

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.01.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 12.07.24 Bulletin 24/28.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SUPERGRID INSTITUTE Société par
Actions Simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : LECLERE Loïc, ERRIGO Florian et
MOREL Florent.

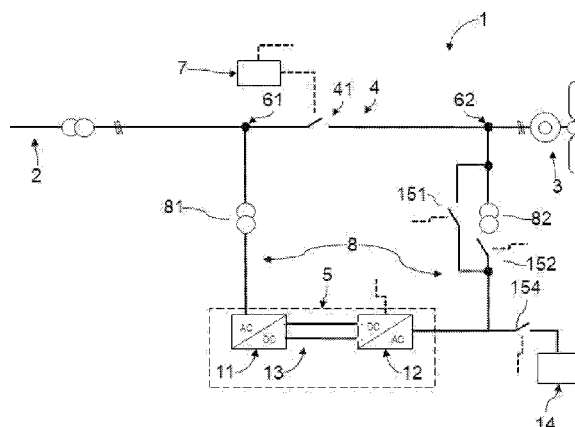
73 Titulaire(s) : SUPERGRID INSTITUTE Société par
Actions Simplifiée.

74 Mandataire(s) : OPILEX.

54 système de transfert de puissance pour piloter économiquement une machine électrique et la connecter à
un système de stockage d'énergie.

57 L'invention concerne un système de transfert de puissance (1), comprenant une première branche (4) incluant un interrupteur commandé (41), et une deuxième branche (8) incluant un convertisseur à fréquence variable (5) et connectées en parallèle entre un réseau alternatif (2) et une machine électrique (3), -le convertisseur à fréquence variable (5) comprend:-une première interface alternatif connectée à la première interface de connexion (61);-une deuxième interface alternatif (191, 192, 193) connectée à la deuxième interface de connexion (62);-une troisième interface continu (171,172,173, 181, 182, 183); -le convertisseur à fréquence variable (5) étant configuré pour réaliser soit une conversion alternatif/alternatif entre les première et deuxième interfaces alternatif dans un premier mode ou pour réaliser une conversion alternatif/continu entre la première interface alternatif et la troisième interface continu dans un deuxième mode;-un système de stockage d'énergie (14) connecté à la troisième interface continu.

Fig. 1



Description

Titre de l'invention : système de transfert de puissance pour piloter économiquement une machine électrique et la connecter à un système de stockage d'énergie

- [0001] L'invention concerne le transfert de puissance entre un réseau alternatif et une machine électrique réversible ou non réversible, utilisant un système de stockage d'énergie. En particulier, l'invention concerne l'utilisation d'un système permettant le démarrage de la machine électrique en contrôlant sa vitesse.
- [0002] De nombreux barrages hydroélectriques incluent une pompe/turbine réversible utilisée soit en mode pompe pour conduire de l'eau au dessus du barrage et consommer de l'électricité provenant du réseau alternatif, soit en mode turbine pour générer de la puissance électrique transférée vers un réseau alternatif. Un système de transfert de puissance connu comprend une première branche et une deuxième branche connectées en parallèle pour former un lien de puissance entre le réseau alternatif et la machine électrique. La première branche comprend un interrupteur commandé. Lorsque l'interrupteur commandé est fermé, une puissance électrique nominale peut être échangée entre le réseau alternatif et la machine électrique. Pour démarrer une machine électrique comme une pompe/turbine, cette machine électrique a initialement une vitesse nulle et doit être accélérée jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse de synchronisation du réseau alternatif. Ainsi, la deuxième branche comprend un convertisseur à fréquence variable comprenant des premier et second convertisseurs alternatif/continu. Les interfaces alternatif de ces convertisseurs alternatif/continu sont connectées respectivement au réseau alternatif et à la pompe/turbine. L'interrupteur commandé est initialement ouvert. Le convertisseur à fréquence variable transfère de la puissance vers la machine électrique jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse de synchronisation du réseau alternatif. L'interrupteur commandé est ensuite fermé une fois que cette vitesse de synchronisation est atteinte.
- [0003] De plus, ce système de transfert de puissance peut également inclure un système d'hybridation qui comprend un convertisseur alternatif/continu connecté au lien de puissance et un système de stockage d'énergie connecté à l'interface continu du convertisseur alternatif/continu. Ce système de stockage d'énergie est une source continue réversible qui est capable de stocker de l'énergie électrique provenant du réseau alternatif et de renvoyer l'énergie vers le réseau alternatif via le convertisseur. Ce système d'hybridation apporte plus de flexibilité au système de transfert de puissance, en stockant par exemple de l'énergie générée par la machine électrique si le réseau alternatif requiert transitoirement moins de puissance. Un tel système

d'hybridation fournit une meilleure adaptation dynamique aux exigences de puissance.

[0004] La demande de brevet WO2022/003008 décrit un système de transfert de puissance dans lequel un système de stockage d'énergie est connecté au lien continu connectant les convertisseurs alternatif/continu du convertisseur de fréquence variable. Dans certains modes de réalisation, il peut être requis de connecter le système de stockage d'énergie au lien continu par l'intermédiaire d'un convertisseur continu/continu. Une telle solution peut se révéler relativement coûteuse, ce qui limite son développement commercial.

[0005] L'invention vise à résoudre un ou plusieurs de ces inconvénients. L'invention concerne ainsi un système de transfert de puissance, comprenant une première branche et une seconde branche connectées en parallèle entre une première interface de connexion à connecter au réseau alternatif et une deuxième interface de connexion à connecter à une machine électrique, la première branche comprenant un interrupteur commandé, la deuxième branche comprenant un convertisseur à fréquence variable,

- le convertisseur à fréquence variable comprenant :
 - une première interface alternatif connectée à la première interface de connexion ;
 - une seconde interface alternatif connectée à la seconde interface de connexion ;
 - une troisième interface continu ;
- le convertisseur à fréquence variable étant configuré pour réaliser soit une conversion continu/continu entre la première interface alternatif et la deuxième interface alternatif dans un premier mode de fonctionnement ou pour réaliser une conversion alternatif/continu entre la première interface alternatif et la troisième interface continu dans un second mode de fonctionnement ;
- le système de transfert de puissance comprenant en outre:
 - un système de stockage d'énergie ou un réseau continu connecté à la troisième interface continu;
 - des moyens de commutation commandée configurés pour connecter sélectivement la première interface alternatif à la deuxième interface alternatif dans le premier mode de fonctionnement et pour connecter la première interface alternatif à la troisième interface continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

[0006] L'invention concerne également les variantes qui suivent. L'homme du métier du domaine comprendra que chacune des caractéristiques des variantes qui suivent peut être combinée indépendamment avec les caractéristiques qui précèdent, sans pour autant constituer une généralisation intermédiaire.

[0007] Dans une variante, le convertisseur à fréquence variable comprend :

- un premier convertisseur alternatif/continu ayant ladite première interface alternatif et une première interface continu, et
- un deuxième convertisseur alternatif/continu ayant ladite deuxième interface al-

ternatif et une deuxième interface continu, les première et deuxième interfaces continu étant connectées par un lien continu, le deuxième convertisseur alternatif/continu comprenant en outre ladite troisième interface continu, le deuxième convertisseur alternatif/continu réalisant une conversion continu/alternatif entre la deuxième interface continu et la deuxième interface alternatif dans le premier mode de fonctionnement et réalisant une conversion continu/continu entre les deuxième et troisième interfaces continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

- [0008] Selon une variante, le deuxième convertisseur alternatif/continu inclut au moins un premier bras de conversion comprenant au moins des premier à quatrième interrupteurs commandés positionnés entre deux potentiels de la deuxième interface continue, des première et deuxième diodes, un nœud intermédiaire, la première diode étant connectée entre le nœud intermédiaire et un premier nœud de connexion entre les premier et deuxième interrupteurs commandés, la deuxième diode étant connectée entre le nœud intermédiaire et un deuxième nœud de connexion entre les troisièmes et quatrièmes interrupteurs commandés, dans lequel dans le deuxième mode de fonctionnement, les moyens de commutation sont configurés pour connecter le premier nœud de connexion à une borne de niveau inférieur de la troisième interface continu, pour connecter le nœud intermédiaire et le nœud de connexion entre les deuxième et troisième interrupteurs commandés à une borne de niveau intermédiaire, et pour connecter le deuxième nœud de connexion à une borne de niveau supérieur de la troisième interface continu.
- [0009] Selon encore une variante, le nœud intermédiaire est configuré pour être connecté à la terre.
- [0010] Selon une autre variante, le système comprend des premier et deuxième condensateurs connectés respectivement entre un potentiel inférieur de la deuxième interface continu et le nœud intermédiaire et entre le nœud intermédiaire et un potentiel supérieur de la deuxième interface continu.
- [0011] Selon encore une autre variante le système comprend en outre un système de stockage d'énergie ayant un premier dispositif de stockage connecté entre la borne de niveau inférieur et la borne de niveau intermédiaire et un deuxième dispositif de stockage connecté entre la borne de niveau intermédiaire et la borne de niveau supérieur.
- [0012] Selon une variante, la borne de niveau inférieur est connectée au premier dispositif de stockage par l'intermédiaire de moyens inductifs et de moyens de commutation contrôlée connectés en série et dans lequel la borne de niveau supérieur est connectée au deuxième dispositif de stockage par l'intermédiaire de moyens inductifs et de moyens de commutation contrôlée connectés en série.
- [0013] Selon encore une variante, le système comprend des moyens de contrôle configurés

pour, dans le deuxième mode de fonctionnement, appliquer des signaux de commande complémentaires sur les premier et deuxième interrupteurs, et appliquer des signaux de commande complémentaire sur les troisième et quatrième interrupteurs, les moyens de contrôle définissant les signaux de contrôles complémentaires pour contrôler les courants traversant la borne de niveau supérieur et la borne de niveau inférieur respectivement.

- [0014] Selon une autre variante, le second convertisseur alternatif/continu inclut au moins trois bras de conversion supplémentaires similaires au premier bras de conversion et connectés entre les deux potentiels de la deuxième interface continu.
- [0015] Selon encore une autre variante, le convertisseur à fréquence variable comprend une matrice d'interrupteurs commandés comprenant, pour chacune des 3 phases de la première interface alternatif, et pour au moins deux bornes distinctes de la troisième interface continu, un interrupteur commandé respectif connectant une phase donnée de la première interface alternatif à une borne donnée de la troisième interface continu.
- [0016] L'invention porte également sur un système d'alimentation électrique, incluant:
 - un système de transfert de puissance telle que défini ci-dessus ;
 - une centrale hydroélectrique comprenant une machine électrique connectée à ladite deuxième interface de connexion et une turbine hydraulique couplée à ladite machine électrique.
- [0017] L'invention porte encore sur un procédé de transfert de puissance, comprenant les étapes de:
 - fournir un système de transfert de puissance, comprenant une première branche et une deuxième branche connectées en parallèle entre une première interface de connexion connectée à un réseau alternatif et une deuxième interface de connexion connectée à une machine électrique, la première branche comprenant un interrupteur commandé, la deuxième branche comprenant un convertisseur à fréquence variable, le convertisseur à fréquence variable comprenant:
 - une première interface alternatif connectée à la première interface de connexion ;
 - une deuxième interface alternatif connectée à la deuxième interface de connexion ;
 - une troisième interface continu ;
 - un système de stockage d'énergie ou un réseau continu connecté à la troisième interface continu;
 - faire fonctionner le convertisseur à fréquence variable pour réaliser soit une conversion alternatif/alternatif entre la première interface alternatif et la deuxième interface alternatif dans un premier mode de fonctionnement ou pour réaliser une conversion alternatif/continu entre la première interface alternatif et la troisième interface continu dans un second mode de fonctionnement ;
 - connecter sélectivement la deuxième interface alternatif à la deuxième interface

continu dans le premier mode de fonctionnement ou connecter la troisième interface continu au système de stockage d'énergie ou au réseau continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

- [0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront davantage de la description qui en est donnée par la suite, à titre illustratif et de façon entièrement non limitative, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0019] [Fig.1] est une représentation schématique d'un système de transfert de puissance selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- [0020] [Fig.2] est une représentation schématique d'un système de transfert de puissance selon l'invention dans un premier mode de fonctionnement;
- [0021] [Fig.3] est une représentation schématique d'un système de transfert de puissance selon l'invention dans un deuxième mode de fonctionnement;
- [0022] [Fig.4] highlights an example of a converter configured to perform either a DC/DC or a DC/AC conversion;
- [0023] [Fig.5] illustre une solution de commutation pour connecter sélectivement un système de stockage d'énergie un convertisseur selon la revendication 4;
- [0024] [Fig.6] illustre schématiquement un exemple d'un convertisseur configuré pour réaliser soit une conversion alternatif/continu ou une conversion alternatif/alternatif;
- [0025] [Fig.7] illustre un premier exemple d'utilisation d'une matrice de commutation pour réaliser une conversion alternatif/continu;
- [0026] [Fig.8] illustre un deuxième exemple d'utilisation d'une matrice de commutation pour réaliser une conversion alternatif/continu.
- [0027] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un système de transfert de puissance selon un mode de réalisation de l'invention. Le système de transfert de puissance inclut un commutateur contrôlé 41, un convertisseur à fréquence variable 5, une interface de connexion 61 et une autre interface de connexion 62. Un lien de puissance inclut une branche de puissance principale 4 et une branche de puissance secondaire 8. Les branches de puissance 4 et 8 sont connectées en parallèle entre les interfaces de connexion 61 et 62. La branche 4 inclut l'interrupteur commandé 41. L'interrupteur 41 peut être un disjoncteur haute tension courant alternatif. La branche 8 comprend le convertisseur à fréquence variable 5. L'interface de connexion 61 est connectée à un réseau alternatif 2, typiquement un réseau alternatif triphasé. L'interface de connexion 62 est connectée à une machine électrique 3 réversible ou non réversible, typiquement une machine synchrone qui peut être utilisée en moteur ou en génératrice et peut avoir son arbre connecté à une pompe/turbine.
- [0028] Le convertisseur de fréquence variable 5 est configuré pour réaliser soit une conversion alternatif/continu ou une conversion alternatif/alternatif. Ainsi, le convertisseur à fréquence variable 5 a au moins une interface alternatif devant être

connectée à l'interface de connexion 61 et une interface continu à connecter au système de stockage d'énergie 14 (ou alternativement un réseau continu) et une interface alternatif devant être connectée à l'interface de connexion 62.

- [0029] Dans le mode de réalisation illustré, le convertisseur à fréquence variable 5 inclut un convertisseur alternatif/continu 11, un lien continu 13 et un autre convertisseur alternatif/continu 12. L'interface alternatif du convertisseur alternatif/continu 11 est connectée à l'interface de connexion 61 et l'interface alternatif du convertisseur alternatif/continu 12 est connectée à l'interface de connexion 62. Les convertisseurs alternatif/continu 11 et 12 sont réversibles en courant. Le lien continu 13 connecte électriquement les interfaces continu respectives des convertisseurs alternatif/continu 11 et 12, pour permettre un transfert de puissance entre ces interfaces continues.
- [0030] Dans ce mode de réalisation, avantageusement, l'interface alternatif du convertisseur alternatif/continu 11 est connectée à l'interface de connexion 61 par l'intermédiaire d'un transformateur 81. L'interface alternatif du convertisseur alternatif/continu 12 est connectée à l'interface de connexion 62 par l'intermédiaire d'un transformateur 82. Les transformateurs 81 et 82 sont configurés pour adapter la tension sur les interfaces de connexion 61 et 62 aux interface alternatif des convertisseurs 11 et 12. Les commutateurs 151 et 152 permettent de gérer le démarrage de la machine électrique 3 de façon connue en soi.
- [0031] Le système de transfert de puissance 1 inclut un système de contrôle 7 configuré pour commander l'interrupteur 41, les interrupteurs 151,152, le dispositif de commutation 154 et le convertisseur à fréquence variable 5. Des systèmes de commande indépendants peuvent aussi être utilisés à la place du système de commande commun 7.
- [0032] Le commutateur principal 41 permet de connecter/déconnecter sélectivement la machine électrique 3 et les réseaux alternatifs 2. Le circuit de commande 7 a notamment un mode de commande dans lequel, simultanément, il ouvre l'interrupteur 41 de la branche principale 4 et il transfère de la puissance électrique provenant de l'interface de connexion 61 vers l'interface de connexion 62 par l'intermédiaire de la branche secondaire 8 simultanément, avec une fréquence croissante sur l'interface de connexion 62, jusqu'à ce qu'elle atteigne la fréquence de l'interface 61. Le circuit de commande 7 présente également un autre mode de commande dans lequel il ferme l'interrupteur 41 de la branche principale 4 pour permettre un transfert de puissance entre le réseau alternatif 2 et la machine électrique 3. Dans un autre mode de fonctionnement, le convertisseur 5 peut également être utilisé pour ralentir la fréquence de rotation de la machine électrique 3 et envoyer une énergie électrique correspondante vers le réseau alternatif 2.
- [0033] Le convertisseur alternatif/continus 12 comprend une interface continu additionnelle. Un système de stockage d'énergie (usuellement désigné par l'acronyme ESS) 14 est

connecté à cette interface continue additionnelle. En alternative, un réseau de puissance continu peut être connecté à cette interface continu additionnelle. Un exemple de mode de réalisation de ce convertisseur alternatif/continu 12 sera décrit plus en détail par la suite. Un dispositif de commutation 154 connecte/déconnecte sélectivement l'interface continue additionnelle et l'ESS 14.

- [0034] Le circuit de commande 7 contrôle le transfert de puissance à travers la branche principale 4, par l'intermédiaire de la branche secondaire 8 et le transfert de puissance depuis/vers le système de stockage d'énergie 14.
- [0035] Le convertisseur alternatif/continu 12 a un premier mode de fonctionnement dans lequel il réalise une conversion continu/alternatif entre l'interface continu connectée au lien 13 et son interface alternatif. Un exemple de ce premier mode de fonctionnement est illustré à la [Fig.2]. Dans ce mode de fonctionnement, le dispositif de commutation 154 est ouvert pour déconnecter l'ESS 14 de l'interface alternatif du convertisseur 12 pour des motifs de sécurité, et la machine électrique 3 est connectée à l'interface alternatif du convertisseur 12 soit en fermant l'interrupteur 151 soit en fermant l'interrupteur 152 en fonction de la phase de fonctionnement de la machine électrique 3. Un exemple de flux de puissance est illustré par la ligne fléchée discontinue sur la [Fig.2], pour un transfert de puissance allant du réseau alternatif 2 vers la machine électrique en chiffre trois.
- [0036] Le convertisseur alternatif/continu 12 a un deuxième mode de fonctionnement dans lequel il réalise une conversion continu/continu entre l'interface continu connectée au lien 13 et l'interface continu additionnelle. Un exemple du deuxième mode de fonctionnement est illustré à la [Fig.3]. Dans ce mode de fonctionnement, le dispositif de commutation 154 est fermé pour connecter l'ESS 14 à l'interface continu additionnelle du convertisseur 12, et la machine électrique 3 est déconnectée de l'interface alternatif du convertisseur 12 en ouvrant les deux interrupteurs 151 et 152. Un exemple du flux de puissance est illustré par la ligne fléchée discontinue sur la [Fig.3], pour un transfert de puissance entre les réseaux alternatif 2 et l'ESS 14.
- [0037] Dans un mode de fonctionnement supplémentaire, l'interrupteur 41 peut être fermé et à la fois la machine électrique 3 et l'ESS 14 peuvent échanger de la puissance électrique avec le réseau alternatif 2.
- [0038] Ainsi, le convertisseur à fréquence variable 5 peut être utilisé à la fois pour démarrer la machine électrique 3 pour transférer de la puissance vers/provenant de l'ESS 14, sans requérir un convertisseur continu/continu additionnel grâce à une utilisation spécifique du convertisseur 12.
- [0039] Tout convertisseur de puissance réalisant sélectivement une conversion continu/continue ou une conversion continu/alternatif peut être utilisé. Un tel convertisseur peut notamment être sélectionné parmi les conceptions suivantes : les convertisseurs à

point neutre clampé (convertisseurs de puissance multiniveaux qui sont caractérisées par l'utilisation de diode de clamping pour garantir une répartition appropriée de la tension aux bornes des interrupteurs de puissance) ou des convertisseurs actifs à point neutre clampé (des transistors IGBT sont connectés en parallèle aux diodes de clamping) ou tous convertisseurs à double ou triple niveau.

- [0040] La [Fig.4] illustre un exemple d'un convertisseur 12 configuré pour réaliser soit une conversion continu/continu ou une conversion continu/alternatif en fonction du mode de fonctionnement. Le convertisseur 12 est connecté au lien continu 13 par l'intermédiaire des nœuds 131 et 132. La connexion au nœud 131 et 132 forme une première interface continu du convertisseur 12. De façon connue en soi, les condensateurs 133 et 134 sont connectés entre les nœuds 131 et 132 et connectés les uns aux autres par le nœud 135. Le nœud 135 forme un point milieu qui peut être mis à la terre. Le convertisseur 12 inclut trois bras symétriques 121, 122 et 123, connectés entre les nœuds 131 et 132. Le bras 121 inclut quatre interrupteurs commandés 1216, 1217, 1218 et 1219. Le transistor 1216 est connecté au transistor 1217 par l'intermédiaire d'un nœud de connexion inférieur 1212. Le transistor 1217 est connecté au transistor 218 par l'intermédiaire du nœud de connexion médian 1211. Le transistor 218 est connecté au transistor 219 par l'intermédiaire du nœud de connexion supérieur 1213. Une diode 1214 est connectée entre le nœud 1212 et un nœud intermédiaire 1210. Le nœud 1210 est connecté au nœud 135. Une diode 1215 est connectée entre le nœud 1210 et le nœud 1213.
- [0041] Le bras 122 fournit une structure similaire avec quatre interrupteurs commandés et connectés. Les interrupteurs commandés sont connectés de façon similaire par l'intermédiaire du nœud de connexion inférieur 1222, le nœud de connexion médian 1221, et le nœud de connexion supérieur 1223. Des diodes sont connectées entre le nœud de connexion inférieur 1222 et le nœud de connexion supérieur 1223, avec un nœud intermédiaire 1220. Le nœud 1220 est connecté au nœud 135.
- [0042] Le bras 123 fournit une structure similaire avec quatre interrupteurs commandés et connectés. Les interrupteurs commandés sont connectés de façon similaire par l'intermédiaire du nœud de connexion inférieur 1232, le nœud de connexion médian 1231, et le nœud de connexion supérieur 1233. Des diodes sont connectées entre le nœud de connexion inférieur 1232 et le nœud de connexion supérieur 1233, avec un nœud intermédiaire 1230. Le nœud 1230 est connecté au nœud 135.
- [0043] Le convertisseur 12 a les connexions suivantes :
- le nœud 1212 est connecté à la borne 171 ;
 - le nœud 1222 est connecté à la borne 172 ;
 - le nœud 1232 est connecté à la borne 173 ;
 - le nœud 1213 est connecté à la borne 181 ;

- le nœud 1223 est connecté à la borne 182 ;
- le nœud 1233 est connecté à la borne 183 ;
- le nœud 1211 est connecté à la borne 191 ;
- le nœud 1221 est connecté à la borne 192 ;
- le nœud 1231 est connecté à la borne 193 ;
- le nœud 1230 est connecté à la borne 194.

[0044] Les bornes 191 à 193 forment une interface alternatif du convertisseur 12. Les bornes 171 à 173 et les bornes 181 à 183 forment une deuxième interface alternatif du convertisseur 12. La borne 194 forme un point neutre du convertisseur 12.

[0045] La [Fig.5] illustre une solution de commutation pour connecter sélectivement le système de stockage d'énergie 14 au convertisseur 12. L'ESS 14 inclut deux éléments de stockage d'énergie 141 et 142 connectés entre les nœuds 143 et 144 par l'intermédiaire du nœud de connexion 145. Le nœud 144 est connecté aux bornes 181 à 183 par des moyens de commutation commandés 180 et des moyens inductifs 184. Le nœud 143 est connecté aux bornes 171 à 173 par des moyens de commutation commandés 170 et des moyens inductifs 174. Le nœud 145 est connecté aux bornes 191 à 193 par des moyens de commutation commandés 190. La borne 194 est connectée au nœud intermédiaire 145. Les éléments de stockage d'énergie 142 et 141 et les moyens inductifs 184 et 174 sont ainsi connectés entre le nœud neutre 145 et les niveaux supérieur et inférieur par l'intermédiaire des moyens de commutation commandés 180 et 170 respectivement. Les niveaux supérieur et inférieur sont générés en mode de fonctionnement continu sur les nœuds 1213 et 1212 respectivement (et les nœuds 1223–1222 et les nœuds 1233–1232 pour les bras 122 et 123).

[0046] Chaque bras 121 à 123 est utilisé en mode de fonctionnement alternatif pour générer une phase respective de tension alternative sur une borne respective 191 à 193. Dans ce mode de fonctionnement alternatif, des interrupteurs commandés des moyens de commutation 170, 180 et 190 sont ouverts.

[0047] Chaque bras 121 à 123 est utilisé en mode de fonctionnement continu pour générer une tension supérieure sur les bornes 181 à 183, pour appliquer une tension continue inférieure sur les bornes 171 à 173 et pour appliquer une tension neutre sur les bornes 191 à 193. Dans ce mode de fonctionnement continu, les interrupteurs commandés des moyens de commutation 170, 180 et 190 sont fermés.

[0048] Dans le mode de fonctionnement continu, le convertisseur 12 fonctionne comme deux convertisseurs continu/continu bidirectionnels et indépendants. Le convertisseur 12 peut ainsi aisément échanger de la puissance avec le réseau alternatif 2 soit en recevant soit en envoyant de la puissance. Par exemple, des commutateurs contrôlés 1218 et 1219 combinés avec un élément de stockage d'énergie 142 et des moyens inductifs 184 forment un convertisseur continu/continu. En utilisant un contrôle com-

plémentaire des interrupteurs commandés 1218 et 1219 par l'intermédiaire de leur rapport cyclique, le courant traversant les moyens inductifs 184 peut être contrôlé pour définir la tension aux bornes du condensateur 133. De façon similaire, les interrupteurs commandés 1216 et 1217 combinés avec un élément de stockage d'énergie 141 et des moyens inductifs 174 forment un convertisseur continu/continu. En utilisant un contrôle complémentaire des interrupteurs commandés 1216 et 1217 par l'intermédiaire de leur rapport cyclique, le courant traversant les moyens inductifs 174 peut être contrôlé pour définir la tension aux bornes du condensateur 134.

- [0049] Dans ce mode de réalisation, le stockage de puissance est réalisé avec des éléments de stockage d'énergie 141 et 142 à un niveau de tension inférieur.
- [0050] L'ESS 14 (ou un réseau continu) peut ainsi être utilisé pour lisser la puissance sur le réseau alternatif 2 ou fournir des services auxiliaires en utilisant le convertisseur à fréquence variable 5.
- [0051] L'ESS 14 peut par exemple inclure des batteries, des supercapacités, ou des dispositifs similaires connus en soi pour charger ou décharger de la puissance électrique
- [0052] La [Fig.6] illustre schématiquement un exemple d'un autre convertisseur 5 configurés pour réaliser soient une conversion alternatif/continue ou une conversion alternatif/alternatif. Le convertisseur 5 est basé sur une matrice de commutation. Chaque interrupteur de la matrice de commutation est par exemple un composant semi-conducteur ou la combinaison en série/en parallèle de composants semi-conducteur. Le convertisseur 5 comprend une interface alternatif 51 connectée à l'interface de connexion 61 et fournissant les tensions alternatif Vi1, Vi2 et Vi3 du réseau triphasé alternatif. Le convertisseur 5 comprend également une interface double 52 fournissant les tensions Vo1, Vo2 et Vo3. Les interfaces 51 et 52 sont connectées par l'intermédiaire d'une matrice de commutation 53. La [Fig.7] fournit un exemple plus détaillé de la matrice de commutation 53, en se basant sur des interrupteurs commandés 531 à 539 :
 - l'interrupteur 531 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi1 et le potentiel Vo1 ;
 - l'interrupteur 532 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi2 et le potentiel Vo1 ;
 - l'interrupteur 533 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi3 et le potentiel Vo1 ;
 - l'interrupteur 534 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi1 et le potentiel Vo2 ;
 - l'interrupteur 535 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi2 et le potentiel Vo2 ;
 - l'interrupteur 536 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi3 et le

potentiel Vo2 ;

-l'interrupteur 537 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi1 et le potentiel Vo3 ;

-l'interrupteur 538 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi2 et le potentiel Vo3 ;

-l'interrupteur 539 réalise sélectivement la connexion entre le potentiel Vi3 et le potentiel Vo3.

- [0053] Par un contrôle approprié des interrupteurs 531 à 539, une conversion alternatif/alternatif peut être réalisé avec la fonction de variation de fréquence. Avec un autre contrôle des interrupteurs 531 à 539, le convertisseur 5 peuvent également générer des tensions continues distinctes respectives pour les tensions Vo1, Vo2 et Vo3. Ces trois tensions continu peuvent être utilisées pour connecter deux dispositifs de stockage d'énergie distincts.
- [0054] Dans l'exemple illustré à la [Fig.8], seulement les interrupteurs 531 à 536 sont contrôlés pour générer des tensions continu pour les tensions Vo1 et Vo2. Des exemples de commandes correspondantes d'une telle matrice de commutation sont décrits dans le document 'Matrix Converter Based AC/DC Rectifier' published by IEEE for the event Region 8 SIBIRCON-2010, Irkutsk Listvyanka, Russia, July 11 — 15, 2010.
- [0055] Un filtre, par exemple une inductance, et avantageusement connectée entre chacune des tensions Vo1, Vo2 ou Vo3 et un dispositif de stockage d'énergie correspondant.

Revendications

[Revendication 1]

Système de transfert de puissance (1), comprenant une première branche (4) et une seconde branche (8) connectées en parallèle entre une première interface de connexion (61) à connecter au réseau alternatif (2) et une deuxième interface de connexion (62) à connecter à une machine électrique (3), la première branche (4) comprenant un interrupteur commandé (41), la deuxième branche (8) comprenant un convertisseur à fréquence variable (5),

-le convertisseur à fréquence variable (5) comprenant :

-une première interface alternatif connectée à la première interface de connexion (61) ;

-une seconde interface alternatif (191,192,193) connectée à la seconde interface de connexion (62) ;

-une troisième interface continu (171,172,173,181,182,183) ;

-le convertisseur à fréquence variable (5) étant configuré pour réaliser soit une conversion continu/continu entre la première interface alternatif et la deuxième interface alternatif dans un premier mode de fonctionnement ou pour réaliser une conversion alternatif/continu entre la première interface alternatif et la troisième interface continu dans un second mode de fonctionnement ;

-le système de transfert de puissance (1) comprenant en outre:

-un système de stockage d'énergie (14) ou un réseau continu connecté à la troisième interface continu;

-des moyens de commutation commandée (121,122,123) configurés pour connecter sélectivement la première interface alternatif à la deuxième interface alternatif dans le premier mode de fonctionnement et pour connecter la première interface alternatif à la troisième interface continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

[Revendication 2]

Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 1, dans lequel le convertisseur à fréquence variable (5) comprend :

-un premier convertisseur alternatif/continu (11) ayant ladite première interface alternatif et une première interface continu, et

-un deuxième convertisseur alternatif/continu (12) ayant ladite deuxième interface alternatif (191, 192, 193) et une deuxième interface continu (131, 132), les première et deuxième interfaces continu étant connectées par un lien continu (13), le deuxième convertisseur alternatif/continu (12) comprenant en outre ladite troisième interface

continu (171,172,173, 181, 182, 183), le deuxième convertisseur alternatif/continu (12) réalisant une conversion continu/alternatif entre la deuxième interface continu et la deuxième interface alternatif dans le premier mode de fonctionnement et réalisant une conversion continu/continu entre les deuxième et troisième interfaces continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

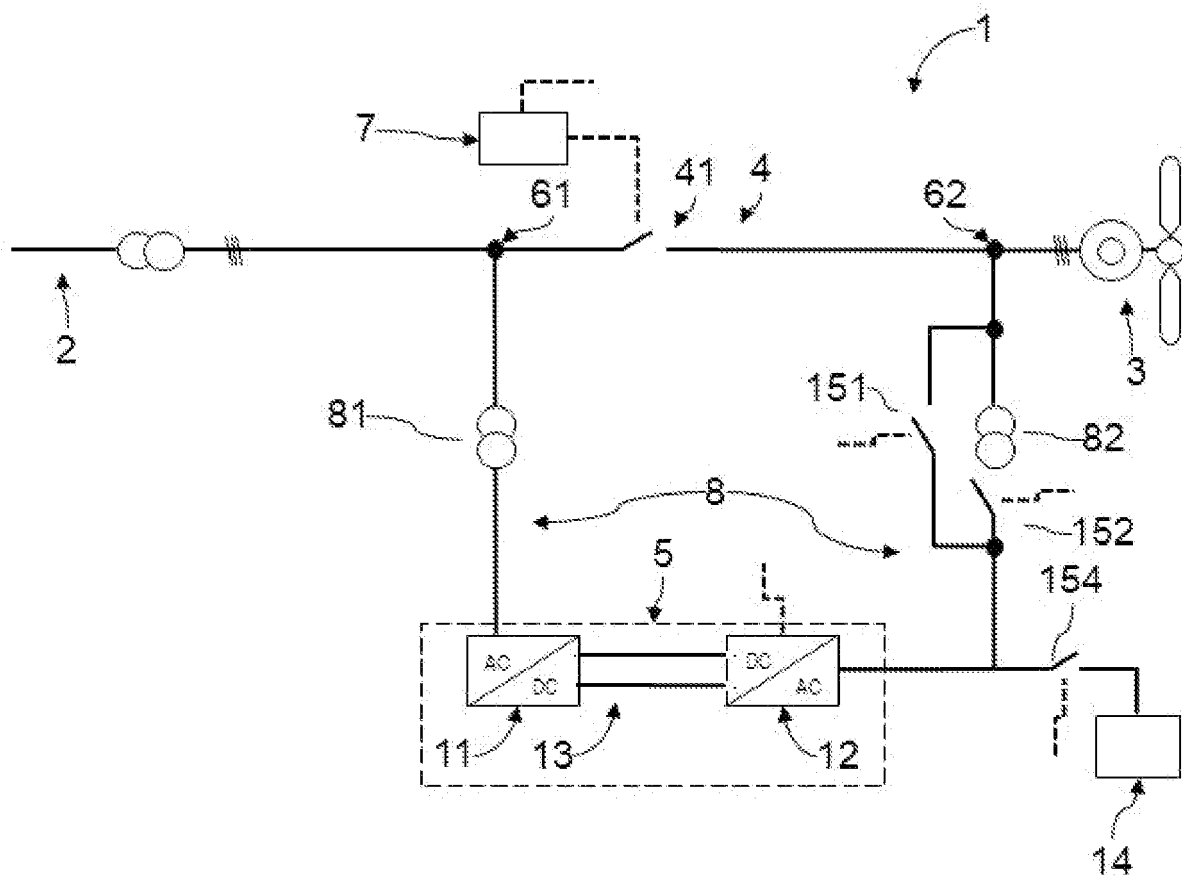
- [Revendication 3] Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 2, dans lequel le deuxième convertisseur alternatif/continu (12) inclut au moins un premier bras de conversion (121) comprenant au moins des premier à quatrième interrupteurs commandés positionnés entre deux potentiels de la deuxième interface continu (131, 132), des première et deuxième diodes (1214, 1215), un nœud intermédiaire (1210), la première diode (1214) étant connectée entre le nœud intermédiaire (1210) et un premier nœud de connexion (1212) entre les premier et deuxième interrupteurs commandés, la deuxième diode (1215) étant connectée entre le nœud intermédiaire (1210) et un deuxième nœud de connexion (1213) entre les troisièmes et quatrièmes interrupteurs commandés, dans lequel dans le deuxième mode de fonctionnement, les moyens de commutation (170, 180, 190) sont configurés pour connecter le premier nœud de connexion (1212) à une borne de niveau inférieur (171) de la troisième interface continu, pour connecter le nœud intermédiaire (1210) et le nœud de connexion entre les deuxième et troisième interrupteurs commandés à une borne de niveau intermédiaire (194), et pour connecter le deuxième nœud de connexion (1213) à une borne de niveau supérieur (181) de la troisième interface continu.
- [Revendication 4] Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 3, dans lequel le nœud intermédiaire (1210) est configuré pour être connecté à la terre.
- [Revendication 5] Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 3 ou 4, comprenant des premier et deuxième condensateurs (134, 133) connectés respectivement entre un potentiel inférieur de la deuxième interface continu et le nœud intermédiaire (1210) et entre le nœud intermédiaire (1210) et un potentiel supérieur de la deuxième interface continu.
- [Revendication 6] Système de transfert de puissance (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, comprenant en outre un système de stockage d'énergie (14) ayant un premier dispositif de stockage (141) connecté entre la borne de niveau inférieur (171) et la borne de niveau intermédiaire (194)

- et un deuxième dispositif de stockage (142) connecté entre la borne de niveau intermédiaire (194) et la borne de niveau supérieur (181).
- [Revendication 7] Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 6, dans lequel la borne de niveau inférieur (171) est connectée au premier dispositif de stockage (141) par l'intermédiaire de moyens inductifs (174) et de moyens de commutation contrôlée (170) connectés en série et dans lequel la borne de niveau supérieur (181) est connectée au deuxième dispositif de stockage (142) par l'intermédiaire de moyens inductifs (184) et de moyens de commutation contrôlée (180) connectés en série.
- [Revendication 8] Système de transfert de puissance (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, comprenant des moyens de contrôle configurés pour, dans le deuxième mode de fonctionnement, appliquer des signaux de commande complémentaires sur les premier et deuxième interrupteurs, et appliquer des signaux de commande complémentaire sur les troisième et quatrième interrupteurs, les moyens de contrôle définissant les signaux de contrôles complémentaires pour contrôler les courants traversant la borne de niveau supérieur (181) et la borne de niveau inférieur (171) respectivement.
- [Revendication 9] Système de transfert de puissance (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, dans lequel le second convertisseur alternatif/continu (12) inclut au moins trois bras de conversion supplémentaires similaires au premier bras de conversion et connectés entre les deux potentiels de la deuxième interface continu (131, 132).
- [Revendication 10] Système de transfert de puissance (1) selon la revendication 1, dans lequel le convertisseur à fréquence variable (5) comprend une matrice d'interrupteurs commandés (53) comprenant, pour chacune des 3 phases de la première interface alternatif, et pour au moins deux bornes distinctes de la troisième interface continu, un interrupteur commandé respectif connectant une phase donnée de la première interface alternatif à une borne donnée de la troisième interface continu.
- [Revendication 11] Système d'alimentation électrique, incluant:
 -un système de transfert de puissance (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes ;
 -une centrale hydroélectrique comprenant une machine électrique connectée à ladite deuxième interface de connexion et une turbine hydraulique couplée à ladite machine électrique.
- [Revendication 12] Procédé de transfert de puissance, comprenant les étapes de:

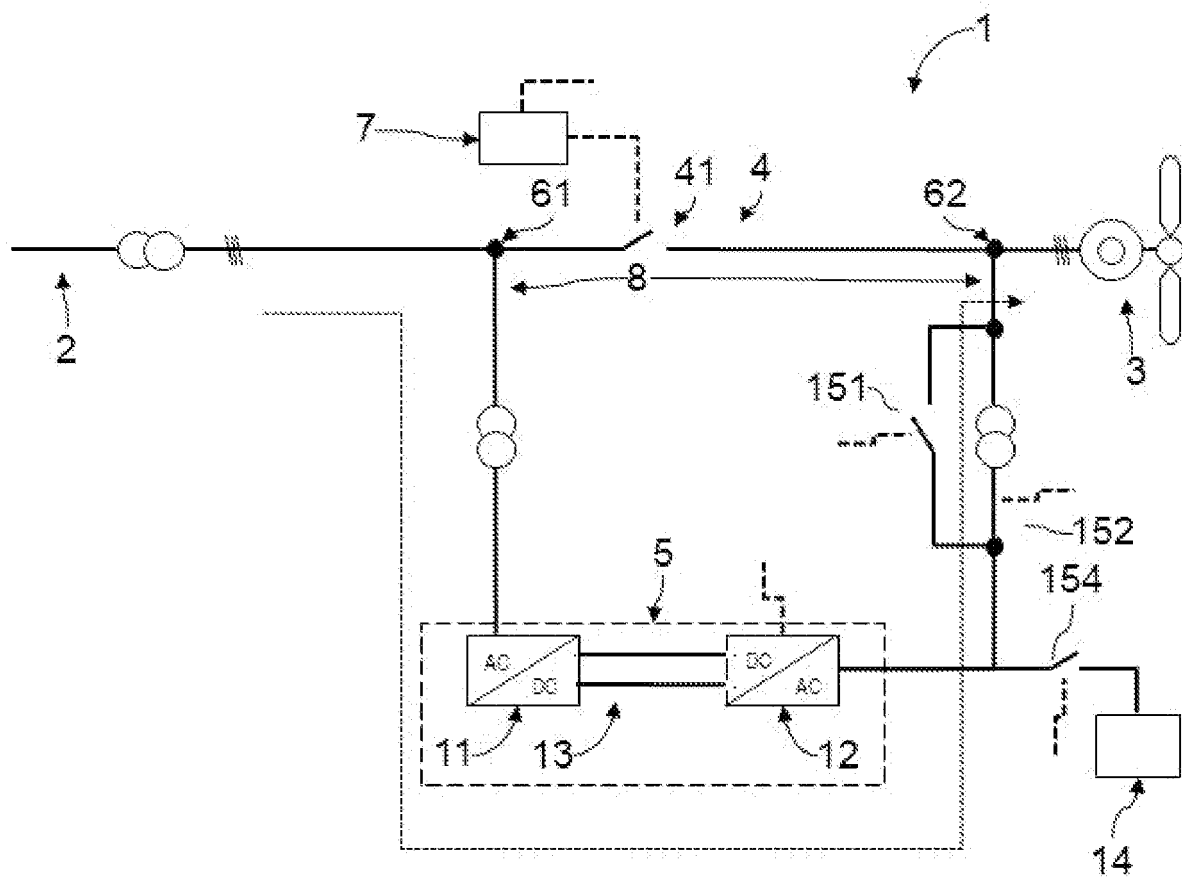
-fournir un système de transfert de puissance (1), comprenant une première branche (4) et une deuxième branche (8) connectées en parallèle entre une première interface de connexion (61) connectée à un réseau alternatif (2) et une deuxième interface de connexion (62) connectée à une machine électrique (3), la première branche (4) comprenant un interrupteur commandé (41), la deuxième branche (8) comprenant un convertisseur à fréquence variable (5), le convertisseur à fréquence variable (5) comprenant:

- une première interface alternatif connectée à la première interface de connexion (61);
- une deuxième interface alternatif (191, 192, 193) connectée à la deuxième interface de connexion (62);
- une troisième interface continu (171,172,173, 181, 182, 183);
- un système de stockage d'énergie (14) ou un réseau continu connecté à la troisième interface continu;
- faire fonctionner le convertisseur à fréquence variable (5) pour réaliser soit une conversion alternatif/alternatif entre la première interface alternatif et la deuxième interface alternatif dans un premier mode de fonctionnement ou pour réaliser une conversion alternatif/continu entre la première interface alternatif et la troisième interface continu dans un second mode de fonctionnement ;
- connecter sélectivement la deuxième interface alternatif à la deuxième interface continu dans le premier mode de fonctionnement ou connecter la troisième interface continu au système de stockage d'énergie (14) ou au réseau continu dans le deuxième mode de fonctionnement.

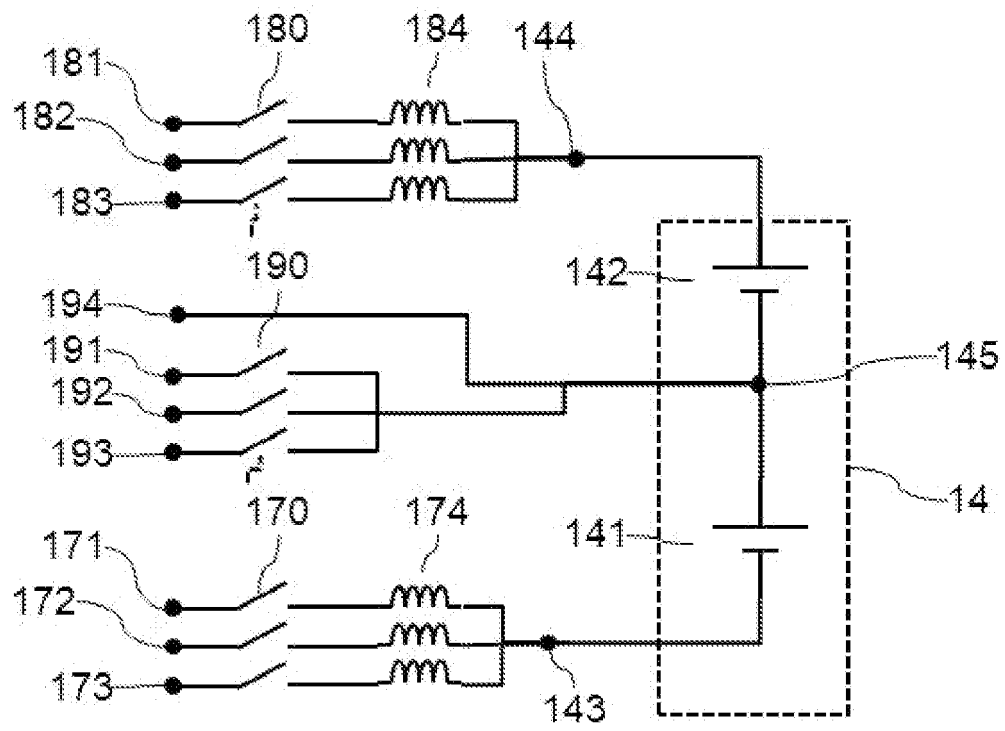
[Fig. 1]



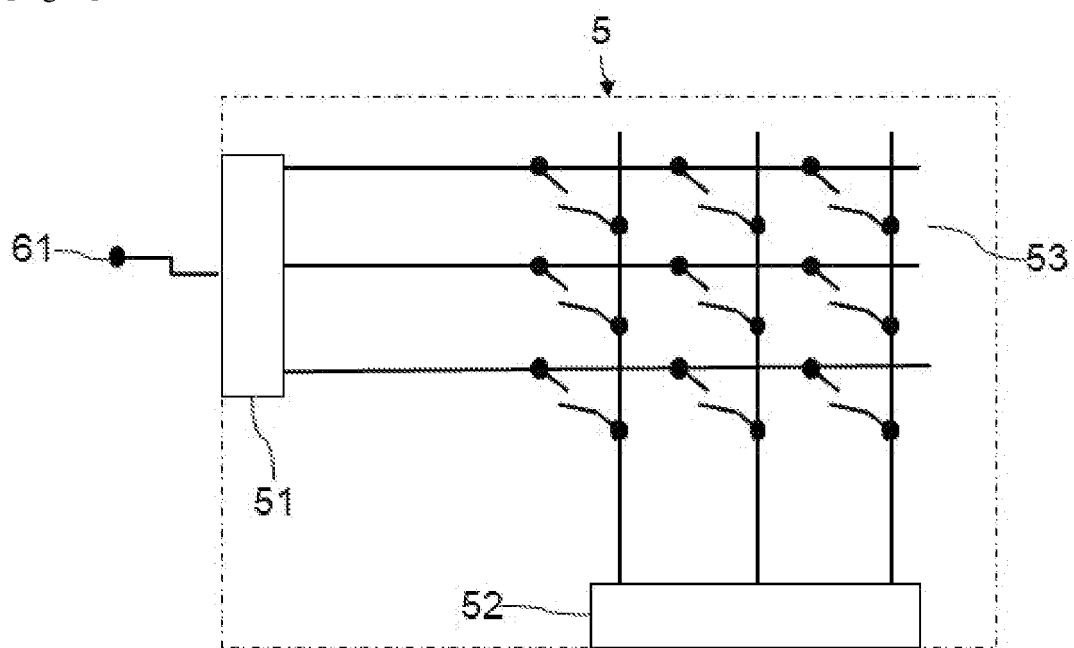
[Fig. 2]



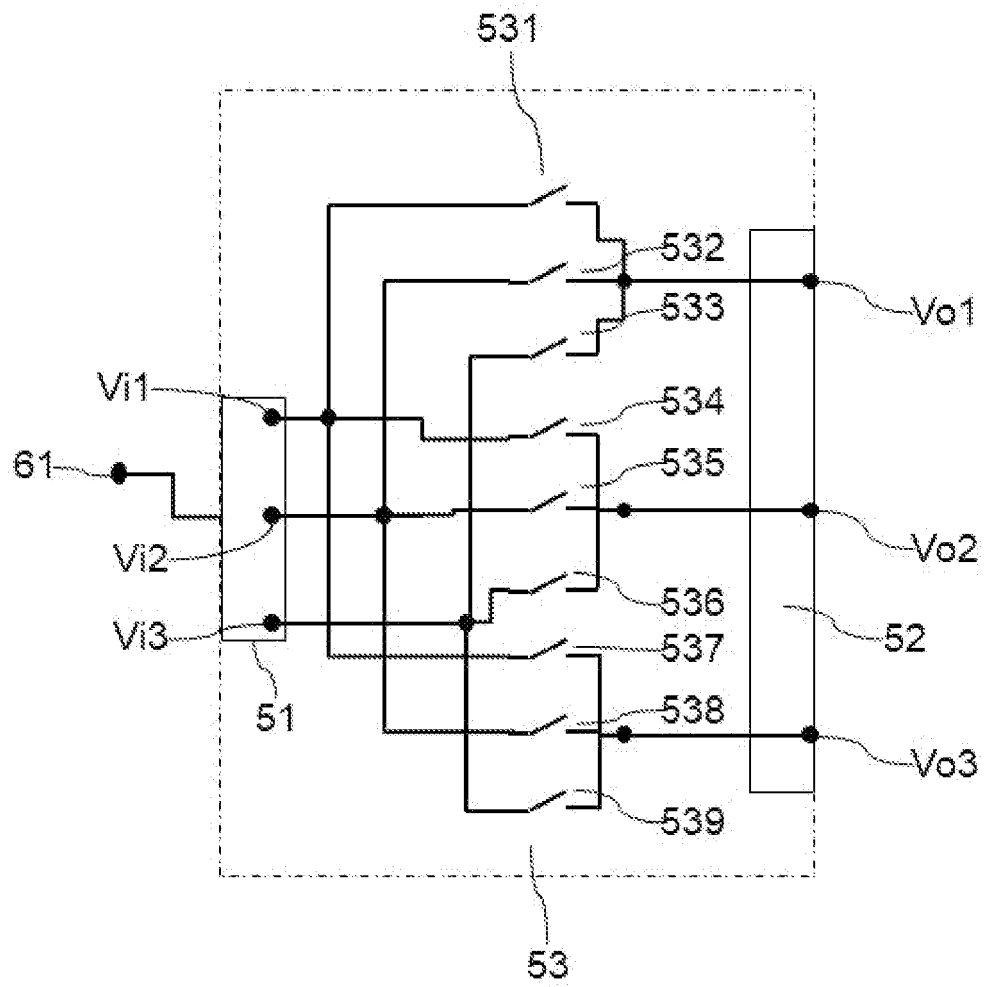
[Fig. 5]



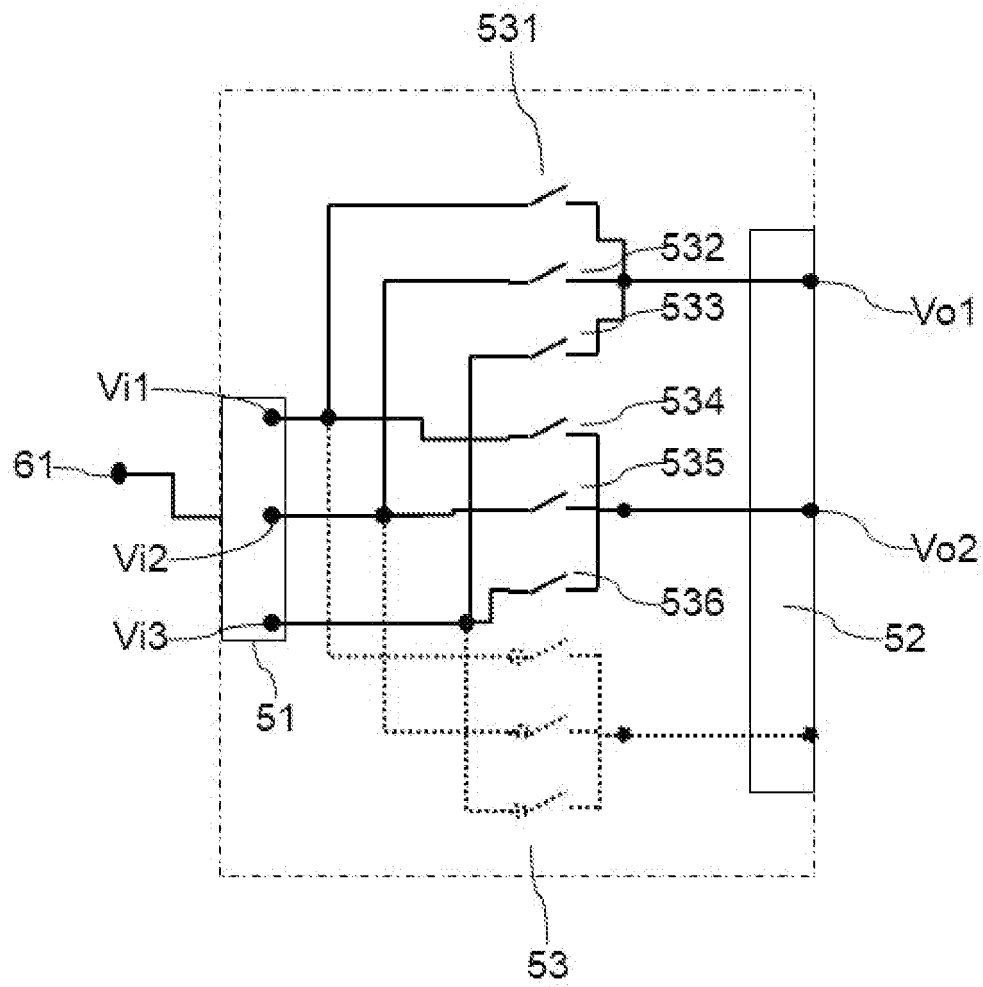
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 915079
FR 2300237

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 976 092 A1 (ABB TECHNOLOGY LTD [CH]) 1 octobre 2008 (2008-10-01) * alinéas [0021] - [0030]; figure 6 * -----	1,2,11, 12	F03B 13/08 F03B 3/10 H02J 3/08
X	MILIANI EL HADJ ET AL: "Matrix converter topology for distributed energy applications", 2016 18TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE'16 ECCE EUROPE), JOINTLY OWNED BY IEEE-PELS AND EPE ASSOCIATION, 5 septembre 2016 (2016-09-05), pages 1-13, XP032985405, DOI: 10.1109/EPE.2016.7695688 [extrait le 2016-10-25] * alinéa [sectionII]; figures 2,3 * -----	1,10-12	
X	EP 2 827 490 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 21 janvier 2015 (2015-01-21)	1-5,8-12	
A	* alinéas [0016] - [0027]; figures 1,2-5 * -----	6,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02J H02M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juillet 2023		Grosse, Philippe	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2300237 FA 915079**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-07-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1976092	A1	01-10-2008	CN	101589532 A	25-11-2009
			EP	1976092 A1	01-10-2008
			RU	2009140152 A	10-05-2011
			US	2010013315 A1	21-01-2010
			WO	2008121045 A1	09-10-2008

EP 2827490	A1	21-01-2015	BR	102014016439 A2	08-12-2015
			CA	2855310 A1	03-01-2015
			CN	104283432 A	14-01-2015
			EP	2827490 A1	21-01-2015
			ES	2861954 T3	06-10-2021
			US	2015008750 A1	08-01-2015
