

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 112 042

21 N° d'enregistrement national : 20 06806

51 Int Cl⁸ : H 02 M 7/68 (2019.12), H 02 J 5/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.06.20.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.12.21 Bulletin 21/52.

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) : STECKLER Pierre-Baptiste.

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

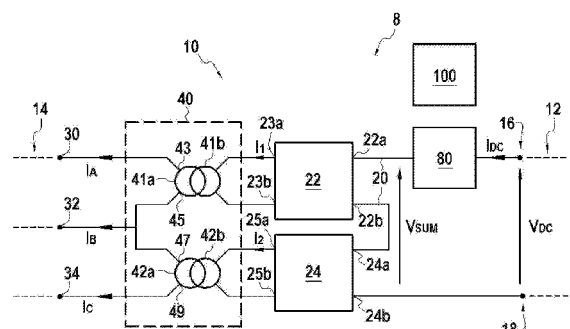
74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 Convertisseur de tension AC/DC triphasé comprenant uniquement deux modules de conversion électrique.

57 Convertisseur de tension AC/DC triphasé comprenant uniquement deux modules de conversion électrique

Convertisseur de tension (10) permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement, le convertisseur de tension comprenant des premier et second modules de conversion électrique (22,24) connectés en série dans un bras (20) ; un dispositif de transformation d'énergie électrique (40) comportant un premier enroulement primaire (41a) connecté entre des premier et deuxième terminaux alternatifs (30,32) et un second enroulement primaire (42a) connecté entre des deuxième et troisième terminaux alternatifs (32,34), ainsi que des premier et second enroulements secondaires (41b,42b) ; et un module de contrôle (100) configuré pour commander les premier et second modules de conversion électrique de sorte qu'un premier courant alternatif (I1) circulant dans le premier enroulement secondaire et un second courant alternatif (I2) circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés, le convertisseur de tension comprenant uniquement deux modules de conversion électrique.

Figure pour l'abrégé : Fig. 1.



FR 3 112 042 - A1



Description

Titre de l'invention : Convertisseur de tension AC/DC triphasé comprenant uniquement deux modules de conversion électrique

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine technique des convertisseurs de tension alternative en tension continue et inversement, également appelés convertisseurs de tension AC/DC. Ce type de convertisseurs est particulièrement adapté pour être implanté dans des installations d'alimentation électrique en courant continu haute tension (HVDC pour « High Voltage Direct Current » en langue anglaise).
- [0002] Les installations d'alimentation électrique HVDC comprennent généralement un réseau d'alimentation électrique continu permettant le transport d'électricité sur de longues distances au moyen de lignes à courant continu de plusieurs centaines de kilomètres. Elles comprennent également un réseau d'alimentation électrique alternatif, par exemple relié à un parc éolien offshore. Les convertisseurs de tension AC/DC permettent la connexion d'un tel réseau d'alimentation électrique alternatif avec un réseau d'alimentation électrique continu.

Technique antérieure

- [0003] On connaît des convertisseurs de tension AC/DC triphasés, tels que le convertisseur décrit dans EP 2 569 858 A1. Ce convertisseur comprend un bras s'étendant entre des premier et second terminaux continus dans lequel sont connectées en série trois modules de conversion électrique. Ce convertisseur comprend en outre un transformateur comportant trois enroulements primaires et trois enroulements secondaires. Chacun des enroulements secondaires du transformateur est connecté électriquement à un des trois modules de conversion électrique.
- [0004] Un inconvénient de ce convertisseur triphasé est qu'il comprend un nombre de composants très important et qu'il se révèle très encombrant. En effet, l'application haute tension impose des distances minimales entre les modules de conversion électrique de ce convertisseur. Ce convertisseur, muni de trois modules de conversion électrique présente par conséquent une taille et un encombrement important.
- [0005] Par ailleurs, chacun des trois modules de conversion électrique de ce convertisseur comprend plusieurs dizaines de sous-modules connectés dans une branche de phase. Aussi, ce convertisseur est très lourd, volumineux et encombrant. En outre, sa fabrication est particulièrement difficile et coûteuse.
- [0006] De plus, d'importantes ressources doivent être utilisées afin de contrôler l'ensemble des éléments de commande de ce convertisseur. Le contrôle du convertisseur est donc particulièrement coûteux et complexe.

Exposé de l'invention

[0007] Un but de la présente invention est de proposer un convertisseur de tension remédiant aux problèmes précités et permettant notamment de réduire le nombre de composants dudit convertisseur de tension.

[0008] Pour ce faire, l'invention porte sur un convertisseur de tension permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement, le convertisseur de tension comprenant :

- des premier et second terminaux continus configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique continu ;

- des premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique alternatif ;

- un bras s'étendant entre les premier et second terminaux continus et comportant un premier module de conversion électrique et un second module de conversion électrique connectés en série dans ledit bras, les premier et second modules de conversion électrique présentant chacun une première borne continue et une seconde borne continue entre lesquelles il s'étend, ainsi qu'une première borne alternative et une seconde borne alternative;

- un dispositif de transformation d'énergie électrique comportant un premier enroulement primaire connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs et un second enroulement primaire connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs, le dispositif de transformation d'énergie électrique comportant en outre un premier enroulement secondaire connecté entre les première et seconde bornes alternatives du premier module de conversion électrique et un second enroulement secondaire connecté entre les première et seconde bornes alternatives du second module de conversion électrique, le premier module de conversion électrique étant configuré pour générer un premier courant alternatif contrôlable circulant dans le premier enroulement secondaire, le second module de conversion électrique étant configuré pour générer un second courant alternatif contrôlable circulant dans le second enroulement secondaire ;

- un module de contrôle configuré pour commander les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés,

le convertisseur de tension comprenant uniquement deux modules de conversion électrique.

[0009] Le convertisseur de tension selon l'invention peut être aisément connecté dans une installation électrique HVDC, entre un réseau d'alimentation électrique alternatif et un

réseau d'alimentation électrique continu. Le convertisseur de tension est avantageusement réversible, de sorte qu'il permet de convertir une tension alternative en une tension continue mais également de convertir une tension continue en tension alternative.

- [0010] On comprend que chacun des modules de conversion électrique est connecté dans le bras par l'intermédiaire de ses première et seconde bornes continues. A chaque enroulement secondaire du dispositif de transformation électrique est associé un module de conversion électrique.
- [0011] Contrairement aux convertisseurs de tension de l'art antérieur, dans lesquels les enroulements primaires sont couplés en étoile, et présentent chacun une borne reliée au neutre, ou en triangle, chacun des enroulements primaires du convertisseur de tension selon l'invention est connecté entre deux terminaux alternatifs, et sont donc configurés pour être reliés directement au réseau d'alimentation électrique alternatif.
- [0012] Les premier et second modules de conversion électrique permettent de générer respectivement une première tension continue insérée et une seconde tension continue insérée contrôlables dans le bras entre leurs premières et secondes bornes continues respectives. Ces première et seconde tensions continues insérées permettent de contrôler un courant continu circulant dans le bras.
- [0013] Les premier et second modules de conversion électrique permettent en outre de générer respectivement une première tension alternative insérée et une seconde alternative insérée contrôlables entre leurs premières et secondes bornes alternatives respectives.
- [0014] Ces première et seconde tensions alternatives insérées permettent de générer respectivement ledit premier courant alternatif I_1 circulant dans le premier enroulement secondaire et ledit second courant alternatif I_2 circulant dans le second enroulement secondaire.
- [0015] Le dispositif de transformation d'énergie électrique présente un rapport de transformation r correspondant au rapport entre le nombre de spires du premier enroulement secondaire et le nombre de spires du premier enroulement primaire. En première approximation, ce rapport de transformation est environ égal au rapport entre la tension aux bornes du premier enroulement secondaire et la tension aux bornes du premier enroulement primaire.
- [0016] A partir des premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements secondaires, le dispositif de transformation d'énergie électrique fournit des premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements primaires, qui sont des images, au rapport de transformation r près, desdits premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements secondaires.

[0017] A partir des premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements primaires, le convertisseur de tension selon l'invention permet de construire un système triphasé de trois courants de phase alternatifs. Ce système triphasé comprend des premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs I_a, I_b, I_c circulant respectivement vers les premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs du convertisseur de tension. Ces courants de phase alternatifs sont contrôlables en phase et en amplitude, de sorte que la puissance active et la puissance réactive du convertisseur de tension peuvent également être contrôlées.

[0018] Les relations entre les premier et second courants alternatifs I_1, I_2 circulant dans les premier et second enroulements secondaires et les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs I_A, I_B, I_C sont les suivantes :

[0019] [Math.1]

$$I_A = rI_1$$

[0020] [Math.2]

$$I_B = r(I_2 - I_1)$$

[0021] [Math.3]

$$I_C = -rI_2$$

[0022] Le dispositif de transformation d'énergie électrique du convertisseur de tension selon l'invention permet d'obtenir une distribution triphasée de trois courants de phase alternatifs à partir de deux courants alternatifs circulant dans les enroulements secondaires du dispositif de transformation d'énergie électrique.

[0023] Ces trois courants de phase alternatifs I_A, I_B, I_C définissent un système triphasé.

[0024] La phase et l'amplitude du premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et la phase et l'amplitude du second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire du dispositif de transformation d'énergie électrique forment quatre degrés de liberté du système triphasé donné ci-dessus.

[0025] En appliquant une transformation de Fortescue à ce système, également appelée méthode des composantes symétriques, ce système triphasé peut être décomposé en une somme de trois systèmes triphasés, à savoir un système équilibré direct, un système équilibré inverse et un système homopolaire.

[0026] Le système équilibré direct permet d'imposer la puissance active et la puissance réactive du convertisseur de tension. Pour que le système triphasé composé par les trois

courants de phase alternatif soit équilibré, le système équilibré inverse et le système homopolaire doivent chacun présenter une partie réelle et une partie imaginaire nulle. En effet, ceci permet de ne conserver que le système direct, qui est un système triphasé équilibré formé par les trois courants de phase alternatifs I_A, I_B, I_C , qui sont alors déphasés de 120° et présentent une même amplitude. Ces trois systèmes imposent donc six contraintes à satisfaire, à savoir le contrôle de la puissance active, le contrôle de la puissance réactive, l'annulation des parties réelle et imaginaire du système équilibré inverse, l'annulation des parties réelle et imaginaire du système homopolaire.

[0027] Le couplage des enroulements primaires du dispositif transformation d'énergie du convertisseur de tension selon l'invention, dans lequel le premier enroulement primaire est connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs et le second enroulement primaire est connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs, permet d'annuler la partie réelle et la partie imaginaire du système homopolaire, par construction. En effet, le courant homopolaire est défini comme la somme des trois courants de phase alternatifs. Grâce aux trois équations données précédemment, on constate que la somme des trois courants de phase alternatifs est nulle. Il n'y a pas de courant homopolaire, et les parties réelles et imaginaires du système homopolaire sont donc nulles. Aussi, grâce à ce couplage des enroulements primaire du dispositif de transformation électrique selon l'invention, seules quatre contraintes, à savoir le contrôle des puissances active et réactive et l'annulation des parties réelle et imaginaire du système inverse, doivent être satisfaites au moyen des quatre degrés de libertés précités. La résolution des trois systèmes équilibrés est donc permise grâce au couplage particulièrement astucieux des enroulements primaires du convertisseur de tension selon l'invention. Le module de contrôle est avantageusement configuré pour ajuster le déphasage entre les premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements secondaires, de manière à imposer un déphasage d'environ 120° entre chacun des trois courants de phase alternatifs I_a, I_b, I_c .

[0028] Le convertisseur de tension selon l'invention permet donc d'obtenir une distribution triphasée équilibrée de trois courants de phase alternatifs I_a, I_b, I_c à partir de deux courants traversant les enroulements secondaires du dispositif de transformation d'énergie électrique, à savoir les premier et deuxième courants alternatifs circulant dans les premier et deuxième enroulements secondaires. Par équilibré on entend que les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs I_a, I_b, I_c présentent sensiblement la même amplitude et sont déphasés d'environ 120° ou $2\pi/3$.

[0029] En d'autres mots, le convertisseur de tension selon l'invention permet d'obtenir une distribution triphasée équilibrée de trois courants de phase alternatifs à partir de deux modules de conversion électrique connectés en série dans le bras.

[0030] Grâce à l'invention, le convertisseur de tension comprend exactement deux modules

de conversion électrique, et donc strictement moins de trois modules de conversion électrique, contrairement aux convertisseurs de tension de l'art antérieur qui comprennent au moins trois modules de conversion électrique.

- [0031] Par conséquent, le convertisseur de tension selon l'invention comprend un nombre de composants, et notamment de modules de conversion électrique, réduit. Un intérêt est de réduire la taille et l'encombrement du convertisseur de tension en réduisant le nombre de modules de conversion électrique.
- [0032] En outre, il présente un nombre réduit de sous-modules, lorsque les modules de conversion en sont pourvus. Ceci permet également de réduire le nombre de connexions électriques entre les différents composants, pouvant s'avérer coûteuses et complexes à réaliser, et de simplifier ainsi l'agencement du convertisseur de tension.
- [0033] En outre, chacun des modules de conversion électrique du convertisseur de tension selon l'invention est apte à générer des tensions alternatives et continues insérées plus importantes que celles générées par chacun des modules de conversion des convertisseurs de tension munis de trois modules de conversion selon l'art antérieur. En effet, la tension totale à produire est répartie sur deux modules de conversion électrique au lieu de trois. En revanche, chacun des modules de conversion électrique est amené à supporter des courants moins importants que les modules de conversion électrique de l'art antérieur. Aussi, la taille de ces modules de conversion électrique peut être réduite.
- [0034] Le convertisseur de tension selon l'invention présente donc un poids et un encombrement très inférieur aux convertisseurs de tension de l'art antérieur, ainsi qu'un coût de fabrication réduit.
- [0035] Par ailleurs, le convertisseur de tension selon l'invention peut n'être muni que de deux enroulements primaires et deux enroulements secondaires, ce qui réduit encore l'encombrement du convertisseur de tension.
- [0036] De préférence, le module de contrôle est configuré pour commander les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés d'un angle compris entre 55° et 65° , de préférence d'un angle sensiblement égal à 60° .
- [0037] Un intérêt est d'améliorer l'équilibre du système triphasé formé par les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs, construits à partir des premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements secondaires. Ceci permet d'imposer un déphasage d'environ 120° entre les premier et deuxième courants de phase alternatifs, ainsi qu'entre les deuxième et troisième courants de phase alternatifs et entre les troisième et premier courants de phase alternatifs.

- [0038] De préférence, le module de contrôle commande les premier et second modules de conversion électrique de manière à réguler les première et seconde tensions alternatives insérées entre les première et seconde bornes alternatives des premier et second modules de conversion électrique, ce qui permet d'ajuster la phase et l'amplitude des premier et second courants alternatifs circulant dans les enroulements secondaires du dispositif de transformation d'énergie électrique.
- [0039] Le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire est avantageusement en phase avec le premier courant de phase alternatif.
- [0040] De manière avantageuse, les premier et second modules de conversion électrique comprennent chacun une branche principale s'étendant entre les première et seconde bornes continues du module de conversion électrique correspondant et dans laquelle est connectée une chaîne de sous-modules, chacune des chaînes de sous-modules comprenant une pluralité de sous-modules commandables individuellement par un organe de commande propre à chaque sous-module et chaque sous-module comprenant un condensateur, l'organe de commande de chaque sous-module pouvant prendre au moins un premier état dans lequel le condensateur est inséré dans la branche principale et un deuxième état dans lequel le condensateur n'est pas inséré dans ladite branche principale.
- [0041] Le module de contrôle commande avantageusement les organes de commande des premier et second modules de conversion électrique.
- [0042] De manière non limitative, les organes de commandes des sous-modules peuvent comprendre des éléments de commutation commandables de type interrupteur IGBT et une diode antiparallèle. De manière non limitative, les organes de commandes peuvent être placés dans le premier état et dans le deuxième état en réponse à un ordre de commande, provenant par exemple du module de contrôle, ou encore en fonction du signe du courant circulant dans le bras.
- [0043] Les sous-modules peuvent être commandés selon une séquence choisie pour faire varier progressivement le nombre de condensateurs qui sont connectés en série dans la branche principale du module de conversion électrique correspondant et donc dans le bras du convertisseur de tension, de façon à fournir plusieurs niveaux de tension.
- [0044] Avantageusement, le module de contrôle est configuré pour commander les organes de commande des sous-modules des chaînes de sous-modules des premier et second modules de conversion électrique, de manière à réguler les tensions aux bornes desdites chaînes de sous-modules. La commande des sous-modules des modules de conversion électrique permet d'ajuster les tensions continues insérées dans le bras mais également les tensions alternatives insérées entre les bornes alternatives des modules de conversion électrique, et donc de réguler, en phase et en amplitude, les courants alternatifs circulant dans les enroulements primaires et secondaires du dispositif de trans-

formation d'énergie électrique. Ceci permet de réguler, en phase et en amplitude, les trois courants de phase alternatifs circulant vers les terminaux alternatifs du convertisseur de tension.

- [0045] Préférentiellement, au moins un des premier et second modules de conversion électrique comprend une liaison électrique supérieure, reliant électriquement la première borne continue et la première borne alternative dudit module de conversion électrique, et une liaison électrique inférieure, reliant électriquement la seconde borne continue et la seconde borne alternative dudit module de conversion électrique, ledit module de conversion électrique comprenant au moins un condensateur connecté dans ladite liaison électrique supérieure et/ou dans ladite liaison électrique inférieure. Un intérêt est de bloquer la circulation d'un courant continu dans les enroulements secondaires du dispositif de transformation électrique tout en autorisant la circulation d'un courant alternatif.
- [0046] Avantageusement, le premier module de conversion électrique et le second module de conversion électrique comprennent chacun au moins un condensateur connecté dans sa liaison électrique supérieure et/ou dans sa liaison électrique inférieure.
- [0047] Le premier et/ou le second module de conversion électrique peut comprendre un unique condensateur connecté dans sa liaison électrique supérieure ou dans sa liaison électrique inférieure. En variante, le premier et/ou le second module de conversion électrique peut comprendre un premier condensateur connecté dans la liaison électrique supérieure et un second condensateur connecté dans la liaison électrique inférieure.
- [0048] De manière avantageuse, au moins un des premier et second modules de conversion électrique comprend une branche secondaire, s'étendant entre les première et seconde bornes continues dudit module de conversion électrique, et dans laquelle sont connectés en série une chaîne de sous-modules comprenant une pluralité de sous-modules commandables, et un pont en H comprenant une première sous-branche dans laquelle sont connectés deux interrupteurs et une seconde sous-branche, connectée en parallèle de la première sous-branche, et dans laquelle sont connectés deux interrupteurs, les première et seconde bornes alternatives dudit module de conversion électrique étant reliées électriquement respectivement à la première sous-branche et à la seconde sous-branche.
- [0049] La branche secondaire est connectée en parallèle de la branche principale dudit module de conversion électrique. La première sous-branche est reliée à une première borne de l'enroulement secondaire correspondant, tandis que la seconde sous-branche est reliée à une seconde borne dudit enroulement secondaire correspondant.
- [0050] Avantageusement, les deux interrupteurs de la première sous-branche sont connectés l'un à l'autre en un premier point intermédiaire, la première borne alternative dudit

module de conversion électrique étant reliée électriquement audit premier point intermédiaire. Avantagusement, les deux interrupteurs de la seconde sous-branche sont connectés l'un à l'autre en un second point intermédiaire, la seconde borne alternative dudit module de conversion électrique étant reliée électriquement audit second point intermédiaire.

- [0051] Les interrupteurs du pont en H sont avantagusement commandés par le module de contrôle. Les interrupteurs du pont en H sont avantagusement des interrupteurs haute-tension. Le pont en H permet d'ajuster le sens de circulation du premier ou second courant alternatif circulant dans l'enroulement secondaire correspondant du dispositif de transformation d'énergie électrique.
- [0052] De préférence, les sous-modules des chaînes de sous-modules des premier et second modules de conversion électrique présentent une topologie en demi-pont ou une topologie en pont complet. Sans sortir du cadre de l'invention, d'autres topologies de sous-modules peuvent être envisagées. Chacun des modules de conversion électrique peut comprendre une combinaison de sous-modules en demi-pont et de sous-modules en pont complet.
- [0053] L'organe de commande d'un sous-module en demi-pont (« Half Bridge » en langue anglaise) comporte un premier élément de commutation électronique connecté en série avec le dispositif de stockage d'énergie et un deuxième élément de commutation électronique couplé entre les bornes d'entrée et de sortie du sous-module.
- [0054] L'organe de commande d'un sous-module pont-complet (« Full Bridge » en langue anglaise) comporte quatre éléments de commutation.
- [0055] Dans ces deux topologies, l'organe de commande comprend avantagusement une diode antiparallèle connectée en parallèle de chacun des éléments de commutation.
- [0056] Préférentiellement, le convertisseur de tension comprend en outre un module de démarrage configuré pour charger les condensateurs des sous-modules des premier et second modules de conversion électrique, lorsqu'il est placé dans un premier état.
- [0057] Lors de la charge desdits condensateurs, la tension aux bornes des chaînes de sous-modules augmente progressivement jusqu'à atteindre une valeur nominale.
- [0058] Le module de démarrage est de préférence connecté entre les terminaux alternatifs du convertisseur de tension et un réseau d'alimentation électrique alternatif auquel est connecté ledit convertisseur de tension. En variante, le module de démarrage peut être connecté entre les terminaux continus du convertisseur de tension et un réseau d'alimentation électrique continu auquel est connecté ledit convertisseur de tension.
- [0059] De préférence, le module de démarrage comprend au moins un premier interrupteur connecté à un des terminaux alternatifs ou continus du convertisseur de tension et une résistance de limitation connectée en parallèle dudit interrupteur, ledit interrupteur étant ouvert lorsque le module de démarrage est placé dans le premier état.

- [0060] Aussi, dans le premier état, un courant non-contrôlé apparaît dans le bras. Ce courant non-contrôlé est limité par la résistance de limitation et charge progressivement les condensateurs des sous-modules des premier et second modules de conversion électrique, jusqu'à une valeur de pré-charge prédéfinie.
- [0061] Cette valeur de pré-charge prédéfinie est notamment choisie de manière à permettre l'alimentation du module de contrôle.
- [0062] De préférence, le module de démarrage peut être placé dans un second état, dans lequel ledit au moins un interrupteur est fermé, de manière à court-circuiter ladite résistance de limitation.
- [0063] Le module de limitation est d'abord maintenu dans le premier état jusqu'à ce que les condensateurs des sous-modules des modules de conversion électrique atteignent la valeur de pré-charge prédéfinie. Les chaînes de sous-modules sont alors commandables et peuvent être commandées pour augmenter progressivement l'énergie stockée dans leurs condensateurs. Lorsque la tension aux bornes de chaque chaîne de sous-modules atteint une valeur finale sensiblement égale à la tension du réseau d'alimentation électrique continu, le module de démarrage est placé dans le second état.
- [0064] L'ensemble des condensateurs des sous-modules des premier et second modules de conversion électrique sont chargés alors à une valeur de charge finale et le convertisseur de tension fonctionne alors normalement.
- [0065] De préférence, ledit convertisseur de tension comprend uniquement deux enroulements primaires et deux enroulements secondaires. Un intérêt est là-encore de réduire le nombre de composants du convertisseur et notamment le nombre de terminaisons appelées « bushings » formant des connexions externes dudit dispositif de transformation d'énergie électrique. Ceci permet encore de réduire le poids, l'encombrement et le coût de fabrication du convertisseur de tension, par rapport aux convertisseurs de l'art antérieur qui comprennent au moins trois enroulements primaires et trois enroulements secondaires. On comprend que le convertisseur comprend exactement deux enroulements primaires et deux enroulements secondaires, chacun étant associé à un unique module de conversion électrique.
- [0066] En outre, les transformateurs des convertisseurs de tension sont généralement munis de terminaison appelées « bushings » particulièrement encombrantes. En réduisant le nombre d'enroulements primaires et secondaires, et donc le nombre de transformateurs utilisés, le convertisseur de tension selon l'invention permet également de réduire le nombre de ces terminaisons, ce qui réduit encore l'encombrement du convertisseur de tension.
- [0067] Avantageusement, le convertisseur de tension selon l'invention comprend uniquement un dispositif de transformation d'énergie électrique.

- [0068] Avantageusement, le convertisseur de tension selon l'invention comprend uniquement deux enroulements primaires et deux enroulements secondaires.
- [0069] Selon une première variante avantageuse, le dispositif de transformation d'énergie électrique comprend un unique transformateur comprenant lesdits premier et second enroulements primaires ainsi que lesdits premier et second enroulements secondaires. Un intérêt est de réduire le coût et l'encombrement du convertisseur de tension en limitant le nombre de composants qu'il comprend.
- [0070] Selon une seconde variante avantageuse, le dispositif de transformation d'énergie électrique comprend : un premier transformateur comprenant le premier enroulement primaire et le premier enroulement secondaire ; et un second transformateur comprenant le second enroulement primaire et le second enroulement secondaire. Ces premier et second transformateurs sont des transformateurs monophasés. Un intérêt est de permettre une meilleure isolation galvanique entre les enroulements du premier et du second transformateurs. En outre, pour les applications de très forte puissance, la taille d'un transformateur à plusieurs enroulements primaires et secondaires peut être telle qu'il sera difficile à fabriquer et à transporter. L'utilisation de plusieurs transformateurs monophasés facilite la fabrication et le transport du dispositif de transformation d'énergie électrique et donc du convertisseur de tension.
- [0071] De préférence, le convertisseur de tension comprend au moins un module de filtrage connecté en série avec le bras et configuré pour limiter la composante alternative d'un courant circulant dans ledit bras. La tension résultant de la somme des tensions insérées dans le bras, générées par les premier et second modules de conversion électrique, présente une composante alternative résiduelle de sorte qu'un courant alternatif subsiste dans le bras.
- [0072] Un intérêt du module de filtrage est de filtrer et donc de réduire, de préférence supprimer, cette composante alternative de la tension totale dans le bras de manière à privilégier la circulation dans le bras d'un courant continu. Ceci permet de ne pas avoir de composante alternative dans le courant circulant dans le réseau d'alimentation électrique continu et donc de protéger ce réseau.
- [0073] Avantageusement, le module de filtrage comprend au moins un composant passif et/ou un composant actif. On entend par composant passif un composant dont l'état et/ou le comportement ne peut être contrôlé. Un tel composant passif permet de stocker ou conserver une énergie. De manière non limitative, il peut s'agir d'une résistance ou d'une inductance.
- [0074] Le module de filtrage peut ne comprendre que des composants passifs de sorte qu'il forme un module de filtrage passif. Les composants passifs sont alors avantageusement dimensionnés de sorte que le module de filtrage présente une grande impédance à sa fréquence de résonance, afin de filtrer efficacement la composante alternative du

courant dans le bras.

- [0075] On entend par composant actif un composant commandable dont l'état et/ou le comportement peut être contrôlé. De manière non limitative, il peut s'agir d'un interrupteur, d'un semi-conducteur, tel un transistor ou encore d'un sous-module comprenant au moins un semi-conducteur.
- [0076] Le module de filtrage peut comprendre au moins un composant actif, de sorte qu'il forme un module de filtrage actif.
- [0077] De préférence, le module de filtrage comprend une inductance et une capacité connectées en parallèle l'une de l'autre. Encore de préférence, le module de filtrage consiste en une inductance et une capacité connectées en parallèle l'une de l'autre.
- [0078] Le module de filtrage forme alors un filtre empêchant la circulation du courant alternatif dans le bras. On choisit avantageusement ladite inductance et ladite capacité de sorte que la fréquence de résonance du module de filtrage coïncide avec celle du réseau d'alimentation électrique alternatif.
- [0079] Préférentiellement, le module de filtrage comprend une chaîne de sous-modules supplémentaire comprenant une pluralité de sous-modules commandables individuellement par un organe de commande propre à chaque sous-module et chaque sous-module de ladite chaîne de sous-modules supplémentaire comprenant au moins un condensateur connectable en série avec le bras lorsque l'organe de commande du sous-module est dans un premier état.
- [0080] L'invention porte également sur une installation de transport de courant continu haute tension comprenant un réseau d'alimentation électrique continu, un réseau d'alimentation électrique alternatif et un convertisseur de tension tel que décrit précédemment, ledit convertisseur de tension étant configuré pour connecter électriquement lesdits réseaux d'alimentation électrique alternatif et continu entre eux.
- [0081] Le réseau d'alimentation électrique continu est connecté électriquement aux premier et second terminaux continus. Le réseau d'alimentation électrique alternatif est connecté électriquement aux premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs du convertisseur de tension.
- [0082] L'invention porte par ailleurs sur un procédé de contrôle d'un convertisseur de tension permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement, le convertisseur de tension comprenant :
- des premier et second terminaux continus configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique continu ;
 - des premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique alternatif ;
 - un bras s'étendant entre les premier et second terminaux continus et comportant un premier module de conversion électrique et un second module de conversion électrique

connectés en série dans ledit bras, les premier et second modules de conversion électrique présentant chacun une première borne continue et une seconde borne continue entre lesquelles il s'étend, ainsi qu'une première borne alternative et une seconde borne alternative;

- un dispositif de transformation d'énergie électrique comportant un premier enroulement primaire connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs et un second enroulement primaire connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs, le dispositif de transformation d'énergie électrique comportant en outre un premier enroulement secondaire connecté entre les première et seconde bornes alternatives du premier module de conversion électrique et un second enroulement secondaire connecté entre les première et seconde bornes alternatives du second module de conversion électrique, le convertisseur de tension comprenant uniquement deux modules de conversion électrique,

le procédé comprenant les étapes selon lesquelles :

- on génère un premier courant alternatif contrôlable circulant dans le premier enroulement secondaire, à l'aide du premier module de conversion électrique ;
 - on génère un second courant alternatif contrôlable circulant dans le second enroulement secondaire, à l'aide du second module de conversion électrique ;
 - on contrôle les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés.

[0083] De préférence, on contrôle les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés d'un angle compris entre 55° et 65° , de préférence d'un angle sensiblement égal à 60° .

Brève description des dessins

[0084] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

[0085] [fig.1]La figure 1 illustre une installation HVDC comprenant un convertisseur de tension selon l'invention ;

[0086] [fig.2]La figure 2 illustre un premier mode de réalisation du convertisseur de tension de la figure 1;

[0087] [fig.3]La figure 3 illustre un sous-module de topologie en demi-pont ;

[0088] [fig.4]La figure 4 illustre un sous-module de topologie en pont complet ;

- [0089] [fig.5]La figure 5 illustre une reconstruction de la distribution triphasée des trois courant de phase alternatifs circulant vers les terminaux alternatifs du convertisseur de la figure 2 ;
- [0090] [fig.6]La figure 6 illustre une première variante d'un module de filtrage du convertisseur de tension de la figure 2 ;
- [0091] [fig.7]La figure 7 illustre une seconde variante d'un module de filtrage du convertisseur de tension de la figure 2 ;
- [0092] [fig.8]La figure 8 illustre un second mode de réalisation du convertisseur de tension de la figure 1.

Description des modes de réalisation

- [0093] L'invention porte sur un convertisseur de tension permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement et comprenant uniquement deux modules de conversion électrique.
- [0094] La figure **1** illustre une installation HVDC **8** comprenant un premier mode de réalisation d'un convertisseur de tension **10** selon l'invention, connectant entre eux un réseau d'alimentation électrique continu **12** et un réseau d'alimentation électrique alternatif **14** de l'installation. Le réseau d'alimentation électrique alternatif **14** est un réseau triphasé comprenant trois phases.
- [0095] Comme on le constate sur la figure **1**, le convertisseur de tension **10** comprend un premier terminal continu **16** et un second terminal continu **18** configurés pour être reliés électriquement au réseau d'alimentation électrique continu **12**. La tension V_{DC} du réseau d'alimentation électrique continu **12** est illustrée entre le premier terminal continu **16** et le second terminal continu **18**.
- [0096] Le convertisseur comprend un bras **20** s'étendant entre le premier terminal continu **16** et le second terminal continu **18**. Le bras **20** comprend un premier module de conversion électrique **22** et un second module de conversion électrique **24** connectés en série l'un de l'autre dans le bras **20**, entre les premier et second terminaux continus **16**, **18**.
- [0097] Le premier module de conversion électrique **22** comprend une première borne continue **22a** et une seconde borne continue **22b** entre lesquelles il s'étend. Il est connecté dans le bras **20** par l'intermédiaire desdites première et secondes bornes continues **22a,22b**. De même, le second module de conversion électrique **24** comprend une première borne continue **24a** et une seconde borne continue **24b** entre lesquelles il s'étend. Il est connecté dans le bras **20** par l'intermédiaire desdites première et secondes bornes continues **24a,24b**.
- [0098] Par ailleurs, le premier module de conversion électrique **22** comprend une première borne alternative **23a** et une seconde borne alternative **23b**. Le second module de

conversion électrique **24** comprend une première borne alternative **25a** et une seconde borne alternative **25b**.

- [0099] Selon l'invention, le convertisseur de tension **10** comprend uniquement et exactement deux modules de conversion **22,24**, contrairement aux convertisseurs de tension de l'art antérieur qui comprennent au moins trois modules de conversion électrique.
- [0100] Sur la figure **1**, on constate que le convertisseur de tension **10** comprend également un premier terminal alternatif **30**, un deuxième terminal alternatif **32** et un troisième terminal alternatif **34**. Chacun des premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs **30,32,34** est configuré pour être relié électriquement à l'une des trois phases du réseau d'alimentation électrique alternatif **14**.
- [0101] Le convertisseur de tension **10** comprend en outre un dispositif de transformation d'énergie électrique **40** comprenant, dans cet exemple non limitatif, un unique transformateur biphasé comprenant des premier **41a** et second **42a** enroulements primaires associés respectivement à des premier **41b** et second **42b** enroulements secondaires. Le dispositif de transformation d'énergie électrique **40** comprend uniquement et exactement deux enroulements primaires **41a,42a** et uniquement et exactement deux enroulements secondaires **41b,42b**. Le convertisseur de tension **10** comprend uniquement et exactement deux enroulements primaires **41a,42a** et uniquement et exactement deux enroulements secondaires **41b,42b**.
- [0102] Comme on le constate sur la figure **1**, le premier enroulement secondaire **41b** est connecté entre les première et seconde bornes alternatives **23a,23b** du premier module de conversion électrique **22**. Le second enroulement secondaire **42b** est connecté entre les première et seconde bornes alternatives **25a,25b** du second module de conversion électrique **24**.
- [0103] Selon l'invention, le premier enroulement primaire **41a** est connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs **30,32** du convertisseur de tension **10**. En d'autres mots, le premier enroulement primaire **41a** comprend une première borne **43** reliée électriquement au premier terminal alternatif **30** et une seconde borne **45** reliée électriquement au deuxième terminal alternatif **32**. Le second enroulement primaire **42a** est connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs **32,34** du convertisseur de tension **10**. En d'autres mots, le second enroulement primaire **42a** comprend une première borne **47** reliée électriquement au deuxième terminal alternatif **32** et une seconde borne **49** reliée électriquement au troisième terminal alternatif **34**.
- [0104] La figure **2** illustre un premier mode de réalisation du convertisseur de tension de la figure **1** muni d'une première variante des modules de conversion électrique. Dans ce mode de réalisation, le premier module de conversion électrique **22** et le second module de conversion électrique **24** sont sensiblement identiques. Le premier module

de conversion électrique **22** comprend une branche principale **46** connectée entre les première et seconde bornes continues **22a,22b** du premier module de conversion électrique **22**. Le premier module de conversion électrique **22** comprend une chaîne de sous-modules **SM** connectée dans ladite branche principale **46**. De même, le second module de conversion électrique **24** comprend une branche principale **48** connectée entre les première et seconde bornes continues **24a,24b** du second module de conversion électrique **24** et dans laquelle est également connectée une chaîne de sous-modules **SM**.

- [0105] Chacune des chaînes de sous-modules comprend une pluralité de sous-modules **SM** connectés en série les uns des autres dans la branche principale correspondante et qui peuvent être commandés suivant une séquence souhaitée. Sur la figure **2**, seuls deux sous-modules par chaîne sont représentés. Toutefois, chaque chaîne de sous-modules peut comprendre de deux à plusieurs dizaines de sous-modules **SM**.
- [0106] Comme illustré en figure **3** et **4**, chaque sous-module **SM** comporte un dispositif de stockage d'énergie comprenant dans cet exemple un condensateur C_{SM} , et un organe de commande pour connecter sélectivement ce condensateur en série entre les bornes du sous-module **SM** ou pour le contourner.
- [0107] La figure **3** illustre un sous-module ayant une topologie en demi-pont (« Half-bridge » en langue anglaise). Dans ce sous-module en demi-pont, l'organe de commande comporte un premier élément de commutation électronique **T1** tel qu'un transistor bipolaire à grille isolée (« IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor » en langue anglaise) connecté en série avec le condensateur C_{SM} . Ce premier élément de commutation **T1** et ce condensateur C_{SM} sont montés en parallèle d'un deuxième élément de commutation électronique **T2**, également un transistor bipolaire à grille isolée (IGBT). Ce deuxième élément de commutation électronique **T2** est couplé entre les bornes d'entrée et de sortie du sous-module **SM**. Les premier et deuxième éléments de commutation **T1** et **T2** sont tous deux associés à une diode antiparallèle **D** représentée sur les figures **3** et **4**.
- [0108] En fonctionnement, le sous-module peut être placé dans deux états distincts.
- [0109] Dans un premier état dit état « on » ou inséré, le premier élément de commutation **T1** et le deuxième élément de commutation **T2** sont configurés de manière à insérer le condensateur C_{SM} dans la branche principale **46,48**, en série avec les autres sous-modules de la chaîne de sous-modules. Dans un deuxième état dit état « off » ou non-inséré, le premier élément de commutation **T1** et le deuxième élément de commutation **T2** sont configurés de sorte à contourner le condensateur C_{SM} et ne pas l'insérer dans la branche principale **46,48**.
- [0110] Les sous-modules sont commandés selon une séquence choisie pour faire varier progressivement le nombre d'éléments de stockage d'énergie, et donc le nombre de

condensateurs, qui sont connectés en série dans la chaîne de sous-modules correspondante et donc dans le bras **20** du convertisseur de tension **10**, de façon à fournir plusieurs niveaux de tension.

- [0111] La figure **4** illustre une variante du sous-module de la figure **3**, dans laquelle le sous-module présente une topologie en pont complet (« Full-bridge » en langue anglaise). Dans cette topologie, le sous-module comprend quatre éléments de commutation **T'1**, **T'2**, **T'3**, **T'4**, chacun étant associé en parallèle avec une diode antiparallèle **D**.
- [0112] En se référant de nouveau à la figure **2**, on constate que le premier module de conversion électrique **22** comprend une liaison électrique supérieure **50**, reliant électriquement la première borne continue **22a** et la première borne alternative **23a** dudit premier module de conversion électrique **22**. Le premier module de conversion électrique **22** comprend également une liaison électrique inférieure **52**, reliant électriquement la seconde borne continue **22b** et la seconde borne alternative **23b** dudit premier module de conversion électrique **22**. Dans cet exemple non limitatif, la liaison électrique supérieure **50** est munie d'un premier condensateur **54**. Le condensateur permet de bloquer la circulation d'un courant continu dans ladite liaison électrique supérieure **50** et dans le premier enroulement secondaire **41b**.
- [0113] De même, le second module de conversion électrique **24** comprend une liaison électrique supérieure **56**, reliant électriquement la première borne continue **24a** et la première borne alternative **25a** dudit second module de conversion électrique. Le second module de conversion électrique **24** comprend également une liaison électrique inférieure **58**, reliant électriquement la seconde borne continue **24b** et la seconde borne alternative **25b** dudit second module de conversion électrique **24**. Dans cet exemple non limitatif, la liaison électrique supérieure **56** est munie d'un second condensateur **60**. Le condensateur **60** permet de bloquer la circulation d'un courant continu dans ladite liaison électrique supérieure **56** et dans le second enroulement secondaire **42b**.
- [0114] La chaîne de sous-modules **SM** du premier module de conversion électrique **22** permet de générer une première tension continue insérée V_{C1} contrôlable dans le bras entre les première et seconde bornes continues **22a**, **22b** du premier module de conversion électrique **22**. La chaîne de sous-modules **SM** du second module de conversion électrique **24** permet de générer une seconde tension continue insérée V_{C2} contrôlable dans le bras entre les première et seconde bornes continues **24a**, **24b** du second module de conversion électrique **24**. Une tension totale V_{sum} apparaît dans le bras **20**, entre la première borne continue **22a** du premier module de conversion électrique **22** et la seconde borne continue **24b** du second module de conversion électrique **24**.
- [0115] Lesdites première et seconde tensions continues insérées V_{C1} , V_{C2} permettent de contrôler un courant continu I_{DC} circulant dans le bras.

- [0116] La chaîne de sous-modules **SM** du premier module de conversion électrique **22** permet en outre de générer une première tension alternative insérée V_1 contrôlable entre les première et seconde bornes alternatives **23a,23b** du premier module de conversion électrique **22**. La chaîne de sous-modules **SM** du second module de conversion électrique **24** permet de générer une seconde tension alternative insérée V_2 contrôlable entre les première et seconde bornes alternatives **25a,25b** du second module de conversion électrique **24**.
- [0117] Ladite première tension alternative insérée V_1 permet de générer un premier courant alternatif I_1 circulant dans la liaison électrique supérieure **50** et donc dans le condensateur **54** et dans le premier enroulement secondaire **41b**. Ladite seconde tension alternative insérée V_2 permet en outre de générer un second courant alternatif I_2 circulant dans la liaison électrique supérieure **56** et donc dans le condensateur **60** et dans le premier enroulement secondaire **42b**.
- [0118] A partir des premier et second courant alternatifs I_1, I_2 circulant dans les premier et second enroulements secondaires **41b,42b**, le dispositif de transformation d'énergie électrique **40** fournit des premier et second courants alternatifs I_{p1}, I_{p2} circulant dans les premier et second enroulements primaires **41a,42a**. A partir de ces deux courants alternatifs, le convertisseur de tension selon l'invention permet de reconstruire des premier I_A , deuxième I_B et troisième I_C courants de phase alternatifs circulant vers les terminaux alternatifs **30,32,34** du convertisseur de tension, et donc vers le réseau d'alimentation électrique alternatif **14**.
- [0119] Plus précisément, le premier courant de phase alternatif I_A circule depuis la première borne **43** du premier enroulement primaire **41a** vers le premier terminal alternatif **30**. Le troisième courant de phase alternatif I_C circule depuis la seconde borne **49** du second enroulement primaire **42a** vers le troisième terminal alternatif **34**. Le deuxième courant de phase alternatif I_B est un courant résultant de la différence entre le second courant alternatif I_{p2} circulant dans le second enroulement primaire **42a** et le premier courant alternatif I_{p1} circulant dans le premier enroulement primaire **41a**. Le deuxième courant de phase alternatif I_B circule depuis un nœud électrique **51** vers le deuxième terminal alternatif **32**. Le nœud électrique s'étend entre la seconde borne **45** du premier enroulement primaire et la première borne **47** du second enroulement primaire **42a**.
- [0120] Les relations liant les premier et second courants alternatifs circulant dans les premier et second enroulements primaires **41a,42a** sont les suivantes :

[0121] [Math.4]

$$I_A = I_{p1}$$

[0122]

[Math.5]

$$I_B = I_{p2} - I_{p1}$$

[0123] [Math.6]

$$I_C = -I_{p2}$$

[0124] Lesdits premier et second courants alternatifs $\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_2$, et par conséquent les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs $\mathbf{I}_A, \mathbf{I}_B, \mathbf{I}_C$ sont contrôlables en phase et en amplitude.

[0125] Le convertisseur de tension **10** comprend un module de contrôle **100** configuré notamment pour commander les premier et second modules de conversion **22,24**, et plus précisément les éléments de commutation des organes de commande des sous-modules **SM** desdits modules de conversion afin d'ajuster les première et seconde tensions continues insérées $\mathbf{V}_{c1}, \mathbf{V}_{c2}$, lesdites première et second tensions alternatives insérées $\mathbf{V}_1, \mathbf{V}_2$ et par conséquent les premier et second courants alternatifs $\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_2$, ainsi que les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs $\mathbf{I}_A, \mathbf{I}_B, \mathbf{I}_C$.

[0126] Les relations entre les premier et second courants alternatifs $\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_2$ circulant dans les premier et second enroulements secondaires et les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs $\mathbf{I}_A, \mathbf{I}_B, \mathbf{I}_C$ sont les suivantes :

[0127] [Math.7]

$$I_A = rI_1$$

[0128] [Math.8]

$$I_B = r(I_2 - I_1)$$

[0129] [Math.9]

$$I_C = -rI_2$$

[0130] Dans ces relations, r est le rapport de transformation du dispositif de transformation d'énergie électrique.

[0131] Les trois courants de phase alternatifs $\mathbf{I}_A, \mathbf{I}_B, \mathbf{I}_C$ permettent de définir un système triphasé. L'application d'une transformation de Fortescue à ce système, également appelée méthode des composantes symétriques, permet de décomposer ce système en une somme de trois systèmes triphasés, à savoir un système équilibré direct, un système équilibré inverse et un système homopolaire.

- [0132] Le couplage des premier et second enroulements primaires **41a,42a** du dispositif transformation d'énergie électrique **40** aux terminaux alternatifs **30,32,34** du convertisseur de tension selon l'invention, dans lequel le premier enroulement primaire **41a** est connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs **30,32** et le second enroulement primaire **42a** est connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs **32,34**, permet d'annuler la partie réelle et la partie imaginaire du système homopolaire.
- [0133] La phase et l'amplitude du premier courant alternatif I_1 et du second courant alternatif I_2 circulant dans les enroulements secondaires **41b,42b** forment quatre degrés de liberté du système triphasé. Pour fournir un système triphasé équilibré, ces degrés de libertés doivent satisfaire quatre contraintes du système, qui sont le contrôle des puissances active et réactive et l'annulation des parties réelle et imaginaire du système inverse.
- [0134] Le dispositif de transformation d'énergie électrique **40** du convertisseur de tension **10** selon l'invention permet d'obtenir une distribution triphasée de trois courants de phase alternatifs à partir de deux courants alternatifs circulant dans les enroulements secondaires. Le couplage des enroulements primaires **41a,42a** du convertisseur de tension **10** selon l'invention permet d'obtenir une distribution triphasée équilibrée de trois courants de phase alternatifs I_A, I_B, I_C .
- [0135] Le module de contrôle **100** est configuré pour commander l'organe de commande des sous-modules des premier et second modules de conversion électrique **20,24** de manière à imposer un déphasage choisi entre les premier et second courants alternatifs I_1, I_2 . De manière non limitative, ce déphasage est de préférence d'un angle compris entre 55° et 65° , de préférence d'un angle sensiblement égal à 60° . Ceci permet d'obtenir un déphasage d'environ 120° entre les premier, deuxième et troisième courants de phase alternatifs I_A, I_B, I_C et donc d'obtenir un système de courant triphasé équilibré.
- [0136] La reconstruction de la distribution triphasée des trois courant de phase alternatifs I_A, I_B, I_C à partir des premier et second courants alternatifs I_1, I_2 est illustrée sur la figure **5**. On constate sur cette figure **5** qu'un déphasage d'environ 60° entre les premier et second courants alternatifs I_1, I_2 améliore l'équilibre du système triphasé obtenu et permet d'obtenir un déphasage d'environ 120° entre le premier et deuxième courants de phase alternatifs I_A, I_B , entre les deuxième et troisième courants de phase alternatifs I_B, I_C et entre les troisième et premier courants de phase alternatifs I_C, I_A . De manière non limitative, le module de contrôle commande les modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif I_1 circulant dans le premier enroulement secondaire **41b** est en phase avec le premier courant de phase alternatif I_A .

- [0137] Sur la figure **2**, on remarque que le convertisseur de tension **10** comprend par ailleurs un module de filtrage **80** connecté en série avec le bras **20**, entre les premier et second terminaux continus **16,18**, et plus précisément entre le premier terminal continu **16** et la première borne continue **22a** du premier module de conversion électrique **22**. Le module de filtrage **80** est configuré pour filtrer la composante alternative des première et seconde tensions continues insérées V_{C1}, V_{C2} dans le bras **20**, de manière à empêcher la circulation d'un courant alternatif dans le bras et à garantir la circulation dans le bras d'un unique courant continu I_{DC} .
- [0138] Une première variante d'un module de filtrage est illustrée en figure **6**. Dans cet exemple, le module de filtrage **80** comprend une inductance **82** et une capacité **84** connectées en parallèle l'une de l'autre. Ces deux composants sont passifs de sorte que le module de filtrage **80** est également passif.
- [0139] Ladite inductance **82** et ladite capacité **84** forment un filtre permettant de réduire, de préférence supprimer, la composante alternative circulant dans le bras **20**. Elles sont dimensionnées de sorte que la fréquence de résonance du module de filtrage **80** coïncide avec celle du réseau d'alimentation électrique alternatif **14** et pour que le module de filtrage **80** présente une grande impédance à ladite fréquence de résonance.
- [0140] La figure **7** illustre une seconde variante d'un module de filtrage **80**. Dans cet exemple, le module de filtrage **80** comprend une chaîne de sous-modules supplémentaire comprenant une pluralité de sous-modules **SM** commandables individuellement par un organe de commande propre à chaque sous-module. Chaque sous-module de ladite chaîne de sous-modules supplémentaire comprend au moins un condensateur connectable en série avec le bras **20** lorsque l'organe de commande du sous-module est dans un premier état.
- [0141] La chaîne de sous-modules supplémentaire permet de générer une tension alternative v_{supp} à ses bornes ayant une amplitude égale à celle de la composante alternative de la tension totale aux bornes de l'ensemble des chaînes de sous-modules du bras **20**, et ayant une phase opposée. Les sous-modules de cette chaîne de sous-modules supplémentaire sont avantageusement de type en pont complet.
- [0142] On constate sur la figure **2** que le convertisseur de tension **10** comprend en outre un module de démarrage **90**. Dans cet exemple non limitatif, le module de démarrage **90** comprend un interrupteur **92** connecté au second terminal continu **18** du convertisseur de tension et une résistance de limitation **94** connectée en parallèle dudit interrupteur **92**. Le module de démarrage **90** est configuré pour charger les condensateurs des sous-modules **SM** des premier et second modules de conversion électrique **22,24** afin de permettre le démarrage du convertisseur de tension **10** et le contrôle des courants continu et alternatifs circulant dans le convertisseur de tension.
- [0143] Lorsque le module de démarrage est placé dans un premier état, ledit interrupteur **92**

- est ouvert de sorte qu'un courant non-contrôlé apparait et circule dans le bras **20**.
- [0144] Les condensateurs C_{SM} des sous-modules du bras se chargent et la tension aux bornes des premier et second modules de conversion électrique **22,24** augmente progressivement jusqu'à atteindre sa valeur nominale. Les sous-modules sont ensuite commandés pour augmenter progressivement l'énergie stockée dans leurs condensateurs. Lorsque la tension aux bornes de chaque chaîne de sous-modules atteint une valeur finale prédéterminée, l'interrupteur **92** est alors fermé de manière à court-circuiter et ainsi contourner ladite résistance de limitation **94**. Le module de démarrage est alors placé dans un second état.
- [0145] Le contrôle du courant continu circulant dans le bras et des courants alternatifs circulant dans les enroulements du dispositif de transformation d'énergie électrique **40** est alors rétabli et le convertisseur de tension fonctionne alors normalement.
- [0146] En variante, le module de démarrage **90** pourrait être connecté entre le réseau d'alimentation électrique alternatif et les terminaux alternatifs du convertisseur.
- [0147] La figure **8** illustre un second mode de réalisation du convertisseur de tension de la figure **1** comprenant une deuxième variante des modules de conversion électrique **22, 24**. Dans ce mode de réalisation, les premier et second modules de conversion électrique **22,24** comprennent également chacun une branche principale **46,48** dans laquelle est connectée une chaîne de sous-modules **SM**.
- [0148] Le premier module de conversion électrique **22** comprend en outre une branche secondaire **62**, connectée entre les première et seconde bornes continues **22a,23a**, en parallèle de la branche principale **46**. Le second module de conversion électrique **24** comprend également une branche secondaire **64**, connectée entre les première et seconde bornes continues **22a,23a**, en parallèle de la branche principale **46**.
- [0149] Dans la branche secondaire **62** du premier module de conversion électrique **22**, sont connectés en série une chaîne de sous-modules **SM** et un pont en H **66**. De même, dans la branche secondaire **64** du second module de conversion électrique **24** sont connectés en série une chaîne de sous-modules **SM** et un pont en H **68**. Lesdits ponts en H **66,68** comprennent chacun une première sous-branche **66a,68a** et une seconde sous-branche **66b,68b**, connectées en parallèle l'une de l'autre. Lesdites sous-branches **66a,66b,68a, 68b** comprennent chacune deux interrupteurs **70** reliés électriquement l'un à l'autre dans lesdites sous-branches.
- [0150] Les deux interrupteurs **70** de la première sous-branche **66a** du premier module de conversion électrique **22** sont connectés entre eux en un premier point intermédiaire **72**. Les deux interrupteurs **70** de la seconde sous-branche **66b** du premier module de conversion électrique **22** sont connectés entre eux en un second point intermédiaire **74**. Le premier point intermédiaire **72** est relié électriquement à la première borne alternative **23a** du premier module de conversion électrique **22** et à une première borne

du premier enroulement secondaire **41b**. Le second point intermédiaire **74** est relié électriquement à la seconde borne alternative **23b** du premier module de conversion électrique **22**, et à une seconde borne du premier enroulement secondaire **41b**.

[0151] De même, les deux interrupteurs **70** de la première sous-branche **68a** du second module de conversion électrique **24** sont connectés entre eux en un premier point intermédiaire **72**. Les deux interrupteurs **70** de la seconde sous-branche **68b** du second module de conversion électrique **24** sont connectés entre eux en un second point intermédiaire **74**. Le premier point intermédiaire **72** est relié électriquement à la première borne alternative **25a** du second module de conversion électrique **24** et à une première borne du second enroulement secondaire **42b**. Le second point intermédiaire **74** est relié électriquement à la seconde borne alternative **25b** du second module de conversion électrique **22** et à une seconde borne du second enroulement secondaire **42b**.

[0152] Les interrupteurs des deux ponts en H **66,68** sont commandés par le module de contrôle **100**. Lesdits ponts en H **66,68** permettent d'ajuster le sens de circulation du premier ou second courant alternatif circulant dans l'enroulement secondaire correspondant du dispositif de transformation d'énergie électrique.

Revendications

[Revendication 1]

Convertisseur de tension (10) permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement, le convertisseur de tension comprenant :

- des premier et second terminaux continus (16,18) configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique continu (12) ;
- des premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs (30,32,34) configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique alternatif ;

- un bras (20) s'étendant entre les premier et second terminaux continus et comportant un premier module de conversion électrique (22) et un second module de conversion électrique (24) connectés en série dans ledit bras, les premier et second modules de conversion électrique présentant chacun une première borne continue (22a,24a) et une seconde borne continue (22b,24b) entre lesquelles il s'étend, ainsi qu'une première borne alternative (23a,25a) et une seconde borne alternative (23b,25b);

- un dispositif de transformation d'énergie électrique (40) comportant un premier enroulement primaire (41a) connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs et un second enroulement primaire (42a) connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs, le dispositif de transformation d'énergie électrique comportant en outre un premier enroulement secondaire (41b) connecté entre les première et seconde bornes alternatives du premier module de conversion électrique et un second enroulement secondaire (42b) connecté entre les première et seconde bornes alternatives du second module de conversion électrique, le premier module de conversion électrique étant configuré pour générer un premier courant alternatif (I_1) contrôlable circulant dans le premier enroulement secondaire, le second module de conversion électrique étant configuré pour générer un second courant alternatif (I_2) contrôlable circulant dans le second enroulement secondaire ;

- un module de contrôle (100) configuré pour commander les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés,

le convertisseur de tension comprenant uniquement deux modules de

- conversion électrique.
- [Revendication 2] Convertisseur de tension selon la revendication 1, dans lequel le module de contrôle (100) est configuré pour commander les premier et second modules de conversion électrique (22,24) de sorte que le premier courant alternatif (I_1) circulant dans le premier enroulement secondaire (41b) et le second courant alternatif (I_2) circulant dans le second enroulement secondaire (42b) sont déphasés d'un angle compris entre 55° et 65° , de préférence d'un angle sensiblement égal à 60° .
- [Revendication 3] Convertisseur de tension selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les premier et second modules de conversion électrique (22,24) comprennent chacun une branche principale (46,48) s'étendant entre les première (22a,24a) et seconde (22b,24b) bornes continues du module de conversion électrique correspondant et dans laquelle est connectée une chaîne de sous-modules (SM), chacune des chaînes de sous-modules comprenant une pluralité de sous-modules commandables individuellement par un organe de commande (T1,T2) propre à chaque sous-module et chaque sous-module comprenant un condensateur (C_{SM}), l'organe de commande de chaque sous-module pouvant prendre au moins un premier état dans lequel le condensateur est inséré dans la branche principale et un deuxième état dans lequel le condensateur n'est pas inséré dans ladite branche principale.
- [Revendication 4] Convertisseur de tension selon la revendication 3, dans lequel le module de contrôle (100) est configuré pour commander les organes de commande (T1,T2) des sous-modules (SM) des chaînes de sous-modules des premier et second modules de conversion électrique (22,24), de manière à réguler les tensions aux bornes desdites chaînes de sous-modules.
- [Revendication 5] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins un des premier et second modules de conversion électrique (22,24) comprend une liaison électrique supérieure (50), reliant électriquement la première borne continue (22a,24a) et la première borne alternative (23a,25a) dudit module de conversion électrique, et une liaison électrique inférieure (52), reliant électriquement la seconde borne continue (22b,24b) et la seconde borne alternative (23b,25b) dudit module de conversion électrique, ledit module de conversion électrique comprenant au moins un condensateur (54,60) connecté dans ladite liaison électrique supérieure ou dans ladite liaison électrique inférieure.

- [Revendication 6] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins un des premier et second modules de conversion électrique (22,24) comprend une branche secondaire (62,64), s'étendant entre les première (22a,24a) et seconde (22b,24b) bornes continues dudit module de conversion électrique, et dans laquelle sont connectés en série une chaîne de sous-modules (SM) comprenant une pluralité de sous-modules commandables, et un pont en H (66,68) comprenant une première sous-branche (66a,68a) dans laquelle sont connectés deux interrupteurs (70) et une seconde sous-branche (66b,68b), connectée en parallèle de la première sous-branche, et dans laquelle sont connectés deux interrupteurs (70), les première (23a,25a) et seconde (23b,25b) bornes alternatives dudit module de conversion électrique étant reliées électriquement respectivement à la première sous-branche et à la seconde sous-branche.
- [Revendication 7] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les sous-modules (SM) des chaînes de sous-modules des premier et second modules de conversion électrique (22,24) présentent une topologie en demi-pont ou une topologie en pont complet.
- [Revendication 8] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, comprenant en outre un module de démarrage (90) configuré pour charger les condensateurs (C_{SM}) des sous-modules (SM) des premier et second modules de conversion électrique (22,24), lorsqu'il est placé dans un premier état.
- [Revendication 9] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel ledit convertisseur de tension (10) comprend uniquement deux enroulements primaires (41a,42a) et deux enroulements secondaires (41b,42b).
- [Revendication 10] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le dispositif de transformation d'énergie électrique (40) comprend un unique transformateur comprenant lesdits premier et second enroulements primaires (41a,42a) ainsi que lesdits premier et second enroulements secondaires (41b,42b).
- [Revendication 11] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le dispositif de transformation d'énergie électrique (40) comprend : un premier transformateur comprenant le premier enroulement primaire (41a) et le premier enroulement secondaire (41b) ; et un second transformateur comprenant le second enroulement primaire (42a) et le second enroulement secondaire (42b).

- [Revendication 12] Convertisseur de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant au moins un module de filtrage (80) connecté en série avec le bras (20) et configuré pour limiter la composante alternative d'un courant (I_{DC}) circulant dans ledit bras.
- [Revendication 13] Convertisseur de tension selon la revendication 12, dans lequel le module de filtrage (80) comprend au moins un composant passif et/ou un composant actif.
- [Revendication 14] Convertisseur de tension selon la revendication 12 ou 13, dans lequel le module de filtrage (80) comprend une chaîne de sous-modules supplémentaire comprenant une pluralité de sous-modules (SM) commandables individuellement par un organe de commande propre à chaque sous-module et chaque sous-module de ladite chaîne de sous-modules supplémentaire comprenant au moins un condensateur connectable en série avec le bras (20) lorsque l'organe de commande du sous-module est dans un premier état.
- [Revendication 15] Installation de transport de courant continu haute tension (8) comprenant un réseau d'alimentation électrique continu (12), un réseau d'alimentation électrique alternatif (14) et un convertisseur de tension (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, ledit convertisseur de tension étant configuré pour connecter électriquement lesdits réseaux d'alimentation électrique alternatif et continu entre eux.
- [Revendication 16] Procédé de contrôle d'un convertisseur de tension (10) permettant de convertir une tension alternative en une tension continue et inversement, le convertisseur de tension comprenant :
- des premier et second terminaux continus (16,18) configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique continu (12) ;
 - des premier, deuxième et troisième terminaux alternatifs (30,32,34) configurés pour être reliés électriquement à un réseau d'alimentation électrique alternatif (14);
 - un bras (20) s'étendant entre les premier et second terminaux continus et comportant un premier module de conversion électrique (22) et un second module de conversion électrique (24) connectés en série dans ledit bras, les premier et second modules de conversion électrique présentant chacun une première borne continue (22a,24a) et une seconde borne continue (22b,24b) entre lesquelles il s'étend, ainsi qu'une première borne alternative (23a,25a) et une seconde borne alternative (23b,25b);
 - un dispositif de transformation d'énergie électrique (40) comportant un

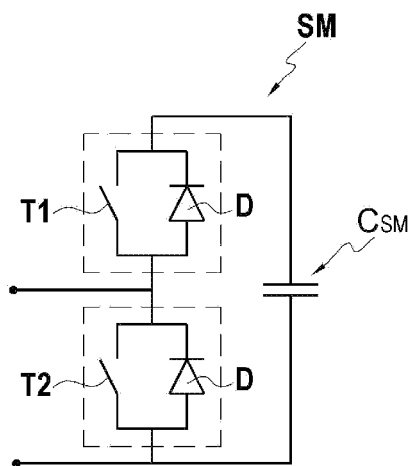
premier enroulement primaire (41a) connecté entre les premier et deuxième terminaux alternatifs et un second enroulement primaire (42a) connecté entre les deuxième et troisième terminaux alternatifs, le dispositif de transformation d'énergie électrique comportant en outre un premier enroulement secondaire (41a) connecté entre les première et seconde bornes alternatives (23a,23b) du premier module de conversion électrique et un second enroulement secondaire (42b) connecté entre les première et seconde bornes alternatives (25a,25b) du second module de conversion électrique, le convertisseur de tension comprenant uniquement deux modules de conversion électrique, le procédé comprenant les étapes selon lesquelles :

- on génère un premier courant alternatif (I_1) contrôlable circulant dans le premier enroulement secondaire, à l'aide du premier module de conversion électrique ;
- on génère un second courant alternatif (I_2) contrôlable circulant dans le second enroulement secondaire, à l'aide du second module de conversion électrique ;
- on contrôle les premier et second modules de conversion électrique de sorte que le premier courant alternatif circulant dans le premier enroulement secondaire et le second courant alternatif circulant dans le second enroulement secondaire sont déphasés.

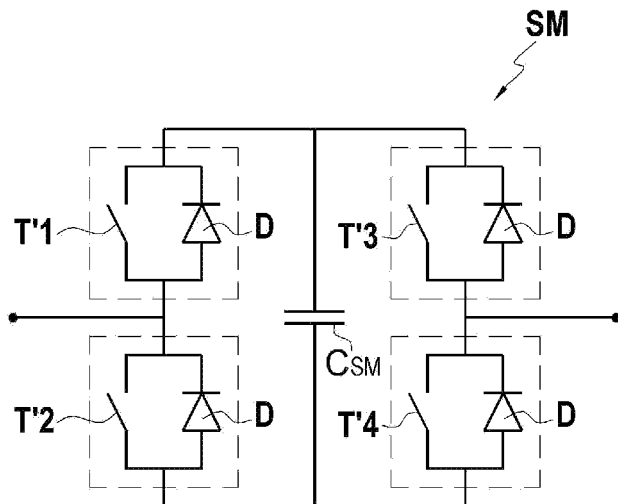
[Revendication 17]

Procédé de contrôle selon la revendication 16, dans lequel on contrôle les premier et second modules de conversion électrique (22,24) de sorte que le premier courant alternatif (I_1) circulant dans le premier enroulement secondaire (41b) et le second courant alternatif (I_2) circulant dans le second enroulement secondaire (42b) sont déphasés d'un angle compris entre 55° et 65° , de préférence d'un angle sensiblement égal à 60° .

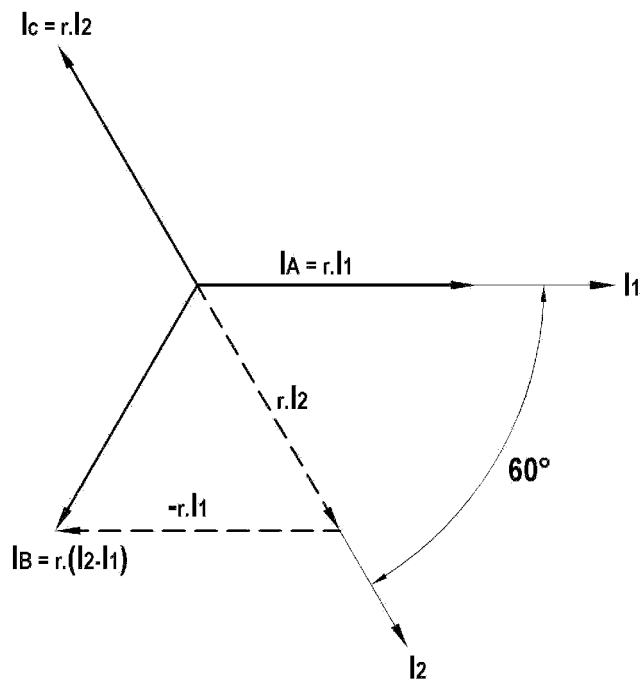
[Fig. 3]



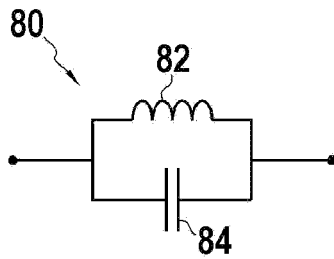
[Fig. 4]



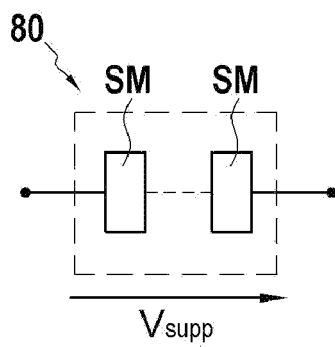
[Fig. 5]



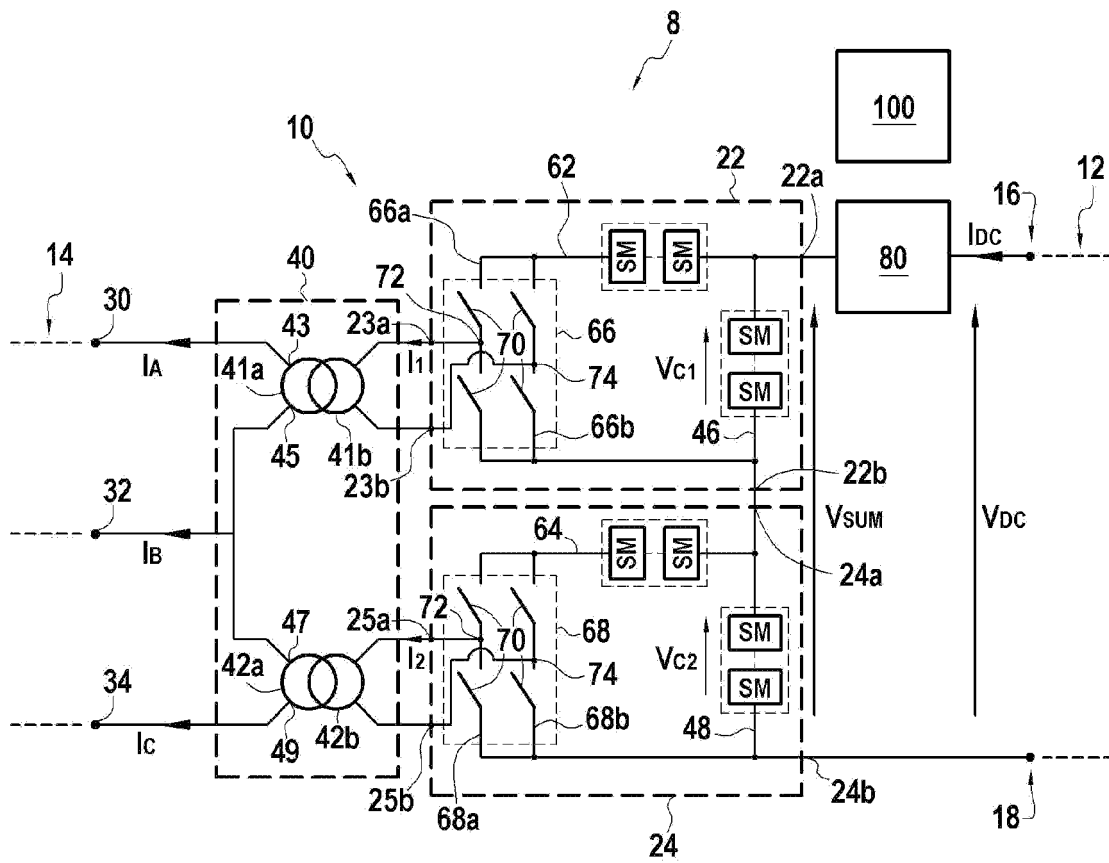
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 883225
FR 2006806

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	Stefan Milovanovi ET AL: "MMC-based High Power DC-DC Converter Employing Scott Transformer", 5 juin 2018 (2018-06-05), XP055565499, Extrait de l'Internet: URL:https://ieeexplore.ieee.org/ielx7/8402798/8402799/08402846.pdf?tp=&arnumber=8402846&isnumber=8402799 [extrait le 2019-03-06] * abrégé * * figures 1-6 * * Sections 1-5 *	1-17	H02M7/68 H02J5/00
X	WO 2020/011339 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16 janvier 2020 (2020-01-16) * abrégé * * figures 2-7 * * page 7, ligne 6 - page 12 *	1-17	
X	TANTA MOHAMED ET AL: "Simplified rail power conditioner based on a half-bridge indirect AC/DC/AC Modular Multilevel Converter and a V/V power transformer", IECON 2017 - 43RD ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, IEEE, 29 octobre 2017 (2017-10-29), pages 6431-6436, XP033277007, DOI: 10.1109/IECON.2017.8217120 [extrait le 2017-12-15] * abrégé * * figures 2-9 * * Sections I-IV *	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02M H02J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 mars 2021		Adami, Salah-Eddine	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 883225
FR 2006806

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		
A,D	EP 2 569 858 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 20 mars 2013 (2013-03-20) * abrégé * * figure 3 * * alinéa [0032] *	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	AMANKWAH EMMANUEL ET AL: "The Series Bridge Converter (SBC): A hybrid modular multilevel converter for HVDC 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 1-9, XP032985078, DOI: 10.1109/EPE.2016.7695361 [extrait le 2016-10-25] * abrégé * * figures 1-3 * * Section III *	1-17	
A	EP 3 096 446 A1 (GEN ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH [CH]) 23 novembre 2016 (2016-11-23) * abrégé * * figure 1 * * alinéa [0001] - alinéa [0031] *	1-17	
A	EP 3 361 619 A1 (GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH [CH]) 15 août 2018 (2018-08-15) * abrégé * * figures 1, 3-4 * * alinéa [0027] * * alinéa [0084] - alinéa [0087] * * alinéa [0155] * * alinéa [0061] *	1-17	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 mars 2021		Adami, Salah-Eddine	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 883225
FR 2006806

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		
A	<p>SHI XIAOJIE ET AL: "Startup schemes for modular multilevel converter under different load conditions", 2015 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC), IEEE, 15 mars 2015 (2015-03-15), pages 2174-2180, XP032775189, DOI: 10.1109/APEC.2015.7104650 [extrait le 2015-05-08] * abrégé * * figure 1 * * Section I *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-17	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		4 mars 2021	Adami, Salah-Eddine
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		<p>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</p>	
<p>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</p>			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2006806 FA 883225**

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 **04-03-2021**

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
WO 2020011339	A1	16-01-2020	AUCUN	

EP 2569858	A1	20-03-2013	CN 102893507 A	23-01-2013
			EP 2569858 A1	20-03-2013
			US 2013070495 A1	21-03-2013
			WO 2011141059 A1	17-11-2011

EP 3096446	A1	23-11-2016	CN 107667465 A	06-02-2018
			EP 3096446 A1	23-11-2016
			KR 20180011168 A	31-01-2018
			US 2018175744 A1	21-06-2018
			WO 2016188927 A1	01-12-2016

EP 3361619	A1	15-08-2018	CN 110574278 A	13-12-2019
			EP 3361619 A1	15-08-2018
			US 2019372478 A1	05-12-2019
			WO 2018145959 A1	16-08-2018
