2 à I_n , la sortie du deuxième panneau photovoltaïque PV2 est reliée à chacun des deuxièmes commutateurs K_{i2} de chacun des interrupteurs matriciels I_1, I_2 à I_n et ainsi de suite jusqu'à la sortie du n ème panneau photovoltaïque PV n qui est reliée à chacun des n èmes commutateurs K_{in} de chacun des interrupteurs matriciels I_1, I_2 à I_n .

De plus, N commutateurs de court-circuit K_{10}, K_{20} à K_{n0} sont aussi prévus pour mettre en court-circuit la sortie de chacun des panneaux photovoltaïques. Les commutateurs sont commandés selon une loi de commande prédéterminée depuis un circuit de contrôle/commande 14 recevant différentes informations de ces commutateurs et des convertisseurs de puissance. Plus précisément, ce circuit de contrôle/commande recueille d'une part la valeur du courant passant dans chacun des commutateurs de court-circuit K_{10}, K_{20} à K_{n0} lorsque ceux-ci sont fermés et qui correspond au courant de court-circuit du panneau photovoltaïque auquel un commutateur donné est raccordé et d'autre part la valeur de courant en sortie de chacun des convertisseurs C_1, C_2 à C_n .

Le dispositif de connexion matricielle comporte en outre un convertisseur de puissance supplémentaire C_{n+1} dont la sortie est reliée également à la charge 10 et dont l'entrée est connectée à la sortie d'un interrupteur supplémentaire I_{n+1} comportant n commutateurs $K_{n+1,1}, K_{n+1,2}$ à $K_{n+1,n}$.

K_{n+12} à K_{n+1n} dont les sorties sont reliées entre elles et les n entrées reliées respectivement aux n sorties des panneaux photovoltaïques.

De préférence, chacun des commutateurs est réalisé à partir d'un composant électronique intégrant un IGBT ou un MOSFET et comporte, comme il est connu, des circuits de protection à la fois contre les surtensions et les surintensités. Toutefois, une réalisation à partir de composants électromécaniques (relais, etc...) est tout aussi envisageable.

Le fonctionnement du dispositif de connexion matricielle selon l'invention est maintenant explicité en référence à la figure 2 qui représente un organigramme de commande de trois convertisseurs alimentés à partir de trois panneaux photovoltaïques. Bien entendu, le procédé décrit ci-après est applicable à n panneaux photovoltaïques. De même, il est généralisable à toutes sources d'énergie unidirectionnelles et notamment à des éoliennes, sous réserve de disposer au niveau de ces autres sources d'un courant de court-circuit proportionnel à la puissance disponible.

On supposera l'état initial correspondant à une absence d'ensoleillement (par exemple la nuit). Dans cet état, les commutateurs de court-circuit K_{10} (étape 100), K_{20} (étape 102) à K_{30} (étape 104) sont fermés (les convertisseurs C_1 , C_2 et C_3 sont arrêtés) et le restent tant que la valeur du courant traversant ces commutateurs qui est proportionnelle à la puissance disponible du panneau photovoltaïque n'est pas supérieure à une valeur déterminée minimale prédéfinie correspondant à sa puissance minimale de fonctionnement (tests des étapes 106, 108, 110). Lorsque l'une ou plusieurs des valeurs recueillies sont supérieures à cette valeur prédéfinie, elle est ou elles sont transmises au circuit 14 (étape 112) et lorsque la valeur totale des courants excède le courant minimal nécessaire au démarrage du premier convertisseur C_1 (test de l'étape 114), alors les commutateurs de court-circuit K_{10} , K_{20} et K_{30} sont ouverts et les trois commutateurs K_{11} , K_{12} et K_{13} du premier interrupteur de liaison I_1 sont fermés (étape 116), les trois autres commutateurs K_{2i} et K_{3i} ($i = 1$ à n) des deux autres interrupteurs I_2 et I_3 restent ouverts (étapes 118 et 120), permettant

l'alimentation du premier convertisseur C1 (étape 122) directement à partir des trois panneaux photovoltaïques ainsi connectés en parallèle.

Ainsi, au contraire de l'art antérieur, il n'est plus nécessaire pour démarrer un premier convertisseur d'attendre que le panneau photovoltaïque auquel il est relié produise à lui seul la puissance disponible nécessaire à ce démarrage, il suffit d'obtenir celle-ci par la mise en parallèle d'un nombre suffisant de panneaux photovoltaïques sous réserve que la puissance émise par chacun des panneaux retenus soit supérieure à sa puissance minimale de fonctionnement propre. Dès lors, un ensoleillement même faible suffit au démarrage d'au moins un convertisseur de l'installation solaire.

Tant que la puissance disponible n'est pas suffisante pour démarrer le deuxième convertisseur (réponse non au test de étape 124) et sous réserve qu'elle ne retombe pas sous sa puissance minimale de démarrage (étape 126) auquel cas le premier convertisseur C1 serait arrêté et les commutateurs de court-circuit refermés, ce premier convertisseur C1 reste seul actif. Lorsque la puissance disponible s'avère suffisante pour démarrer le deuxième convertisseur (réponse oui au test de l'étape 124), le commutateur K12 du premier interrupteur I1 est ouvert (étape 128) et en parallèle le commutateur K22 du deuxième interrupteur I2 est fermé (étape 130) permettant l'alimentation du deuxième convertisseur C2 (étape 134), les trois commutateurs K3i ($i = 1$ à n) du troisième interrupteur I3 restant comme précédemment ouverts (étape 132).

Tant que la puissance disponible n'est pas suffisante pour démarrer le troisième convertisseur (réponse non au test de étape 136) et sous réserve qu'elle ne retombe pas sous sa puissance minimale de démarrage (étape 138) auquel cas le deuxième convertisseur C2 serait arrêté et les commutateurs K12 et K22 refermé et ré-ouvert respectivement, ce deuxième convertisseur C2 reste actif. Lorsque la puissance disponible s'avère suffisante pour démarrer le troisième convertisseur (réponse oui au test de l'étape 136), le commutateur K13 du premier interrupteur I1 est ouvert (étape 140) et en parallèle le commutateur K33 du troisième interrupteur I3 est fermé (étape 144) permettant l'alimentation du troisième convertisseur C3 (étape 146), le commutateur K22 du deuxième

interrupteur I2 restant comme précédemment fermé (étape 142). Les trois convertisseurs resteront ainsi en fonctionnement tant que la puissance disponible de ce troisième convertisseur restera supérieure à sa puissance de démarrage (test de l'étape 148). A défaut, celui-ci sera arrêté et les commutateurs K13 et K33 refermé et ré-ouvert respectivement pour retourner à un fonctionnement avec les seuls deux convertisseurs C1 et C2. En pratique, le circuit de contrôle/commande 14 assure une optimisation du rendement des convertisseurs en décidant ou non de fermer les différents commutateurs de façon à aiguiller l'énergie issue des panneaux photovoltaïques sur le nombre de convertisseurs adéquat. La puissance des convertisseurs est calculée simplement à partir du produit de leur courant de sortie par la tension de sortie commune aux bornes de la charge 10.

On notera que la présence d'un convertisseur de puissance supplémentaire C_{n+1} dont la sortie est reliée à la charge 10 et dont l'entrée est connectée à la sortie de l'interrupteur supplémentaire I_{n+1} au niveau du dispositif de connexion matricielle selon l'invention permet avantageusement de remplacer un convertisseur défaillant et ainsi de continuer à exploiter la totalité de la puissance délivrée par les panneaux photovoltaïques. Bien entendu, le recours à plusieurs convertisseurs supplémentaires et non un seul est aussi envisageable, notamment en cas de forte puissance nécessitant l'utilisation de nombreux convertisseurs.

On pourra noter également que lorsque le nombre n est élevé, selon l'ensoleillement respectif des panneaux photovoltaïques, il n'est pas nécessaire d'ouvrir les commutateurs K_{1i} ($i = 1$ à n) des panneaux photovoltaïques dont la puissance minimale de fonctionnement n'est pas atteinte et la mise en parallèle des panneaux photovoltaïques peut alors concerner un nombre inférieur à n .

Enfin, on notera que, si dans la description précédente, la puissance disponible pour le démarrage des convertisseurs a été déterminée à partir de la valeur des courants de court-circuit relevée dans les commutateurs de court-circuit en sortie des panneaux photovoltaïques, il est aussi possible de la déterminer depuis une mesure d'ensoleillement obtenue à partir de simples capteurs d'ensoleillement

disposés auprès de ces panneaux. Dans le cas d'utilisation d'autres types de sources d'énergie unidirectionnelles, comme des éoliennes, lorsqu'une valeur de courant de court-circuit n'est pas accessible, un capteur de mesure de la vitesse du vent peut alors être employé pour déterminer cette puissance disponible.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de connexion matricielle disposé entre n sources d'énergie unidirectionnelles (PV1, PV2, PVn) et au moins $n+1$ convertisseurs de puissance (C1, C2, Cn, Cn+1) dans le but d'alimenter une charge commune (10), caractérisé en ce qu'il comprend :

. n interrupteurs matriciels (I1, I2 à In) comportant chacun n commutateurs de liaison (Ki1, Ki2 à Kin) dont les sorties sont reliées entre elles et dont les n entrées sont reliées aux n sorties desdites sources d'énergie unidirectionnelles, la sortie de la première source d'énergie unidirectionnelle (PV1) étant reliée à chacun des premiers commutateurs (Ki1) de chacun des interrupteurs matriciels (I1, I2 à In), la sortie de la deuxième source d'énergie unidirectionnelle (PV2) étant reliée à chacun des deuxièmes commutateurs Ki2 de chacun des interrupteurs matriciels (I1, I2 à In) et ainsi de suite jusqu'à la sortie de la n ième source d'énergie unidirectionnelle (PVn) qui est reliée à chacun des n èmes commutateurs (Kin) de chacun des interrupteurs matriciels (I1, I2 à In),

. au moins un interrupteur supplémentaire (In+1) comportant n commutateurs ($K_{n+1}1$, $K_{n+1}2$ à $K_{n+1}n$) dont les sorties sont reliées entre elles et les n entrées reliées respectivement aux n sorties desdites sources d'énergie unidirectionnelles, et

. un circuit de contrôle/commande (14) pour commander ou non le démarrage desdits convertisseurs de puissance en fonction de la puissance disponible au niveau de chacune desdites sources d'énergie unidirectionnelles puis pour commander leur maintien en tension ou leur désactivation en fonction de la puissance consommée par chacun d'eux.

2. Dispositif de connexion matricielle selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre n capteurs de puissance disposés auprès desdites n sources d'énergie unidirectionnelles pour permettre une mesure de ladite puissance disponible.

3. Dispositif de connexion matricielle selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit capteur de puissance est formé par un capteur d'ensoleillement ou par un capteur de mesure de la vitesse du vent.
4. Dispositif de connexion matricielle selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre n commutateurs de court-circuit (K10, K20 à Kn0) pour mettre en court-circuit la sortie de chacune desdites sources d'énergie unidirectionnelles et ainsi permettre une mesure de ladite puissance disponible.
5. Dispositif de connexion matricielle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits commutateurs comportent un IGBT ou un MOSFET associé à des circuits de protection à la fois contre les surtensions et les surintensités.
6. Dispositif de connexion matricielle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits commutateurs comportent un composant électromécanique.
7. Dispositif de connexion matricielle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites sources d'énergie unidirectionnelles sont des panneaux photovoltaïques ou des éoliennes ou une combinaison des deux.
8. Installation de conversion d'énergie comportant un dispositif de connexion matricielle selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour alimenter des convertisseurs de puissance à partir de sources d'énergie unidirectionnelles.

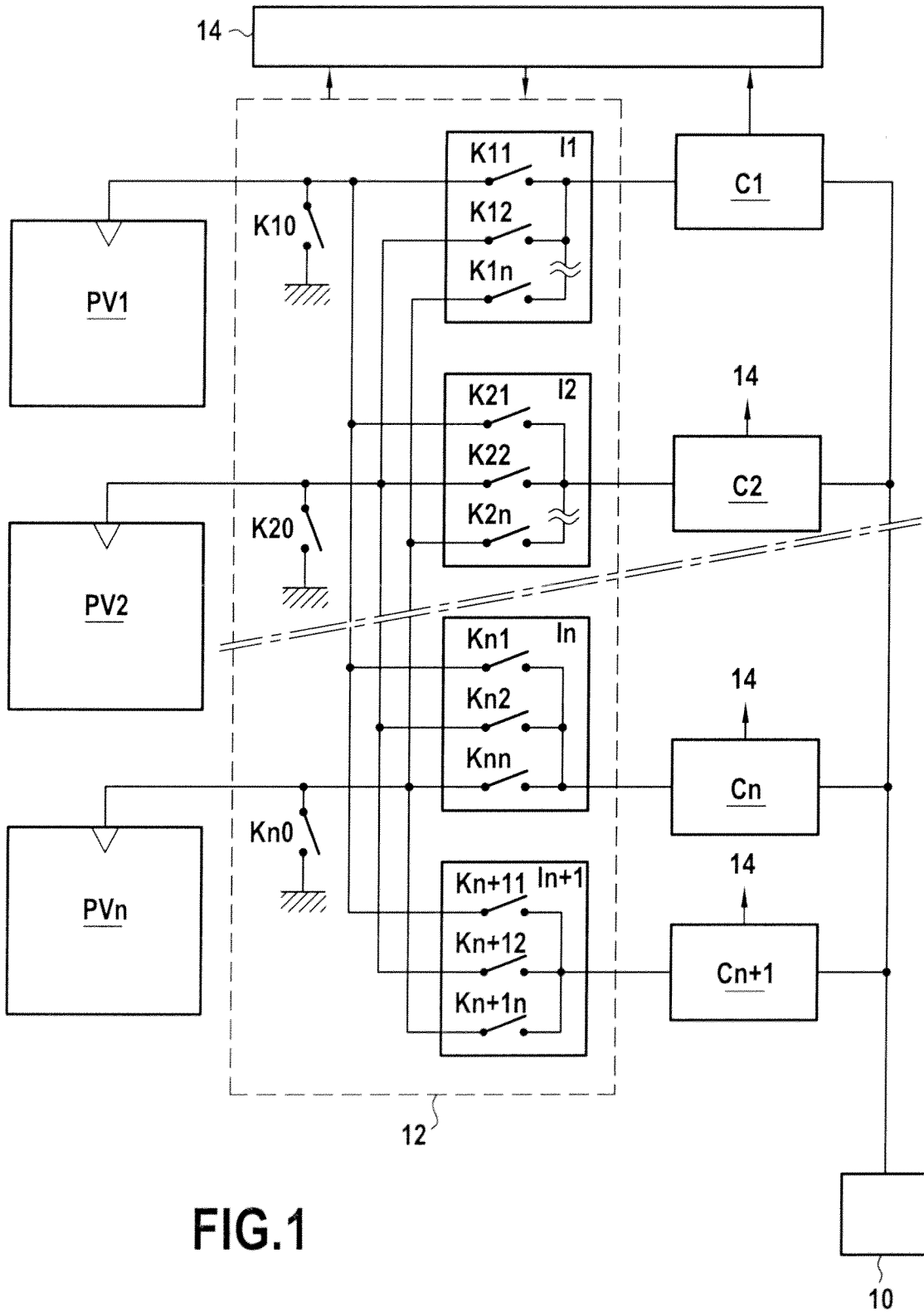


FIG.1

2/3

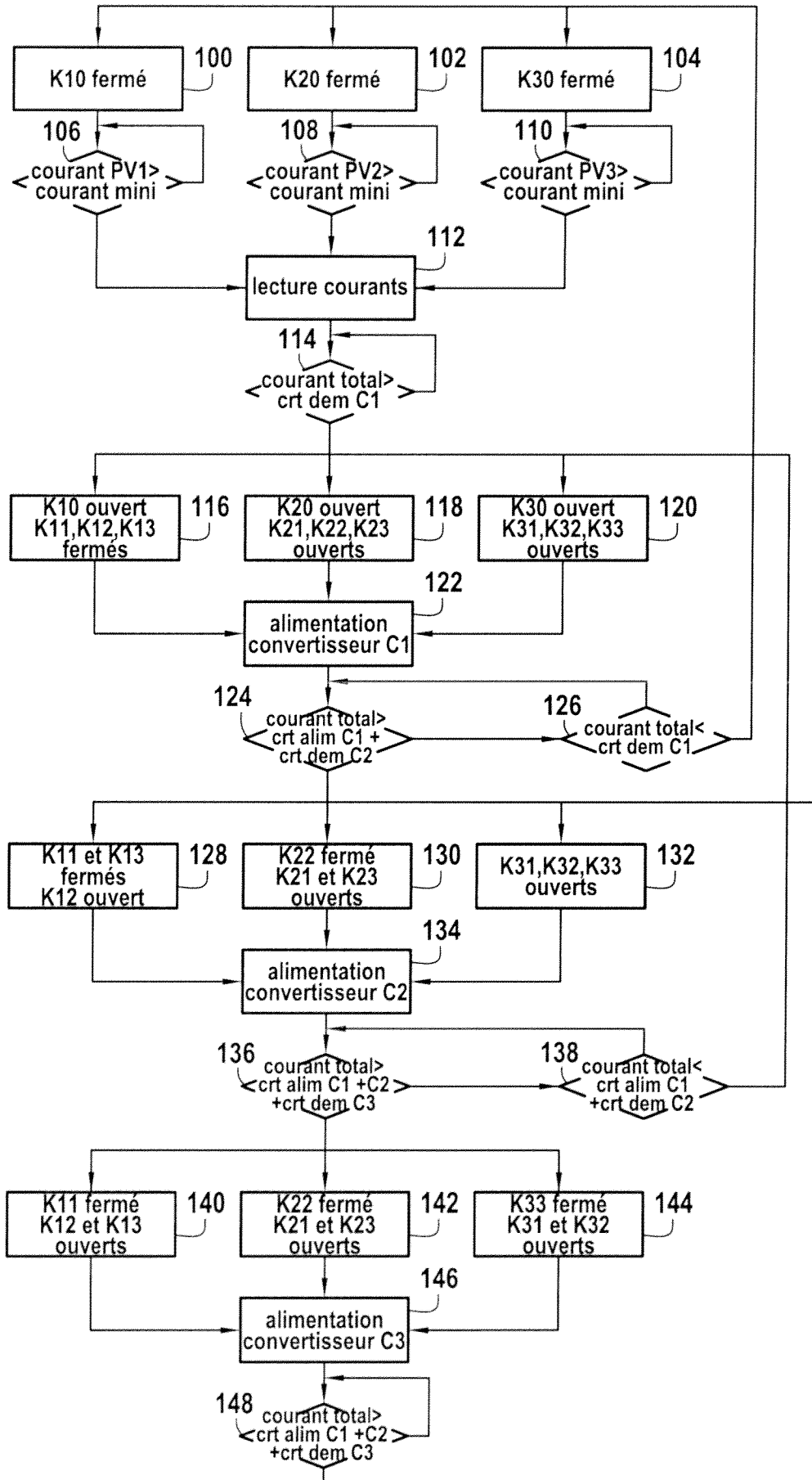


FIG.2

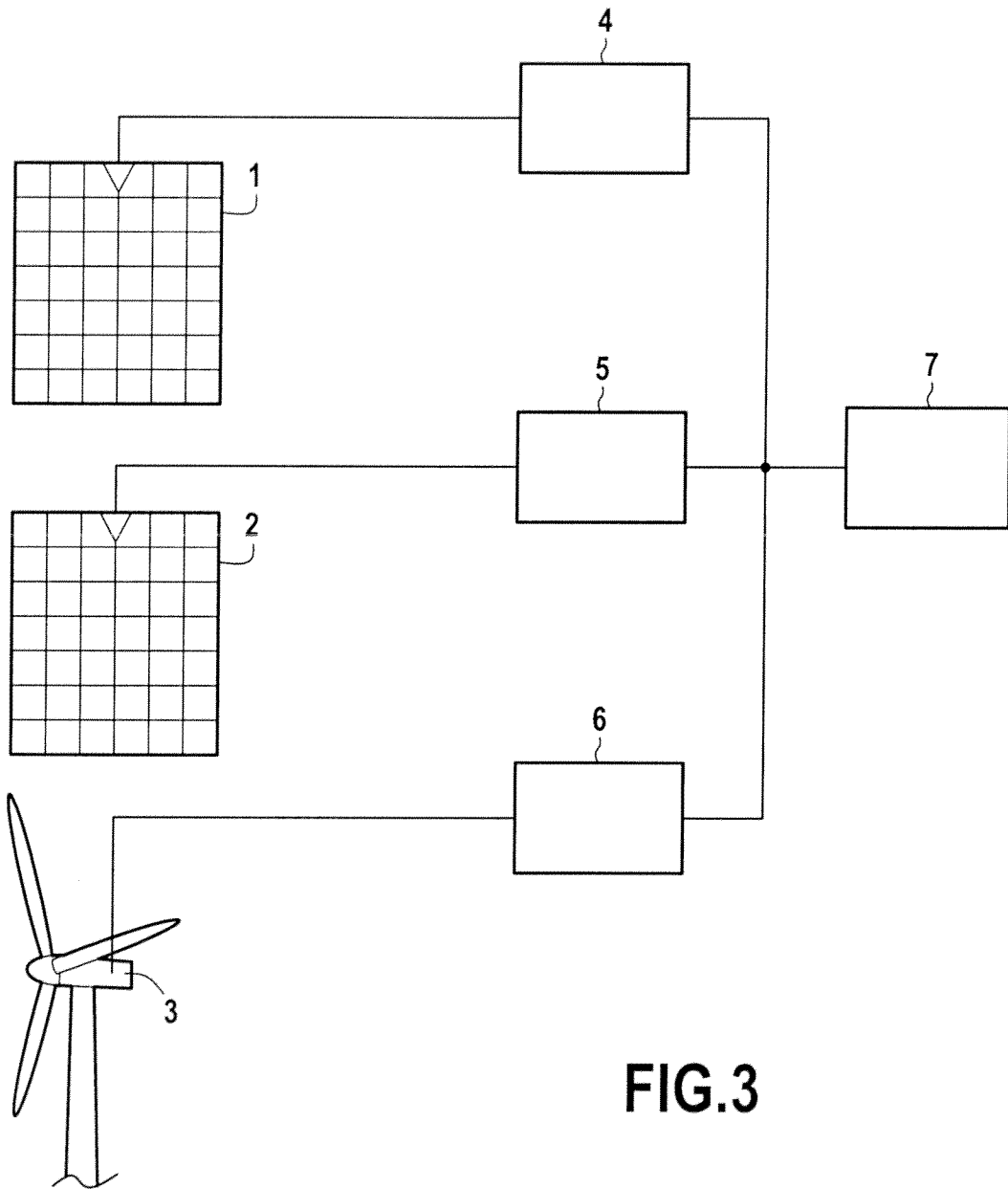


FIG.3