



(51) Classification internationale des brevets :
H02M 7/08 (2006.01) H02M 7/17 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/074125

(22) Date de dépôt international :
28 décembre 2011 (28.12.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1061344 29 décembre 2010 (29.12.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **AL-STOM Technology Ltd** [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DEVAU-TOUR, Joël** [FR/FR]; 13B rue des Prairies, F-78230 Le Pecq (FR). **DUBOIS, Bruno** [FR/FR]; 14B Chemin des Vieux Cabassols, F-13770 Venelles (FR).

(74) Mandataires : **AUGARDE, Eric** et al.; **BREVALEX**, 56 boulevard de l'Embouchure, B.P. 27519, F-31075 TOULOUSE Cedex 2 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HIGH-POWER RECTIFIER HAVING LOW CURRENT IMBALANCE

(54) Titre : REDRESSEUR DE FORTE PUISSANCE À FAIBLE DÉSÉQUILIBRE EN COURANT

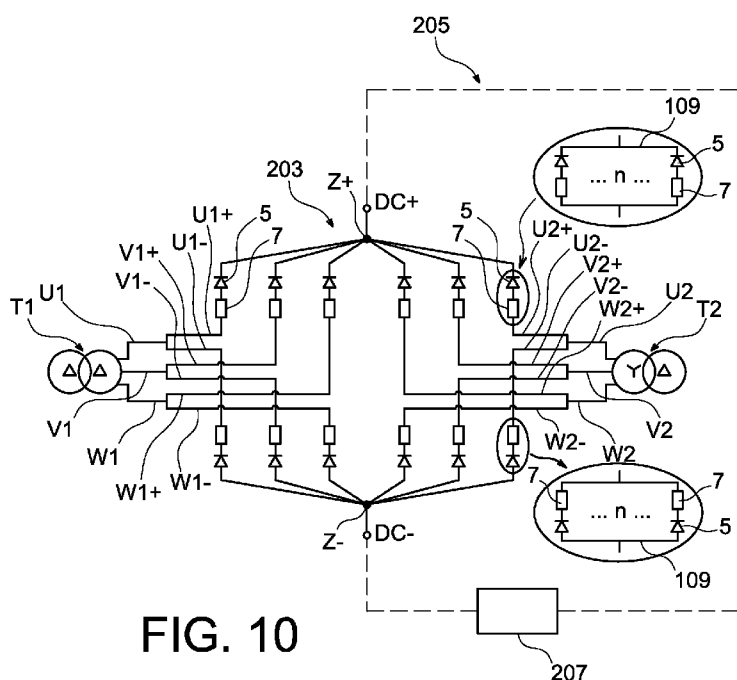


FIG. 10

(57) Abstract : The invention relates to a high-power polyphase rectifier comprising rectifying branches, each of which includes a set of one-way electronic components (5) which are assembled in parallel, and which are connected, on one side thereof, to a corresponding phase of a polyphase voltage system, and on another side thereof, to a component conductor (109) electrically coupled to a DC terminal of a circuit (205) capable of supplying direct current to an external system (207). The rectifying branches are supplied with power by a balanced polyphase system, and the component conductors (109) of said rectifying branches converge so as to be combined into a single junction area (Z+) constituting a rectifier star (203), said junction area being coupled to said DC terminal.

(57) Abrégé : L' invention concerne un redresseur polyphasé de forte puissance comportant des bras redresseurs, chacun comprenant un ensemble de composants électroniques monodirectionnels (5), montés en parallèle, reliés d'un côté à une phase correspondante d'un système de tensions polyphasé, et d'un autre côté à un conducteur composant (109) couplé électriquement à une borne DC d'un circuit (205) apte à alimenter en courant continu un système exté-

[Suite sur la page suivante]



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(207). Les bras redresseurs sont alimentés par un système polyphasé équilibré, et les conducteurs composants (109) desdits bras redresseurs convergent pour se combiner en une même zone de jonction (Z+) formant une étoile de redresseurs (203), ladite zone de jonction étant couplée à ladite borne DC.

**REDRESSEUR DE FORTE PUISSANCE À FAIBLE
DÉSÉQUILIBRE EN COURANT**

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention est relative au domaine des redresseurs de puissance de forte intensité et/ou haute ou moyenne tension.

 Ce domaine couvre des redresseurs pouvant délivrer des courants continus allant jusqu'à 110 kA et
10 au-delà, et des tensions continues pouvant dépasser 2200V.

 L'invention se rapporte à l'architecture des redresseurs de forte puissance, de l'ordre d'une centaine de MVA, utilisés pour l'alimentation
15 électrique en courant continu de procédés électro-intensifs nécessitant des alimentations continues de forte puissance. On peut ainsi utiliser l'invention pour alimenter des usines d'électrolyse d'aluminium ou d'électrolyse de métaux non ferreux (cuivre, zinc,
20 Chlore). On peut aussi utiliser l'invention pour alimenter d'autres procédés électro-intensifs nécessitant des alimentations continues de forte puissance tels que des fours à arc à courant continu.

 Dans la suite de la description, il sera
25 pris, comme exemple particulier, l'utilisation de tels redresseurs pour l'alimentation d'une usine d'électrolyse.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Une alimentation électrique pour une usine d'électrolyse est constituée d'une mise en parallèle de plusieurs sources d'alimentation appelées communément
5 groupes. Le principe de fonctionnement d'un groupe d'alimentation est illustré en figure 1. Ce groupe d'alimentation est constitué principalement :

- d'un transformateur de réglage 1 permettant d'ajuster une tension de réseau à une
10 tension intermédiaire,

- d'un transformateur, dit transformateur redresseur 2, permettant d'ajuster la tension intermédiaire à une tension hors charge adéquate dépendant de la valeur de la tension de charge induite
15 par l'usine à alimenter et de délivrer les fortes intensités nécessaires au procédé d'électrolyse,

- d'un redresseur 3 à composants semiconducteurs (diodes ou thyristors) permettant de délivrer un courant et une tension redressés continus à
20 la charge,

- d'un jeu de barres de puissance 4 permettant la mise en parallèle des différents groupes d'alimentation.

La figure 2 montre un exemple de
25 réalisation d'un redresseur 3 à diode dodécaphasé, de type double pont de Graëtz. C'est-à-dire que le convertisseur redresseur regroupe deux structures à pont de Graëtz R1 et R2, chacune reliée à un transformateur parmi un premier transformateur triphasé
30 T1, et un second transformateur triphasé T2. Chaque transformateur triphasé T1, T2 comporte trois phases,

U1, V1 et W1 pour le premier transformateur triphasé T1 et U2, V2 et W2 pour le second transformateur triphasé T2. Chaque transformateur triphasé alimente un pont de Graëtz triphasé. Chaque pont de Graëtz triphasé
5 fonctionne comme un pont de Graëtz monophasé comportant trois bornes alimentées en courant alternatif, dites bornes AC, et deux bornes dégageant un courant continu. Un pont de Graëtz triphasé permet de sortir un courant comportant une périodicité valant un sixième d'une
10 périodicité initiale du transformateur triphasé. Chaque phase U1, V1, W1 et U2, V2, W2 est reliée au pont de Graëtz au moyen d'une des bornes AC précitées. Par esprit de simplification, les bornes AC et les phases ont les mêmes références.

15 Sur la figure 2, les deux bornes AC d'une même phase sont représentées liées pour simplifier la lecture du schéma.

Les deux ponts de Graëtz triphasés sont reliés en deux bornes DC communes, une borne DC positive DC+, et une borne DC négative DC-. Ces bornes
20 DC permettent de délivrer un courant et une tension continus à l'usine à alimenter.

Chaque pont de Graëtz (R1, R2) comporte six bras, dits bras redresseurs U1+, U1-, V1+, V1-, W1+,
25 W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2-, agencés de façon à relier chaque phase U1, V1, W1 et U2, V2, W2 à chacune des deux bornes DC (DC+, DC-). Ainsi, chaque bras redresseur d'un pont de Graëtz est monté entre une borne AC et une borne DC.

30 Chaque bras redresseur U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2-, est lui-même

formé d'une mise en parallèle de n composants électroniques monodirectionnels 5, par exemple des diodes ou des thyristors. Les composants électroniques monodirectionnels sont appelés ainsi en ce qu'ils ne
5 laissent passer le courant que dans un seul sens et bloquent le courant venant en sens inverse. Dans la suite, on dira « composant monodirectionnel 5 » pour définir de façon indifférente une diode, un thyristor ou un autre composant électronique monodirectionnel.

10 On procède à cette mise en parallèle de composants afin d'obtenir un élément fonctionnant comme une diode tout en ayant un calibre suffisant pour redresser la puissance traversant le redresseur 3. Les n composants monodirectionnels 5 sont
15 traditionnellement reliés électriquement d'un côté à une même structure conductrice, dite barre composant 9, qui permet de transmettre un courant entre les composants monodirectionnels 5 et la borne DC.

Chaque composant monodirectionnel 5 est de
20 préférence relié en série de l'autre côté avec une résistance fusible, dite fusible 7. Les fusibles servent à couper un courant de défaillance circulant à travers un composant monodirectionnel 5 défaillant, protégeant ainsi le bras redresseur. Un tel composant
25 monodirectionnel défaillant laisse passer du courant en sens inverse de celui normalement accepté par le composant monodirectionnel 5. Cela limiterait l'intérêt du bras redresseur. Si un seul composant monodirectionnel est défaillant, un courant circule en
30 sens inverse dans ledit composant monodirectionnel défaillant et dans le fusible qui lui est adjoint avec

une puissance correspondant à toute la puissance du transformateur. Cette puissance détruit le fusible 7, ce qui coupe la liaison électrique passant par le composant monodirectionnel 5 défectueux. Le courant
5 passant en sens inverse est alors coupé. Le composant monodirectionnel 5 défectueux est mis hors circuit et, bien que le défaut soit apparu, on obtient un bras redresseur fonctionnel, avec un composant monodirectionnel 5 en moins.

10 Lorsque l'on désire augmenter la puissance circulant dans le redresseur 3, il est nécessaire d'augmenter la tension ou l'intensité.

Lorsqu'on augmente la valeur de la tension redressée, (pour atteindre des valeurs typiques de
15 2200 Vdc), il est nécessaire d'utiliser des diodes ou des thyristors 5 ayant une forte tenue en tension inverse. Cependant, la technologie des composants électroniques actuels ne permet pas d'avoir des diodes ou des thyristors 5 avec des calibres de courant élevé.
20 Il est nécessaire de positionner, comme décrit plus haut, de multiples composants monodirectionnels 5 montés en parallèle. Si l'on désire augmenter l'intensité du courant redressé, on doit aussi augmenter le nombre de composants monodirectionnels 5
25 montés en parallèle. Ainsi, pour un redresseur 2200 Vdc-100 kA, il est nécessaire de mettre entre 18 et 20 diodes ou thyristors en parallèle par bras redresseur suivant le type de composant électronique utilisé et les conditions de fonctionnement.

30 De plus, il est très difficile d'avoir des fusibles 7 de très fort calibre en courant lorsqu'on

augmente la tension redressée. Ceci conduit à une limitation du courant élémentaire pouvant traverser chaque fusible 7. Il est alors nécessaire de limiter le courant passant dans chaque composant monodirectionnel 5 et cela induit une augmentation du nombre de groupes fonctionnels composant-fusible montés en parallèle.

Une telle mise en parallèle des composants pose des problèmes d'équilibrage du courant entre les composants monodirectionnels 5 d'un même bras redresseur. La figure 3 donne un exemple de répartition de courant pour un bras redresseur comportant n diodes dans le cadre d'une réalisation typique.

En abscisse est reporté un numéro d'ordre attribué à chacune des diodes présentes sur un bras redresseur en partant d'une des extrémités d'une barre composant. En ordonnée est représentée une valeur de courant I porté par chaque diode.

On observe qu'une des diodes est moins chargée que les autres et est traversée par un courant Imin, et qu'au moins une autre est plus chargée que les autres et est traversée par un courant Imax. Un courant moyen Imoy est donné par le courant total traversant le bras redresseur divisé par le nombre n de composants monodirectionnels 5 en parallèle.

On définit un pourcentage de déséquilibre d% par la formule suivante :

$$d\% = \text{Max} (|I_{\text{max}} / I_{\text{moy}} - 1| ; |I_{\text{min}} / I_{\text{moy}} - 1|).$$

Du fait de ce déséquilibre entre les diodes les moins chargées et les plus chargées en courant du bras redresseur, il est nécessaire de dimensionner l'ensemble des composants d'un bras redresseur pour

qu'ils puissent supporter une intensité de valeur I_{max} , bien que peu de composants aient réellement besoin de faire passer une telle intensité.

La figure 4 donne quelques valeurs typiques
5 de déséquilibre $d\%$ obtenues sur des structures actuelles en fonction d'un nombre n de diodes présentes sur la barre composant du bras redresseur. La valeur de $d\%$ dépend principalement de la structure mécanique du redresseur.

10 On observe que la valeur du déséquilibre $d\%$ croît très vite avec le nombre n de composants en parallèle, ce qui induit de très grandes variations de courant d'une diode à l'autre.

Quand on veut redresser une forte
15 puissance, il faut ajouter des composants monodirectionnels 5 en parallèle. Cela augmente le déséquilibre. En conséquence, la valeur de courant moyen I_{moy} passant à travers les composants monodirectionnels 5 diminue. Il devient nécessaire
20 d'ajouter encore des composants monodirectionnels 5 en parallèle afin de composer avec la valeur réduite de I_{moy} , ce qui accentue encore le déséquilibre.

Finalement, au-delà d'une certaine valeur de courant, les structures actuelles de redresseur ont
25 un nombre n de composants monodirectionnels 5 à mettre en parallèle qui conduit à un déséquilibre prohibitif.

Or, il est fréquent que les utilisateurs de ce type de redresseur 3 imposent un déséquilibre $d\%$ maximal à ne pas dépasser dans les redresseurs. Ce
30 critère de déséquilibre est un critère d'acceptation de l'équipement.

Si l'on veut proposer des équipements capables de délivrer des puissances importantes, il devient nécessaire de créer des architectures de redresseur permettant dans chaque bras redresseur une
5 mise en parallèle d'un nombre n important de diodes ou de thyristors tout en présentant un déséquilibre limité, typiquement 30%.

Selon l'état de la technique, pour la mise en parallèle, les composants monodirectionnels 5 d'un
10 bras redresseur sont généralement reliés à la borne DC via un cadre 8 en aluminium ou en cuivre (figure 5). Il existe dans l'état de l'art actuel différentes manières de réaliser ce cadre 8, l'objectif étant d'équilibrer la distribution des impédances entre les différents
15 composants monodirectionnels 5 et la borne DC.

La figure 5 illustre de façon structurelle un redresseur dodécaphasé à double pont de Graëtz où chaque pont de Graëtz redresse trois phases U_1 , V_1 , W_1 et U_2 , V_2 , W_2 alimentées en courant alternatif. En
20 sortie, le double pont de Graëtz fournit en deux bornes DC, DC^+ et DC^- , un courant continu.

Les composants monodirectionnels 5 d'un bras redresseur sont reliés d'un côté à une barre conductrice appelée communément barre composant 9. Le
25 courant circulant dans les différents bras redresseurs est collecté par une ou plusieurs barres conductrices, appelées barres collectrices 10, faisant partie du cadre 8 précité et perpendiculaires aux barres composant 9. Chaque extrémité d'une barre composant 9
30 est reliée à une barre collectrice 10. Les barres collectrices 10 forment alors deux côtés opposés du

cadre 8 et relie les barres composant 9 à une borne DC (DC+ ou DC-) du redresseur. Les barres composants 9 et les barres collectrices 10 sont généralement des barres en cuivre ou en aluminium extrudées, (avec des canaux de circulation d'eau pour le refroidissement),
5 et soudées entre elles.

Une résistance fusible 7 est reliée à un côté de chaque composant monodirectionnel 5, le composant monodirectionnel 5 étant en série entre la
10 résistance fusible 7 et la barre collectrice 10. Les résistances fusibles 7 sont portées par une barre conductrice, appelée barre fusible 11, en cuivre ou en aluminium, refroidie à l'eau. Il y a une barre fusible 11 par bras redresseur. La barre fusible 11 relie les
15 composants monodirectionnels 5, par l'intermédiaire des résistances fusibles 7 à une borne AC correspondante du redresseur. Un composant monodirectionnel 5 et la résistance fusible 7 associée forment un groupe fonctionnel.

20 La figure 6 illustre de façon structurelle la partie positive, appelée polarité positive, d'un redresseur 3 dodécaphasé. Cette polarité positive est constituée d'un cadre métallique 8 comportant six bras redresseurs U1+, V1+, W1+, U2+, V2+, W2+ reliées à la
25 borne DC+ du redresseur 3, comme indiqué aussi sur les figures 2 et 5. Pour des raisons de gain d'encombrement, chaque bras redresseur comporte généralement un nombre pair de groupes fonctionnels (associations composants-fusibles) disposés sur deux
30 faces opposées de la barre composant 9. Ces deux faces opposées sont dans la suite appelées « face droite » et

« face gauche ». Les composants placés sur la face droite (respectivement, face gauche) seront nommés par la suite « diodes droites » (respectivement, « diodes gauches »).

5 Les barres collectrices 101a à 106a pour la partie du redresseur reliée aux bornes U1, V1, W1 d'un premier transformateur et les barres collectrices 101b à 106b pour la partie du redresseur reliée aux bornes U2, V2, W2 d'un second transformateur sont parcourues
10 par les intensités de courants $i_{1a}, \dots, i_{6a}$, et $i_{1b}, \dots, i_{6b}$.

A titre d'exemple, le courant traversant le bras redresseur U1+ traverse en partant de la borne U1 : une barre fusible 11, (dans laquelle le courant se répartit entre les différents groupes fonctionnels), un
15 fusible 7, un composant monodirectionnel 5, en série avec le fusible 7, et une barre composant 9, (dans laquelle le courant des différents groupes fonctionnels est rassemblé pour former le courant i_{1a}). Ensuite, le courant i_{1a} quitte le bras redresseur et atteint la
20 barre collectrice 101a du cadre 8. Le courant i_{2a} circulant dans la barre collectrice 102a est issu de la même manière du bras redresseur voisin V1+ et ainsi de suite.

Enfin, les courants issus des différentes
25 phases du redresseur 3 se regroupent dans une barre collectrice centrale 13 de sortie de courant qui constitue la polarité positive du redresseur 3.

Du fait de la symétrie de l'architecture, les intensités de courant circulant dans les barres
30 collectrices aux deux extrémités d'un même bras

redresseur sont égales. Ainsi, $i_{1a} = i_{4a}$; $i_{2a} = i_{5a}$; ... ; $i_{1b} = i_{4b}$.

Les courants $i_{1a}, \dots, i_{6b}$ sont des courants variables en fonction du temps. La figure 7 illustre l'allure typique des courants $i_{1a}(t)$, $i_{2a}(t)$, $i_{3a}(t)$ mesurés sur le redresseur 3 de la figure 6.

Du fait de l'architecture du redresseur 3, ces courants ne possèdent pas des variations temporelles d'allure identique. En effet, étant donné que la barre centrale 13 collecte la somme des courants issus des différentes phases, la barre collectrice 103a (respectivement 103b) qui est la plus proche de la barre centrale 13 est parcourue par un courant i_{3a} (respectivement, i_{3b}) presque continu. Ce courant comporte une ondulation résiduelle de courant de type six pulses. La barre collectrice 101a (respectivement 101b) est parcourue par un courant identique à celui du bras redresseur U1+ (respectivement, U2+). La barre collectrice 102a (respectivement 102b) collecte quant à elle la somme des courants redressés des bras redresseurs U1+ et V1+ (respectivement, U2+ et V2+).

Par ailleurs, du fait des couplages inductifs qui existent entre les différentes barres collectrices et les différents composants électroniques (groupes fonctionnels) des bras redresseurs, ces derniers sont très sensibles aux variations de courant qui existent dans les barres collectrices 101a-106b.

La variation de courant, par exemple dans la barre collectrice 101a, induit dans un composant électronique d'un bras redresseur une force électromotrice e donnée par la formule $e = M di_{1a}/dt$, M

étant l'inductance mutuelle entre la barre collectrice 101a et le composant électronique du bras redresseur considéré. L'inductance mutuelle M dépend d'un certain nombre de paramètres, comme l'orientation relative de la barre collectrice et du composant électronique considéré, la distance relative entre la barre collectrice et le composant électronique ou bien encore la longueur de la barre collectrice.

En outre, il a été observé sur ce type de redresseur 3 un fort déséquilibre de courant entre les composants électroniques d'un même bras, suivant leur position par rapport à l'extrémité du bras redresseur. Ce déséquilibre est d'autant plus important que le courant redressé augmente. Il croît avec le nombre de composants en parallèle sur un même bras redresseur. De plus, on a pu observer que même les diodes droite et gauche situées à la même position par rapport à l'extrémité du bras redresseur ne portent pas la même intensité de courant. Ce déséquilibre, qui peut représenter jusqu'à 50% du déséquilibre en courant total du redresseur est appelé déséquilibre droite-gauche.

Actuellement, il existe plusieurs types de redresseurs de forte puissance qui peuvent être classés de manière générale, en deux catégories : structure en peigne (figure 9) et structure en cadre (figures 6 et 8).

La figure 8 illustre un autre mode de réalisation d'un redresseur 3 de forte puissance selon une structure en cadre formée par les barres

collectrices 101-103. Cette variante présente les mêmes inconvénients que celui de la figure 6.

La figure 9 illustre un redresseur de forte puissance selon une architecture de cadre dite en
5 « peigne », car les barres collectrices 101-105 et les barres composants 9 sont en forme de peigne. Cette structure présente également les mêmes inconvénients que ceux des figures 6 et 8. Les barres collectrices 101-105 voient toujours circuler des courants
10 alternatifs qui perturbent le fonctionnement des barres composants 9.

Actuellement, il existe des redresseurs comportant jusqu'à 14 diodes ou thyristors en parallèle par bras redresseur.

15 Les structures précitées, connues de l'état de la technique, ne sont pas satisfaisantes du fait qu'il n'est guère possible d'aller au-delà de 16 composants en parallèle sans avoir un déséquilibre devenant prohibitif.

20 D'autre part, ces structures deviennent très volumineuses et donc coûteuses à réaliser lorsque l'intensité du redresseur dépasse 80kA. En effet, lorsque l'intensité du redresseur augmente, l'intensité portée par les barres collectrices augmente dans les
25 mêmes proportions, et les variations de courant des barres collectrices viennent perturber très fortement le fonctionnement des bras redresseurs en induisant des déséquilibres de courant entre les différentes associations composants-fusibles des bras redresseurs,
30 y compris entre les diodes droites et gauches.

L'objet de la présente invention est par conséquent de proposer une architecture d'un redresseur de forte puissance permettant de remédier au problème de déséquilibre entre les différentes associations
5 composants-fusibles. Par la même occasion, il est avantageux de limiter l'encombrement des structures.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention concerne un redresseur
10 polyphasé de forte puissance comportant des bras redresseurs, chacun comprenant un ensemble de composants électroniques monodirectionnels, montés en parallèle, reliés d'un côté à une phase correspondante d'un système de tensions polyphasé, et d'un autre côté
15 à un conducteur composant couplé électriquement à une borne DC d'un circuit apte à alimenter en courant continu un système extérieur. Les bras redresseurs sont alimentés par un système polyphasé équilibré et les conducteurs composants desdits bras redresseurs
20 convergent pour se combiner en une même zone de jonction formant une étoile de redresseurs, ladite zone de jonction étant couplée à ladite borne DC.

La disposition en étoile permet à tous les courants variables issus des différents bras
25 redresseurs de l'étoile de se combiner de manière quasi-ponctuelle dans la zone de jonction pour former un courant continu ne perturbant donc pas le fonctionnement des composants électroniques.

L'invention vise également un
30 convertisseur-redresseur comportant une pluralité de redresseurs selon les caractéristiques ci-dessus et

comportant en outre une structure de collection de courant connectant les zones de jonction d'une pluralité d'étoiles de redresseurs à ladite borne DC.

5 Ainsi, le courant circulant dans la structure de collection de courant est un courant continu ne présentant pratiquement pas de variation et par conséquent, n'engendrant aucun déséquilibre entre les différents composants électroniques.

10 Avantageusement, ledit système polyphasé équilibré alimentant chaque étoile de redresseurs comporte un ou plusieurs ensembles de tension polyphasés équilibrés.

15 Ceci permet d'augmenter la compacité de la structure en associant plusieurs ensembles de redresseurs dans une même unité.

En outre, les étoiles de redresseurs peuvent comporter un même nombre de bras redresseurs et/ou un nombre différent de bras redresseurs.

20 Ceci permet de regrouper dans un même convertisseur-redresseur, des étoiles de redresseurs pouvant être alimentées par différents types de tensions polyphasés.

25 Les systèmes polyphasés alimentant la pluralité des étoiles de redresseurs peuvent comporter des systèmes polyphasés en phase et/ou des systèmes polyphasés déphasés entre eux.

Ceci permet d'adapter le redresseur à différents systèmes polyphasés.

30 Selon un aspect de la présente invention, ladite structure de collection de courant comporte une pluralité de barres collectrices reliant les zones de

jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs selon un réseau en étoile autour de ladite borne DC.

Selon un autre aspect de la présente invention, ladite structure de collection de courant
5 comporte une barre collectrice reliant en série les zones de jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs à ladite borne DC.

Avantageusement, ladite structure de collection de courant est constituée d'un alliage
10 moulé.

Les structures en réseau et/ou en série permettent d'avoir un convertisseur-redresseur modulable. De plus, la structure présente un volume optimal et facilement configurable pour s'adapter à son
15 environnement.

Selon un premier mode de réalisation, pour au moins une étoile de redresseurs, les conducteurs composants sont constitués de barres composants qui s'unissent dans ladite zone de jonction.

Avantageusement, pour chaque barre composant, les composants sont répartis en deux groupes, positionnés chacun d'un côté opposé de la barre composant.

Selon un autre aspect de la présente invention, ladite structure de collection de courant
25 comporte au moins une barre collectrice coaxiale reliant de manière coaxiale les zones de jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs à ladite borne DC.

Ceci permet de réduire le diamètre
30 extérieur du redresseur.

Avantageusement, ladite barre collectrice est de forme tubulaire adapter pour faire circuler un fluide de refroidissement.

Ceci permet de simplifier le circuit de
5 refroidissement.

Selon un deuxième mode de réalisation, pour au moins une étoile de redresseurs, les barres composants sont connectées perpendiculairement à ladite barre collectrice.

10 Ceci permet de réduire l'encombrement tout en diminuant le diamètre extérieur du redresseur.

Selon un troisième mode de réalisation, pour au moins une étoile de redresseurs, les barres composants sont connectées parallèlement à ladite barre
15 collectrice.

Ceci permet de simplifier la structure tout en diminuant davantage le diamètre extérieur du redresseur.

Selon un quatrième mode de réalisation,
20 pour au moins une étoile de redresseurs, les conducteurs composants sont constitués d'une seule pièce de conduction dont la partie centrale correspond à la zone de jonction connexe à ladite barre collectrice.

25 Avantageusement, les composants électroniques monodirectionnels des bras redresseurs sont équitablement répartis sur ladite pièce de conduction.

Avantageusement, les composants
30 électroniques monodirectionnels sont reliés à la phase correspondante par l'intermédiaire d'une liaison

comprenant un ensemble fusible qui comporte un fusible par composant monodirectionnel relié d'un côté en série avec ledit composant monodirectionnel et de l'autre côté à au moins une barre fusible raccordée à ladite
5 phase correspondante.

Avantageusement, le convertisseur-redresseur comporte au moins un transformateur redresseur générant au moins un ensemble de tensions polyphasées équilibré alimentant les étoiles de
10 redresseurs.

L'invention vise également un groupe d'alimentation électrique comportant un convertisseur-redresseur et comportant en outre un transformateur de réglage relié d'un côté à un réseau électrique et de
15 l'autre côté audit transformateur redresseur pour lui fournir une tension intermédiaire ajustée.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et
20 d'autres détails, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est un schéma électrique
25 simplifié d'une architecture d'alimentation d'usine en courant continu, selon l'art antérieur,

la figure 2 est un schéma électrique d'un redresseur à pont de Graëtz comportant en entrée trois phases alimentées en courant alternatif, selon l'art
30 antérieur,

la figure 3 est un graphique représentant le courant traversant un composant en fonction de sa position sur une barre composant, selon l'art antérieur,

5 la figure 4 est un graphique illustrant l'évolution du déséquilibre entre les composants en fonction du nombre de composants présents sur une même barre composant, selon l'art antérieur,

les figures 5 et 6 illustrent un redresseur
10 détaillant, de façon simplifiée, la structure des bras redresseurs au niveau des barres composants et des barres collectrices, selon l'art antérieur,

la figure 7 est un graphique illustrant l'allure des courants sur les barres collectrices d'un
15 redresseur, selon l'art antérieur,

les figures 8 et 9 illustrent d'autres types de redresseurs, selon l'art antérieur,

la figure 10 illustre, de manière très schématique, la structure d'un redresseur polyphasé,
20 selon l'invention.

les figures 11 à 13 illustrent, de manière schématique, la structure des étoiles de redresseurs, selon un premier mode de réalisation de l'invention,

Les figures 14 et 15 illustrent, de manière
25 schématique, les liaisons entre des étoiles de redresseurs, selon l'invention,

la figure 16 illustre, de manière schématique, la structure d'une étoile de redresseurs selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

30 la figure 17 illustre, de manière schématique, la structure d'une étoile de redresseurs

selon un troisième mode de réalisation de l'invention,
et

les figures 18 à 20 illustrent, de manière
schématique, la structure des étoiles de redresseurs
5 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

Des parties identiques, similaires ou
équivalentes des différentes figures portent les mêmes
références numériques de façon à faciliter le passage
d'une figure à l'autre.

10 Les différentes parties représentées sur
les figures ne le sont pas nécessairement selon une
échelle uniforme, pour rendre les figures plus
lisibles.

Les figures illustratives des différents
15 modes de réalisation du dispositif selon l'invention
sont données à titre d'exemple et ne sont pas
limitatives.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

20 Le principe à la base de l'invention est de
combiner directement en un seul nœud les courants issus
des différents bras redresseurs.

En premier lieu, l'invention concerne un
redresseur polyphasé (par exemple, triphasé,
25 dodécaphasé, ou autre) destiné à être inclus dans un
convertisseur-redresseur qui lui, est destiné à être
inclus dans un groupe d'alimentation électrique.

La figure 10 illustre de manière très
schématique la structure d'un dispositif redresseur 203
30 polyphasé de forte puissance, selon l'invention. Ce
dispositif redresseur 203 est destiné à délivrer un

courant continu à un circuit 205 apte à alimenter en courant continu un système extérieur 207.

Ce dispositif comporte des bras redresseurs $U1+, \dots, W2-$ alimentés par un système de tensions polyphasé ($T1, T2$). Chaque bras redresseur comprend un ensemble de composants électroniques monodirectionnels (par exemple des diodes ou des thyristors) ne laissant passer le courant que dans un seul sens. Les composants électroniques monodirectionnels de chaque bras redresseur $U1+, \dots, W2-$ sont montés en parallèle, reliés d'un côté à une phase correspondante $U1, \dots, W2$ du système de tensions polyphasé ($T1, T2$), et d'un autre côté à une même structure conductrice, dite conducteur composant 109, couplée électriquement à une borne DC positive $DC+$ ou une borne DC négative $DC-$ du circuit 205 alimentant le système extérieur 207.

Conformément à l'invention, les bras redresseurs $U1+, \dots, W2-$ sont alimentés par un système polyphasé ($T1, T2$) équilibré, on dira alors que ce sont des bras redresseurs équilibrés, et les conducteurs composants 109 de ces bras redresseurs $U1+, \dots, W2-$ équilibrés convergent pour se combiner en une même zone de jonction ($Z+, Z-$) couplée à la borne DC ($DC+, DC-$) correspondante. Ainsi, les courants issus des bras redresseurs $U1+, \dots, W2-$ équilibrés se combinent directement grâce aux conducteurs composants 109, dans la zone de jonction ($Z+, Z-$) pour débiter un courant continu.

Plus particulièrement, la figure 10 illustre l'exemple d'un dispositif redresseur 203 à

diode dodécaphasé, de type double pont de Graëtz triphasé.

Ainsi, selon cet exemple, le dispositif redresseur 203 est formé de six bras redresseurs U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2- reliant chacune des deux bornes AC de chacune des trois phases (U1, V1, W1) ou (U2, V2, W2), du système de tensions (T1, T2) dodécaphasé équilibré, aux deux bornes DC (DC+, DC-) du circuit 205 électrique alimentant en courant continu le système extérieur 207.

Chaque pont de Graëtz triphasé a donc une borne DC positive DC+, vue avec une polarité positive par le circuit électrique, et une borne DC négative DC- vue avec une polarité négative par le circuit électrique. Chaque phase U1, V1, W1, U2, V2, W2 comporte deux bras redresseurs U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2- reliant une borne AC d'une phase et une des deux bornes DC. Chaque bras redresseur U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2- comporte un ensemble de composants électroniques monodirectionnels 5.

Les composants électroniques monodirectionnels 5 de chaque bras redresseur U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2- sont reliés électriquement d'un côté au conducteur composant 109, qui permet de transmettre un courant entre les composants monodirectionnels 5 et la borne DC du circuit 205. Chaque composant monodirectionnel 5 est relié en série de l'autre côté avec une résistance fusible, dite fusible 7.

Les bras redresseurs U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-, U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2- alimentés par le système dodécaphasé (T1, T2) équilibré sont agencés afin que leur conjugaison produise, à partir d'un courant alternatif fourni aux bornes AC, un courant continu aux bornes DC. Plus particulièrement, les conducteurs composants 109 des bras redresseurs U1+, V1+, W1+, U2+, V2+, et W2+ convergent pour se combiner en un même nœud formé par une première zone de jonction Z+ définissant ainsi des « branches de redresseurs » ou une « étoile de redresseurs ». De manière équivalente, les conducteurs composants 109 des bras redresseurs U1-, V1-, W1-, U2-, V2-, et W2- convergent pour se combiner en un autre nœud formé par une seconde zone de jonction Z- définissant d'autres branches ou étoile de redresseurs. Autrement dit, les courants alternatifs circulant dans les bras redresseurs U1+, V1+, W1+, U2+, V2+, et W2+ se combinent directement et de manière ponctuelle dans la première zone de jonction Z+ connexe à la borne DC+ et les courants alternatifs circulant dans les bras redresseurs U1-, V1-, W1-, U2-, V2-, et W2- se combinent également directement et de manière ponctuelle dans la seconde zone de jonction Z- connexe à la borne DC-.

Ainsi, il n'y a plus de courants variables intermédiaires entre les courants alternatifs des bras redresseurs équilibrés et le courant continu issu des bornes DC. Par conséquent, il n'y a plus de variation de champ magnétique pour perturber le fonctionnement des bras redresseurs.

Les figures 11 à 20 illustrant l'invention, sont des schémas de la partie du dispositif redresseur 203 reliée à l'une des deux bornes DC (DC+ ou DC-) et non du dispositif redresseur dans son ensemble. Bien
5 entendu, les polarités positive et négative du redresseur sont similaires comme illustré sur la figure 10.

La figure 11 illustre de manière schématique la structure d'un premier mode de
10 réalisation de la polarité positive d'un dispositif redresseur 203 polyphasé en forme d'étoile.

Le dispositif redresseur 203 peut être constitué d'un nombre quelconque de bras redresseurs disposés en étoile et alimentés par un ou plusieurs
15 ensembles de tensions équilibrés. Selon ce premier mode de réalisation, les conducteurs composants 109 sont constitués de barres composants 109 qui s'unissent dans la zone de jonction Z+. La structure en étoile peut être avantageusement réalisée par moulage d'aluminium.

20 Plus particulièrement, cet exemple, illustre trois bras redresseurs U1+, V1+, W1+ alimentés par un ensemble de tensions triphasé équilibré, chacun étant constitué d'une barre composants 109 comportant une pluralité de composants électroniques
25 monodirectionnels 5. Pour chaque barre composant 109, les composants 5 sont répartis en deux groupes, positionnés chacun d'un côté opposé de la barre composants 109.

Les composants monodirectionnels 5
30 appartenant à chaque barre composant 109 sont reliés à la phase correspondante par l'intermédiaire d'une

liaison comprenant un ensemble fusible qui comporte une fusible 7 par composant monodirectionnel 5 relié d'un côté en série avec le composant monodirectionnel 5 et de l'autre côté à au moins une barre fusible 11
5 raccordée à la phase correspondante. Chaque groupe de composants-fusibles est relié à une barre fusible 11.

La figure 12 illustre un autre exemple d'un dispositif redresseur 203 en étoile constitué de six bras redresseurs U1+, V1+, W1+, U2+, V2+, W2+ ayant six
10 barres composants 109 qui s'unissent dans la zone de jonction Z+. Les bras redresseurs sont alimentés par des premier et second ensembles triphasés équilibrés. Par exemple, le premier peut être un ensemble de tensions triphasé équilibré en étoile et le second peut
15 être un ensemble de tensions triphasé équilibré en triangle.

La figure 13 illustre encore un autre exemple d'un dispositif comprenant une première étoile de redresseurs 203a triphasée équilibrée reliée par
20 l'intermédiaire d'une barre collectrice 205 à une seconde étoile de redresseurs 203b triphasée équilibrée. Les deux jeux triphasés de barres composants en étoile peuvent être alimentés par deux systèmes de tension triphasés (par exemple, étoile et
25 triangle). Cet exemple montre que chaque barre composant 109 peut comporter quatorze composants monodirectionnels 5 repartis en deux groupes de sept, positionnés sur deux côtés opposés de la barre composant 109.

30 La barre collectrice 205 est connectée à une borne DC et le courant qui y circule est un courant

continu car il résulte de la somme d'un courant continu issu de la zone de jonction Z1+ du premier redresseur 203a et de celui issu de la zone de jonction Z2+ du second redresseur 203b.

5 Les figures 14 et 15 illustrent de manière schématique les liaisons entre des étoiles de redresseurs.

De manière générale, un convertisseur-redresseur comporte une structure de collection de
10 courant connectant électriquement les zones de jonction d'une pluralité d'étoiles de redresseurs à une borne DC. Les étoiles de redresseurs peuvent être reliées entre elles de manière indifférente par la structure de collection. Avantageusement, cette structure de
15 collection est constituée d'un alliage moulé réalisée par exemple, par un moulage d'alliage en aluminium.

La figure 14 illustre de manière schématique un convertisseur-redresseur dans lequel la structure de collection de courant comporte une
20 pluralité de barres collectrices 205 reliant les zones de jonction Z1-Z4 de la pluralité d'étoiles de redresseurs 203a-203d selon un réseau en étoile autour de la borne DC.

Chaque étoile redresseur élémentaire débite
25 un courant redressé continu et les barres collectrices 205 sont alors toutes parcourues par un courant continu. Ainsi, le couplage inductif s'annule du fait de l'annulation des termes di/dt dans les barres collectrices 205. Il n'y a plus de variation de champ
30 magnétique induite par les barres collectrices 205 et

celles-ci ne viennent donc plus perturber le fonctionnement des bras redresseurs.

La figure 15 illustre de manière schématique un autre exemple d'un convertisseur-
5 redresseur dans lequel la structure de collection de courant comporte une barre collectrice 205 reliant en série les zones de jonction Z1-Z4 de la pluralité d'étoiles de redresseurs 203a-203d à la borne DC.

En outre, les zones de jonction des étoiles
10 de redresseurs peuvent être reliées à la borne DC par des barres collectrices coaxiales (voir figures 16 à 19). Les barres collectrices peuvent être de forme tubulaire adaptée pour faire circuler un fluide de refroidissement.

15 Ainsi, les étoiles de redresseurs peuvent être reliées entre elles de manière indifférente par les barres collectrices. La manière de les relier n'affecte pas le fonctionnement du convertisseur, contrairement aux architectures connues dans l'état de
20 l'art. En effet, étant donné que ces barres collectrices sont traversées par un courant continu, elles ne perturbent pas le fonctionnement de l'ensemble des étoiles de redresseurs. On se retrouve ainsi dans une situation où on peut équilibrer en courant les
25 associations composants-fusibles d'un redresseur polyphasé élémentaire sans être affecté par l'architecture de la structure de collection des courants de sorties des redresseurs.

De plus, la structure de liaison entre les
30 étoiles de redresseurs est compacte et permet une construction modulaire.

On notera que le système polyphasé équilibré alimentant chaque étoile de redresseurs peut comporter un ou plusieurs ensembles de tension polyphasés équilibrés.

5 Par ailleurs, les étoiles de redresseurs peuvent comporter un même nombre de bras redresseurs (c'est-à-dire, un même nombre de phases) et/ou un nombre différent de bras redresseurs. Les bras redresseurs peuvent être alimentés par des systèmes
10 polyphasés en phase et/ou par des systèmes polyphasés déphasés entre eux. Ainsi, il est possible d'associer des étoiles de redresseurs dont le nombre de phases n'est pas identique ou dont les systèmes de tensions d'alimentation sont déphasés entre eux, par exemple,
15 des redresseurs étoiles triphasés et des redresseurs étoiles hexaphasés.

La figure 16 illustre de manière schématique la structure d'un deuxième mode de réalisation de redresseurs polyphasés en forme
20 d'étoile.

Ce mode de réalisation consiste à réaliser un ensemble de petites étoiles de redresseurs 203a-203c connectées sur une barre collectrice 207 axiale connexe à la borne DC. Les barres composants 109 sont
25 connectées perpendiculairement à la barre collectrice 207 axiale et chacune comporte par exemple quatre composants monodirectionnels 5 (deux de chaque côté).

L'exemple illustré montre un ensemble de trois petites étoiles de redresseurs 203a-203c alimenté
30 en tensions triphasés équilibrés par l'intermédiaire de trois barres alternatives 211 (une seule barre

alternative est représentée sur la figure). Autrement dit, les barres fusibles 11, associées aux barres composants 109 alimentées par une même phase, sont reliées à une même barre alternative 211 disposée
5 parallèlement à la barre collectrice 207 axiale.

Par ailleurs, la barre collectrice 207 est avantageusement de forme tubulaire adaptée pour faire circuler un fluide 215 de refroidissement.

La figure 17 illustre de manière
10 schématique la structure d'un troisième mode de réalisation d'un redresseur polyphasé en forme d'étoile dans lequel les barres (ou conducteurs) composants 109 sont connectées parallèlement à la barre collectrice 207 axiale.

15 Ce mode de réalisation illustre un dispositif redresseur 203 triphasé constitué de trois barres composants 109 en forme de volets (seulement deux barres sont représentées sur la figure) soudées sur la barre collectrice 207 qui est connexe ou qui
20 forme la borne DC. Le redresseur est alimenté par un système de tension triphasé par l'intermédiaire de trois barres fusibles 11 (seulement deux sont représentées sur la figure) disposées parallèlement à la barre collectrice 207 axiale. Ceci permet de
25 simplifier la structure tout en diminuant le diamètre extérieur du redresseur.

La figure 18 illustre de manière
schématique la structure d'un quatrième mode de réalisation d'un dispositif redresseur 203 polyphasé en
30 forme d'étoile dans lequel les conducteurs composants sont constitués d'une seule pièce de conduction 209

dont la partie centrale correspond à la zone de jonction connexe à une barre collectrice 207 axiale.

L'exemple de la figure 18 illustre un redresseur triphasé où les conducteurs composants, qui
5 sont au même potentiel électrique, forme une sorte de roue triphasée, mais bien entendu, on peut avoir une forme de pièce tout à fait quelconque. Sur la pièce de conduction 209 sont disposés trois bras redresseurs U1+, V1+, W1+ équitablement répartis sur la pièce de
10 conduction 209 et alimentés par un système de tension triphasé équilibré. Chaque bras redresseur comporte un groupe d'association composants-fusibles connecté d'un côté à la pièce de conduction 209, et d'un autre côté à la barre fusible 11 relié à la borne AC. La sortie
15 continue se fait dans l'axe de la pièce par la barre collectrice 207.

La figure 19 illustre de manière schématique un convertisseur-redresseur comportant trois étoiles de redresseurs triphasées 203a-203c,
20 selon la figure 18. Ainsi, on peut interconnecter au travers une ou plusieurs barres collectrices 207, une pluralité d'étoiles de redresseurs de ce type afin de constituer un convertisseur-redresseur de grande taille. Les étoiles de redresseurs peuvent être
25 alimentées par des systèmes de tensions équilibrés par l'intermédiaire des barres 211 d'alimentation alternative (une seule barre est représentée sur le schéma) reliées aux barres fusibles 11. Les systèmes de tensions équilibrés peuvent être différents (par
30 exemple, étoile et triangle).

Ce mode de réalisation est très compact et modulaire, et en plus, on peut concevoir la forme de la pièce 209 de telle sorte que tous les composants se trouvent à égale distance de la barre collectrice 207.

5 Ceci permet d'assurer que l'équilibrage en courant des associations composants-fusibles de chaque étoile de redresseurs est quasi parfait.

De plus, ce mode de réalisation avec une pièce conducteur unique pour chaque étoile de redresseurs se prête relativement bien à une
10 technologie de moulage.

La figure 20 illustre la structure d'une étoile de redresseurs 203 triphasée où la pièce de conduction 209 est de forme triangulaire. Les
15 composants électroniques monodirectionnels 5 sont équitablement répartis sur la périphérie de la pièce de conduction 209. Les composants monodirectionnels 5 sont par exemple des diodes de type « press pack » de calibre élevé (typiquement plusieurs milliers
20 d'ampères) qui sont fixées à l'aide de pinces 217 à serrage sur la pièce de conduction 209. Les diodes 5 sont reliées aux fusibles 7 à l'aide de liaisons souples 221.

On notera que l'avantage principal de la
25 présente invention est que toutes les barres collectrices qui relient les étoiles de redresseurs entre elles sont toujours parcourues par un courant continu, et donc ne perturbent pas le fonctionnement des unités de redresseurs qui fonctionnent
30 indépendamment les uns des autres.

En outre, le convertisseur-redresseur polyphasé selon l'invention est compact par rapport à la structure de cadre collecteur reliant des barres composants monophasées selon l'art antérieur, la taille du collecteur est très fortement diminuée d'un facteur 3 à 4.

De plus, le convertisseur-redresseur selon l'invention est modulaire. Il est possible de créer des redresseurs de grande capacité en courant par association de redresseurs polyphasés en étoile de petites dimensions. Il n'est pas nécessaire de prendre en compte dans la mise en œuvre de ces redresseurs l'impact potentiel de l'architecture du collecteur de courant, ce qui laisse également des degrés de liberté importants sur la façon de disposer et d'interconnecter entre elles les étoiles de redresseurs élémentaires.

De plus, contrairement au cadre d'un convertisseur-redresseur selon l'art antérieur, dans lequel les barres composants et les barres collectrices sont généralement des barres d'aluminium soudées entre elles, les structures collectrices polyphasées en étoiles peuvent être réalisées par une technologie de moulage d'aluminium. Ceci peut contribuer à réduire énormément le coût du redresseur puisqu'on réalise un redresseur polyphasé à l'aide d'une seule pièce moulée en aluminium plutôt que d'assembler par soudure des barres entre elles.

REVENDICATIONS

1. Redresseur polyphasé de forte puissance comportant des bras redresseurs, chacun comprenant un ensemble de composants électroniques monodirectionnels (5), montés en parallèle, reliés d'un côté à une phase correspondante d'un système de tensions polyphasé, et d'un autre côté à un conducteur composant (109) couplé électriquement à une borne DC d'un circuit (205) apte à alimenter en courant continu un système extérieur (207),

caractérisé en ce que les bras redresseurs sont alimentés par un système polyphasé équilibré, et en ce que les conducteurs composants (109) desdits bras redresseurs convergent pour se combiner en une même zone de jonction (Z+) formant une étoile de redresseurs (203), ladite zone de jonction étant couplée à ladite borne DC.

2. Convertisseur-redresseur comportant une pluralité de redresseurs selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une structure de collection de courant connectant les zones de jonction (Z+) d'une pluralité d'étoiles de redresseurs à ladite borne DC.

3. Convertisseur-redresseur selon la revendication 2, dans lequel, ledit système polyphasé équilibré alimentant chaque étoile de redresseurs (203) comporte un ou plusieurs ensembles de tension polyphasés équilibrés.

4. Convertisseur-redresseur selon la revendication 2 ou 3, dans lequel les étoiles de redresseurs (203) comportent un même nombre de bras redresseurs et/ou un nombre différent de bras redresseurs.

5. Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel les systèmes polyphasés alimentant la pluralité des étoiles de redresseurs (203) comportent des systèmes polyphasés en phase et/ou des systèmes polyphasés déphasés entre eux.

6. Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans lequel ladite structure de collection de courant comporte une pluralité de barres collectrices (205) reliant les zones de jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs (203) selon un réseau en étoile autour de ladite borne DC.

7. Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans lequel, ladite structure de collection de courant comporte une barre collectrice (205) reliant en série les zones de jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs (203) à ladite borne DC.

8. Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, dans lequel,

ladite structure de collection de courant est constituée d'un alliage moulé.

5 **9.** Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, dans lequel, pour au moins une étoile de redresseurs, les conducteurs composants sont constitués de barres composants (109) qui s'unissent dans ladite zone de jonction.

10 **10.** Convertisseur-redresseur selon la revendication 9, dans lequel, pour chaque barre composant (109), les composants (5) sont répartis en deux groupes, positionnés chacun d'un côté opposé de la barre composant (109).

15 **11.** Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 2 à 10, dans lequel, ladite structure de collection de courant comporte au moins une barre collectrice (207) coaxiale reliant de
20 manière coaxiale les zones de jonction de la pluralité d'étoiles de redresseurs à ladite borne DC.

12. Convertisseur-redresseur selon la revendication 11, dans lequel ladite barre collectrice
25 (207) est de forme tubulaire adaptée pour faire circuler un fluide de refroidissement.

13. Convertisseur-redresseur selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel les
30 barres composants (109) sont connectées perpendiculairement à ladite barre collectrice.

14. Convertisseur-redresseur selon l'une
quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel les
barres composants (109) sont connectées parallèlement à
5 ladite barre collectrice.

15. Convertisseur-redresseur selon la
revendication 11 ou 12, dans lequel, pour au moins une
étoile de redresseurs, les conducteurs composants sont
10 constitués d'une seule pièce de conduction (209) dont
la partie centrale correspond à la zone de jonction
connexe à ladite barre collectrice (207).

16. Convertisseur-redresseur selon la
15 revendication 15, dans lequel les composants
électroniques monodirectionnels (5) des bras
redresseurs sont équitablement répartis sur ladite
pièce de conduction (209).

20 17. Convertisseur-redresseur selon l'une
quelconque des revendications 2 à 16, dans lequel les
composants électroniques monodirectionnels (5) sont
reliés à la phase correspondante par l'intermédiaire
d'une liaison comprenant un ensemble fusible qui
25 comporte une fusible (7) par composant monodirectionnel
(5) relié d'un côté en série avec ledit composant
monodirectionnel et de l'autre côté à au moins une
barre fusible (11) raccordée à ladite phase
correspondante.

18. Convertisseur-redresseur selon l'une
quelconque des revendications 2 à 17, comportant au
moins un transformateur redresseur générant au moins un
ensemble de tensions polyphasées équilibré alimentant
5 les étoiles de redresseurs.

19. Groupe d'alimentation électrique
comportant un convertisseur redresseur selon la
revendication 18, comportant en outre un transformateur
10 de réglage relié d'un côté à un réseau électrique et de
l'autre côté audit transformateur redresseur pour lui
fournir une tension intermédiaire ajustée.

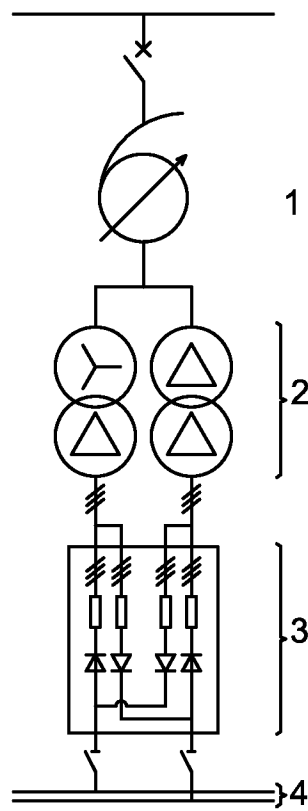


FIG. 1

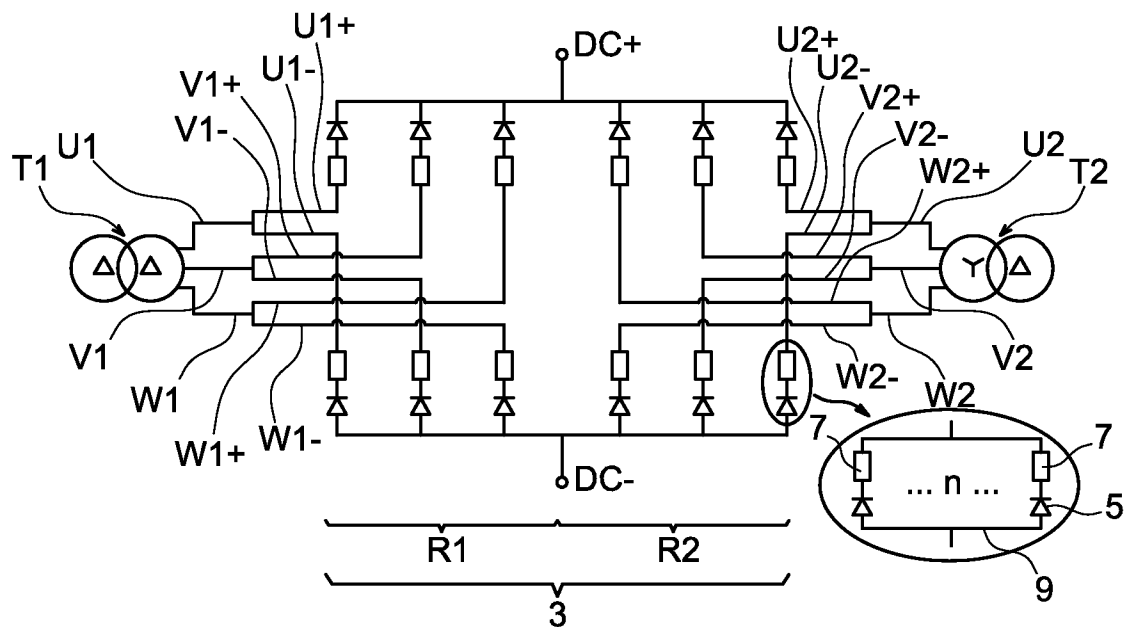


FIG. 2

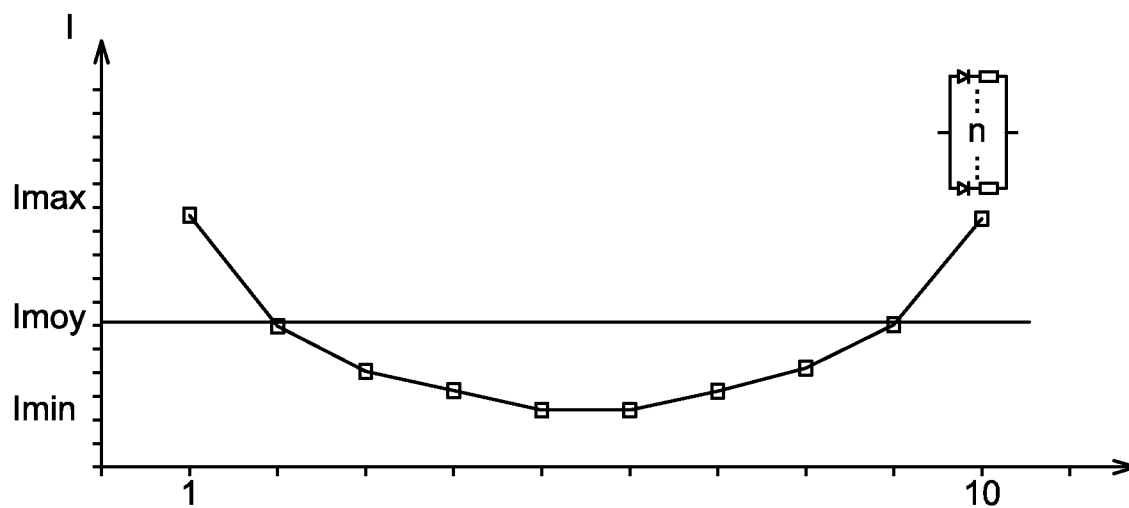


FIG. 3

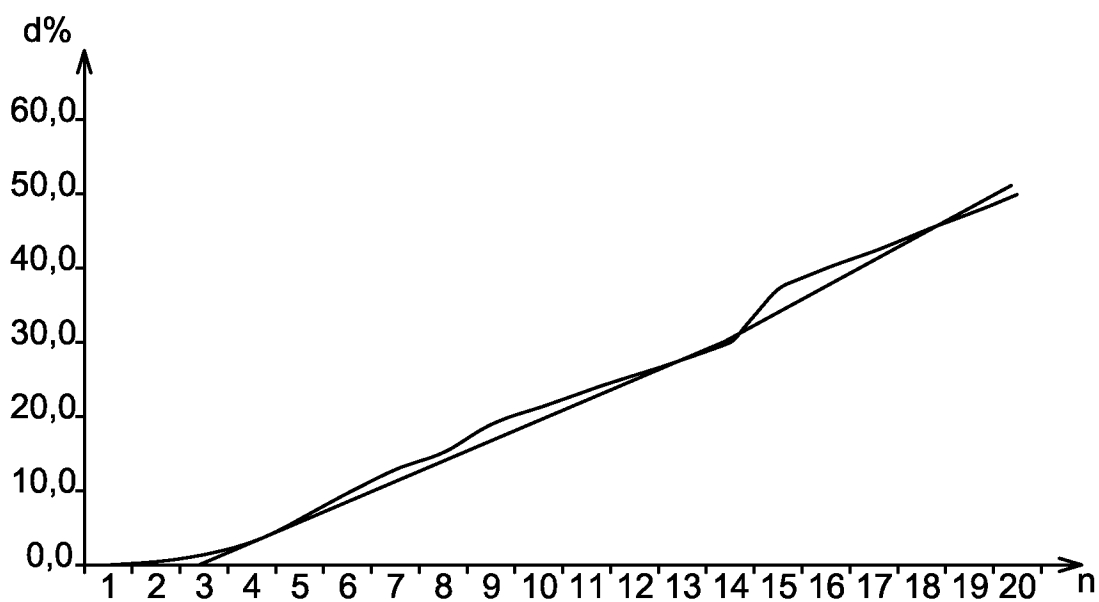


FIG. 4

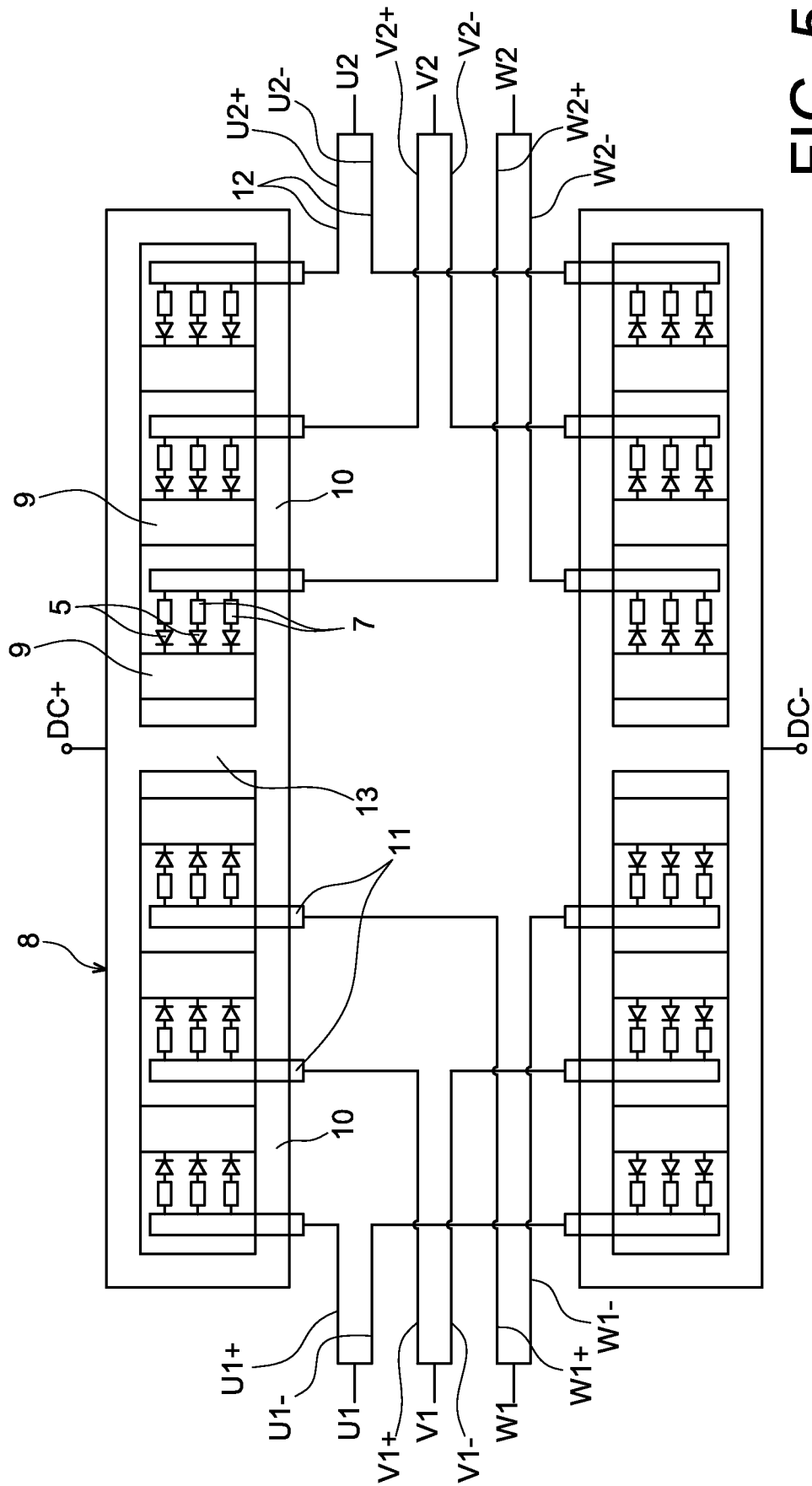
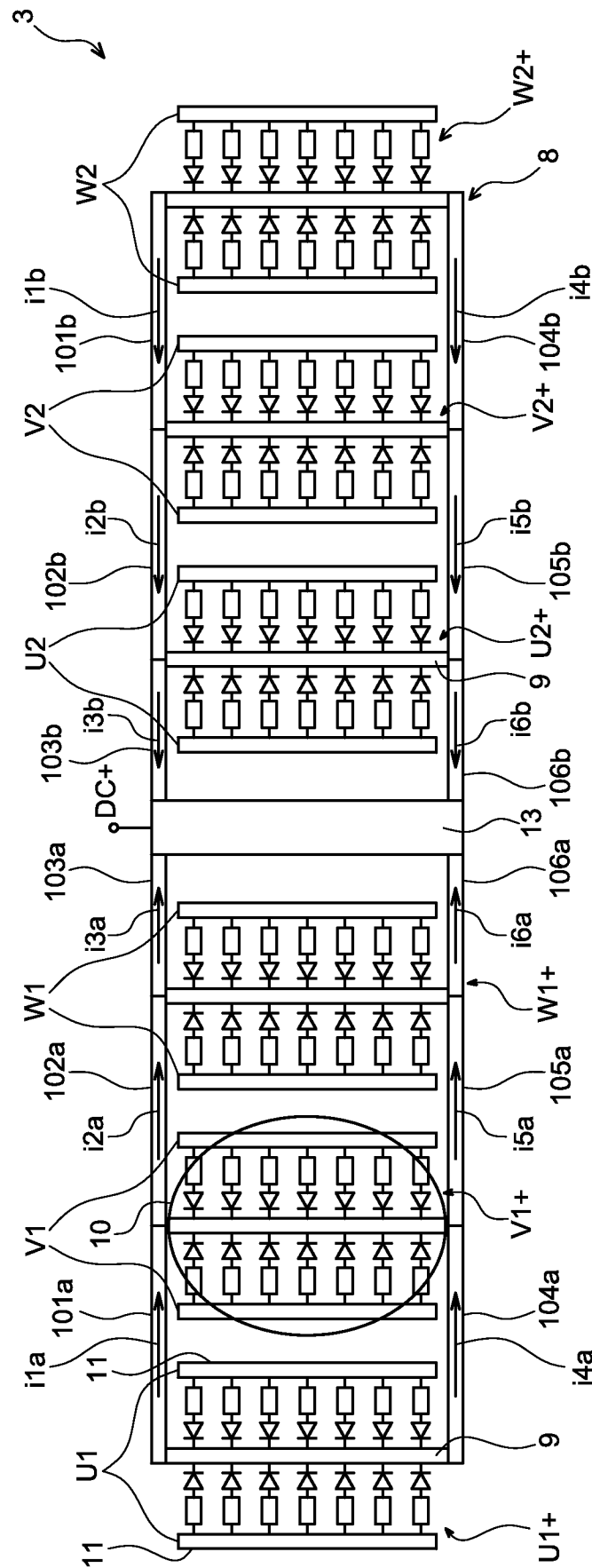


FIG. 5



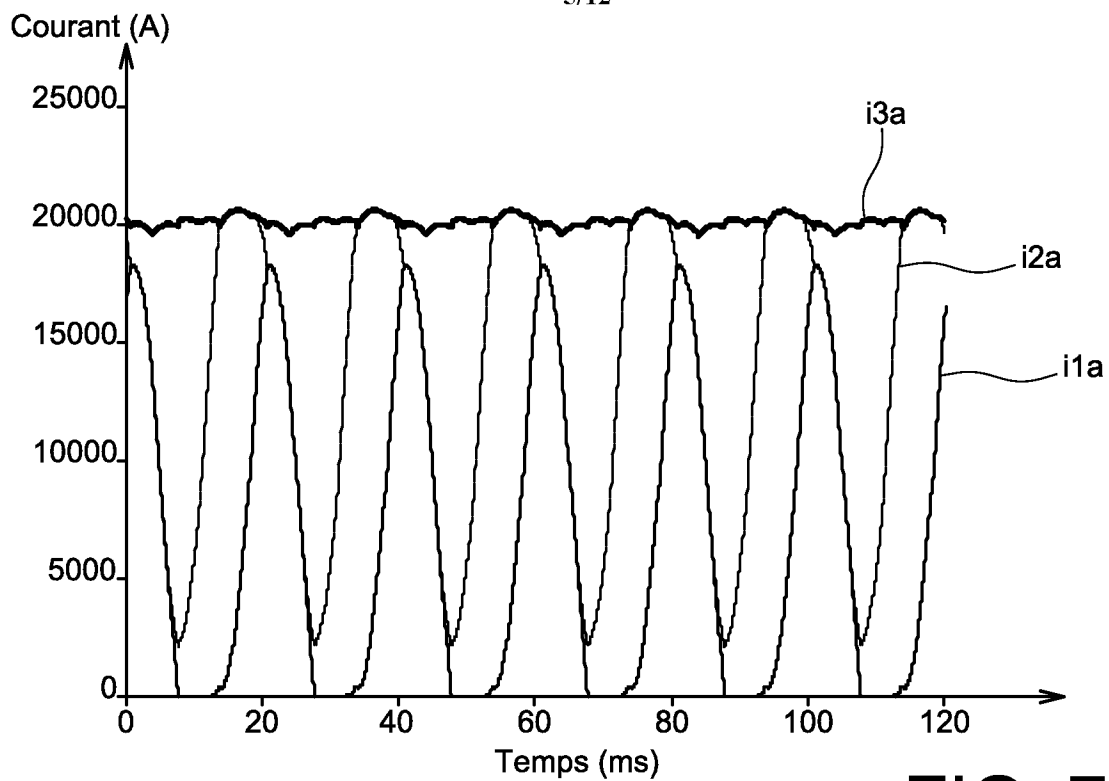


FIG. 7

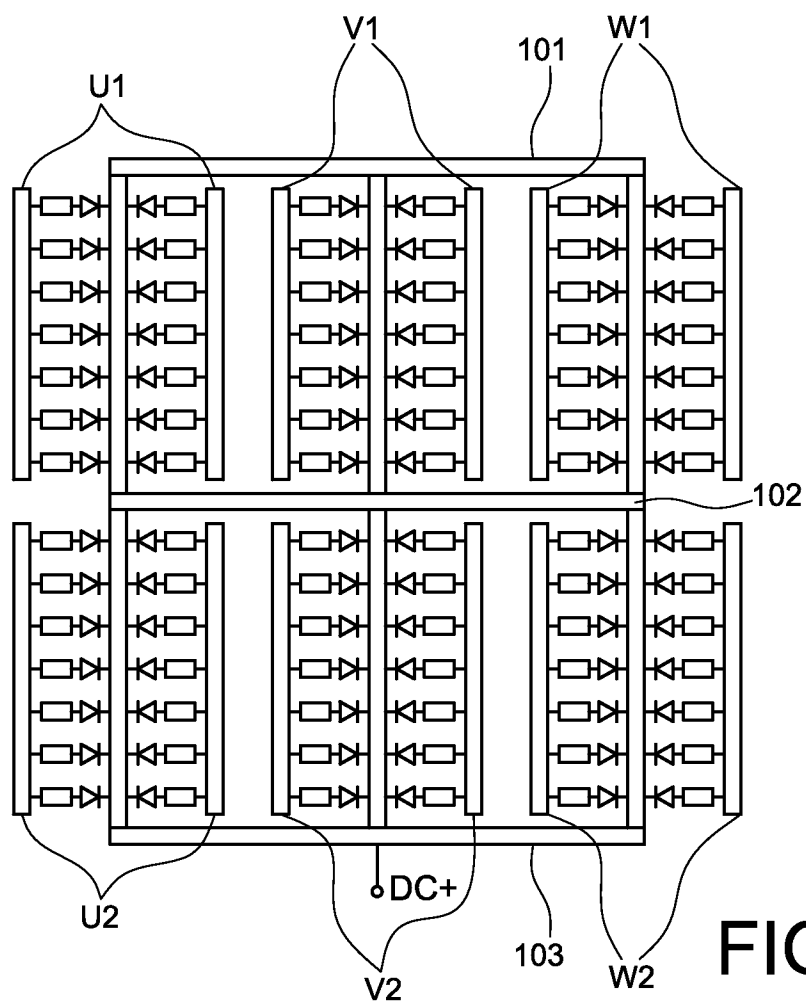


FIG. 8

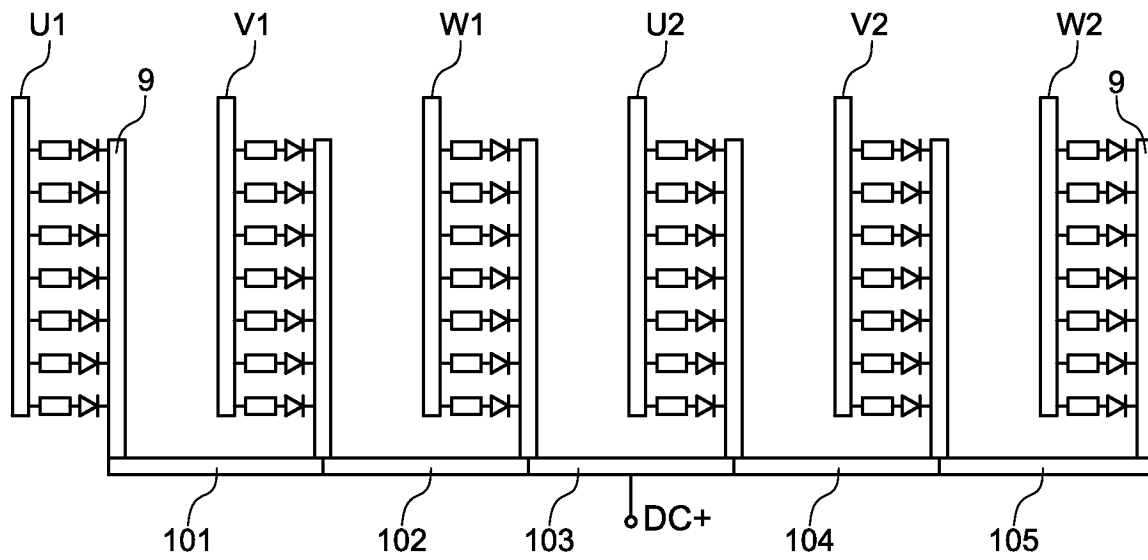
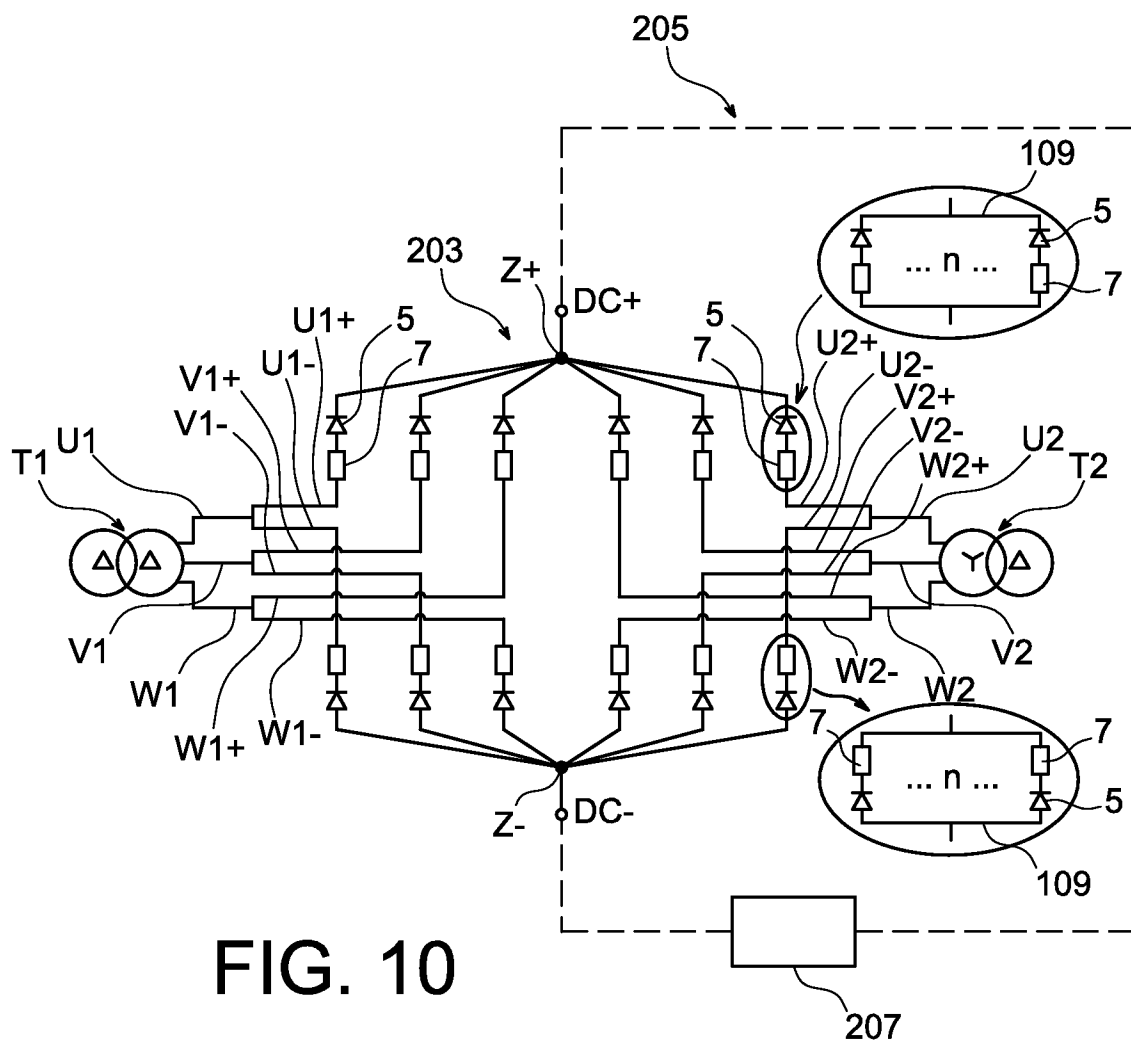


FIG. 9



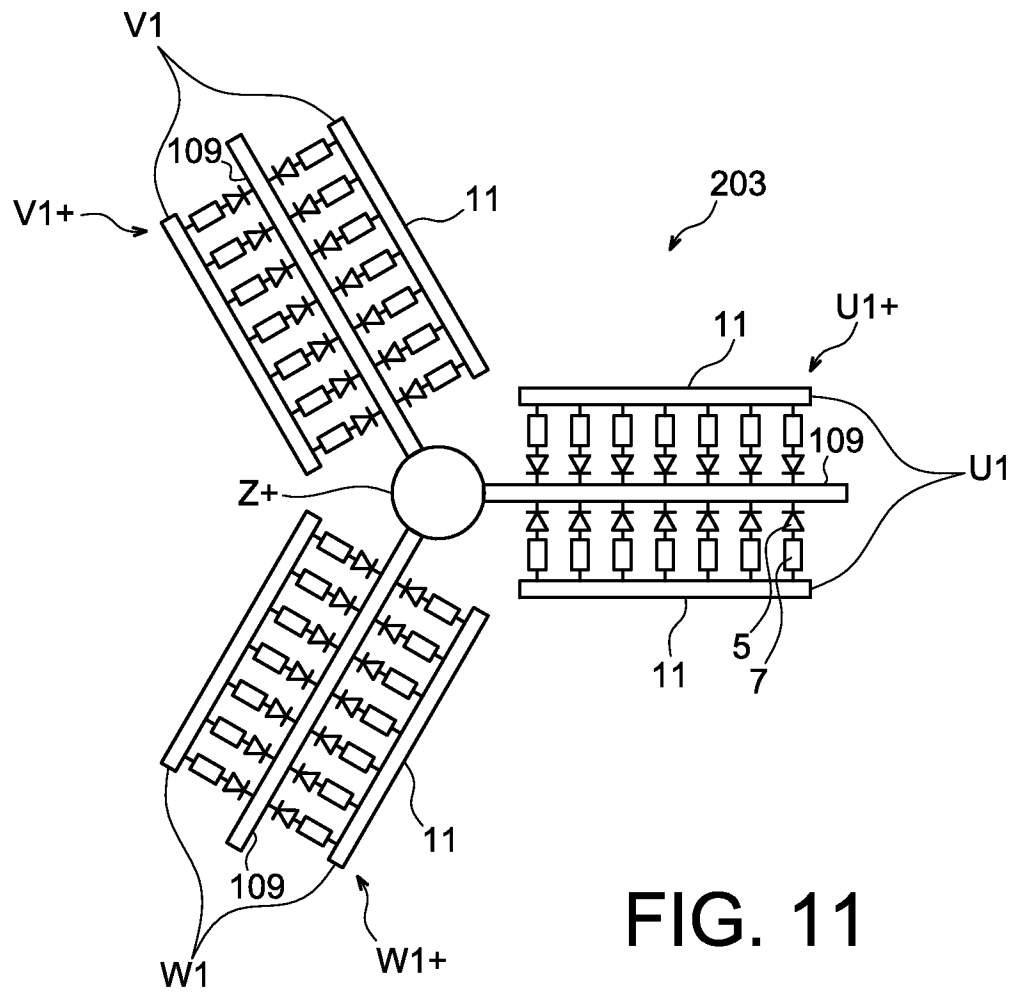


FIG. 11

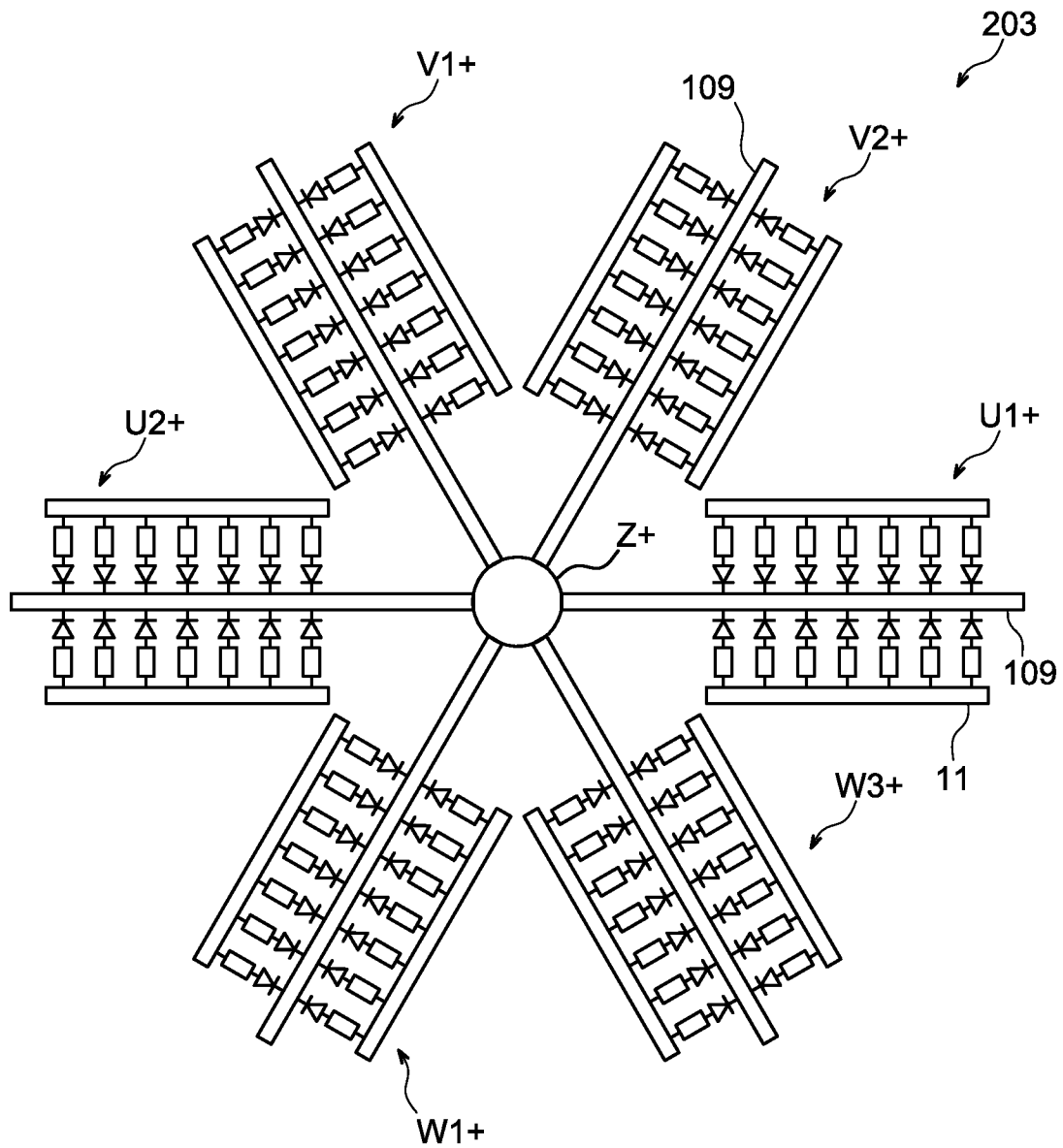


FIG. 12

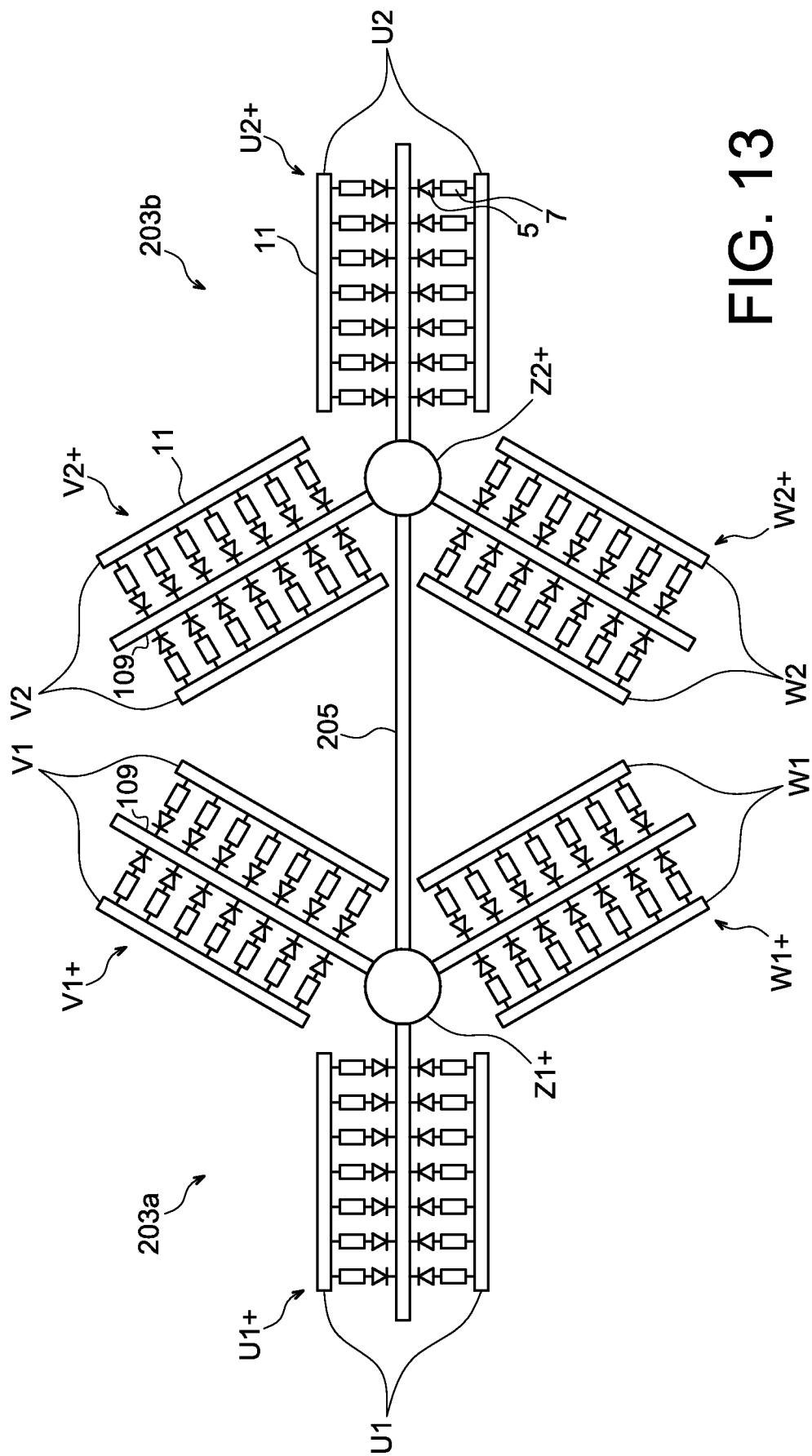


FIG. 13

FIG. 14

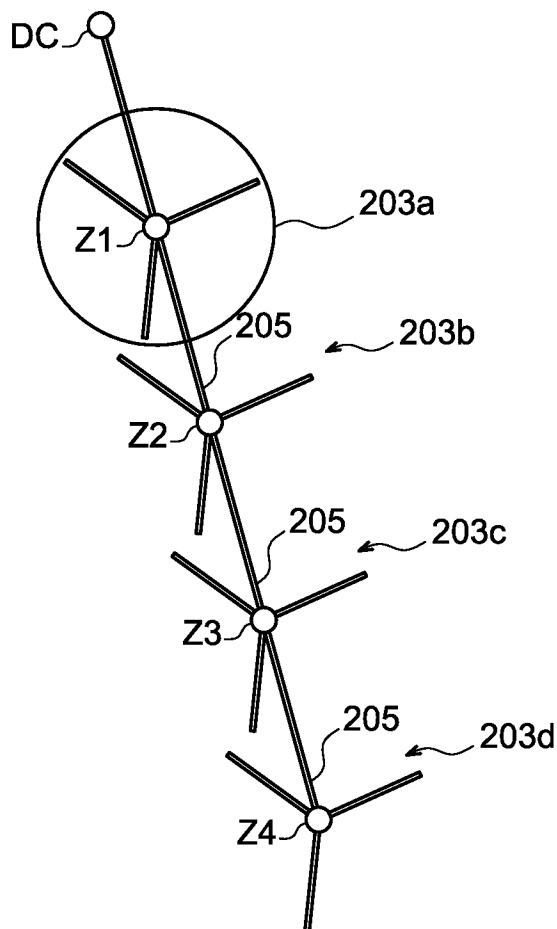
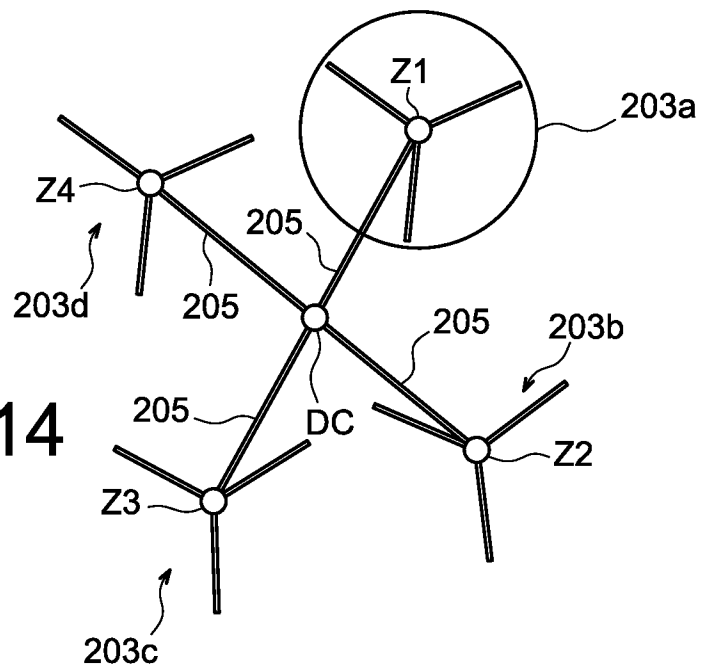


FIG. 15

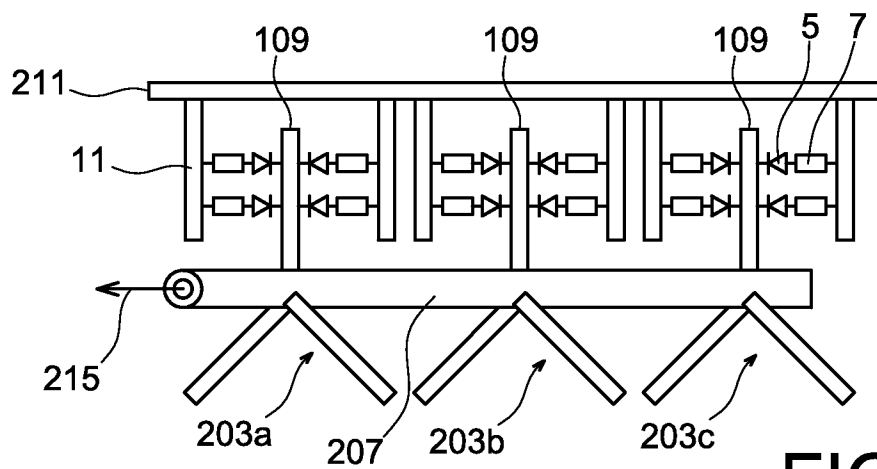


FIG. 16

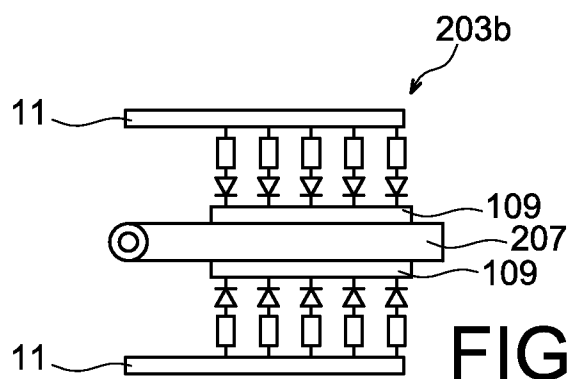


FIG. 17

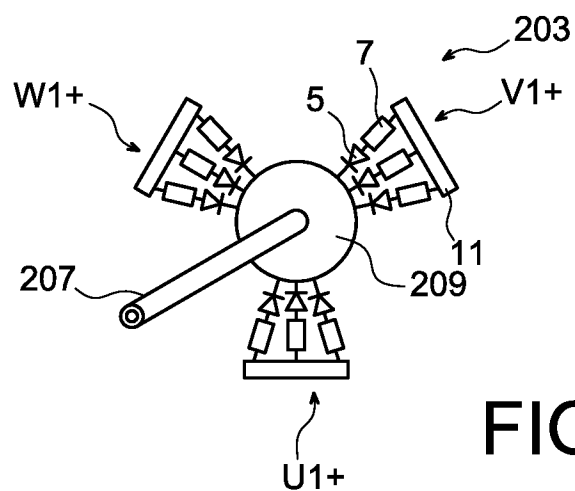
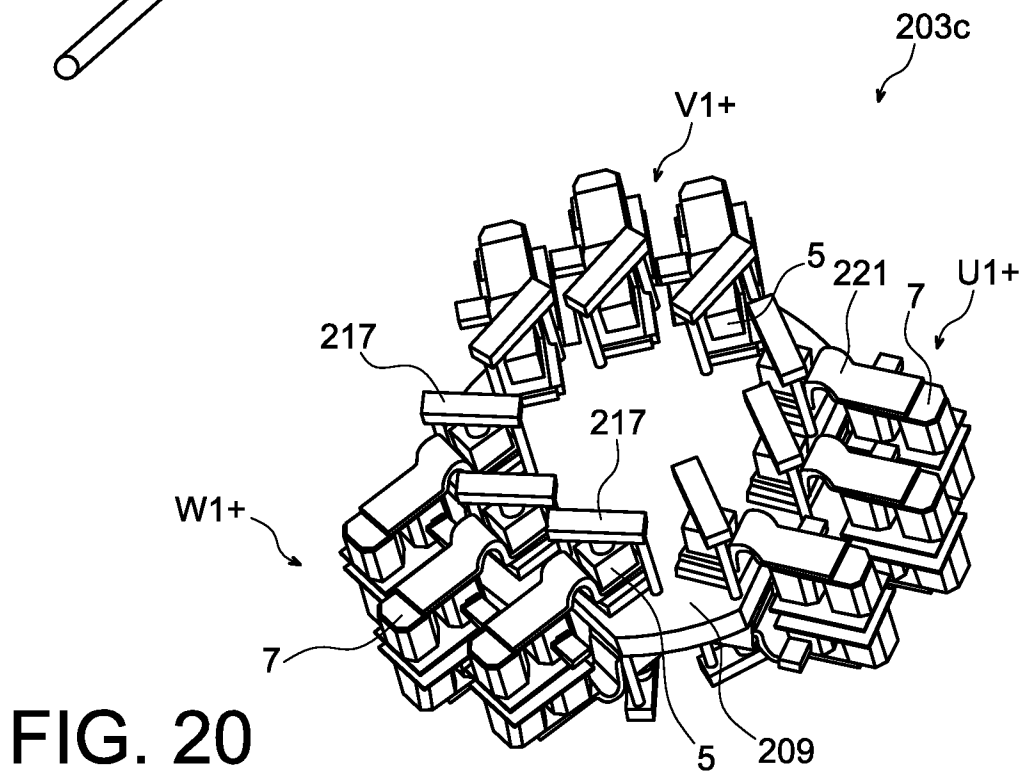
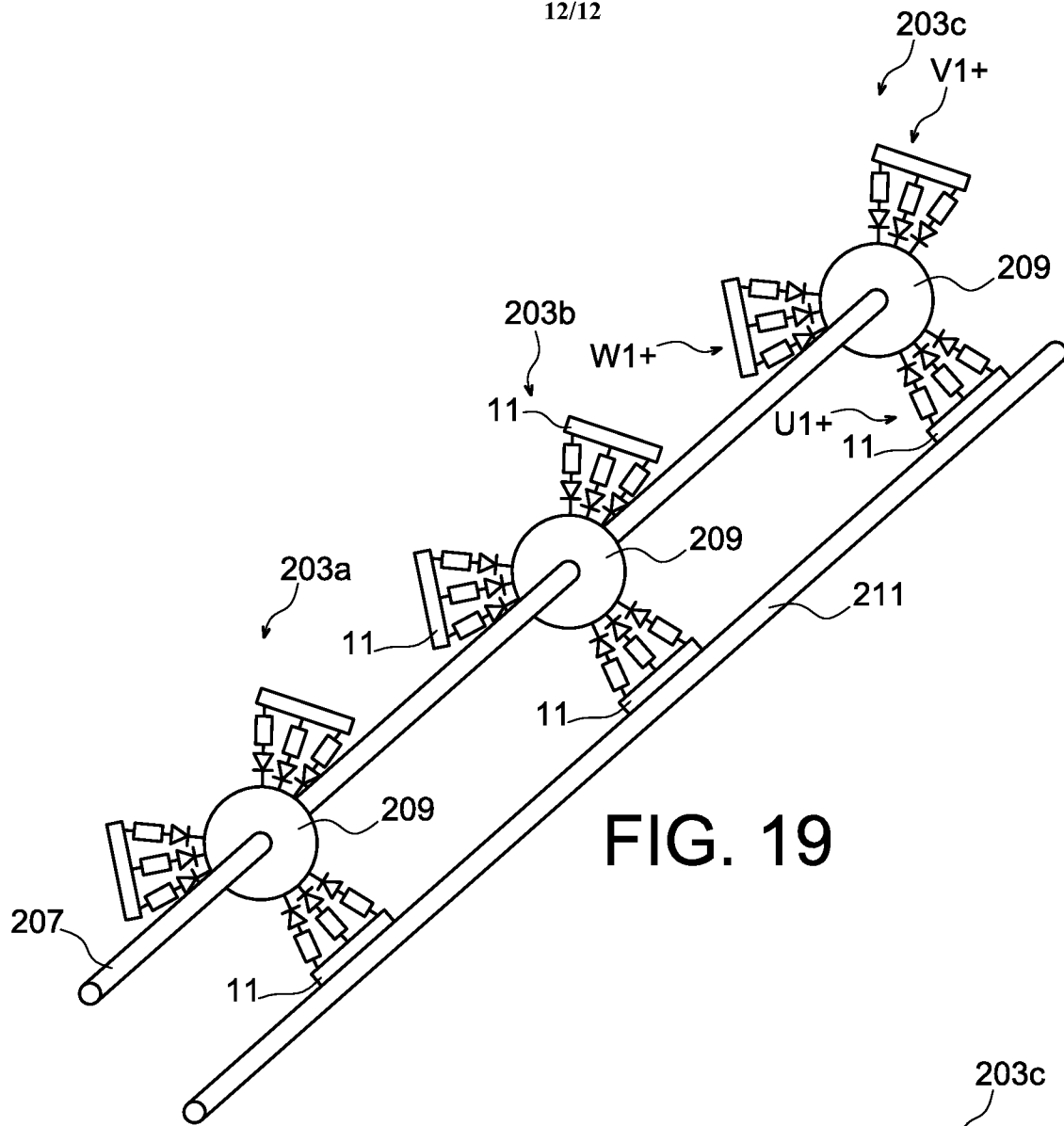


FIG. 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/074125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02M7/08 H02M7/17
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 65 079 B (SIEMENS AG) 10 September 1959 (1959-09-10) column 1, line 42 - line 49; figures 1-4 column 2, line 45 - column 3, line 6 column 3, line 45 - line 47 -----	1-19
X	US 2 999 971 A (PAUL SCHNECKE) 12 September 1961 (1961-09-12) the whole document -----	1-19
X	US 3 842 336 A (GALLOWAY J) 15 October 1974 (1974-10-15) column 2, line 30 - line 34 -----	1-19
X	US 3 906 336 A (DE PUY ROBERT P) 16 September 1975 (1975-09-16) column 1 - column 2; figures 1,3 column 5, line 50 - column 6, line 58 -----	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 February 2012

Date of mailing of the international search report

27/02/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Imbernon, Lisa

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/074125

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1065079	B	10-09-1959	NONE	

US 2999971	A	12-09-1961	NONE	

US 3842336	A	15-10-1974	NONE	

US 3906336	A	16-09-1975	CA 1022231 A1	06-12-1977
			US 3906336 A	16-09-1975

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/074125

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H02M7/08 H02M7/17
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H02M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 65 079 B (SIEMENS AG) 10 septembre 1959 (1959-09-10) colonne 1, ligne 42 - ligne 49; figures 1-4 colonne 2, ligne 45 - colonne 3, ligne 6 colonne 3, ligne 45 - ligne 47 -----	1-19
X	US 2 999 971 A (PAUL SCHNECKE) 12 septembre 1961 (1961-09-12) le document en entier -----	1-19
X	US 3 842 336 A (GALLOWAY J) 15 octobre 1974 (1974-10-15) colonne 2, ligne 30 - ligne 34 -----	1-19
X	US 3 906 336 A (DE PUY ROBERT P) 16 septembre 1975 (1975-09-16) colonne 1 - colonne 2; figures 1,3 colonne 5, ligne 50 - colonne 6, ligne 58 -----	1-19



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 février 2012

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/02/2012

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Imbernon, Lisa

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2011/074125

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 1065079	B	10-09-1959	AUCUN	
US 2999971	A	12-09-1961	AUCUN	
US 3842336	A	15-10-1974	AUCUN	
US 3906336	A	16-09-1975	CA 1022231 A1 US 3906336 A	06-12-1977 16-09-1975