

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/128344 A2

(43) Date de la publication internationale
20 octobre 2011 (20.10.2011)

PCT

- (51) **Classification internationale des brevets :**
H02J 3/00 (2006.01) *H02J 13/00* (2006.01)
H02J 4/00 (2006.01)
- (21) **Numéro de la demande internationale :**
PCT/EP2011/055736
- (22) **Date de dépôt international :**
12 avril 2011 (12.04.2011)
- (25) **Langue de dépôt :** français
- (26) **Langue de publication :** français
- (30) **Données relatives à la priorité :**
1052750 12 avril 2010 (12.04.2010) FR
- (71) **Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :**
NOVATEC [FR/FR]; 350, Avenue d'Italie ZA albasud,
F-82000 Montauban (FR).
- (72) **Inventeur; et**
- (75) **Inventeur/Déposant (pour US seulement) :** CARRILLO,
Jean-Jacques [FR/FR]; 68 Faubourg Lacapelle, F-82000
Montauban (FR).
- (74) **Mandataire :** MAUPILIER, Didier; Schmit Chretien,
111 Cours du Médoc, CS 40009, F-33070 Bordeaux
Cedex (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).
- Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**
— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title :** METHOD OF BALANCING AN ELECTRICAL NETWORK COMPRISING SEVERAL GENERATORS, DISTRIBUTORS AND INSTALLATIONS

(54) **Titre :** PROCÉDE D'EQUILIBRAGE D'UN RESEAU ELECTRIQUE COMPORTANT PLUSIEURS GENERATEURS, REPARTITEURS ET INSTALLATIONS

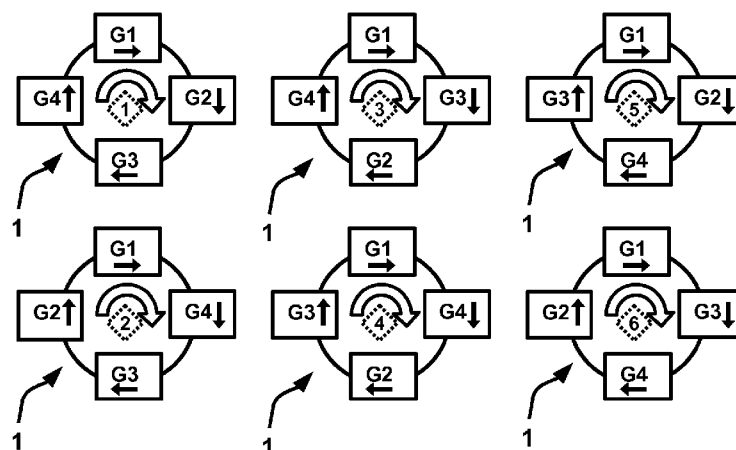


Fig 2

(57) **Abstract :** A method of balancing an electrical distribution system comprising several generators implements a network divided into several subnetworks powered by ring-like swappers. The balancing of the network between the various generators available is obtained through switchings of subnetworks selected as a function of the order of switching of the swappers.

(57) **Abrégé :** Un procédé d'équilibrage d'un système de distribution électrique comportant plusieurs générateurs met en œuvre un réseau divisé en plusieurs sous-réseaux alimentés par des permutateurs en anneaux. L'équilibrage du réseau entre les différents générateurs disponibles est obtenu par des commutations de sous-réseaux sélectionnés en fonction de l'ordre de commutation des permutateurs.

WO 2011/128344 A2

Publiée :

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

**PROCEDE D'EQUILIBRAGE D'UN RESEAU ELECTRIQUE
COMPORTANT PLUSIEURS GENERATEURS, REPARTITEURS ET
INSTALLATIONS.**

Domaine technique

La présente invention appartient au domaine des procédés et des moyens utilisés pour l'alimentation électrique de charges électriques par un
5 réseau comportant plusieurs générateurs utilisés comme source de puissance électrique.

Plus particulièrement l'invention concerne un procédé de répartition des charges électriques sur les différents générateurs en particulier dans les milieux confinés qui exigent une gestion rigoureuse des ressources en énergie.

10 Elle constitue un perfectionnement à l'invention décrite dans la demande de brevet français 08/05435 pour des moyens de répartition des générateurs.

Dans la suite de la présente description, il faut entendre par générateur une source d'énergie électrique, ainsi une phase d'une source électrique mono ou polyphasée est assimilable dans ce qui suit à un générateur.

15

Etat de la technique antérieure.

De manière conventionnelle, les réseaux électriques sont organisés en arborescence de sorte que chaque charge électrique est connectée à une
20 source d'énergie électrique par des conducteurs électriques agencés en série, entre la source d'énergie électrique et la charge électrique.

Pour assurer l'alimentation de plusieurs charges électriques par une même source, un agencement en étoile permet de raccorder les charges à des barres de distribution pouvant elles-mêmes être raccordées à d'autres barres
25 de distribution raccordées à la source.

A différents niveaux, des moyens de commutation, relais, interrupteurs statiques ou non, permettent d'isoler une charge ou un ensemble de charges,

voire une barre, du générateur ce qui permet de délester la source à laquelle sont connectées les charges et d'isoler ces charges de la source.

Pour des raisons de sécurité, les sources d'énergie électriques sont le plus souvent redondées, de même que le réseau électrique, pour l'alimentation
5 des charges.

Dans ce cas, lorsqu'une charge est considérée comme critique, c'est à dire que son alimentation électrique doit être maintenue en cas de défaillance de son alimentation électrique normale, soit par défaut de la source soit par défaut du réseau, il est d'usage que cette charge critique soit raccordée à un
10 second réseau et ou à une seconde source.

A cette fin la charge, le cas échéant une partie du réseau alimentant cette charge, et la source défaillante sont isolées par des moyens de commutation et raccordée à l'autre source.

De manière générale lorsqu'une source est défaillante la solution la plus
15 pratique consiste à commuter l'alimentation d'une barre depuis une source sur une autre pour continuer à alimenter les charges connectées à cette barre d'alimentation ce qui nécessite de dupliquer les moyens du système d'alimentation électrique, solution pénalisante en particulier en termes de coûts et de masses.

20

Exposé de l'invention

Le procédé d'équilibrage d'un système de distribution électrique suivant l'invention met en œuvre un réseau électrique, divisé en sous-réseaux, N générateurs, N égal ou supérieur à trois, chaque générateur alimentant une partie du réseau lorsque ledit générateur est disponible, dans lequel réseau chaque sous-réseau est alimenté à un instant donné par un seul générateur.

Chaque sous-réseau est associé, par un permutateur en anneau auquel il est connecté, à une combinaison de P générateurs définissant un ordre de connexion, parmi les combinaisons possibles, dudit sous réseau à au moins trois, P étant égal ou supérieur à trois, des générateurs parmi les N générateurs.

Suivant le procédé d'équilibrage :

- sont déterminées dans une première étape :
 - $W_{\text{maxréseau}}$: la puissance maximale disponible sur le réseau, égal à la somme des puissances maximales W_{maxGi} pouvant être délivrées par chacun des générateurs G_i opérationnels ;
- pour chaque générateur G_i opérationnel la puissance actuelle délivrée W_{Gi} ;
- sont calculées dans une seconde étape pour chacun des générateurs opérationnels d'une part une nouvelle puissance théorique d'équilibrage W_{neGi} prenant en compte des conditions souhaitées de répartition des charges et telle que $\text{somme}(W_{\text{neGi}}) = \text{somme}(W_{Gi})$ des générateurs G_i opérationnels et d'autre part un écart de puissance $DW_i = W_{Gi} - W_{\text{neGi}}$ entre la puissance actuelle et la nouvelle puissance théorique d'équilibrage ;
- sont identifiés dans une troisième étape les sous-réseaux alimentés par des générateurs en déséquilibre positif, c'est à dire dont l'écart de puissance DW_i est positif, et pouvant être réaffectés par une commutation d'un permutateur en anneau à un générateur en déséquilibre négatif, c'est à dire dont l'écart de puissance DW_i est négatif ;
- dans une quatrième étape des permutateurs en anneau connectés aux sous-réseaux identifiés lors de l'étape précédente sont actionnés pour alimenter tout ou partie des dits sous-réseaux par des générateurs en déséquilibre négatif.

Le procédé ainsi mis en œuvre par une unité de calculs et de commande permet ainsi de réaliser un équilibrage dynamique en tirant le parti des permutateurs en anneaux et en assurant la distribution électrique dans les sous réseaux.

Dans des formes préférées ou avantageuses de mise en œuvre, au cours de la troisième étape il est identifié parmi les permutateurs en anneau :

- ceux d'une première catégorie qui comportent un générateur fonctionnel en déséquilibre négatif et déclaré indisponible dans le permutateur en anneau ;
- ceux d'une seconde catégorie qui comportent un générateur en déséquilibre positif et alimentant effectivement un sous-réseau qui est effectivement suivi dans l'ordre de permutation de leurs combinaisons par un générateur en déséquilibre négatif.

10

Avantageusement au cours de la quatrième étape l'équilibrage du réseau est réalisé prioritairement par action sur les permutateurs en anneau de la première catégorie.

D'autres détails de réalisation améliorant l'efficacité du procédé consiste :

- à ne réaliser les troisième et quatrième étapes que lorsqu'au moins un écart de puissance DWi dépasse une valeur seuil ;
- et ou à ne réaliser les troisième et quatrième étapes que si un temps prédéterminé est écoulé depuis une exécution antérieure des dites troisième et quatrième étape.

20

La commutation se fait par exemple par action sur des permutateurs mécaniques ou électromécaniques ou statiques agencés en anneau ou bien par des commandes sur des commutateurs au moyen d'une logique de commande reproduisant fonctionnellement les commutations en anneaux.

- Dans le cas d'un réseau dont les charges sont alimentées par l'intermédiaire de disjoncteurs en tranches tels que les disjoncteurs décrits dans la demande de brevet français 08/05433, la reproduction fonctionnelle des commutations en anneaux peut le cas échéant être réalisée par une mise en œuvre adaptée des disjoncteurs en tranche.

30

En dehors de tout rééquilibrage, chaque sous-réseau est affecté par défaut à un générateur donné de sorte qu'il n'y a pas de sous-réseau orphelin c'est à dire de réseau qui ne soit pas affecté à un sous-réseau.

Les puissances actuelles des générateurs peuvent être connues par mesures ou déterminées par la connaissance des charges raccordées aux sous-réseaux.

5 Le système de distribution électrique mis en œuvre dans le cadre du procédé de l'invention comporte avantageusement :

- des permutateurs en anneau avec l'ensemble des N générateurs du système de distribution considéré, et ou
- des permutateurs en anneau représentant toutes les
10 combinaisons possibles dans l'ordre de permutation des générateurs, c'est à dire factorielle N, et ou
- deux ou plus permutateurs correspondant à la même combinaison dans l'ordre de permutation, le nombre de sous-réseaux pouvant alors être supérieur à factoriel N.

15 Dans une forme préférée d'application le procédé est mis en œuvre avec un système de distribution électrique d'un engin autonome dans sa production d'énergie tel qu'un véhicule terrestre, maritime, aérien ou spatial.

Description sommaire des figures

20

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'une forme préférée de réalisation donnée à titre d'exemple non limitatif en se référant aux dessins annexés en lesquels :

- la figure 1a présente schématiquement un permutateur en anneau en
25 conditions nominales ;
- la figure 1b présente le permutateur en anneau de la figure 1a dans lequel un générateur (G2) est déclaré indisponible ;
- la figure 2 présente symboliquement les six permutateurs en anneau d'un système de distribution électrique à quatre générateurs.

30

Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

Le procédé d'équilibrage d'un réseau électrique objet de la présente invention met en œuvre un système de distribution électrique comportant N sources d'énergie électriques, désignés générateurs, N étant le nombre de générateurs du réseau considéré, destiné à alimenter des éléments
5 consommateurs d'énergie électrique, désignés charges, et des conducteurs électriques, entre les générateurs et les charges, formant un réseau, ledit réseau étant partagé en sous-réseaux.

Dans l'invention le système de distribution électrique comporte au moins trois générateurs c'est à dire que N est supérieur ou égal à trois.

10 Chaque sous-réseau alimente une charge, ou un ensemble de charges ici alors considéré comme une charge, et est alimenté à un instant donné par un seul générateur.

Le nombre de sous-réseaux est en pratique adapté aux nombres de charges devant être alimentées, à la manière dont certaines charges peuvent
15 être groupées, à leurs emplacements dans un milieu confiné, aux ségrégations et redondances devant être assurées ...

Dans un système complexe le nombre de sous-réseaux peut donc être élevé et sera le plus souvent très supérieur au nombre de générateurs.

En outre chaque sous-réseau d'indice (s) est en mesure d'être alimenté
20 par P générateurs G(j), avec j égal 1 à P, parmi les N générateurs du système de distribution, avec P au moins égal à trois.

Chaque sous-réseau d'indice (s) est de plus associé à une combinaison C(t) des P générateurs G(j) par lesquels il est en mesure d'être alimenté, combinaison C(t) qui correspond à un ordre de permutation circulaire dans une
25 association en anneau desdits P générateurs tel que le sous-réseau est alimenté par le premier générateur disponible dans l'ordre de permutation de la combinaison associée audit sous-réseau.

Le dispositif assurant ces permutations circulaires est dit permutateur en anneau. Il peut être réalisé par différent moyens mettant en œuvre des
30 commutateurs pouvant être actionnés par des moyens mécaniques ou électromécaniques ou par des moyens de commutation statique agencés en parallèle et activés par une unité de commande recevant des signaux de

contrôle, issus de senseurs ou de capteurs, représentatifs de l'état des générateurs et du réseau ainsi que des permutateurs en anneau.

Un générateur en état de délivrer une puissance attendue dans le cadre du fonctionnement du système est dit générateur opérationnel.

5 Le statut opérationnel d'un générateur est donc intrinsèque au générateur lui-même, un générateur en panne en particulier n'étant plus opérationnel.

Dans un cas pratique illustré sur la figure 2, qui sera utilisé comme un
10 exemple de réalisation pour la description détaillée, il sera considéré que le système de distribution met en œuvre quatre générateurs G1, G2, G3, G4, c'est à dire que $N=4$, et que chaque sous-réseau sera en mesure d'être alimenté par les dits quatre générateurs, c'est à dire $P=N=4$.

Il est ainsi défini factorielle quatre combinaisons de permutation possible,
15 soit 24 ordres de permutation, et pour illustrer la mise en œuvre du procédé, il sera également considéré que le réseau comporte au moins un sous-réseau associé chacune de ces combinaisons $C(t)$ avec $t = 1$ à 24.

Avantageusement les combinaisons correspondant à un ordre de permutation identique sont regroupées dans un même permutateur en anneau
20 1. Sur un même permutateur en anneau 1, les ordres de permutation des générateurs d'une combinaison se distingue par le premier générateur considéré dans la combinaison considéré.

Comme illustré sur la figure 2, il existe donc six permutateurs en anneau 1 dans le cas du système illustré comportant quatre générateurs et 24
25 combinaisons.

Par exemple le premier permutateur en anneau, dont le rang est indiqué par le numéro au centre du cercle symbolisant l'anneau, de la figure 2 correspond aux combinaisons des quatre générateurs G1, G2, G3 et G4 suivantes :

- 30
- $C(1) = \{G1 - G2 - G3 - G4\}$
 - $C(2) = \{G2 - G3 - G4 - G1\}$
 - $C(3) = \{G3 - G4 - G1 - G2\}$

$$- \quad C(4) = \{G4 - G1 - G2 - G3\}$$

Un tel moyen de répartition des générateurs est également décrit dans la demande de brevet français 08/05435 ayant pour inventeur l'inventeur de la présente demande et déposée le 1er octobre 2010 pour un procédé
5 d'organisation d'un réseau électrique comportant plusieurs générateurs, répartiteur et installation.

Les figures 1a et 1b donnent schématiquement un exemple de réalisation d'un permutateur en anneau à 4 générateurs.

Cet exemple correspond au premier permutateur en anneau de la figure
10 2 présenté supra.

On constate sur la figure 1a en configuration nominale que chaque sous-réseau 2 est alimenté par un générateur différent, respectivement G1, G2, G3 et G4 en raison de la position de commutateurs g1, g2, g3 et g4 associés à chaque générateur respectivement.

15 Sur la figure 1b, à titre d'illustration, le générateur G2 est déclaré indisponible dans le permutateur en anneau considéré par des moyens de commande, non représentés et qui commandent la position des commutateurs g1, g2, g3 et g4, ce qui conduit à ce que le sous-réseau initialement alimenté par G2 est alimenté par le générateur le suivant dans la combinaison associée
20 au dit sous-réseau, c'est à dire ici le générateur G3 du fait du changement d'état du commutateur g2.

Un générateur peut-être déclaré indisponible dans le permutateur en anneau considéré même si ce générateur est opérationnel, c'est à dire qu'il est alors assimilable à un générateur non opérationnel pour ce permutateur sans
25 l'être nécessairement pour les autres permutateurs en anneau du système.

Dans ce cas le permutateur en anneau est commuté de sorte que le générateur déclaré indisponible n'alimente plus aucun des sous-réseaux alimentés par le permutateur en anneau, cas du générateur G2 sur la figure 1b.

Le caractère « disponible » ou « indisponible » est donc une
30 caractéristique arbitraire d'un couple {générateur, permutateur en anneau}.

Pour équilibrer le réseau, lorsque tous les générateurs G_i sont fonctionnels et que les charges voulues en conditions nominales sont alimentées, les sous-réseaux sont affectés aux différents générateurs pour obtenir une répartition optimale des charges entre les différents générateurs, 5 c'est à dire que les sous réseaux sont répartis sur les différents permutateurs en anneau et entre les différents générateurs de sorte à obtenir pour chaque générateur une puissance totale actuelle aussi proche que possible d'une puissance totale théorique d'équilibrage W_{teG_i} .

Il convient évidemment de comprendre que les puissances théoriques 10 d'équilibrage W_{teG_i} attribuées à chaque générateur G_i ne sont pas nécessairement identiques.

En particulier si les générateurs ne sont pas de même puissance nominale maximale, la répartition de puissances théoriques d'équilibrage peut être considérée comme celle qui conduit à une charge relative (en % de la 15 charge nominale maximale) identique pour chaque générateur.

Les puissances théoriques d'équilibrage W_{teG_i} peuvent également différer en valeur absolue ou en valeur relative par exemple pour assurer un vieillissement différent entre les différents générateurs d'un système de distribution pour des raisons de sécurité du système de distribution.

20 Dans l'exemple illustré, si un sous-réseau est associé à chaque combinaison de permutation, chaque générateur alimente en condition nominale, tous les générateurs étant opérationnels et déclarés disponibles, un sous-réseau de chaque permutateur en anneau donc six sous-réseaux au total.

Le générateur qui alimente dans ces conditions nominales un sous- 25 réseau est dit générateur légitime du sous-réseau.

Les générateurs légitimes sont attribués dans une étape préliminaire 100 de conception du système de distribution électrique pour obtenir l'équilibrage recherché.

30 Pendant l'utilisation du système de distribution électrique, les conditions initiales de répartition des charges peuvent être perturbées au point que le

réseau se trouve déséquilibré à un niveau incompatible avec les objectifs d'équilibrage recherchés.

Un tel déséquilibre peut être provoqué en particulier par une modification de la consommation de certaines charges qui peut être variable, la
5 connexion ou la déconnexion de certaines charges, l'arrêt ou le démarrage d'un générateur, une modification du choix de la répartition optimale des charges, par exemple sur une période donnée telle qu'une phase de vol particulière d'un aéronef.

Les événements tels que connexion, déconnexion, arrêt ou démarrage
10 peuvent être la conséquence de commandes en situations normales ou anormales ou encore la conséquence d'événements imprévisibles, de pannes en particulier.

Dans une première étape 110 du procédé d'équilibrage il est déterminé les paramètres caractérisant la marge de puissance disponible pour chacun des
15 générateurs et pour le système de distribution électrique :

- $W_{\text{maxréseau}}$ = la somme des puissances maximales $W_{\text{max}G_i}$ pouvant être délivrées par chacun des générateurs G_i opérationnels
- W_{G_i} = la puissance actuelle délivrée par le générateur G_i pour chaque générateur, de laquelle se déduit la charge relative $W_{G_i}\%$ du
20 générateur G_i , avec $W_{G_i}\% = 100 \times W_{G_i} / W_{\text{max}G_i}$
- W_{rG_i} = la puissance relative actuelle délivrée par le générateur G_i dans le réseau par rapport à la puissance totale distribuée dans le réseau, c'est à dire $W_{rG_i} = W_{G_i} / W_{\text{maxréseau}}$

25 Il convient de rappeler que $W_{\text{max}G_i}$ peut ne pas être une valeur constante en toute circonstance.

En particulier des valeurs $W_{\text{max}G_i}$ différentes peuvent être attribuées au générateur G_i en fonction de modes d'utilisation, par exemple : utilisation continue ou utilisation à durée limitée, tous les générateurs en fonctionnement
30 ou certains générateurs en panne...

Pour un générateur G_i incapable de délivrer de la puissance électrique, on aura $W_{\text{max}G_i} = 0$.

Dans la pratique, la valeur W_{Gi} de la puissance actuelle délivrée par un générateur G_i peut être obtenue à partir de signaux délivrés par des capteurs, par exemple de tension et de courant en sortie du générateur, ou peut être estimé en fonction des charges raccordées aux sous-réseaux alimentés par ledit générateur G_i , lesquelles charges et leurs puissances absorbées peuvent être connues ou pour le moins estimées par exemple par un système de gestion des charges électriques comme dans le cas d'un avion moderne qui met en œuvre des disjoncteurs surveillés sur les lignes électriques.

10 Dans une seconde étape 120 une nouvelle puissance théorique d'équilibrage W_{neGi} est calculée pour chacun des générateurs opérationnels.

La somme des nouvelles puissances théoriques d'équilibrage pour tous les générateurs opérationnels correspond, par nécessité pour continuer à alimenter les charges du réseau, à la somme des puissances actuelles
15 délivrées par l'ensemble des générateurs opérationnels :

$$\text{somme } (W_{neGi}) = \text{somme } (W_{Gi}) \text{ pour les générateurs opérationnels}$$

Avantageusement la répartition de puissance entre les générateurs opérationnels est conservée avec les mêmes rapports que dans la répartition
20 initiale des générateurs considérés c'est à dire que pour chaque générateur G_i opérationnel :

$$W_{neGi} / \text{somme } (W_{neGi}) = W_{teGi} / \text{somme } (W_{teGi}) \text{ en ne considérant que les générateurs opérationnels.}$$

25 Toutefois cette condition qui a l'avantage d'être équitable en respectant la répartition de charge initiale n'est pas impérative et peut être modifiée en fonction d'autres critères tels que des critères de sécurité devant être appliqué à un générateur particulier.

Quelle que soit la méthode choisie pour calculer les valeurs de W_{neGi} ,
30 ces dernières correspondent à une amélioration de l'équilibre du réseau par rapport à la situation actuelle qui vient d'être déterminée et qui justifie d'un rééquilibrage du réseau.

Un écart de puissance DW_i est alors établi pour chaque générateur opérationnel G_i , différence entre la puissance actuelle WG_i et la nouvelle puissance théorique d'équilibrage $WneG_i$:

$$DW_i = WG_i - WneG_i$$

5

Lorsque la puissance actuelle délivrée par le générateur G_i est supérieure à la nouvelle puissance théorique d'équilibrage $WneG_i$, DW_i est positif et le générateur G_i est considéré comme en déséquilibre positif.

Ce cas se présente par exemple dans une situation où une charge
10 augmente sur un sous-réseau alimenté par le générateur considéré, par exemple à la suite de la prise en charge par le générateur d'un sous-réseau précédemment alimenté par un autre générateur, par exemple suite à une panne.

Lorsque la puissance actuelle délivrée par le générateur G_i est inférieure
15 à la nouvelle puissance théorique d'équilibrage $WneG_i$, DW_i est négatif et le générateur G_i est considéré comme en déséquilibre négatif.

Ce cas se présente par exemple à la suite de la déconnexion de charges d'un sous-réseau alimenté par le dit générateur.

20 Dans une troisième étape 130 des sous-réseaux alimentés par des générateurs en déséquilibre positif pouvant être réaffectés à des générateurs en déséquilibre négatif par les permutateurs en anneau recevant des commandes d'un système de surveillance et de commande sont déterminés.

A cette fin il est déterminé dans quels permutateurs en anneau :

25 – d'une part, un générateur opérationnel en déséquilibre négatif est actuellement déclaré indisponible, ayant pour conséquence que le sous-réseau dont il est le générateur légitime a été transféré à un autre générateur, dit générateur héritier, le suivant dans la combinaison associée au dit sous-réseau. Ces permutateurs sont dits permutateurs en anneau de première catégorie ;

30 – d'autre part, un générateur en déséquilibre positif et alimentant effectivement un sous-réseau est suivi effectivement dans l'ordre de permutation de la combinaison dudit permutateur par un générateur en

déséquilibre négatif. Ces permutateurs sont dits permutateurs en anneau de seconde catégorie.

Il s'agit ici du générateur suivant effectivement sur le plan fonctionnel c'est à dire sans prendre en considération dans le permutateur en anneau
5 considéré un éventuel générateur qui aurait été déclaré indisponible dans le dit permutateur en anneau même si ce dernier apparaît entre les générateurs en déséquilibre positif et négatif dans la séquence de permutation caractérisant l'anneau de permutation.

10 Dans une quatrième étape 140 les permutateurs en anneau sont actionnés pour que :

– dans un premier temps, dans les permutateurs en anneau de la première catégorie, les sous-réseaux ayant été antérieurement transférés par leurs générateurs légitimes à un générateur héritier soient à nouveau alimentés
15 par leurs générateurs légitimes respectifs, ce qui est obtenu en déclarant au niveau dudit permutateur en anneau le générateur en déséquilibre négatif à nouveau disponible ;

– dans un second temps, si le réseau n'est toujours pas équilibré, dans les permutateurs en anneau de la seconde catégorie, les sous-réseaux
20 soient transférés du générateur en déséquilibre positif vers le générateur en déséquilibre négatif, ce qui est obtenu en déclarant au niveau dudit permutateur en anneau le générateur en déséquilibre positif indisponible.

Cette quatrième étape peut être réalisée globalement si les données nécessaires pour réaliser le rééquilibrage du réseau sont disponibles, par
25 exemple lorsque sont connues les puissances absorbées par chaque sous-réseau ce qui permet d'établir une liste des permutations suffisantes et nécessaires pour équilibrer le réseau.

Dans un autre mode de mise en œuvre du procédé, une seule déclaration, ou un nombre limité de déclarations, de générateur disponible ou
30 indisponible est réalisée à la fois et un nouveau cycle de rééquilibrage est effectué depuis l'étape 110 jusqu'à atteindre un équilibrage jugé satisfaisant.

Il convient de noter qu'un équilibre du réseau ne peut pas en pratique être parfait et qu'un déséquilibre modéré du réseau est sans conséquence pratique.

Les commutations de sous-réseaux ne permettent en effet que
5 d'approcher l'équilibre théorique recherché puisqu'il n'est pas possible de fractionner un sous-réseau et le choix des commutations parmi l'ensemble des permutations permettant d'améliorer l'équilibrage du réseau par rapport à la situation actuelle est avantageusement celui permettant d'obtenir une répartition des puissances par générateur la plus proche possible de celle de
10 l'équilibrage théorique sur la base d'un critère d'optimisation, par exemple un critère des moindres carrés.

Afin d'éviter des actions sans intérêt sur les permutateurs en anneaux, le déclenchement d'un rééquilibrage effectif est réalisé à l'issue de la seconde étape 120 à partir de critères pris isolément ou combinés tels que :

- 15 – dépassement d'un seuil de puissance actuelle fournie prédéterminé d'un générateur ;
- dépassement d'un seuil d'écart des puissances actuelles fournies par les générateurs ;
- temps écoulé depuis le constat d'un déséquilibre ;
- 20 – temps écoulé depuis le rééquilibrage précédent ...

Si aucun des critères retenus ne conduit à envisager un rééquilibrage, le processus est repris à la première étape 110, de préférence avec une temporisation.

25 Dans le présent procédé la répartition de la puissance délivrée par un générateur sur plusieurs sous-réseaux, lesquels peuvent être commutés individuellement par les permutateurs en anneau depuis un générateur légitime ou un générateur héritier vers un autre générateur, permet de moduler la puissance demandée à chaque générateur.

30 Dans l'exemple illustré présentant 24 sous-réseaux alimentés par l'intermédiaire de six permutateurs en anneau, un générateur quelconque est

suivi par un autre générateur donné dans l'ordre de la combinaison d'un permutateur en anneau dans deux des six permutateurs en anneau.

Cependant le nombre de permutateurs en anneau n'est pas limité à six, et un type de permutateur en anneau peut être présent deux ou plusieurs fois
5 dans le réseau ce qui permet de multiplier le nombre de sous-réseaux et augmente le nombre de possibilités pour réaliser le rééquilibrage du réseau.

Par exemple dans un système de distribution comportant deux fois chaque modèle de permutateur en anneau il est possible de réaliser un réseau avec 48 sous-réseaux, agencement qui augmente considérablement les
10 possibilités de rééquilibrage du réseau.

REVENDEICATIONS

1 – Procédé d'équilibrage d'un système de distribution électrique comportant un réseau électrique, ledit réseau étant divisé en sous-réseaux, comportant N générateurs, N égal ou supérieur à trois, chaque générateur alimentant une partie du réseau lorsque ledit générateur est opérationnel, dans lequel réseau chaque sous-réseau est alimenté à un instant donné par un seul générateur, dans lequel réseau chaque sous-réseau est associé, par un permutateur en anneau (1) auquel il est connecté, à une combinaison de P générateurs définissant un ordre de connexion, parmi les combinaisons possibles, dudit sous réseau à au moins trois, P étant égal ou supérieur à trois, des générateurs parmi les N générateurs et dans lequel procédé d'équilibrage :

- sont déterminées dans une première étape (110) :
 - $W_{\text{maxréseau}}$: la puissance maximale disponible sur le réseau, égal à la somme des puissances maximales W_{maxGi} pouvant être délivrées par chacun des générateurs G_i opérationnels ;
 - pour chaque générateur G_i opérationnel la puissance actuelle délivrée W_{Gi} ;
- sont calculées dans une seconde étape (120) pour chacun des générateurs opérationnels :
 - une nouvelle puissance théorique d'équilibrage W_{neGi} prenant en compte des conditions souhaitées de répartition des charges et telle que $\text{somme}(W_{\text{neGi}}) = \text{somme}(W_{Gi})$ des générateurs G_i opérationnels et ;
 - un écart de puissance $DW_i = W_{Gi} - W_{\text{neGi}}$ entre la puissance actuelle et la nouvelle puissance théorique d'équilibrage ;
- sont identifiés dans une troisième étape (130) les sous-réseaux alimentés par des générateurs en déséquilibre positif, c'est à dire dont l'écart de puissance DW_i est positif, et pouvant être réaffectés par un permutateur en anneau (1) à un générateur en

déséquilibre négatif, c'est à dire dont l'écart de puissance DW_i est négatif ;

- 5
- dans une quatrième étape (140) des permutateurs en anneau (1) connectés aux sous-réseaux identifiés lors de l'étape précédente (130) sont actionnés pour alimenter tout ou partie des dits sous-réseaux par des générateurs en déséquilibre négatif.

2 – Procédé suivant la revendication 1 dans lequel au cours de la troisième étape (130) il est identifié parmi les permutateurs en anneau (1) :

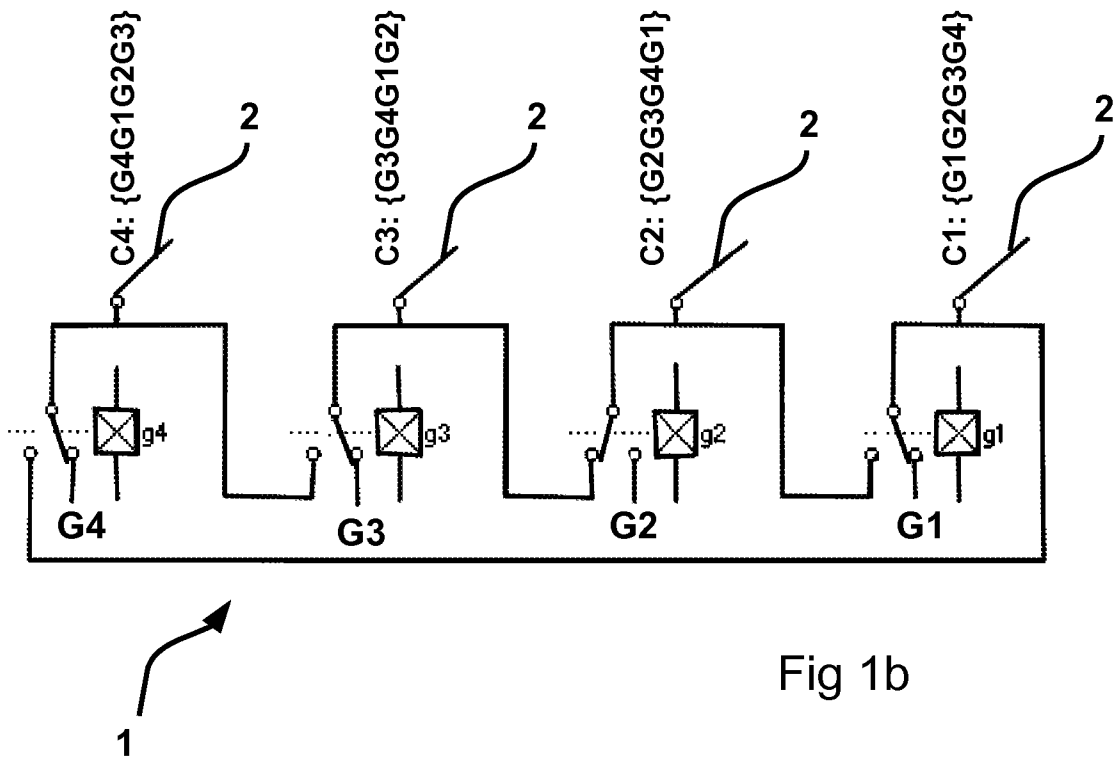
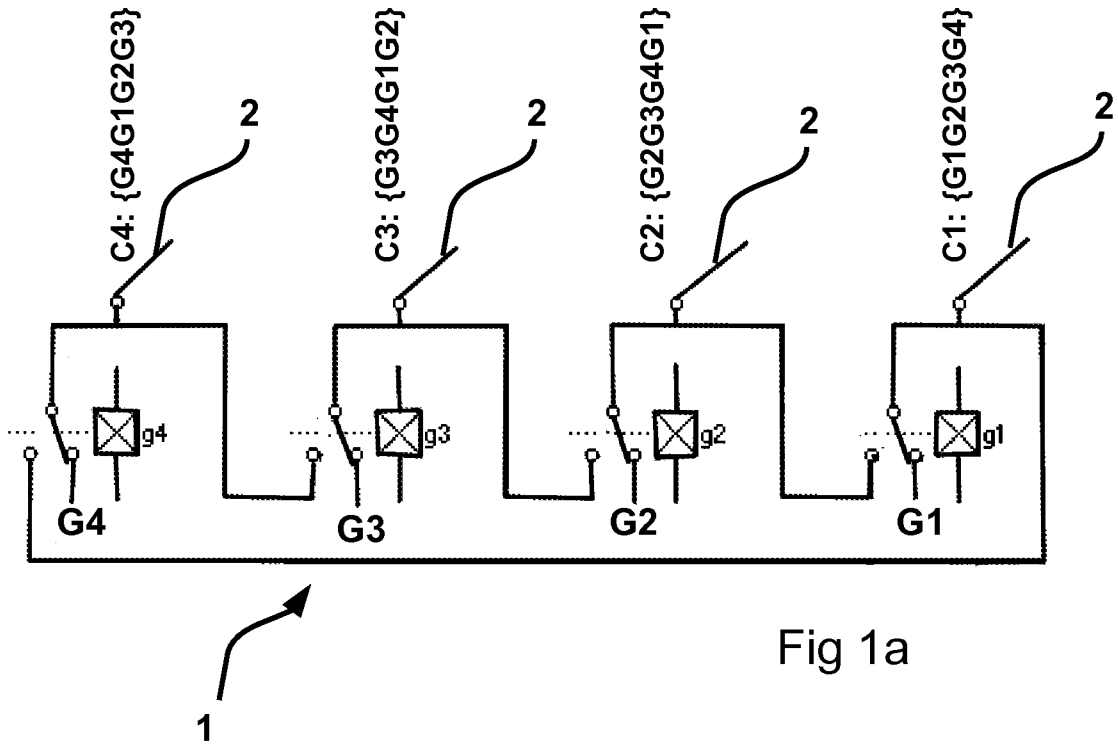
- 10
- ceux d'une première catégorie qui comportent un générateur fonctionnel en déséquilibre négatif et déclaré indisponible dans le permutateur en anneau ;
 - ceux d'une seconde catégorie qui comportent un générateur en déséquilibre positif et alimentant effectivement un sous-réseau qui est effectivement suivi
- 15
- dans l'ordre de permutation de leurs combinaisons par un générateur en déséquilibre négatif.

3 – procédé suivant la revendication 2 dans lequel au cours de la quatrième étape (140) l'équilibrage du réseau est réalisé prioritairement par action sur les permutateurs en anneau de la première catégorie.

- 20
- 4 – procédé suivant l'une des revendications précédentes dans lequel les troisième et quatrième étapes (130, 140) ne sont réalisées que lorsqu'au moins un écart de puissance DW_i dépasse une valeur seuil.

- 25
- 5 – procédé suivant l'une des revendications précédentes dans lequel les troisième et quatrième étapes (130, 140) ne sont réalisées que si un temps prédéterminé est écoulé depuis une exécution antérieure des dites troisième et quatrième étape.

1/2



2/2

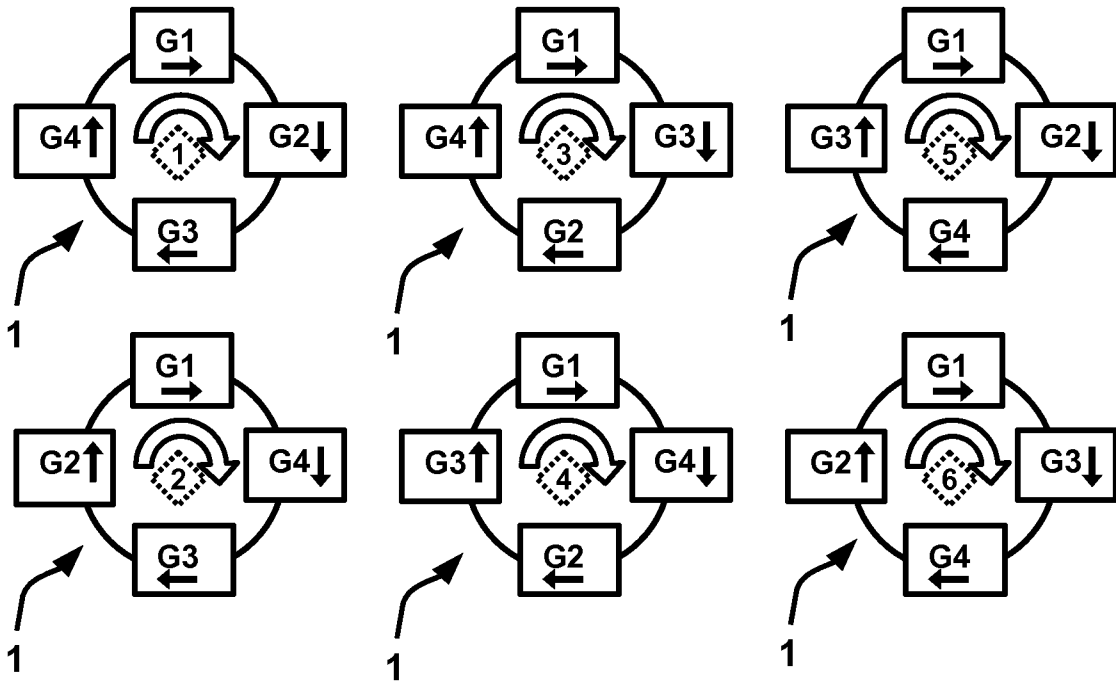


Fig 2

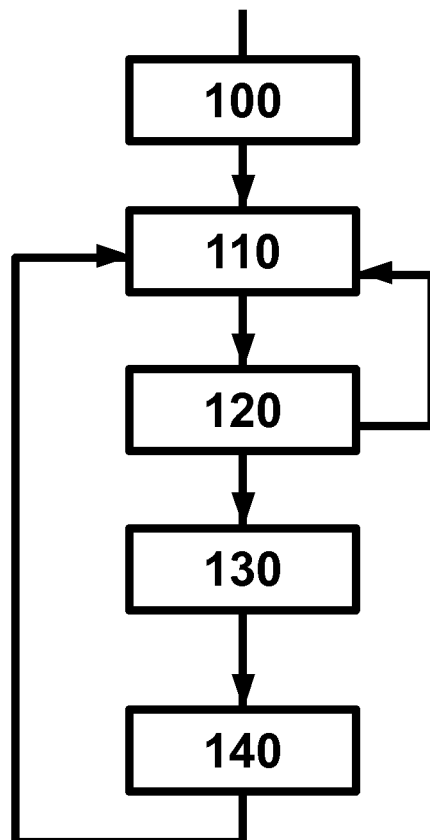


Fig 3