

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.09.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.03.17 Bulletin 17/13.

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) : LABINAL POWER SYSTEMS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : HENRARD PIERRE.

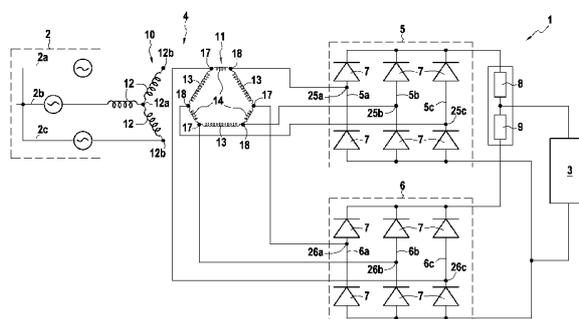
⑦3 Titulaire(s) : LABINAL POWER SYSTEMS.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 TRANSFORMATEUR REDRESSEUR DODECAPHASE.

⑤7 Un transformateur redresseur (1) électrique statique dodécaphasé comprenant un transformateur (4) et un premier et un second circuits redresseurs hexaphasés (5, 6) destinés à être couplés à une charge (3), le transformateur (4) comportant un circuit primaire (10) doté de trois bobines primaires (12) disposées selon une configuration en étoile et un circuit secondaire (11) comportant trois premières bobines secondaires (13) et trois secondes bobines secondaires (14) distinctes des premières bobines secondaires (13).

Le circuit secondaire (11) du transformateur (4) comprend une boucle de six bobines secondaires (13 et 14) formée par un raccordement électrique des trois premières bobines secondaires (13) avec les trois secondes bobines secondaires (14) du circuit secondaire (11).



Arrière-plan de l'invention

L'invention concerne un transformateur redresseur électrique statique dodécaphasé.

5 Un transformateur électrique est une machine électrique comportant un circuit primaire et un circuit secondaire. Le transformateur permet de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative au circuit primaire du transformateur.

10 Habituellement à bord des aéronefs lorsqu'on a besoin de convertir une tension alternative triphasée en tension continue en assurant un isolement galvanique, on utilise un transformateur redresseur statique dodécaphasé, appelé aussi TRU 12 pulse.

15 Dans un transformateur statique, l'énergie est transférée du circuit primaire au circuit secondaire par l'intermédiaire d'un circuit magnétique constitué par la carcasse du transformateur. Ces deux circuits sont alors magnétiquement couplés ce qui permet de réaliser un isolement galvanique entre les deux circuits.

20 Comme cela est illustré sur la figure 1, les transformateurs redresseurs 100 dodécaphasés généralement utilisés sont constitués d'un transformateur 40 suivis de deux redresseurs hexaphasés 50 et 60 formés chacun par un pont de six diodes 70 et couplés à une charge 3 via deux selfs d'interphase C. Le transformateur 40 comprend un circuit primaire 110 comportant trois bobines primaires 120 montées en étoile et couplées au réseau d'alimentation 2 et deux circuits secondaires 111 et 112.

25 Le premier circuit secondaire 111 comprend trois premières bobines secondaires 130 montées en étoile et dont les bornes libres 130b des bobines 130 sont chacune couplées à une branche 50a, 50b, 50c du premier redresseur hexaphasé 50.

30 Le second circuit secondaire 112 comprend trois secondes bobines secondaires 140 montées en triangle, les trois nœuds 140b du triangles étant chacun couplés à une branche 60b du second redresseur hexaphasé 60.

35 Cette topologie répond aux exigences de qualité réseau attendues pour les réseaux électriques aéronautiques.

Dans un tel montage, les tensions simples secondaires du transformateur sont déphasées de 30° , soit $\pi/6$. Du fait de ce déphasage de 30° entre les tensions simples secondaires, on retrouve un déphasage de 30° entre les deux courants de ligne secondaire.

5 Si on appelle m' le rapport de transformation entre le bobinage primaire étoile et le secondaire étoile et m le rapport de transformation entre le bobinage primaire étoile et le secondaire triangle, alors on peut démontrer qu'il existe une relation simple entre m et m' pour que le montage fonctionne : $m = \sqrt{3}m'$.

10 Le courant circulant dans les enroulements secondaires peut être déterminé simplement. Pour le secondaire en triangle, il existe une relation entre les courants de ligne secondaire et les courants d'enroulement. Cette relation est valable temporellement et on peut écrire :

$$\begin{cases} J_{2a}(t) = I_{2a}(t) - I_{2c}(t) \\ J_{2b}(t) = I_{2b}(t) - I_{2a}(t) \\ J_{2c}(t) = I_{2c}(t) - I_{2b}(t) \end{cases}$$

15 Avec J_{2a} , J_{2b} , J_{2c} les courants circulant respectivement dans les trois secondes bobines secondaires 140 montées en triangle, et I_{2a} , I_{2b} , I_{2c} les courants respectivement délivrés à chacune des trois branches 60a, 60b, 60c du second circuit redresseur 60 auquel les secondes bobines secondaires 140 montées en triangle sont couplées, comme illustré sur la

20 figure 1.

Le transformateur redresseur dodécaphasé convertit les tensions triphasées alternatives, par exemple de tension efficace de 115 V ou de 230 V, en une tension continue de 28 V ou autre par exemple. Cette transformation est réalisée grâce au transformateur et aux deux

25 redresseurs hexaphasés.

Il n'y a à ce jour pas de solution simple, et fiable à base de transformateur redresseur dodécaphasé permettant d'améliorer encore plus efficacement la qualité du réseau électrique.

30 Objet et résumé de l'invention

L'invention vise à fournir une configuration alternative du circuit secondaire du transformateur permettant d'améliorer la qualité du circuit électrique en minimisant voire en éliminant les premières fréquences

harmoniques de courant du réseau d'alimentation électrique, soulageant ainsi les générateurs électriques et améliorant le facteur de puissance global du réseau électrique.

5 Le but est aussi de proposer une solution de conversion alternatif-continu fiable, la plus simple possible, et la moins coûteuse avec une densité de puissance au moins équivalente aux équipements aujourd'hui installés sur un avion.

10 Un objet de l'invention propose un transformateur redresseur électrique statique dodécaphasé comprenant un transformateur, et un premier circuit redresseur hexaphasé et un second circuit redresseur hexaphasé destinés à être couplés à une charge, le transformateur comportant un circuit primaire doté de trois bobines primaires disposées selon une configuration en étoile et un circuit secondaire comportant trois premières bobines secondaires et trois secondes bobines secondaires
15 distinctes des premières bobines secondaires.

Selon une caractéristique générale de l'invention, le circuit secondaire du transformateur comprend une boucle de six bobines secondaires formée par un raccordement électrique des trois premières bobines secondaires avec les trois secondes bobines secondaires du circuit
20 secondaire.

Le circuit secondaire du transformateur propose ainsi une configuration alternative du circuit secondaire d'un transformateur présentant une unique boucle secondaire formée par les six bobines.

25 Cette configuration permet en outre de fournir une solution de conversion alternatif-continu la plus simple possible et la moins coûteuse, avec une densité de puissance au moins équivalente aux équipements aujourd'hui installés sur un avion.

Selon un premier aspect du transformateur redresseur électrique, chaque seconde bobine secondaire du transformateur est
30 raccordée entre deux premières bobines secondaires et chaque première bobine secondaire est raccordée entre deux secondes bobines secondaires.

Ainsi l'enroulement secondaire hexagonal du circuit secondaire est équivalent fonctionnellement à deux enroulements triangles imbriqués.
35 Cet agencement permet au moins de fournir des tensions de même valeur

en sortie, et ainsi de délivrer des tensions de même valeur aux premier et second circuits redresseurs.

Selon un deuxième aspect du transformateur redresseur électrique, les premières bobines secondaires du transformateur
5 présentent un premier sens d'enroulement et les secondes bobines secondaires présentent un second sens d'enroulement opposé au premier sens d'enroulement.

La mise en opposition des sens d'enroulement des premières et secondes bobines secondaires en plus de leur alternance permet
10 d'améliorer la qualité du circuit électrique en minimisant voire en éliminant les premières fréquences harmoniques de courant du réseau d'alimentation électrique, soulageant ainsi les générateurs électriques et améliorant le facteur de puissance global du réseau électrique.

Selon un troisième aspect du transformateur redresseur électrique, les trois premières bobines secondaires présentent une
15 première dimension et les trois secondes bobines secondaires présentent une seconde dimension distincte de la première dimension, les première et seconde dimensions étant choisies de sorte que les trois tensions mesurées entre deux bornes de sortie de premières bobines secondaires
20 présentent un déphasage de 30° avec les trois tensions mesurées entre deux bornes de sortie de secondes bobines secondaires.

Afin de répondre aux exigences de qualité du réseau électrique à bord d'un aéronef, le déphasage entre les deux triangles formés par le circuit secondaire hexagonal doit être de 30° , soit $\pi/6$, comme pour un
25 transformateur redresseur classique.

Le déphasage de 30° entre les deux circuits secondaires équivalents triangulaires permet de répondre aux exigences d'harmoniques de courant demandées par les normes aéronautiques.

Ce dimensionnement des premières et secondes bobines secondaires permet en outre de configurer le transformateur pour obtenir
30 un déphasage de 15° et de 45° entre les tensions secondaires mesurées sur les circuits secondaires et les tensions primaires mesurées sur le circuit primaire.

Selon un quatrième aspect du transformateur redresseur électrique, l'enroulement de chaque bobine secondaire du transformateur
35 s'étend d'une première borne de raccordement électrique à une seconde

borne de raccordement électrique, les secondes bornes des premières et secondes bobines étant électriquement raccordées au premier circuit redresseur hexaphasé et les premières bornes des premières et secondes bobines étant électriquement raccordées au second circuit redresseur hexaphasé.

Cet agencement permet de délivrer trois premières tensions triphasées identiques en amplitude au premier circuit redresseur et trois secondes tensions triphasées identiques en amplitude au second circuit redresseur, les six tensions étant identiques en amplitude.

Un autre objet de l'invention propose un système électrique de conversion de tension comprenant au moins un transformateur redresseur électrique tel que défini ci-dessus.

Encore un autre objet de l'invention propose un aéronef comprenant au moins un système électrique de conversion de tension tel que défini ci-dessus.

Brève description des dessins.

L'invention sera mieux comprise à la lecture faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence au dessin annexé sur lequel :

- la figure unique 1, déjà présentée, illustre un transformateur redresseur selon l'état de la technique ;
- la figure 2 présente de manière schématique un transformateur redresseur selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 illustre schématiquement le transformateur du transformateur redresseur de la figure 2.

Description détaillée de modes de réalisation

La figure 2 présente schématiquement un système électrique comprenant un transformateur redresseur électrique dodécaphasé 1 selon un mode de réalisation de l'invention. Le transformateur redresseur 1 est couplé à un réseau électrique 2 en entrée et à une charge 3 en sortie via des selfs d'interphases 8 et 9.

Le transformateur redresseur 1 comprend un transformateur 4, un premier redresseur hexaphasé 5 et un second redresseur hexaphasé 6.

Chaque redresseur hexaphasé 5 et 6 est formé par un pont de six diodes 7 montées en trois branches 5a, 5b, 5c et 6a, 6b, 6c de deux

diodes 7 montées dans le même sens passant. Chaque branche 5a, 5b, 5c et 6a, 6b, 6c d'un redresseur hexaphasé 5 et 6 comprend une borne d'entrée 25a, 25b, 25c et 26a, 26b, 26c disposée entre les deux diodes 7 de la branche 5a, 5b, 5c ou 6a, 6b, 6c de sorte qu'une première diode 7 soit passante pour un courant positif circulant dans la branche 5a, 5b, 5c ou 6a, 6b, 6c tandis que la seconde diode 7 est bloquante et, inversement, que la seconde diode 7 soit passante pour un courant négatif circulant dans la branche 5a, 5b, 5c ou 6a, 6b, 6c tandis que la première diode 7 est bloquante.

10 Chacun des deux redresseurs 5 et 6 est couplé en sortie à la charge 3 via une des deux selfs d'interphase 8 et 9.

Le transformateur 4 comporte un circuit primaire 10 et un circuit secondaire 11.

15 Le circuit primaire 10 est formé de trois bobines primaires 12 montées en étoile. Chaque bobine primaire 12 du circuit primaire 10 possède donc une première borne 12a couplée aux deux autres bobines primaires 12 et une seconde borne 12b distincte de la première borne 12a et électriquement raccordée à une des phases 2a, 2b, 2c du réseau électrique d'alimentation 2. La seconde borne 12b de chaque bobine 20 primaire 12 est raccordée à une phase, 2a par exemple, distincte des phases, 2b et 2c pour l'exemple mentionné, auxquelles sont raccordées les secondes bornes 12b des deux autres bobines primaires 12.

25 Le circuit secondaire 12, présenté plus en détail sur la figure 3, forme une boucle de six bobines secondaires 13 et 14. La boucle comportant plus particulièrement trois premières bobines secondaires 13 et trois secondes bobines secondaires 14.

30 Les trois premières bobines secondaires 13 possèdent une même première dimension et sont enroulées dans un même premier sens. Les trois secondes bobines secondaires 14 possèdent une même seconde dimension différente de la première dimension et un même second sens d'enroulement différent du premier sens d'enroulement.

35 Une bobine ne possédant que deux sens d'enroulement possibles, le second sens d'enroulement est opposé au premier sens d'enroulement. Le sens d'enroulement des bobines 13 et 14 est indiqué sur la figure 3 de manière classique à l'aide d'un point dans un cercle pour

indiquer le premier sens d'enroulement et à l'aide d'une croix dans un cercle pour indiquer le second sens d'enroulement.

Ainsi, si on considère que chaque bobine secondaire 13 et 14 comprend une borne de début d'enroulement 15 et une borne de fin d'enroulement 16, les bobines secondaires 13 ou 14 étant enroulées depuis la borne de début d'enroulement 15 vers la borne de fin d'enroulement 16, comme indiqué sur la figure 3, le circuit secondaire 12 comprend trois premiers nœuds 17 à chacune desquelles sont couplées une borne de début d'enroulement 15 d'une première bobine secondaire 13 et une borne de début d'enroulement 15 d'une seconde bobine secondaire, et trois seconds nœuds 18 à chacune desquelles sont couplées une borne de fin d'enroulement 16 d'une première bobine secondaire 13 et une borne de fin d'enroulement 16 d'une seconde bobine secondaire.

Les trois premiers nœuds 17 sont raccordés électriquement chacun à une branche distincte 25a, 25b, 25c du premier circuit redresseur 5.

Les trois seconds nœuds 18 sont raccordés électriquement chacun à une branche distincte 26a, 26b, 26c du second circuit redresseur 6.

Les premières et secondes bobines secondaires 13 et 14 possèdent respectivement un premier et second dimensionnement choisis pour avoir un déphasage de 30° entre les deux tensions secondaires et de 15° et 45° entre les tensions secondaires et les tensions primaires, pour être en phase avec les fréquences fondamentales des courants primaires.

Les rapports de transformations du transformateur redresseur 1 par rapport à un transformateur redresseur connu doté d'un secondaire comportant trois bobines secondaires en triangle et trois bobines secondaires en étoile comme présenté sur la figure 1 sont les suivants :

$$m_1 = 2m' \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$m_2 = 2m' \sin\left(\frac{\pi}{12}\right)$$

Avec m' le rapport de transformation entre le bobinage primaire étoile et le secondaire étoile d'un transformateur redresseur classique tel que représenté sur la figure 1, m_1 le rapport de transformation entre l'enroulement primaire étoile et l'enroulement présenté par le grand côté de l'hexagone du transformateur redresseur 1, c'est-à-dire avec les

premières bobines secondaires 13, et m_2 le rapport de transformation entre l'enroulement primaire étoile et l'enroulement présenté par le petit côté de l'hexagone du transformateur redresseur 1, c'est-à-dire avec les secondes bobines secondaires 14.

- 5 Le transformateur redresseur 1 selon l'invention, lorsqu'il est utilisé en parallèle à un transformateur redresseur comprenant deux circuits secondaires comme présenté sur la figure 1 et de puissance équivalente, permet de minimiser voire d'annuler les harmoniques de courant onze et treize du réseau ainsi constitué.

10

REVENDEICATIONS

1. Transformateur redresseur (1) électrique statique dodécaphasé comprenant un transformateur (4) et un premier et un second circuits redresseurs hexaphasés (5, 6) destinés à être couplés à une charge (3), le transformateur (4) comportant un circuit primaire (10) doté de trois bobines primaires (12) disposées selon une configuration en étoile et un circuit secondaire (11) comportant trois premières bobines secondaires (13) et trois secondes bobines secondaires (14) distinctes des premières bobines secondaires (13),

caractérisé en ce que le circuit secondaire (11) du transformateur (4) comprend une boucle de six bobines secondaires (13 et 14) formée par un raccordement électrique des trois premières bobines secondaires (13) avec les trois secondes bobines secondaires (14) du circuit secondaire (11).

2. Transformateur redresseur électrique (1) selon la revendication 1, dans lequel chaque seconde bobine secondaire (14) du transformateur (4) est raccordée entre deux premières bobines secondaires (13) et chaque première bobine secondaire (13) est raccordée entre deux secondes bobines secondaires (14).

3. Transformateur redresseur électrique (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les premières bobines secondaires (13) du transformateur (4) présentent un premier sens d'enroulement et les secondes bobines secondaires (14) présentent un second sens d'enroulement opposé au premier sens d'enroulement.

4. Transformateur redresseur électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les trois premières bobines secondaires (13) présentent une première dimension et les trois secondes bobines secondaires (14) présentent une seconde dimension distincte de la première dimension, les première et seconde dimensions étant choisies de sorte que les trois tensions mesurées entre deux bornes de sortie de premières bobines secondaires (13) présentent un déphasage de 30° avec

les trois tensions mesurées entre deux bornes de sortie de secondes bobines secondaires (14).

5 5. Transformateur redresseur électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'enroulement de chaque bobine
secondaire (13, 14) du transformateur (4) s'étend d'une première borne
de raccordement électrique (15) à une seconde borne de raccordement
électrique (16), les secondes bornes (16) des premières et secondes
10 bobines (13, 14) étant électriquement raccordées au premier circuit
redresseur hexaphasé (5) et les premières bornes (15) des premières et
secondes bobines (13, 14) étant électriquement raccordées au second
circuit redresseur hexaphasé (6).

15 6. Système électrique de conversion de tension comprenant
au moins un transformateur redresseur électrique (1) selon l'une des
revendications 1 à 5.

20 7. Aéronef comprenant au moins un système électrique de
conversion de tension selon la revendication 6.

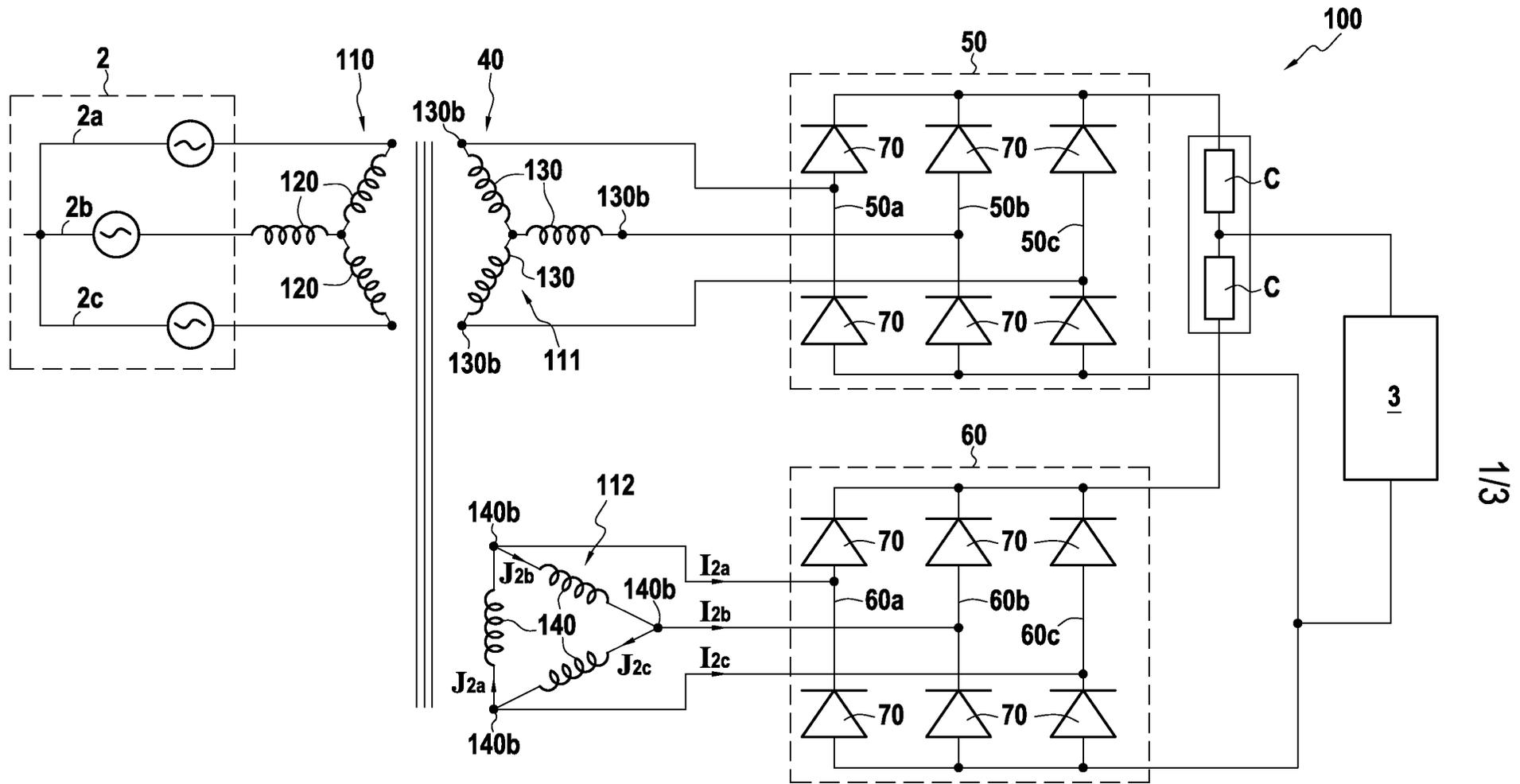


FIG.1
ART ANTERIEUR

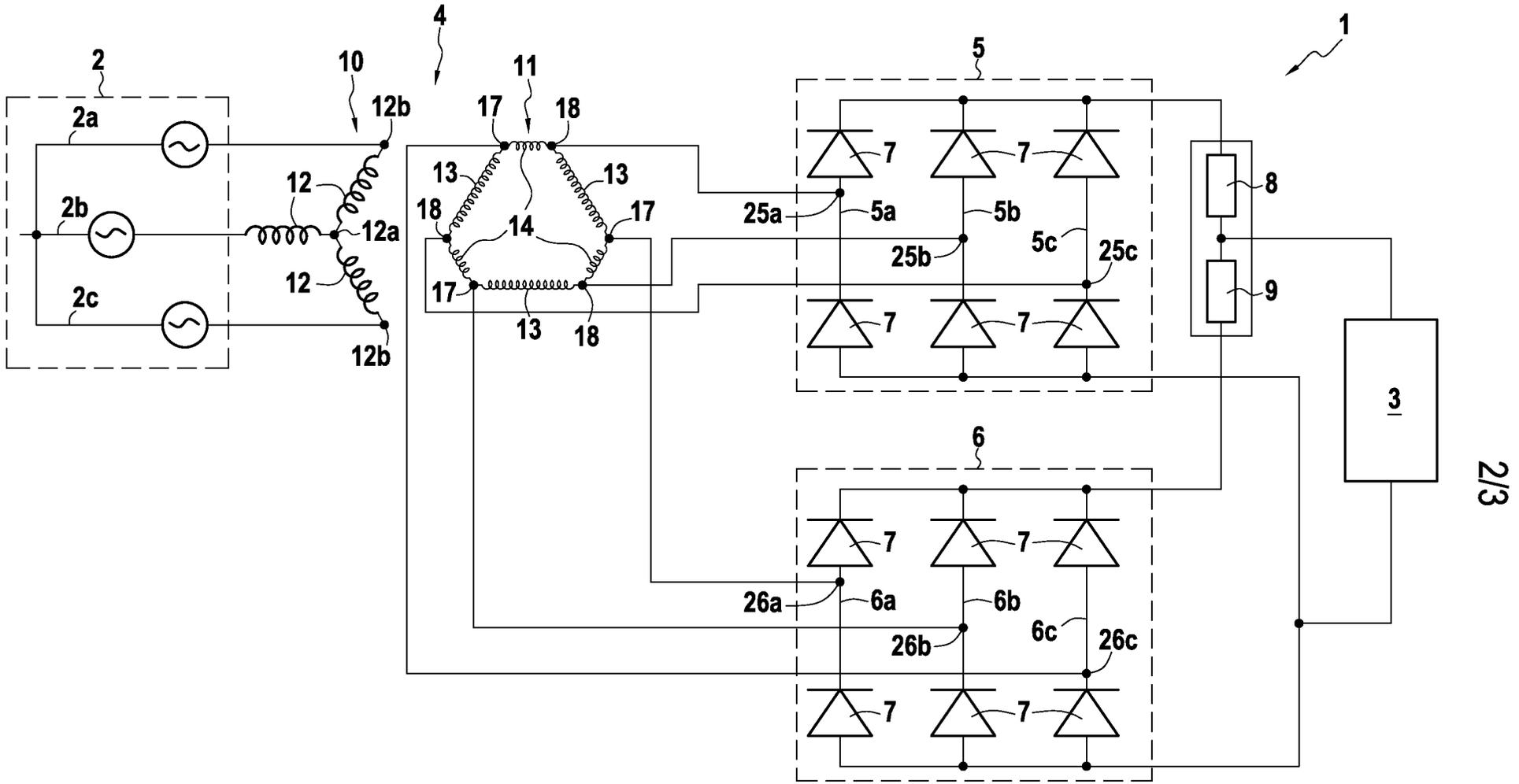


FIG.2

3/3

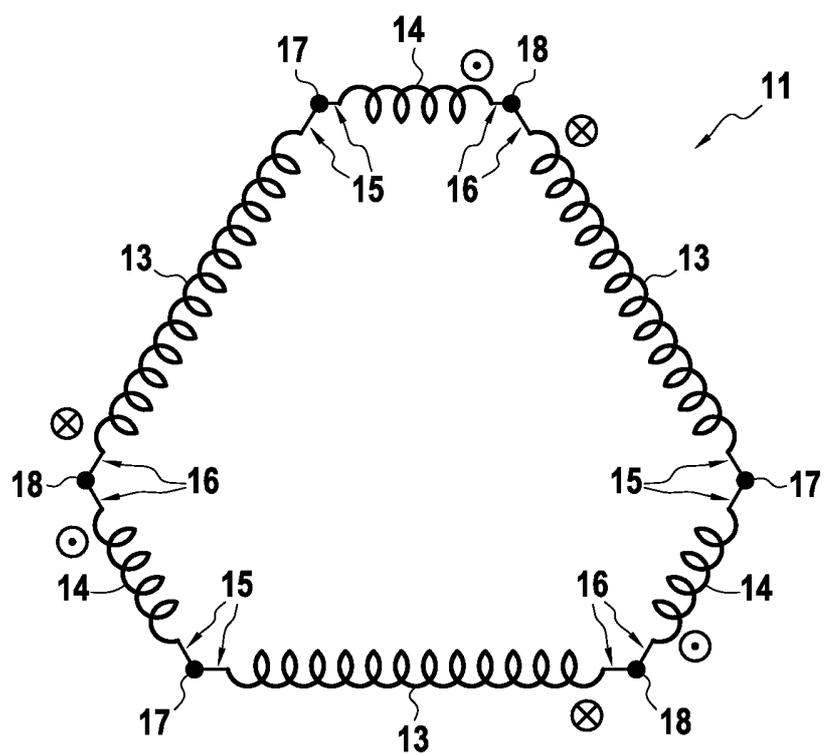


FIG.3


**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement
national

 FA 816895
FR 1559124

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	WO 2012/116263 A1 (CRANE ELECTRONICS [US]; FURMANCZYK KAZ [US]; STEPHENSON RANDY [US]) 30 août 2012 (2012-08-30) * abrégé * * figures 1,4-7 * * page 12, ligne 14 - page 13, ligne 20 * * page 15, ligne 24 - page 28, ligne 20 * -----	1-7	H02M7/04
X	US 4 255 784 A (ROSA JOHN) 10 mars 1981 (1981-03-10) * abrégé * * figure 3 * * colonne 3, ligne 26 - ligne 51 * -----	1-7	
X	US 6 198 647 B1 (ZHOU DONGSHENG [US] ET AL) 6 mars 2001 (2001-03-06) * abrégé * * figure 7 * * colonne 12, ligne 35 - colonne 13, ligne 12 * -----	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02M
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		25 mai 2016	Lorenzo Barreiro, M
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

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1559124 FA 816895**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 25-05-2016

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 2012116263 A1	30-08-2012	CA 2827741 A1	30-08-2012
		CN 103582997 A	12-02-2014
		EP 2678930 A1	01-01-2014
		US 2014016356 A1	16-01-2014
		WO 2012116263 A1	30-08-2012

US 4255784 A	10-03-1981	BR 8006782 A	19-05-1981
		EP 0028889 A1	20-05-1981
		ES 8203174 A1	01-06-1982
		JP S5674085 A	19-06-1981
		MX 147411 A	30-11-1982
		US 4255784 A	10-03-1981

US 6198647 B1	06-03-2001	AUCUN	
