

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 14.10.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.04.24 Bulletin 24/16.

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) : Valeo eAutomotive France SAS SAS
— FR.

72 Inventeur(s) : DA CUNHA ALVES Wendell et
RIBEIRO DE FARIA SANTOS Kelly.

73 Titulaire(s) : Valeo eAutomotive France SAS SAS.

74 Mandataire(s) : Valeo eAutomotive France SAS.

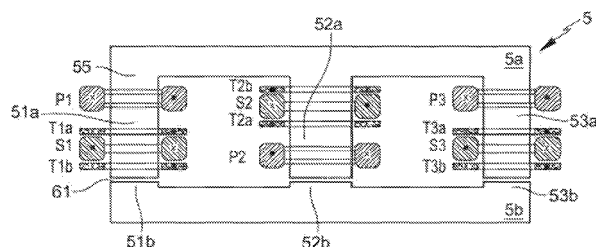
54 Transformateur d'un système électrique pour la conversion de la tension continue et pour la charge des
batteries d'un véhicule.

57 L'invention concerne un transformateur (20) comprenant un noyau magnétique (5), le noyau magnétique (5) comprenant plusieurs branches (51, 52, 53) autour de chacune desquelles est enroulé un enroulement primaire (P1, P2, P3), un premier enroulement secondaire (S1, S2, S3) et un enroulement tertiaire (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b ou T1, T2, T3); le transformateur (20) comprenant lesdits enroulements; le noyau magnétique (5) comprenant un premier demi-noyau (5a) et un second demi-noyau (5b) comprenant respectivement des sous-limbes (51a, 52a, 53a, 51b, 52b, 53b) des membres (51, 52, 53); le transformateur (20) étant caractérisé en ce que:

les espaces d'air (61) sont respectivement situés soit à proximité du premier demi-noyau (5a), soit à proximité du second demi-noyau (5b);

certains des enroulements du transformateur (20) sont des fils de Litz, et certains des enroulements sont des conducteurs plats.

Figure de référence: Figure 13



Description

Titre de l'invention : Transformateur d'un système électrique pour la conversion de la tension continue et pour la charge des batteries d'un véhicule.

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des systèmes électriques destinés à être utilisés dans un véhicule électrique (EV) ou un véhicule électrique hybride (HEV).
- [0002] La présente invention concerne en particulier un transformateur d'un système électrique qui est configuré pour charger et décharger deux batteries du véhicule, dans lequel l'une des batteries a une tension nominale plus élevée que l'autre.

CONTEXTE DE L'INVENTION

- [0003] De manière connue, un véhicule électrique ou un véhicule automobile hybride comprend un système de motorisation électrique, alimenté par une batterie d'alimentation haute tension (HT) via un réseau électrique haute tension embarqué, et une pluralité d'équipements électriques auxiliaires alimentés par une batterie d'alimentation basse tension (BT) via un réseau électrique basse tension embarqué. Ainsi, la batterie haute tension assure une alimentation électrique du système de motorisation électrique permettant la propulsion du véhicule. La batterie basse tension alimente les équipements électriques auxiliaires, tels qu'une unité de contrôle électronique (ECU) embarquée, un moteur de lève-vitre, un système multimédia, etc. La batterie haute tension délivre typiquement une tension comprise entre 100 V et 900 V, de préférence entre 400 V et 600 V, tandis que la batterie basse tension délivre typiquement une tension de l'ordre de 12 V, 24 V ou 48 V.
- [0004] En général, le système électrique d'un véhicule électrique/hybride comprend deux convertisseurs de puissance pour servir d'interface entre différentes sources d'énergie et pour charger les batteries haute tension et basse tension. Les deux convertisseurs de puissance comprennent un chargeur électrique embarqué (OBC) et un convertisseur CC-CC. L'OBC est utilisé pour collecter une tension alternative (AC) à partir d'un réseau électrique externe (par exemple, un réseau AC domestique) et pour la convertir en une tension continue (DC) élevée afin de charger la batterie haute tension. D'autre part, le convertisseur CC-CC, également considéré comme une alimentation auxiliaire (APM), est configuré pour convertir une haute tension provenant de la batterie haute tension en une basse tension afin d'alimenter des accessoires de faible puissance et la batterie basse tension du véhicule.
- [0005] En général, l'OBC et le convertisseur DC-DC du système électrique sont montés dans le véhicule comme deux dispositifs complètement indépendants, et ont chacun un

boîtier individuel et un système de refroidissement individuel. Néanmoins, il existe une demande croissante pour une conception compacte du système électrique, par exemple en réduisant le volume et le poids du système électrique monté dans le véhicule, en réduisant le nombre de composants du système électrique. À cette fin, plusieurs solutions sont alors proposées sur le marché récent.

[0006] L'une des solutions consiste à installer les convertisseurs indépendants OBC et DC-DC dans un même boîtier, ce qui leur permet d'utiliser le même système de refroidissement et même les mêmes filtres de compatibilité électromagnétique (CEM). Toutefois, le volume et le poids d'un tel système électrique, ainsi que le nombre de composants (par exemple, les semi-conducteurs, les éléments magnétiques, les interconnexions et les cartes de circuits imprimés (PCB)) doivent encore être réduits.

[0007] D'autres solutions connues peuvent permettre au système électrique de comporter moins de composants. Cependant, de tels systèmes électriques présentent des inconvénients importants tels que des ondulations du courant à fournir aux batteries, la dissipation de puissance, le manque d'isolation galvanique entre certains composants du système électrique, le manque de modularité en termes de conception de la structure du système électrique, etc.

[0008] Dans ce contexte, une conception de transformateur qui permet à un ou plusieurs transformateurs du système électrique de collaborer avec d'autres composants du système électrique afin de charger et décharger efficacement une batterie haute tension et une batterie basse tension d'un véhicule tout en surmontant au moins une partie des inconvénients mentionnés ci-dessus.

Résumé de l'invention

[0009] La présente invention concerne un transformateur comprenant un noyau magnétique, le noyau magnétique comprenant plusieurs branches autour desquelles est enroulé un enroulement primaire, un premier enroulement secondaire et un enroulement tertiaire ; le transformateur comprenant lesdits enroulements ; le noyau magnétique comprenant une première moitié de noyau et une seconde moitié de noyau comprenant respectivement des sous-branches des branches ; le transformateur étant caractérisé en ce que :

[0010] les intervalles d'air sont respectivement situés soit à proximité du premier demi-noyau, soit à proximité du second demi-noyau ;

[0011] certains des enroulements du transformateur sont des fils de Litz, et certains des enroulements sont des conducteurs plats.

[0012] Selon un mode de réalisation, les enroulements primaires et les premiers enroulements secondaires sont des fils de Litz ; et/ou les enroulements tertiaires du transformateur sont des conducteurs plats.

- [0013] Selon un mode de réalisation, les fils de Litz des enroulements primaires et des premiers enroulements secondaires sont constitués de connexions en série entre plusieurs spires ; et/ou les enroulements tertiaires du transformateur sont respectivement disposés en comprenant des spires connectées en parallèle.
- [0014] Selon un mode de réalisation, les intervalles d'air sont tous situés à proximité de la première demi-noyau ; ou les intervalles d'air sont tous situés à proximité de la seconde demi-noyau ; ou l'intervalle d'air dans le membre central est situé à proximité de la première demi-noyau tandis que l'intervalle d'air dans le membre adjacent au membre central est situé à proximité de la seconde demi-noyau ; ou l'intervalle d'air dans le membre central est situé à proximité de la seconde demi-noyau tandis que l'intervalle d'air dans le membre adjacent au membre central est situé à proximité de la première demi-noyau.
- [0015] Selon un mode de réalisation, pour chacune des branches du noyau magnétique, le premier enroulement secondaire correspondant est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement tertiaire.
- [0016] Selon un mode de réalisation, chacun des enroulements tertiaires du transformateur est entrelacé avec l'un des enroulements primaires, de telle sorte qu'un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire correspondant ; et/ou chacun des enroulements tertiaires est également respectivement entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires, de telle sorte qu'un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire correspondant.
- [0017] Selon un mode de réalisation, les enroulements primaires enroulés respectivement autour de l'un de deux membres adjacents sont disposés de telle sorte que l'un des enroulements primaires est enroulé à proximité de l'un des premier et second demi-cœurs tandis que l'autre enroulement primaire est enroulé à proximité de l'autre des premier et second demi-cœurs ; et/ou les premiers enroulements secondaires enroulés respectivement autour de l'un des deux membres adjacents sont disposés de telle sorte que l'un des premiers enroulements secondaires est enroulé à proximité de l'un des premier et second demi-cœurs, tandis que l'autre premier enroulement secondaire est enroulé à proximité de l'autre des premier et second demi-cœurs.
- [0018] Selon un mode de réalisation, chacun des enroulements tertiaires du transformateur est entrelacé avec l'un des enroulements primaires, de telle sorte qu'au moins un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire et un ensemble de tours du premier enroulement secondaire correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire correspondant ; et/ou chacun des enroulements tertiaires est également entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires, de telle sorte qu'au moins un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire et un ensemble

de tours de l'enroulement primaire correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire correspondant.

[0019] Selon un mode de réalisation, les enroulements tertiaires sont respectivement composés de deux enroulements auxiliaires, ou sont respectivement un seul enroulement.

[0020] En outre, l'invention concerne un système électrique pour un véhicule électrique ou un véhicule électrique hybride, comprenant un transformateur selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[0021] Selon un mode de réalisation, le système électrique est connecté à un convertisseur de correction du facteur de puissance (PFC) et configuré pour charger et décharger une première batterie et une seconde batterie du véhicule ; la première batterie ayant une tension nominale plus élevée que la seconde batterie ; le système électrique comprenant :

[0022] un circuit primaire LLC comprenant un premier pont en H multiphasé pour commander les enroulements primaires du transformateur ; le circuit primaire LLC étant connecté au convertisseur PFC ;

[0023] une partie HVDC couplée au circuit primaire LLC, aux premiers enroulements secondaires du transformateur et à la première batterie, de manière à permettre un échange d'énergie avec la première batterie ; la partie HVDC comprenant un second pont en H multiphasé configuré pour commander les premiers enroulements secondaires ;

[0024] une partie LVDC couplée à des enroulements tertiaires du transformateur et à la seconde batterie de façon à permettre un échange d'énergie avec la seconde batterie ; la partie LVDC comprenant un redresseur configuré pour commander les enroulements tertiaires du transformateur.

[0025] L'invention concerne également un véhicule électrique ou un véhicule électrique hybride comprenant un système électrique tel que brièvement décrit ci-dessus.

[0026] Ces objets, caractéristiques, aspects et avantages de la présente invention, ainsi que d'autres, deviendront apparents pour l'homme du métier à partir de la description détaillée suivante qui, prise conjointement avec les dessins annexés, divulgue des modes de réalisation préférés de la présente invention.

Brève description des dessins

[0027] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, et en se référant aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels des références identiques sont données à des objets similaires et dans lesquels :

[0028] La [Fig.1] illustre un système électrique pour la conversion de tension AC/DC et pour la charge de batteries, selon un mode de réalisation de l'invention ;

- [0029] La [Fig.2] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.1] comprend des inductances résonnantes et des inductances magnétisantes ;
- [0030] La [Fig.3] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.1] ne comprend ni inductances résonnantes ni inductances magnétisantes ;
- [0031] La [Fig.4] illustre le système électrique selon un mode de réalisation de l'invention différent du mode de réalisation représenté sur la [Fig.1] ;
- [0032] La [Fig.5] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.4] comprend des inductances résonnantes et des inductances magnétisantes ;
- [0033] La [Fig.6] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.4] ne comprend ni inductances résonnantes ni inductances magnétisantes ;
- [0034] La [Fig.7] illustre un premier mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;
- [0035] La [Fig.8] illustre un deuxième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;
- [0036] La [Fig.9] illustre un troisième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;
- [0037] La [Fig.10] illustre un quatrième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;
- [0038] La [Fig.11] illustre un cinquième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;
- [0039] La [Fig.12] illustre un noyau magnétique du transformateur selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0040] La [Fig.13] illustre, selon l'invention, une première option de câblage pour câbler sur le noyau magnétique les enroulements du transformateur, les membres du noyau magnétique comprenant un entrefer ;
- [0041] La [Fig.14] illustre, selon l'invention, une deuxième option de câblage pour câbler sur le noyau magnétique les enroulements du transformateur, dans laquelle l'entrefer des branches a une position différente de celle de la [Fig.13] ;
- [0042] La [Fig.15] illustre, selon l'invention, une troisième option de câblage pour câbler sur le noyau magnétique les enroulements du transformateur ;
- [0043] La [Fig.16] illustre, selon l'invention, une quatrième option de câblage pour câbler sur le noyau magnétique les enroulements du transformateur ;
- [0044] La [Fig.17] illustre, selon l'invention, une cinquième option de câblage pour câbler sur le noyau magnétique les enroulements du transformateur ; et
- [0045] La [Fig.18] illustre un autre mode de réalisation de l'invention formant un transformateur triangulaire.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

- [0046] Plusieurs modes de réalisation de la présente invention seront détaillés ci-après en référence aux dessins. Il sera évident pour l'homme du métier que la description qui suit de ces modes de réalisation de la présente invention n'est fournie qu'à titre d'illustration et non dans le but de limiter l'invention telle que définie par les revendications annexées et leurs équivalents.
- [0047] L'invention concerne un système électrique 1 d'un véhicule électrique ou d'un véhicule électrique hybride. Le système électrique 1 est configuré pour charger et décharger deux batteries 34, 44 du véhicule. La [Fig.1] illustre le système électrique 1 selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0048] Le système électrique 1 comprend une partie de correction du facteur de puissance (PFC) 10, un transformateur 20, une partie de courant continu haute tension (HVDC) 30, et une partie de courant continu basse tension (LVDC) 40. Le système électrique 1 est connecté à et alimenté par le PFC qui délivre une tension de 220 V par exemple. Le PFC est un convertisseur AC/DC. Le système électrique 1 présente cinq modes de fonctionnement respectivement illustrés sur les figures 7 à 11 et dans les paragraphes concernés.
- [0049] Le transformateur 20 est un transformateur multiphase. Le terme "multiphase" dans le texte signifie un nombre "n" de phases, où n est un multiple de trois ou de deux. Par exemple, dans les modes de réalisation illustrés sur les figures, n est égal à trois (c'est-à-dire "triphasé"). Le transformateur 20 comprend un noyau magnétique 5 et des enroulements enroulés sur le noyau magnétique 5. Plus précisément, les enroulements du transformateur 20 comprennent des enroulements primaires P1 à P3, des premiers enroulements secondaires S1 à S3, et des enroulements tertiaires T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b. Chacun des enroulements tertiaires est de préférence composé de deux enroulements auxiliaires, et correspond à l'un des enroulements primaires et à l'un des premiers enroulements secondaires. Par exemple, dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.1], les enroulements auxiliaires T1a, T1b forment l'enroulement tertiaire T1a-T1b qui correspond à l'enroulement primaire P1 et au premier enroulement secondaire S1. En variante, comme illustré à la [Fig.4], les enroulements tertiaires peuvent être respectivement un seul enroulement T1, T2, T3, et sont connectés à trois demi-ponts (d'un redresseur 41), qui seront décrits en détail plus loin dans la description.
- [0050] En outre, chacun des enroulements tertiaires peut être facilement intégré avec son enroulement primaire correspondant et son premier enroulement secondaire correspondant, notamment en obtenant l'enroulement tertiaire avec un tour autour d'une des branches du noyau magnétique 5 couplant son enroulement primaire correspondant et son premier enroulement secondaire correspondant. Par exemple, dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.1] (ou à la [Fig.4]), l'enroulement tertiaire T1a-T1b (ou T1)

peut être intégré avec l'enroulement primaire P1 et le premier enroulement secondaire S1 sur une première branche du noyau magnétique. De même, l'enroulement tertiaire T2a-T2b (ou T2) peut être intégré avec l'enroulement primaire P2 et le premier enroulement secondaire S2 sur une deuxième branche du noyau magnétique, tandis que l'enroulement tertiaire T3a-T3b (ou T3) peut être intégré avec l'enroulement primaire P3 et le premier enroulement secondaire S3 sur une troisième branche du noyau magnétique. Le câblage des enroulements du transformateur 20 sera décrit sur les figures 12 à 17 et les paragraphes concernés.

- [0051] La partie PFC 10 comprend deux bornes de sortie G qui sont respectivement connectées à un condensateur de liaison CC 11 et un circuit primaire LLC 12 qui est connecté au condensateur de liaison CC 11. La PFC est un convertisseur AC-DC. Le condensateur de liaison CC 11 est connecté entre les bornes de sortie G et un premier pont en H multiphasé B1. Le circuit primaire LLC 12 comprend le premier pont en H multiphasé B1 configuré pour commander les enroulements primaires P1 à P3 du transformateur 20. Le premier pont en H multiphasé B1 comprend plusieurs commutateurs commandés LLC_S1 à LLC_S6 qui sont de préférence des transistors à effet de champ à semi-conducteurs à oxyde métallique (MOSFET). Plus précisément, le premier pont en H multiphasé B1 comprend trois bras LLC_S1-LLC_S2, LLC_S3-LLC_S4, LLC_S5-LLC_S6 respectivement composés d'une paire d'interrupteurs, comme illustré sur la [Fig.1].
- [0052] Le système électrique 1 comprend un premier circuit résonant couplé au premier pont en H multiphasé B1. Le premier circuit résonnant est un circuit résonnant multiphasé, et comprend des condensateurs de résonance Cr1 à Cr3, des premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 et des premières inductances magnétisantes Lm1 à Lm3. Selon un mode de réalisation, le circuit primaire LLC 12 comprend les condensateurs de résonance Cr1 à Cr3 et les premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3.
- [0053] Les condensateurs de résonance Cr1 à Cr3 sont respectivement connectés entre l'une des premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 et l'une des branches du premier pont en H multiphasé B1. Les premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 sont respectivement couplées à l'un des enroulements primaires P1 à P3 du transformateur 20. Les condensateurs de résonance Cr1 à Cr3 et les premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 sont en série avec les enroulements primaires P1 à P3. Les premières inductances magnétisantes Lm1 à Lm3, correspondant respectivement à un des enroulements primaires P1 à P3, sont respectivement un composant distinct des enroulements primaires P1 à P3, ou alternativement, sont respectivement une inductance intrinsèque d'un des enroulements primaires P1 à P3.
- [0054] Comme illustré sur les figures 2 et 5, les premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 et les premières inductances magnétisantes Lm1 à Lm3 sont intégrées dans le

transformateur 20. En variante, comme illustré sur les figures 3 et 6, le transformateur 20 ne comprend ni les premières inductances résonnantes L_{kp1} à L_{kp3} ni les premières inductances magnétisantes L_{m1} à L_{m3} .

[0055] La partie CCHT 30 est couplée au circuit primaire LLC 12, aux premiers enroulements secondaires $S1$ à $S3$ et à une première batterie 34, de manière à permettre un échange d'énergie avec la première batterie 34. La première batterie 34 est une batterie haute tension (HT), où "haute tension" signifie une tension supérieure à 60V, voire 80V ou 100 V, notamment entre 100 V et 900 V. La première batterie 34 est par exemple alimentée par une haute tension d'environ 400 V. La partie HVDC 30 comprend un circuit secondaire LLC 31. Le circuit secondaire LLC 31 comprend des condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ et un deuxième pont en H multiphasé B2. Les condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ sont connectés entre les premiers enroulements secondaires $S1$ à $S3$ et le second pont en H multiphasé B2.

[0056] Le circuit secondaire LLC 31 est commandé par le deuxième pont en H multiphasé B2. Le deuxième pont en H multiphasé B2 comprend plusieurs commutateurs commandés REC_S1 à REC_S6 qui sont de préférence des transistors MOSFET. Plus précisément, le second pont H multiphasé B2 comprend plusieurs bras REC_S1 - REC_S2 , REC_S3 - REC_S4 et REC_S5 - REC_S6 respectivement composés d'une paire d'interrupteurs, comme illustré sur les figures 1 et 4. Les condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ sont respectivement en série avec l'un des premiers enroulements secondaires $S1$ à $S3$ et avec l'un des bras du second pont H multiphasé B2.

[0057] Selon un mode de réalisation préférentiel, par rapport à une valeur de capacité du condensateur de résonance $Cr1$, $Cr2$ ou $Cr3$, les condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ comprennent chacun une valeur de capacité élevée, notamment au moins dix fois supérieure par exemple. Les valeurs de capacité des condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ sont, par exemple, respectivement comprises entre 3 μF et 100 μF . Cela permet d'avoir une impédance négligeable aux fréquences de commutation du système électrique 1. La fonction des condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$ est d'éviter la saturation du transformateur en fonctionnement inverse, c'est-à-dire dans un troisième et un quatrième mode de fonctionnement qui seront décrits ci-après.

[0058] En outre, le système électrique 1 peut comprendre un second circuit résonnant comprenant les condensateurs secondaires $Cs1$ à $Cs3$, des secondes inductances résonnantes L_{ks1} à L_{ks3} , et de préférence des secondes inductances magnétisantes (non représentées sur les figures). Le deuxième circuit résonant est un circuit résonant multiphasé. Les secondes inductances résonnantes L_{ks1} à L_{ks3} sont respectivement en série avec l'un des premiers enroulements secondaires $S1$ à $S3$ du transformateur 20. Les secondes inductances magnétisantes correspondent respectivement à l'un des premiers enroulements secondaires $S1$ à $S3$, et en particulier, correspondent respec-

tivement à une inductance intrinsèque de l'un des premiers enroulements secondaires S1 à S3. Ce deuxième circuit résonnant est utilisé pour décharger la première batterie 34 pour charger le convertisseur PFC, c'est-à-dire dans le troisième mode de fonctionnement qui sera décrit ci-dessous.

- [0059] Selon un mode de réalisation, les secondes inductances résonnantes L_{lks1} à L_{lks3} (et éventuellement les secondes inductances magnétisantes) sont intégrées dans le transformateur 20, comme illustré sur les figures 2 et 5. En variante, le transformateur 20 ne comprend ni les secondes inductances résonnantes L_{lks1} à L_{lks3} ni les secondes inductances magnétisantes, comme illustré sur les figures 3 et 6.
- [0060] Selon un autre mode de réalisation, le transformateur 20 ne comprend ni les premières inductances résonnantes L_{lkp1} à L_{lkp3} ni les secondes inductances résonnantes L_{lks1} à L_{lks3}, mais comprend les premières inductances magnétisantes L_{m1} à L_{m3}.
- [0061] Selon la réalisation dans laquelle le circuit comprend les secondes inductances résonnantes L_{lks1} à L_{lks3}, par rapport à la valeur de capacité du condensateur de résonance Cr₁, Cr₂ ou Cr₃, les condensateurs secondaires Cs₁ à Cs₃ comprennent chacun une valeur du même ordre de grandeur.
- [0062] De préférence, la partie HVDC 30 comprend en outre un commutateur inverse 32 et un filtre CEM de sortie 33. Le commutateur inverseur 32 est connecté entre le circuit secondaire LLC 31 et le filtre CEM de sortie 33, et est configuré pour protéger la batterie HVDC en cas de dysfonctionnement de l'OBC. Le filtre CEM 33 est connecté entre le filtre CEM de sortie 33 et la première batterie 34.
- [0063] Quant à la partie LVDC 40, elle est couplée aux enroulements tertiaires du transformateur 20 et à une deuxième batterie 44 de manière à permettre un échange d'énergie avec la deuxième batterie 44. La deuxième batterie 44 est une batterie basse tension (BT), par " basse tension " on entend une tension inférieure ou égale à 60V, voire 48V, 24 V ou 12V ou encore moins, notamment comprise entre 8 V et 15,5 V. La partie LVDC 40 comprend un redresseur 41 et un convertisseur buck 42. La partie LVDC 40 est connectée au redresseur 41 qui est de préférence un redresseur à prise centrale.
- [0064] Le redresseur 41, connecté entre les enroulements tertiaires du transformateur 20 et le convertisseur buck 42, comprend plusieurs commutateurs SR_S1 à SR_S6 qui sont de préférence des transistors MOSFET. Le redresseur 41 du côté BT du transformateur 20 peut être un redresseur à pont complet ou, en variante, un redresseur demi-onde. Selon le mode de réalisation illustré à la [Fig.1], les interrupteurs SR_S1 à SR_S6 forment plusieurs jeux d'interrupteurs correspondant respectivement à l'un des enroulements tertiaires T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b. Chacun des ensembles de commutateurs comprend deux commutateurs, dans lesquels l'un des deux commutateurs est connecté

entre une première borne de l'enroulement tertiaire correspondant et un noeud du redresseur 41, et l'autre desdits deux commutateurs est connecté entre une deuxième borne de l'enroulement tertiaire et le noeud dudit redresseur 41. Par exemple, un premier jeu de commutateurs du redresseur 41 est composé des commutateurs SR_S1 et SR_S2, et correspond à l'enroulement tertiaire T1a-T1b. Le commutateur SR_S1 est connecté entre une première borne de l'enroulement tertiaire T1a-T1b et un noeud du redresseur 41. Le second commutateur SR_S2 est connecté entre une seconde borne de l'enroulement tertiaire T1a-T1b et le noeud dudit redresseur 41. De même, un deuxième ensemble d'interrupteurs du redresseur 41 est composé des interrupteurs SR_S3 et SR_S4, et correspond à l'enroulement tertiaire T2a-T2b. Le commutateur SR_S3 est connecté entre une première borne de l'enroulement tertiaire T2a-T2b et le noeud du redresseur 41. Le commutateur SR_S4 est connecté entre une deuxième borne de l'enroulement tertiaire T2a-T2b et le noeud dudit redresseur 41. Un troisième ensemble d'interrupteurs du redresseur 41 est composé des interrupteurs SR_S5 et SR_S6, et correspond à l'enroulement tertiaire T3a-T3b. Le commutateur SR_S5 est connecté entre une première borne de l'enroulement tertiaire T3a-T3b et le noeud du redresseur 41. Le commutateur SR_S6 est connecté entre une deuxième borne de l'enroulement tertiaire T3a-T3b et le noeud dudit redresseur 41. Chacun des enroulements tertiaires T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b a un point central, et tous les points centraux sont connectés à une seconde borne de sortie du redresseur 41. Une première borne de sortie du redresseur 41 est connectée audit noeud du redresseur 41.

[0065] Dans un mode de réalisation où les interrupteurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 sont respectivement une diode, les cathodes des diodes sont connectées au noeud du redresseur 41. Ces diodes sont, par exemple, des diodes dites " ultra-rapides " connues en soi. Cependant, par rapport à la réalisation avec les interrupteurs SR_S1 à SR_S6 étant des MOSFETs, la réalisation avec les interrupteurs SR_S1 à SR_S6 étant des diodes réduirait le rendement du système électrique 1, notamment un rendement de conversion de tension pour la charge de la deuxième batterie 44. En outre, selon un mode de réalisation, les commutateurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 peuvent effectuer un redressement synchrone. En particulier, les commutateurs SR_S1 à SR_S6 peuvent être auto-contrôlés, et la perte de conduction peut ainsi être réduite.

[0066] En variante, selon le mode de réalisation illustré à la [Fig.4], les enroulements tertiaires T1, T2, T3 sont connectés à trois demi-ponts du redresseur 41. Les interrupteurs SR_S1 à SR_S6 forment plusieurs ensembles d'interrupteurs connectés respectivement à l'un des enroulements tertiaires T1, T2, T3. L'enroulement tertiaire T1 est relié à un premier ensemble d'interrupteurs composé des interrupteurs SR_S1 et SR_S2. De même, les enroulements tertiaires T2 et T3, sont respectivement connectés à un deuxième ensemble d'interrupteurs composé des interrupteurs SR_S3, SR_S4 et à

un troisième ensemble d'interrupteurs composé des interrupteurs SR_S5, SR_S6.

- [0067] Le transformateur 20 et le redresseur 41 peuvent alimenter le convertisseur buck 42 afin de charger éventuellement la seconde batterie 44. Le convertisseur buck 42 est un convertisseur DC-DC configuré pour abaisser la tension de son entrée à sa sortie. Le convertisseur buck 42 génère une tension de sortie comprise entre 8 V et 15,5 V (par exemple une tension de sortie de 12 V) qui sera fournie à la deuxième batterie 44. Le convertisseur buck 42 est de préférence un convertisseur buck entrelacé multiphasé (par exemple un convertisseur buck entrelacé triphasé), et comprend plusieurs commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 et des inductances Lb1 à Lb3. Les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 sont de préférence des transistors MOSFET, et forment plusieurs paires de commutateurs respectivement en série avec l'une des inductances Lb1, Lb2, Lb3, comme illustré sur la [Fig.1]. Les inducteurs Lb1 à Lb3 sont connectés entre les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 et la sortie du convertisseur buck 42. De préférence, le convertisseur buck 42 comprend en outre un condensateur Cb à ou connecté à l'entrée du convertisseur buck 42.
- [0068] De préférence, les commutateurs de la partie LVDC 40 sont des MOSFET de puissance 40V et 60V. Selon un mode de réalisation, la partie LVDC 40 comprend en outre un filtre de sortie 43. Le filtre de sortie 43 est connecté entre le convertisseur buck 42 et la seconde batterie 44. En outre, la partie LVDC 40 peut comprendre au moins une inductance secondaire configurée pour filtrer le courant à fournir à la seconde batterie 44 de manière à réduire les ondulations du courant et à ne conserver que la composante continue dudit courant. Selon un mode de réalisation, l'inducteur secondaire est dans le filtre de sortie 43 pour filtrer le courant qui provient du convertisseur buck 42 et qui doit être fourni à la deuxième batterie 44.
- [0069] Un rapport de transformation entre l'enroulement primaire P1 et le premier enroulement secondaire S1, et celui entre l'enroulement primaire P2 et le premier enroulement secondaire S2, et celui entre l'enroulement primaire P3 et le premier enroulement secondaire S3, sont respectivement de l'ordre de 1, pour fournir à la première batterie 34 une tension supérieure à 100 V, notamment de l'ordre de 400 V, en provenance du PFC (tel qu'un réseau public d'alimentation électrique déjà converti en tension continue régulée dans les condensateurs DC Link). Un rapport de transformation entre l'enroulement primaire P1 ou le premier enroulement secondaire S1 et l'enroulement tertiaire T1a-T1b (ou T1), et celui entre l'enroulement primaire P2 ou le premier enroulement secondaire S2 et l'enroulement tertiaire T2a-T2b (ou T2), et celui entre l'enroulement primaire P3 ou le premier enroulement secondaire S3 et l'enroulement tertiaire T3a-T3b (ou T3), sont néanmoins déterminés de manière à obtenir, dans la partie LVDC 40, une tension inférieure à 100 V, notamment comprise entre 24 V et 48 V, voire 12V.

- [0070] Le système électrique 1 selon l'invention est configuré pour mettre en œuvre au moins un des cinq modes de fonctionnement suivants, illustrés sur les figures 7 à 11.
- [0071] Par conséquent, le système électrique 1 est capable d'agir comme un chargeur électrique entre le PFC et la première batterie 34, et comme un convertisseur CC-CC entre la première batterie 34 et la seconde batterie 44, dans lequel la première batterie 34 est configurée pour avoir une tension nominale plus élevée que la seconde batterie 44.
- [0072] La [Fig.7] illustre un premier mode de fonctionnement du système électrique 1, dans lequel le système électrique 1 est utilisé uniquement comme un chargeur embarqué (OBC) configuré pour charger la première batterie 34 à partir du PFC. Le courant circule dans une direction D1 sur la [Fig.7].
- [0073] Le circuit primaire LLC 12 et la partie HVDC 30 sont respectivement commandés par les premier et second ponts H multiphasés B1, B2. De plus, les premier et second ponts H multiphasés B1, B2 sont configurés pour commander une première unité de transformateur formée en couplant les enroulements primaires P1 à P3 respectivement avec ses premiers enroulements secondaires correspondants S1 à S3. Les condensateurs de résonance Cr1 à Cr3, les premières inductances résonnantes Llkp1 à Llkp3 et les premières inductances magnétisantes Lm1 à Lm3 forment le premier circuit résonnant.
- [0074] Les commutateurs LLC_S1 à LLC_S6 du premier pont en H multiphasé B1 sont commandés en mode de commutation à tension nulle (ZVS). Pendant ce temps, les commutateurs REC_S1 à REC_S6 du second pont en H multiphasé B2 sont commandés en mode de commutation à courant nul (ZCS). Les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 du convertisseur buck 42 sont ouverts. En d'autres termes, le convertisseur buck 42 est désactivé.
- [0075] La fréquence de commutation du primaire LLC est ainsi modifiée pour réguler la tension de charge de la première batterie 34. Bien qu'une tension soit générée à la sortie du redresseur 41 de la partie LVDC 40, il n'y a toujours pas de courant vers la deuxième batterie 44 car le convertisseur buck 42 est désactivé.
- [0076] La [Fig.8] illustre un second mode de fonctionnement du système électrique 1, dans lequel le système électrique 1 est utilisé comme un OBC pour charger la première batterie 34 et, simultanément, est utilisé comme un convertisseur CC-CC pour charger la seconde batterie 44. La première et la deuxième batterie 34, 44 sont toutes deux chargées par le PFC. Le courant circule respectivement dans deux directions D2a et D2b sur la [Fig.8].
- [0077] Les enroulements tertiaires du transformateur 20 et les enroulements primaires P1 à P3 forment une deuxième unité de transformation afin d'alimenter la deuxième batterie 44. Un rapport de transformation entre chacun des enroulements primaires S1 à S3 et

son enroulement tertiaire correspondant est choisi de telle sorte que, par rapport à la partie HVDC 30, la tension dans la partie LVDC 40 est réduite. De plus, comme mentionné ci-dessus, l'au moins une inductance secondaire de la partie LVDC 40 filtre le courant à fournir à la seconde batterie 44 de manière à réduire les ondulations du courant.

- [0078] Les premier et second ponts en H multiphasés B1, B2 sont commandés de la même manière que dans le premier mode de fonctionnement pour charger la première batterie 34, ce qui permet au système électrique 1 de fonctionner comme un OBC servant d'alimentation principale qui charge la première batterie 34. Pendant ce temps, le redresseur 41 est commandé d'une manière différente du premier mode de fonctionnement de sorte que la partie LVDC 40 fonctionne comme une alimentation auxiliaire pour charger la deuxième batterie 44. Dans ce but, les commutateurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 sont commandés pour effectuer un redressement synchrone. Le convertisseur buck 42, connecté à la sortie du redresseur 41, réduit le niveau de tension à un niveau de tension souhaité pour charger la seconde batterie 44.
- [0079] Les commutateurs LLC_S1 à LLC_S6 du premier pont en H multiphasé B1 sont commandés en mode ZVS. Pendant ce temps, les commutateurs REC_S1 à REC_S6 du second pont en H polyphasé B2 sont commandés en mode ZCS. Les commutateurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 effectuent, comme mentionné ci-dessus, un redressement synchrone et, si nécessaire, un hard-switching est effectué pour forcer les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 du convertisseur buck 42 à être respectivement mis en marche ou arrêtés.
- [0080] La fréquence de commutation du primaire LLC est ainsi modifiée pour réguler la tension de charge de la première batterie 34. Une tension comprise entre 16 V et 28 V est générée à la sortie du redresseur 41 de la partie LVDC 40, et le convertisseur buck 42 est alors activé pour réguler la tension LVDC entre 8V et 15,5V. En raison de la limitation de courant du côté CA, la puissance totale est limitée à 7 kW, de sorte que la puissance totale est partagée entre la première batterie 34 et la deuxième batterie 44.
- [0081] La [Fig.9] illustre un troisième mode de fonctionnement du système électrique 1. Le troisième mode de fonctionnement est partiellement similaire au deuxième mode de fonctionnement puisque le circuit primaire LLC 12 et le circuit secondaire LLC 31 sont conçus pour être symétriques.
- [0082] Dans le troisième mode de fonctionnement, le système électrique 1 est utilisé de manière à décharger la première batterie 34 pour charger simultanément le PFC et la deuxième batterie 44. En d'autres termes, l'énergie électrique de la première batterie 34 est partagée entre le PFC et la deuxième batterie 44. Le courant circule respectivement dans deux directions D3a et D3b sur la [Fig.9].
- [0083] Les commutateurs LLC_S1 à LLC_S6 du premier pont en H multiphasé B1 sont

commandés en mode ZCS. Pendant ce temps, les commutateurs REC_S1 à REC_S6 du second pont en H multiphasé B2 sont commandés en mode ZVS. Les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 du convertisseur buck 42 sont ouverts. En d'autres termes, le convertisseur buck 42 est désactivé. Le redresseur 41 permet à la partie LVDC 40 de fonctionner comme une alimentation auxiliaire pour charger la deuxième batterie 44. À cette fin, les commutateurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 sont commandés pour effectuer un redressement synchrone. Si nécessaire, une commutation dure est effectuée pour forcer les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 du convertisseur buck 42 à être respectivement activés ou désactivés.

- [0084] De manière similaire au deuxième mode de fonctionnement, la partie LVDC 40 dans le troisième mode de fonctionnement comprend de préférence l'au moins une inductance secondaire configurée pour filtrer le courant à fournir à la deuxième batterie 44 de manière à réduire les ondulations du courant et à ne conserver que la composante continue dudit courant.
- [0085] La fréquence de commutation primaire LLC est ainsi modifiée pour réguler la tension au niveau de la partie PFC 10. Une tension comprise entre 16 V et 28 V est générée à la sortie du redresseur 41 de la partie LVDC 40, et le convertisseur buck 42 est alors activé pour réguler la tension LVDC entre 8V et 15,5V.
- [0086] La [Fig.10] illustre un quatrième mode de fonctionnement du système électrique 1, dans lequel le système électrique 1 est utilisé uniquement comme un convertisseur CC-CC configuré pour décharger la première batterie 34 afin de charger de manière autonome la deuxième batterie 44. Cette fonction est également connue sous le nom d'alimentation auxiliaire (APM). Le courant circule dans une direction D4 sur la [Fig.10].
- [0087] Il n'y a pas de courant dans le PFC.
- [0088] Le premier pont en H multiphasé B1 est désactivé. Le deuxième pont en H polyphasé B2 est commandé avec un rapport cyclique, par exemple 50 %, de manière à fournir à la partie LVDC 40 une tension adéquate pour charger la deuxième batterie 44. Les premiers enroulements secondaires S1 à S3 et les enroulements tertiaires du transformateur 20 forment une troisième unité de transformation. En particulier, le convertisseur buck 42 est utilisé pour convertir une tension qui est obtenue à la sortie du redresseur 41 et qui dépend d'un rapport de transformation entre les enroulements tertiaires du transformateur 20 et les premiers enroulements secondaires S1 à S3, en une tension souhaitée à fournir à la deuxième batterie 44.
- [0089] En outre, la partie LVDC 40 comprend de préférence l'au moins une inductance secondaire configurée pour filtrer le courant à fournir à la deuxième batterie 44 de manière à réduire les ondulations du courant et à ne conserver que la composante continue dudit courant.

- [0090] Les commutateurs LLC_S1 à LLC_S6 du premier pont en H multiphasé B1 ne sont pas actifs. Pendant ce temps, une commutation dure est effectuée pour forcer les commutateurs REC_S1 à REC_S6 du second pont en H polyphasé B2 à être respectivement activés ou désactivés. Les commutateurs SR_S1 à SR_S6 du redresseur 41 sont commandés pour effectuer un redressement synchrone et, si nécessaire, une commutation dure est effectuée pour forcer les commutateurs BUCK_S1 à BUCK_S6 du convertisseur buck 42 à être respectivement activés ou désactivés.
- [0091] La fréquence de commutation secondaire du LLC est modifiée pour réguler la tension au niveau de la partie LVDC 40, et le convertisseur buck 42 est ensuite activé pour réguler la tension LVDC entre 8V et 15,5V.
- [0092] La [Fig.11] illustre un cinquième mode de fonctionnement du système électrique 1, dans lequel le système électrique 1 est utilisé comme un convertisseur CC-CC inverse configuré pour décharger la deuxième batterie 44 afin de charger de manière autonome la première batterie 34. Le courant circule dans une direction D5 sur la [Fig.11].
- [0093] Le condensateur de liaison CC 11 de la partie PFC 10 doit être déconnecté pour éviter les oscillations de courant dans les condensateurs électrolytiques ainsi que pour empêcher la réduction de la durée de vie. Le convertisseur buck 42 devient un boost entrelacé et fournit de l'énergie au côté BT du transformateur 20. Cette puissance est ensuite transférée au circuit secondaire LLC 31, qui permet de charger ou de précharger les condensateurs HT de la partie HVDC 30, puis de charger la première batterie 34. Un démarrage progressif est nécessaire du côté BT pour limiter le courant BT.
- [0094] En outre, selon des modes de réalisation différents de ceux mentionnés ci-dessus, les inductances Lb1 à Lb3 du convertisseur buck 42 peuvent être couplées les unes aux autres ou, en variante, ne sont pas couplées les unes aux autres. En outre, bien que dans les modes de réalisation précédents, le convertisseur buck 42 soit un convertisseur buck triphasé entrelacé du côté BT du transformateur, le convertisseur buck 42 peut avoir un nombre de phases différent de trois et/ou peut être déplacé vers la partie HVDC 30 du système électrique 1.
- [0095] L'invention concerne également le transformateur 20 et le câblage des enroulements du transformateur 20 bobinés sur le noyau magnétique 5, comme mentionné ci-dessus. La [Fig.12] illustre le noyau magnétique 5 selon un mode de réalisation de l'invention. Le noyau magnétique 5 comprend plusieurs branches. Selon les modes de réalisation illustrés sur les figures, le noyau magnétique 5 comporte trois branches 51, 52, 53. Dans un autre (non illustré sur les figures), le noyau magnétique 5 peut comporter un nombre de membres différent de trois.
- [0096] Le noyau magnétique 5 est de préférence formé en combinant un premier demi-noyau 5a et un second demi-noyau 5b. Le premier demi-noyau 5a et le second demi-

noyau 5b sont de préférence tous deux de forme E. Le premier demi-noyau 5a comprend des premières sous-limites 51a, 52a, 53a. La seconde demi-noyau 5b comprend des secondes sous-limites 51b, 52b, 53b. Avantageusement, chacun des membres 51, 52, 53 est composé d'une des premières sous-limites (51a, 52a ou 53a) et d'une des secondes sous-limites (51b, 52b ou 53b). Chacun des membres 51 à 53 comprend une lame d'air 61 située entre son premier sous-bras et le second sous-bras correspondant, comme illustré sur la [Fig.12]. L'entrefer 61 permet d'améliorer la gestion de l'énergie en aplatissant la courbe d'hystérésis et en réduisant la perméabilité du noyau magnétique 5, et permet également d'ajuster la valeur des inducteurs de magnétisation.

[0097] En prenant un entrefer 61 comme exemple, il peut être situé au milieu de la branche du noyau magnétique 5, dans lequel une longueur de la première sous-branchette est égale à celle de la seconde sous-branchette correspondante. En variante et de préférence, l'entrefer 61 est situé soit à proximité du premier demi noyau 5a, soit à proximité du second demi noyau 5b, ce qui facilite le câblage des enroulements du transformateur 20. Si l'entrefer 61 est situé plus près du premier demi-noyau 5a, ou même très près d'un fond de la première sous-limite, la première sous-limite présente une longueur plus petite (ou beaucoup plus petite) que celle de la seconde sous-limite correspondante. Alternativement, si l'espace d'air 61 est situé plus près de la seconde moitié du noyau 5b, ou même très près d'un fond de la seconde sous-limite, la première sous-limite présente une longueur plus grande (ou beaucoup plus grande) que celle de la seconde sous-limite correspondante.

[0098] Par exemple, comme illustré sur les figures 12, 13, 15, 16, les entrefers 61 sont tous situés à proximité de la deuxième demi-noyau 5b, ou avantageusement, sont respectivement très proches du bas de la deuxième sous-manche 51b, 52b, 53b. Les premières sous-limites 51a, 52a, 53a présentent chacune une longueur très supérieure à celle de la deuxième sous-limite 51b, 52b, 53b correspondante. En revanche, selon d'autres exemples illustrés aux figures 14 et 17, la lame d'air 61 du membre médian 52 est située à proximité de la première demi-noyau 5a (ou avantageusement, est très proche du bas du premier sous-manche 52a) tandis que les lames d'air 61 des membres (51 ou 53) adjacents au membre médian 52 sont situées à proximité de la deuxième demi-noyau 5b. En variante, les lames d'air 61 sont toutes situées à proximité de la première demi-noyau 5a, ou avantageusement, sont respectivement très proches du bas du premier sous-manche 51a, 52a, 53a. En variante, l'entrefer 61 du membre médian 52 est situé à proximité de la deuxième demi-noyau 5b (ou avantageusement, est très proche du bas du deuxième sous-manche 52b) tandis que les entrefers 61 des membres (51 ou 53) adjacents au membre médian 52 sont situés à proximité de la deuxième demi-noyau 5b.

- [0099] Les figures 13 à 17 illustrent respectivement une des cinq options de câblage pour câbler sur le noyau magnétique 5 les enroulements du transformateur 20. Dans chacune des cinq options de câblage, un des enroulements primaires P1 à P3, un des premiers enroulements secondaires S1 à S3, et un des enroulements tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b, ou T1 à T3) sont enroulés autour d'une des branches 51 à 53 du noyau magnétique 5.
- [0100] Les symboles " x " et " ● " des figures 13 à 17 indiquent deux sens de câblage opposés. Plus précisément, le symbole "x" indique qu'un fil de l'un des enroulements du transformateur 20 entre vers le noyau magnétique 5, par exemple selon une première direction 71 de la face avant 55 vers la face arrière du noyau magnétique 5. Le symbole "●" indique qu'un fil d'un des enroulements du transformateur 20 sort du noyau magnétique 5, par exemple selon une deuxième direction opposée à la première direction 71 et de la face arrière vers la face avant 55 du noyau magnétique 5.
- [0101] La [Fig.13] illustre une première option de câblage selon l'invention.
- [0102] De préférence, les enroulements primaires P1, P2, P3 et les premiers enroulements secondaires S1, S2, S3 sont des fils de Litz. Un fil de Litz est un conducteur électrique constitué de fils simples torsadés. Les fils de Litz des enroulements primaires P1, P2, P3 et des premiers enroulements secondaires S1, S2, S3 sont constitués de connexions en série entre plusieurs spires. De plus, pour chacune des branches du noyau magnétique 5, le premier enroulement secondaire correspondant (P1, P2 ou P3) est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement tertiaire du transformateur 20. Par exemple, le premier enroulement secondaire S1 est pris en sandwich entre deux ensembles de tours T1a, T1b de l'enroulement tertiaire T1a-T1b, dans lequel les deux ensembles de tours T1a, T1b sont les deux enroulements auxiliaires T1a, T1b de l'enroulement tertiaire T1a-T1b.
- [0103] Les enroulements tertiaires du transformateur 20 sont de préférence des conducteurs plats. Avantageusement, afin de répartir un courant élevé requis par les enroulements tertiaires, chacun desdits enroulements tertiaires comprend des conducteurs plats en parallèle. En d'autres termes, les enroulements tertiaires sont respectivement agencés en comprenant des spires connectées en parallèle.
- [0104] Les entrefers 61 sont respectivement situés à proximité du deuxième demi noyau 5b, ou plus précisément, à proximité du fond de l'une des deuxièmes sous-limites 51b, 52b, 53b. Avantageusement, les enroulements respectivement enroulés autour de l'une des branches 51, 52, 53, sont respectivement enroulés autour de l'une des premières sous-limites 51a, 52a, 53a. En d'autres termes, aucun enroulement n'est enroulé autour des deuxièmes sous-limites 51b, 52b, 53b, comme illustré sur la [Fig.13]. Les entrefers 61 réduisent ou évitent une interférence indésirable causée par une inductance de fuite entre les enroulements primaires P1 à P3 et les premiers enroulements secondaires S1 à

S3. En outre, une isolation de base est nécessaire entre les conducteurs respectifs des enroulements primaires P1 à P3, des premiers enroulements secondaires S1 à S3 et des enroulements tertiaires T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b qui sont en interface les uns avec les autres, ce qui facilite la mise en oeuvre dans les applications des véhicules électriques.

[0105] La [Fig.14] illustre une deuxième option de câblage selon l'invention. La deuxième option de câblage permet de conserver la symétrie entre les enroulements respectivement enroulés autour de l'une des branches 51 à 53 du noyau magnétique 5.

[0106] La seule différence entre la deuxième option de câblage et la première option décrite précédemment est la position de l'entrefer 61 dans la branche centrale 52. Le reste des caractéristiques de la deuxième option de câblage sont identiques ou similaires à celles de la première option de câblage, et ne sont donc pas décrites de manière redondante dans le présent document.

[0107] Selon la deuxième option de câblage, l'entrefer 61 du membre médian 52 est situé à proximité du premier demi-noyau 5a (ou plus précisément, à proximité du fond du premier demi-segment 52a) tandis que les autres entrefers 61 sont situés à proximité du deuxième demi-noyau 5b (ou plus précisément, à proximité des fonds des deuxièmes demi-segments 51b, 53b). Avantagusement, les enroulements enroulés autour de la branche médiane 52 sont en réalité enroulés autour de la deuxième sous-branche 52a tandis que les enroulements respectivement enroulés autour de l'une des branches 51, 53 sont en réalité respectivement enroulés autour de l'une des premières sous-branches 51a, 53a, comme illustré sur la [Fig.14].

[0108] La [Fig.15] illustre une troisième option de câblage selon l'invention. La troisième option de câblage est identique ou similaire à la première option de câblage en termes de positions des entrefers 61.

[0109] Chacun des enroulements tertiaires (c'est-à-dire les côtés basse tension) du transformateur 20 est entrelacé avec l'un des enroulements primaires P1, P2, P3, de telle sorte qu'un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire correspondant. Par exemple, l'enroulement tertiaire T1a-T1b est entrelacé avec l'enroulement primaire P1 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T1a) de l'enroulement tertiaire T1a-T1b est pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire P1. L'enroulement tertiaire T2a-T2b est entrelacé avec l'enroulement primaire P2 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T2b) de l'enroulement tertiaire T2a-T2b est pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire P2, comme illustré sur la [Fig.15].

[0110] En outre, chacun des enroulements tertiaires du transformateur 20 est aussi respec-

tivement entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires S1, S2, S3, d'une manière telle qu'un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire correspondant. Par exemple, l'enroulement tertiaire T1a-T1b est entrelacé avec le premier enroulement secondaire S1 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T1b) de l'enroulement tertiaire T1a-T1b est pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire S1. L'enroulement tertiaire T2a-T2b est entrelacé avec le premier enroulement secondaire S2 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T2a) de l'enroulement tertiaire T2a-T2b est pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire S2, comme illustré sur la [Fig.15].

- [0111] En outre, chacun des enroulements primaires du transformateur 20 est respectivement entrelacé avec un des enroulements tertiaires ou chacun des enroulements secondaires du transformateur est respectivement entrelacé avec un des enroulements tertiaires. Les enroulements primaires et les enroulements secondaires ne sont pas entrelacés. Ceci permet de gérer l'inductance de fuite entre les enroulements primaires et les enroulements secondaires. Ainsi, les inductances résonantes peuvent être intégrées dans le transformateur 20, comme illustré sur la [Fig.2] et sur la [Fig.5].
- [0112] La configuration d'entrelacement susmentionnée prévue dans la troisième option de câblage permet de réduire les pertes de puissance.
- [0113] En outre, dans les première, deuxième et troisième options de câblage décrites ci-dessus et dans la cinquième option de câblage qui va être décrite, les enroulements primaires enroulés respectivement autour d'un des deux membres adjacents sont disposés de telle sorte que l'un des enroulements primaires est enroulé à proximité de l'un des premier et deuxième demi-cœurs 5a, 5b tandis que l'autre enroulement primaire est enroulé à proximité de l'autre des premier et deuxième demi-cœurs 5a, 5b. Par exemple, l'enroulement primaire P1 (ou P3) est enroulé près du premier demi-cœur 5a tandis que l'enroulement primaire P2 est enroulé près du second demi-cœur 5b.
- [0114] De même, selon une réalisation, les premiers enroulements secondaires enroulés respectivement autour de l'un des deux membres adjacents sont disposés de manière à ce que l'un des premiers enroulements secondaires soit enroulé à proximité de l'un des premier et second demi-cœurs 5a, 5b tandis que l'autre premier enroulement secondaire est enroulé à proximité de l'autre des premier et second demi-cœurs 5a, 5b. Par exemple, le premier enroulement secondaire S1 (ou S3) est enroulé à proximité du second demi-cœur 5b tandis que le premier enroulement secondaire S2 est enroulé à proximité du premier demi-cœur 5a.
- [0115] La [Fig.16] illustre une quatrième option de câblage selon l'invention. La quatrième option de câblage est identique ou similaire à la troisième et à la première option de

câblage en termes de positions des entrefers 61.

- [0116] Chacun des enroulements tertiaires du transformateur 20 est entrelacé avec l'un des enroulements primaires P1, P2, P3, de telle sorte qu'au moins un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire et un ensemble de tours du premier enroulement secondaire correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire correspondant. Par exemple, l'enroulement tertiaire T1a-T1b est entrelacé avec l'enroulement primaire P1 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T1a) de l'enroulement tertiaire T1a-T1b et un ensemble du premier enroulement secondaire S1 correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement primaire P1. L'enroulement tertiaire T2a-T2b est imbriqué avec l'enroulement primaire P2 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de spires (de l'enroulement auxiliaire T2b) de l'enroulement tertiaire T2a-T2b et un ensemble de spires du premier enroulement secondaire S2 correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de spires de l'enroulement primaire P2, comme illustré sur la [Fig.16].
- [0117] En outre, chacun des enroulements tertiaires du transformateur 20 est également entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires S1, S2, S3, de telle sorte qu'au moins un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire et un ensemble de tours de l'enroulement primaire correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire correspondant. Par exemple, l'enroulement tertiaire T1a-T1b est entrelacé avec le premier enroulement secondaire correspondant S1 de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T1b) de l'enroulement tertiaire T1a-T1b et un ensemble de tours de l'enroulement primaire correspondant P1 sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire S1. L'enroulement tertiaire T2a-T2b est entrelacé avec le premier enroulement secondaire S2 correspondant de telle sorte qu'un ensemble de tours (de l'enroulement auxiliaire T2a) de l'enroulement tertiaire T2a-T2b et un ensemble de tours de l'enroulement primaire P2 correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire S2, comme illustré sur la [Fig.16].
- [0118] La configuration d'entrelacement précitée prévue dans la quatrième option de câblage permet, d'une part, de réaliser une isolation de base nécessaire entre les conducteurs respectifs des premiers enroulements secondaires S1 à S3 et les enroulements tertiaires qui s'interfacent entre eux, et d'autre part, de réaliser une isolation renforcée nécessaire entre les conducteurs respectifs des enroulements primaires P1 à P3 et les enroulements tertiaires qui s'interfacent entre eux. De cette manière, les pertes de puissance et l'inductance de fuite sont réduites. Par conséquent, la quatrième option de câblage est adaptée pour être appliquée aux modes de réalisation illustrés aux figures 3

et 6 où les premières inductances résonnantes L_{lkp1} à L_{lkp3}, les premières inductances magnétisantes L_{m1} à L_{m3}, les secondes inductances résonnantes L_{lks1} à L_{lks3} (et éventuellement les secondes inductances magnétisantes) sont toutes placées à l'extérieur du transformateur 20. Cependant, les inductances magnétisantes peuvent être placées à l'intérieur du transformateur 20, à condition que la longueur de l'entrefer soit régulée.

[0119] Les inductances magnétisantes L_{m1} à L_{m3} ne sont pas incluses dans le transformateur 20, lorsque l'entrefer 61 est nul.

[0120] La [Fig.17] illustre une cinquième option de câblage selon l'invention.

[0121] La seule différence entre la présente cinquième option de câblage et la deuxième option de câblage décrite précédemment est que les enroulements tertiaires sont respectivement composés de deux enroulements auxiliaires (comme illustré aux figures 1 et 14), ou sont respectivement un seul enroulement (comme illustré aux figures 4 et 17). Le reste des caractéristiques de la cinquième option de câblage sont identiques ou similaires à celles de la deuxième option de câblage, et ne sont donc pas décrites de manière redondante dans le présent document.

[0122] Pour chacun des membres du noyau magnétique 5, le premier enroulement secondaire correspondant (P1, P2 ou P3) est pris en sandwich entre deux ensembles de tours de l'enroulement tertiaire du transformateur 20. Par exemple, le premier enroulement secondaire S1 est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement tertiaire T1. De même, le premier enroulement secondaire S2 est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement tertiaire T2.

[0123] De même, les première, troisième et quatrième options de câblage, telles qu'illustrées aux figures 13, 15 et 16, peuvent être appliquées au transformateur 20, les enroulements tertiaires étant respectivement un seul enroulement.

[0124] Le système électrique 1 et la conception de transformateur susmentionnée selon l'invention, concernent un convertisseur OBC/DC-DC intégré pour EV ou HEV utilisant seulement un transformateur multiphase, et fournissent les options de câblage susmentionnées et les cinq modes de fonctionnement sans nécessiter un convertisseur de tension supplémentaire. Par rapport à un système électrique classique qui comprend un OBC indépendant et un convertisseur DC-DC indépendant, le système électrique 1 a moins de composants, ce qui permet au système électrique 1 d'avoir un volume plus petit et un poids plus léger. En outre, le coût de fabrication et d'assemblage est réduit. L'invention est évolutive pour différents niveaux de puissance 7kW, 11kW et 22kW par exemple, et pour différents réseaux de tension 800V, 24V, 48V par exemple.

[0125] Selon une variante de l'invention, la [Fig.18] illustre le système électrique d'un transformateur triangulaire 20b. Dans cette variante, seule la forme du transformateur change, tout son fonctionnement reste le même que précédemment.

[0126] Bien que les réalisations aient été décrites en se référant à un certain nombre d'exemples de réalisation, il faut comprendre que de nombreuses autres modifications et réalisations peuvent être conçues par des personnes compétentes dans l'art, qui resteront dans l'esprit et la portée des principes de cette divulgation.

Revendications

- [Revendication 1] Transformateur (20) comprenant un noyau magnétique (5), le noyau magnétique (5) comprenant plusieurs branches (51, 52, 53) autour de chacune desquelles est enroulé un enroulement primaire (P1, P2, P3), un premier enroulement secondaire (S1, S2, S3) et un enroulement tertiaire (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b ou T1, T2, T3) ; le transformateur (20) comprenant lesdits enroulements ; le noyau magnétique (5) comprenant un premier demi-noyau (5a) et un second demi-noyau (5b) comprenant respectivement des sous-limbes (51a, 52a, 53a, 51b, 52b, 53b) des membres (51, 52, 53) ; le transformateur (20) étant caractérisé en ce que :
- les espaces d'air (61) sont respectivement situés soit à proximité du premier demi-noyau (5a), soit à proximité du second demi-noyau (5b) ;
 - certains des enroulements du transformateur (20) sont des fils de Litz, et certains des enroulements sont des conducteurs plats.
- [Revendication 2] Transformateur (20) selon la revendication 1, dans lequel :
- les enroulements primaires (P1, P2, P3) et les premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) sont des fils de Litz ; et/ou
 - les enroulements tertiaires du transformateur (20) sont des conducteurs plats.
- [Revendication 3] Transformateur (20) selon la revendication précédente, dans lequel :
- les fils de Litz des enroulements primaires (P1, P2, P3) et des premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) sont constitués de connexions en série entre plusieurs tours ; et/ou
 - les enroulements tertiaires du transformateur (20) sont respectivement disposés en comprenant des tours connectés en parallèle.
- [Revendication 4] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- les entrefers (61) sont tous situés à proximité du premier demi-noyau (5a) ; ou
- les entrefers (61) sont tous situés à proximité du second demi-noyau (5b) ; ou
- l'intervalle d'air (61) dans la branche médiane (52) est situé près de la première demi-noyau (5a) tandis que l'intervalle d'air (61) dans la branche (51 ou 53) adjacente à la branche médiane (52) est situé près de la seconde demi-noyau (5b) ; ou
- l'espace d'air (61) dans la branche médiane (52) est situé à proximité du second demi-noyau (5b) tandis que l'espace d'air (61) dans la branche (51 ou 53) adjacente à la branche médiane (52) est situé à proximité du premier demi-noyau (5a).

[Revendication 5] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel pour chacune des branches du noyau magnétique (5), le premier enroulement secondaire correspondant est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement tertiaire.

[Revendication 6] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 5, dans lequel :

- chacun des enroulements tertiaires du transformateur (20) est entrelacé avec l'un des enroulements primaires, de telle sorte qu'un jeu de spires de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement primaire correspondant ; et/ou
- chacun des enroulements tertiaires est aussi respectivement entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires, de telle sorte qu'un jeu de spires de l'enroulement tertiaire est pris en sandwich entre deux jeux de spires du premier enroulement secondaire correspondant.

[Revendication 7] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :

- les enroulements primaires enroulés respectivement autour de l'un des deux membres adjacents sont disposés de manière à ce que l'un des enroulements primaires soit enroulé près de l'un

des premier et second demi-cœurs, tandis que l'autre enroulement primaire (P1, P3) est enroulé près de l'autre des premier et second demi-cœurs ; et/ou

- les premiers enroulements secondaires enroulés respectivement autour de l'un des deux membres adjacents sont disposés de manière à ce que l'un des premiers enroulements secondaires soit enroulé à proximité de l'un des premier et second demi-cœurs, tandis que l'autre premier enroulement secondaire est enroulé à proximité de l'autre des premier et second demi-cœurs.

[Revendication 8] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 6, dans lequel :

- chacun des enroulements tertiaires du transformateur (20) est entrelacé avec l'un des enroulements primaires, de telle sorte qu'au moins un jeu de spires de l'enroulement tertiaire et un jeu de spires du premier enroulement secondaire correspondant sont pris en sandwich entre deux jeux de spires de l'enroulement primaire correspondant ; et/ou
- chacun des enroulements tertiaires est également entrelacé avec l'un des premiers enroulements secondaires, de telle sorte qu'au moins un ensemble de tours de l'enroulement tertiaire et un ensemble de tours de l'enroulement primaire correspondant sont pris en sandwich entre deux ensembles de tours du premier enroulement secondaire correspondant.

[Revendication 9] Transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les enroulements tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b ou T1, T2, T3) sont respectivement composés de deux enroulements auxiliaires (T1a, T1b ; T2a, T2b ; T3a, T3b), ou sont respectivement un seul enroulement (T1, T2, T3).

[Revendication 10] Système électrique (1) pour un véhicule électrique ou un véhicule électrique hybride, comprenant un transformateur (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

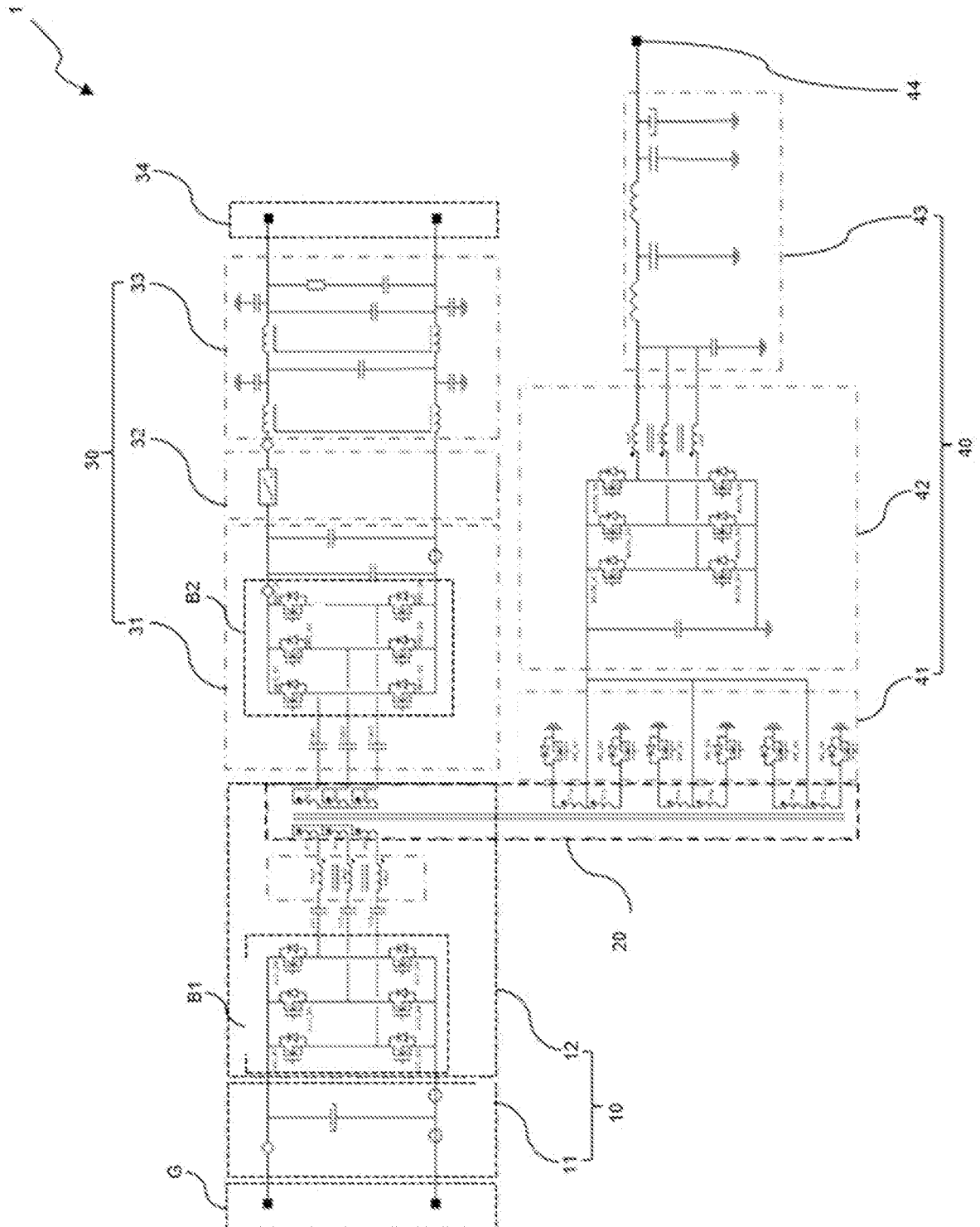
[Revendication 11] Système électrique (1) selon la revendication précédente, connecté à un convertisseur de correction du facteur de puissance (PFC) et configuré

pour charger et décharger une première batterie (34) et une seconde batterie (44) du véhicule ; la première batterie (34) ayant une tension nominale plus élevée que la seconde batterie (44) ; le système électrique (1) comprenant :

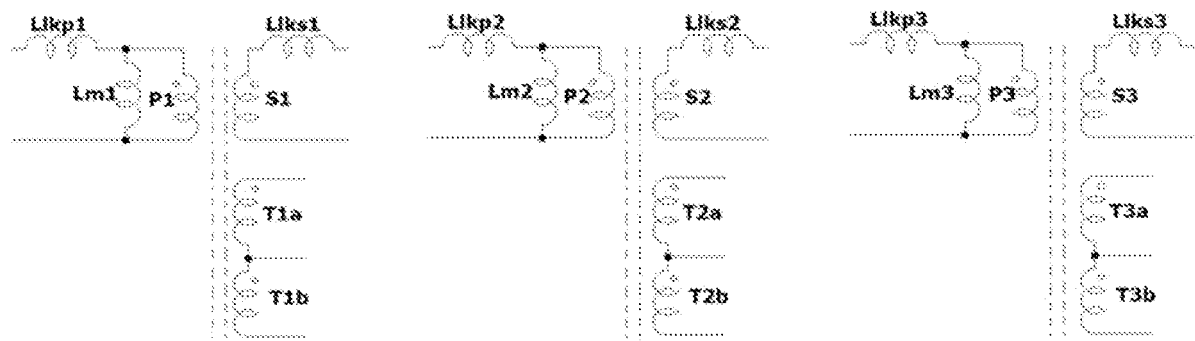
- un circuit primaire LLC (12) comprenant un premier pont en H multiphasé (B1) pour commander les enroulements primaires (P1, P2, P3) du transformateur (20) ; le circuit primaire LLC (12) étant connecté au convertisseur PFC ;
- une partie HVDC (30) couplée au circuit primaire LLC (12), aux premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) du transformateur (20) et à la première batterie (34), de manière à permettre un échange d'énergie avec la première batterie (34) ; la partie HVDC (30) comprenant un second pont en H multiphasé (B2) configuré pour commander les premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) ;
- une partie LVDC (40) couplée à des enroulements tertiaires du transformateur (20) et à la seconde batterie (44) de façon à permettre un échange d'énergie avec la seconde batterie (44) ; la partie LVDC (40) comprenant un redresseur (41) configuré pour commander les enroulements tertiaires du transformateur (20).

[Revendication 12] Véhicule électrique ou véhicule électrique hybride comprenant un système électrique (1) selon la revendication 10 ou la revendication 11.

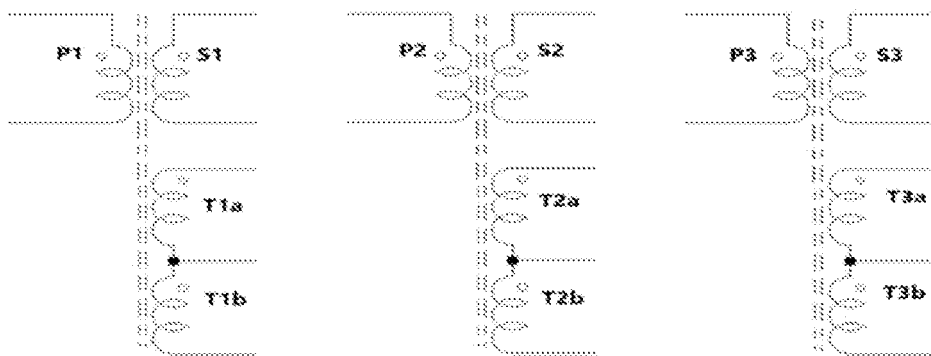
[Fig. 1]



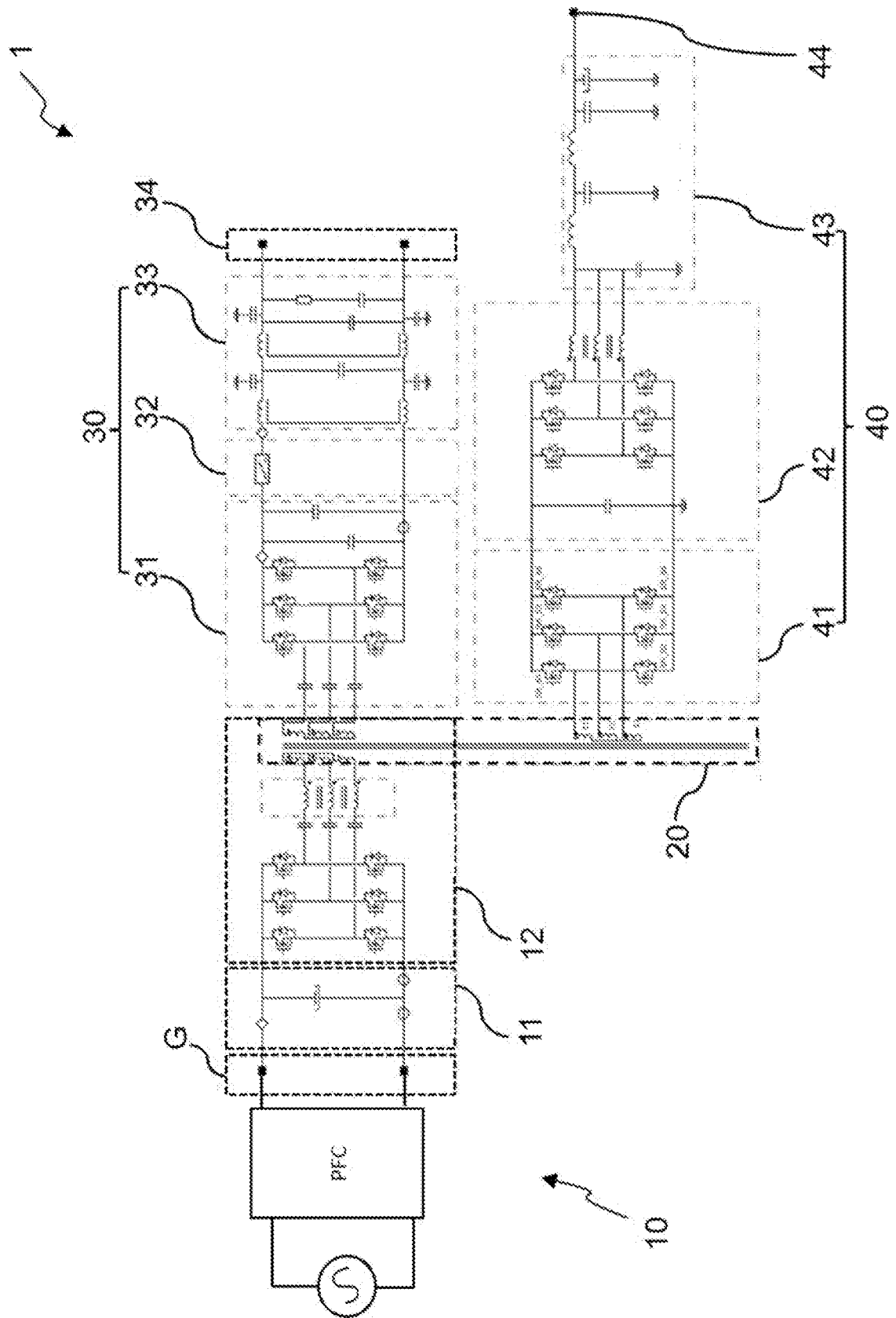
[Fig. 2]



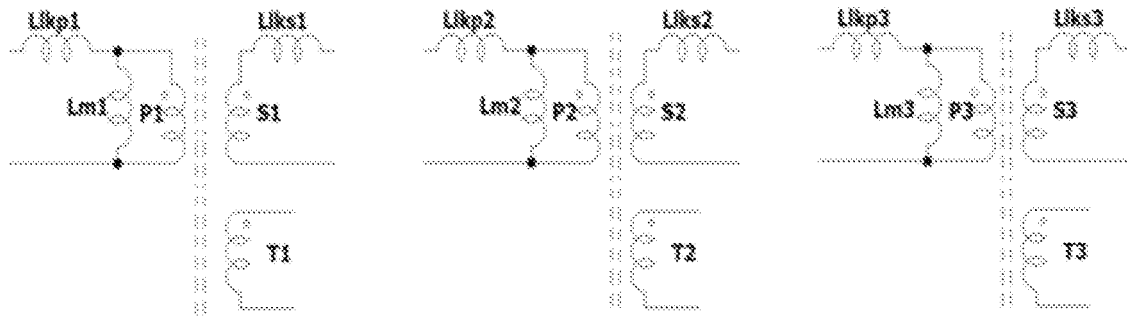
[Fig. 3]



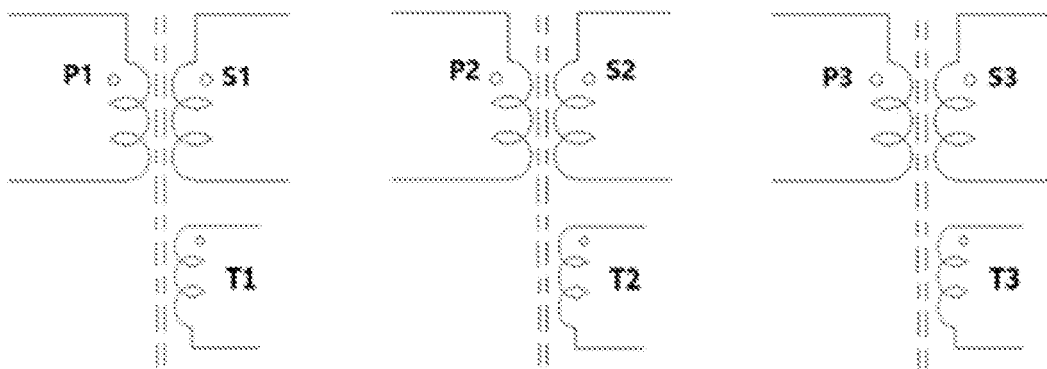
[Fig. 4]



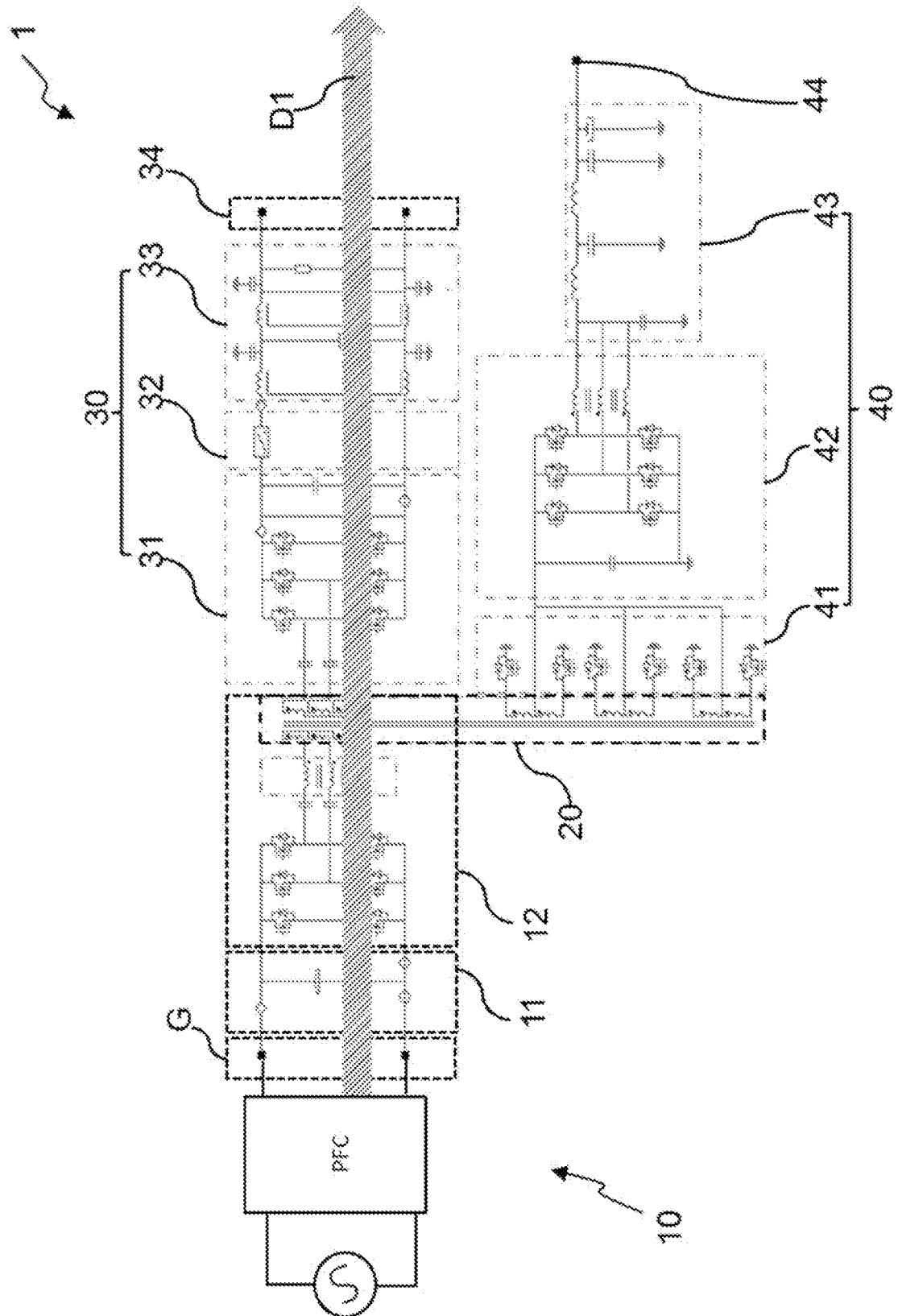
[Fig. 5]



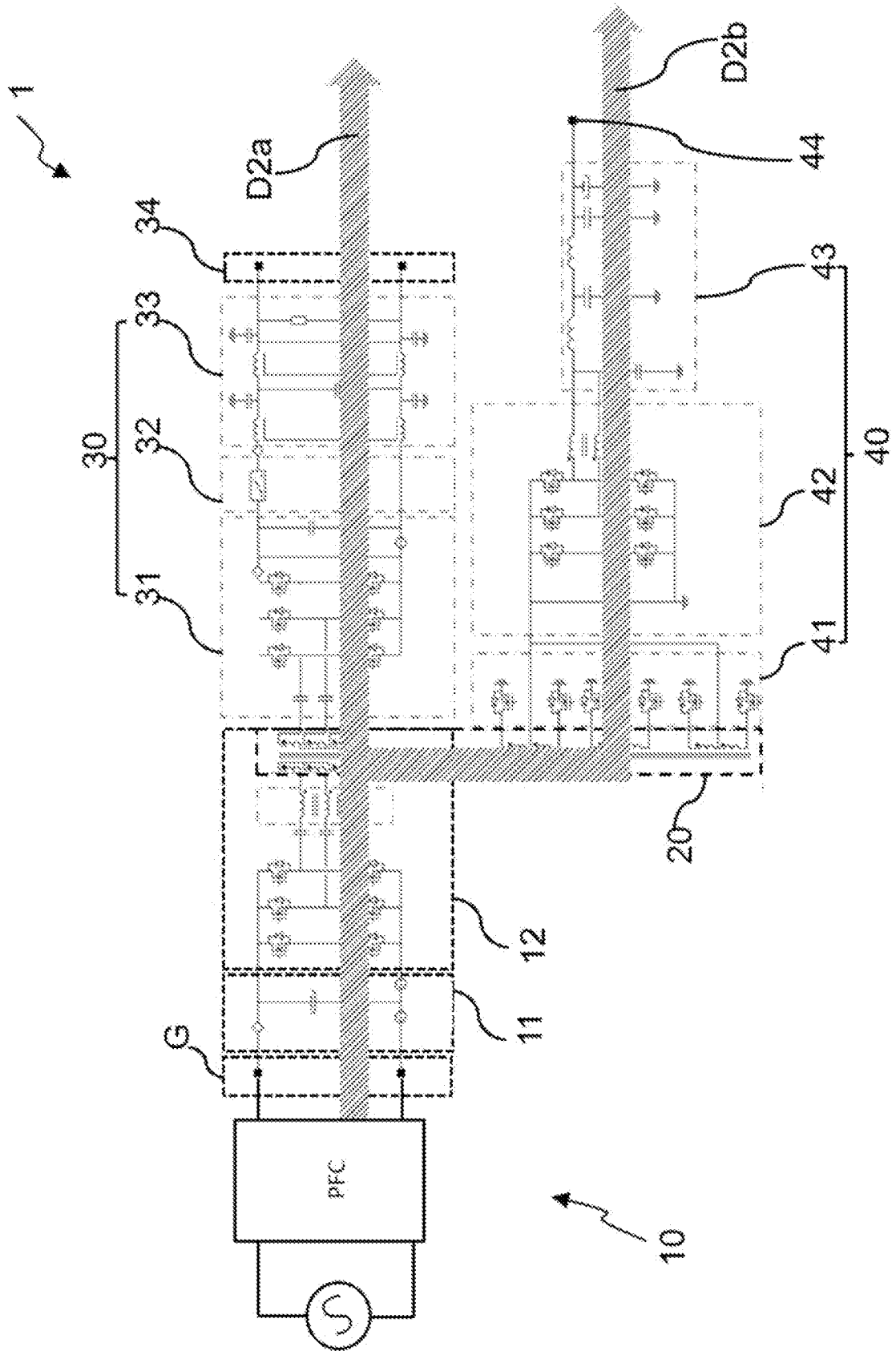
[Fig. 6]



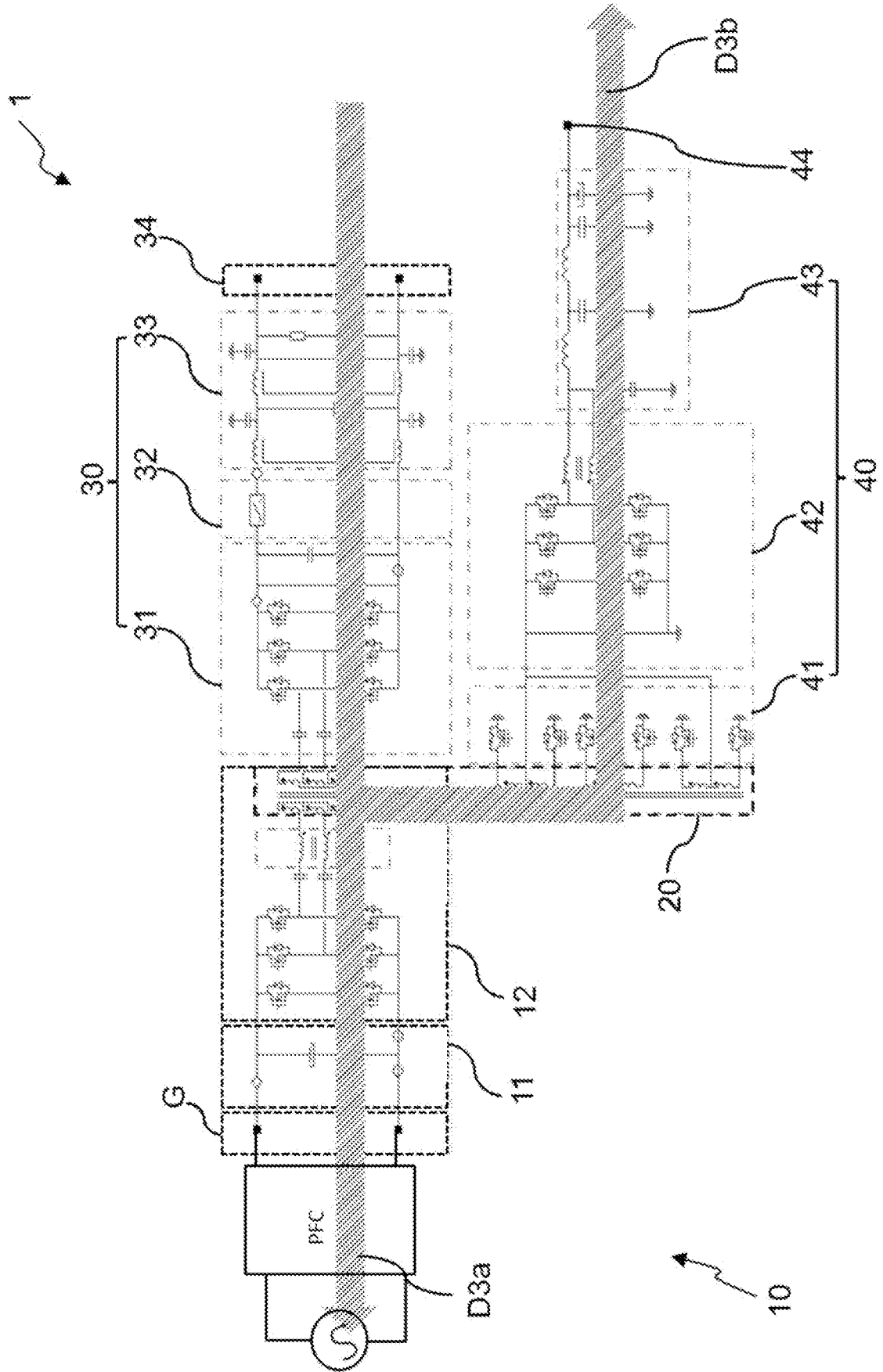
[Fig. 7]



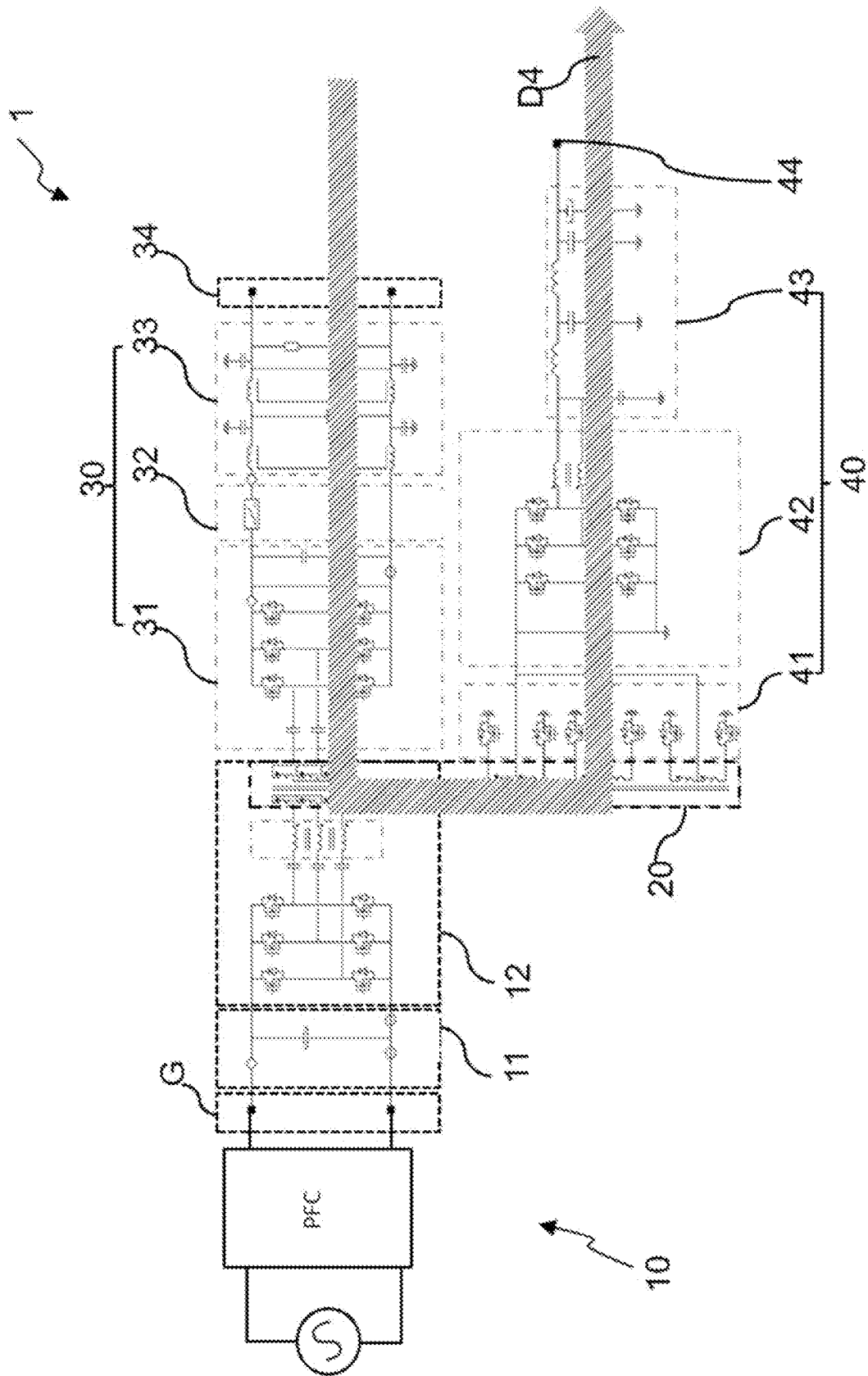
[Fig. 8]



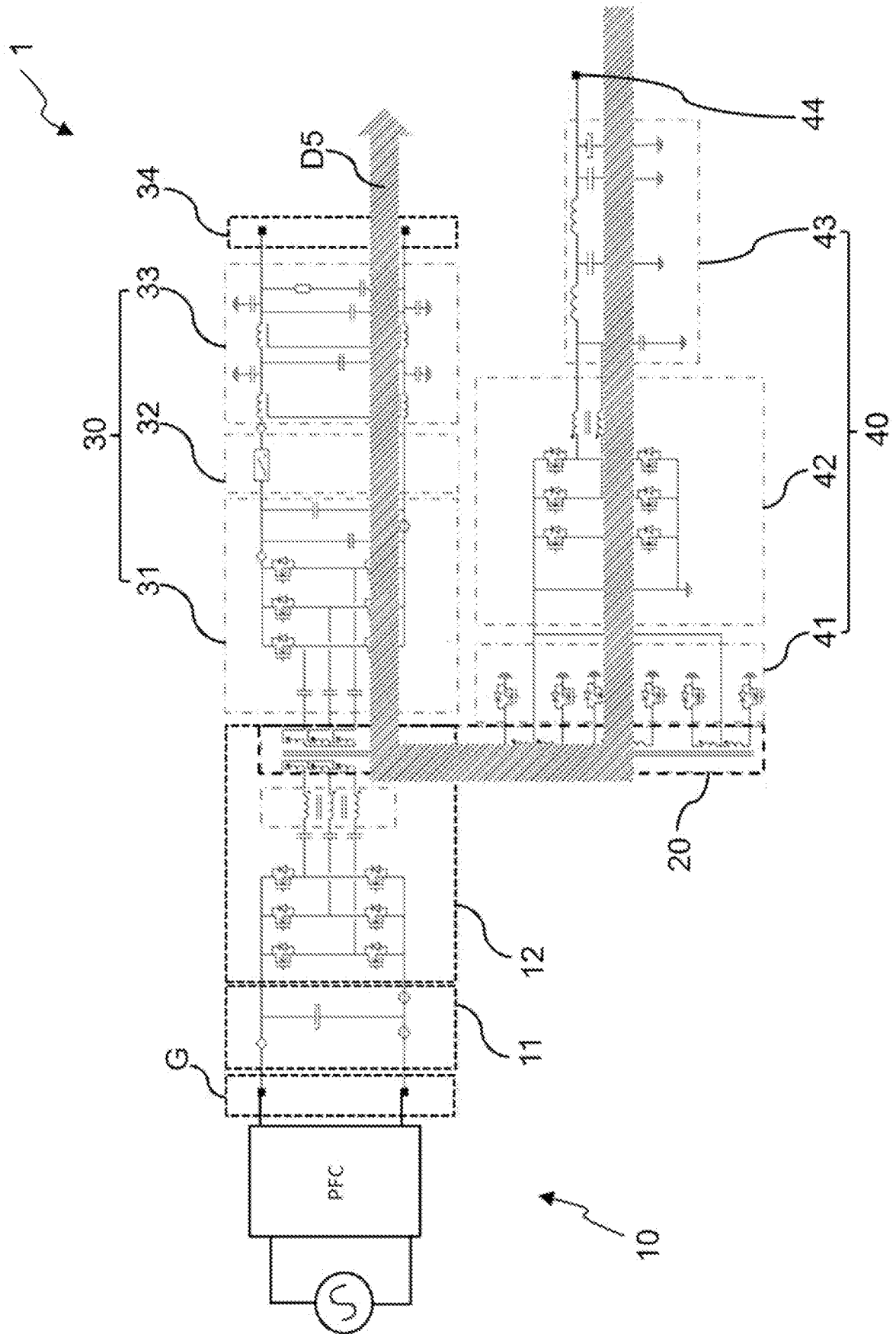
[Fig. 9]



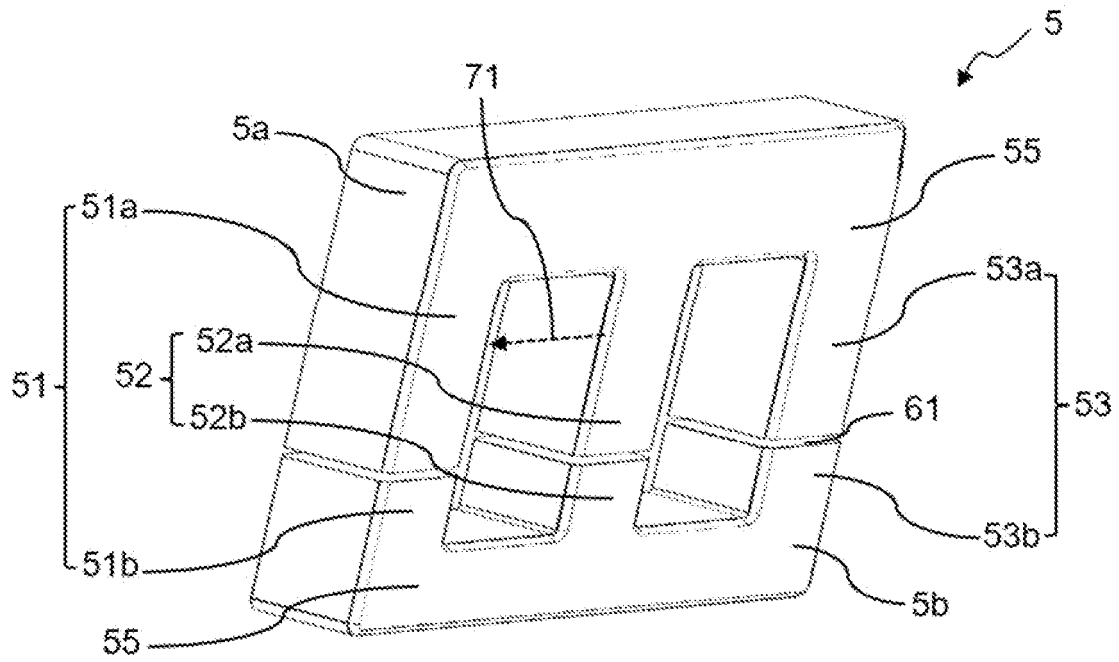
[Fig. 10]



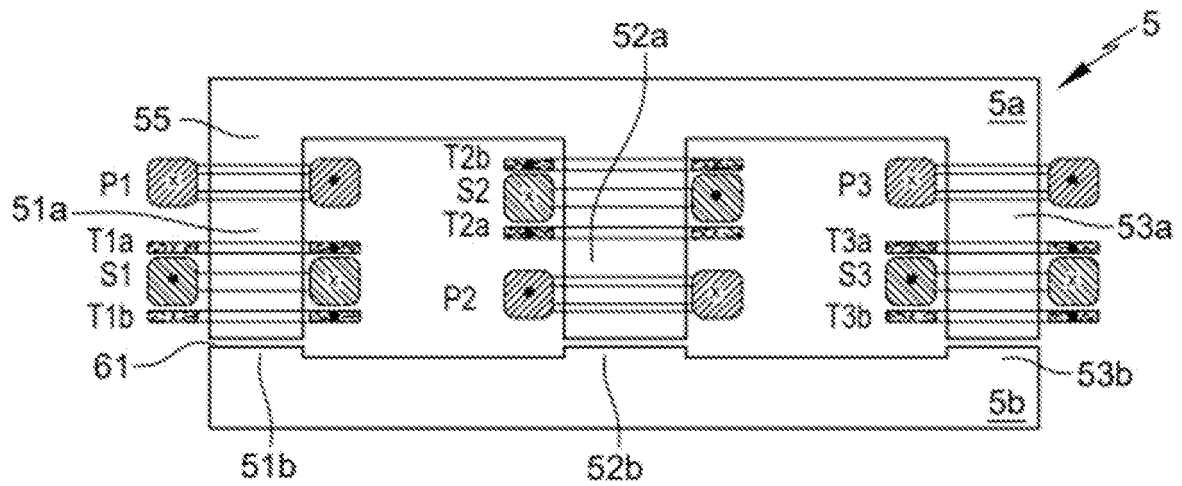
[Fig. 11]



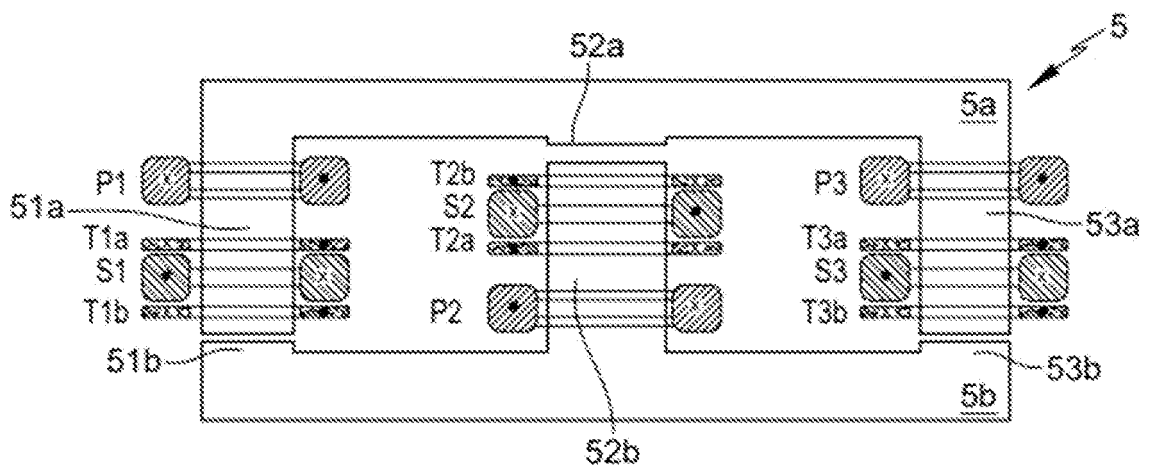
[Fig. 12]



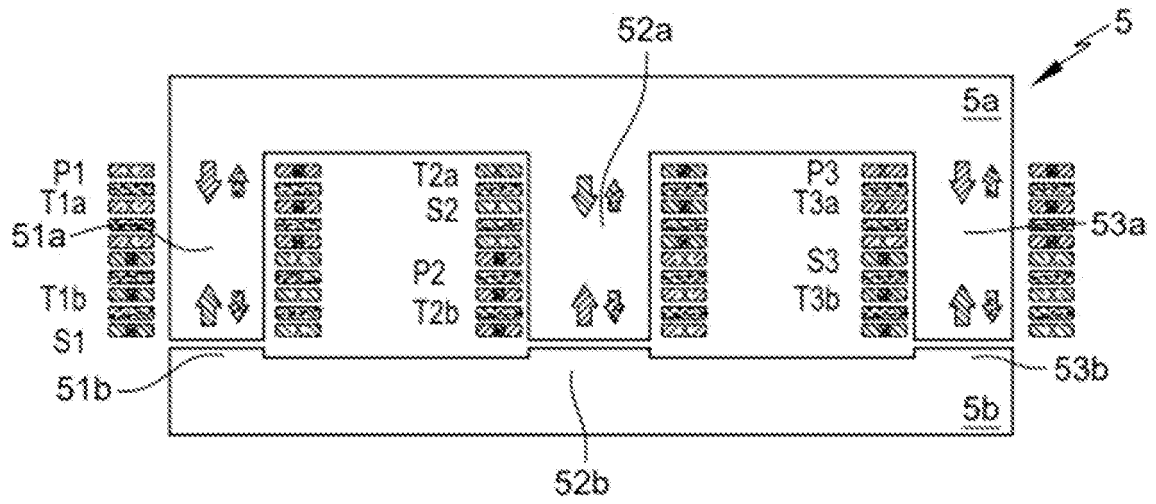
[Fig. 13]



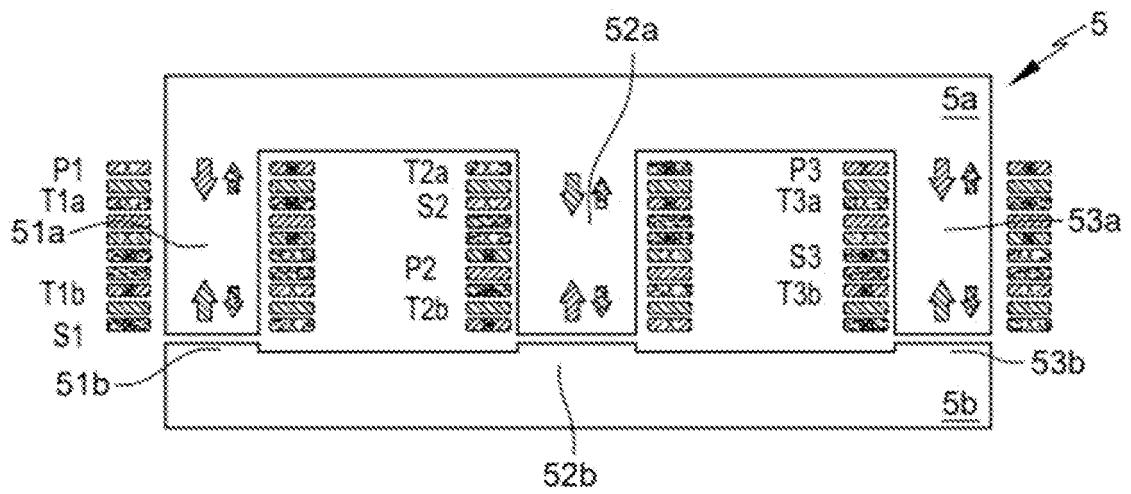
[Fig. 14]



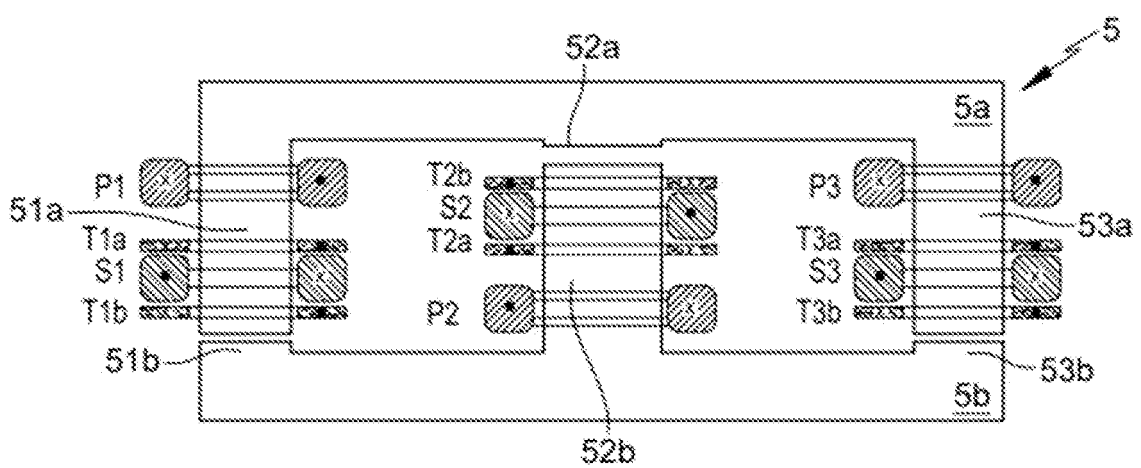
[Fig. 15]



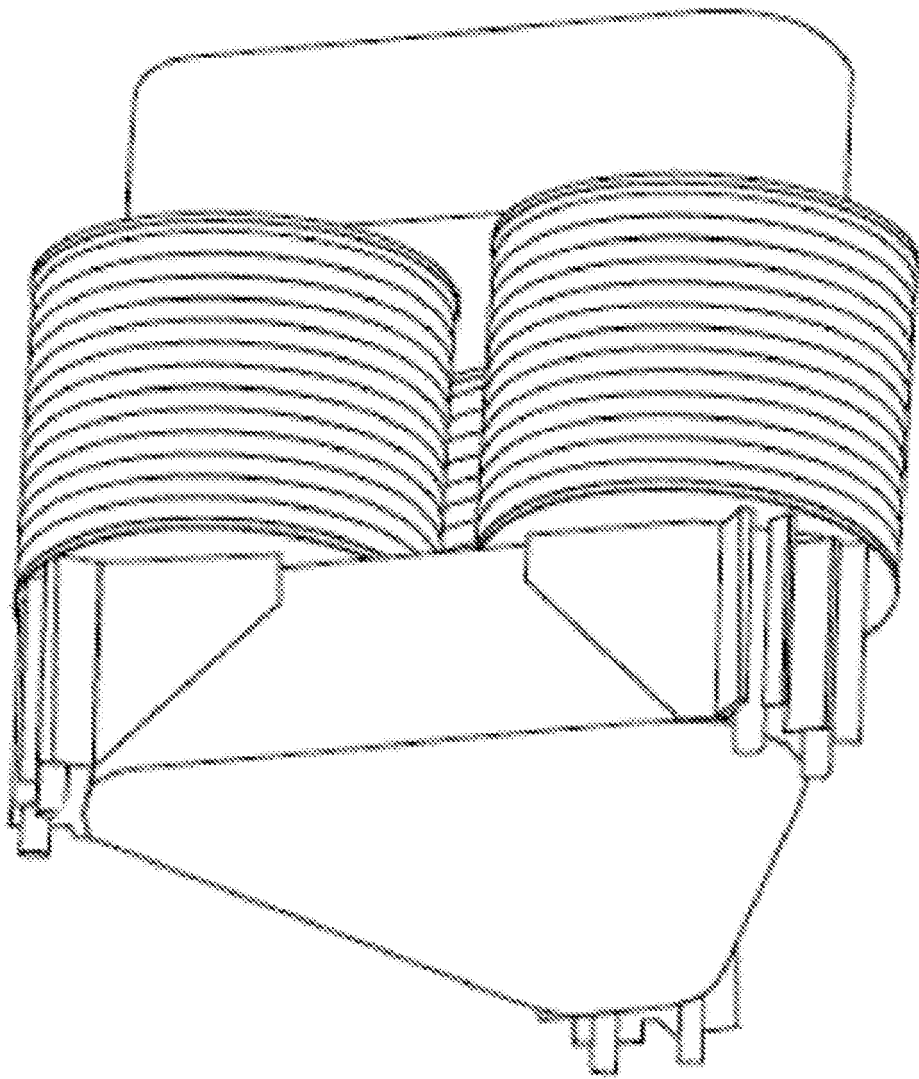
[Fig. 16]



[Fig. 17]



[Fig. 18]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 916184
FR 2210624

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 2016/022966 A1 (DARTMOUTH COLLEGE [US]; WEST COAST MAGNETICS [US] ET AL.) 11 février 2016 (2016-02-11)	1, 4, 9	H01F 30/04 H01F 30/12 H02J 7/02
A	* alinéa [0008]; figure 14 * * alinéa [0041] - alinéa [0042] * * alinéa [0081] *	2, 3, 5-8, 10-12	
X	US 2022/172880 A1 (KHALIGH ALIREZA [US] ET AL) 2 juin 2022 (2022-06-02) * alinéa [0003] * * alinéa [0029] * * alinéa [0086]; figures 4b, 4e, 9b *	1-12	
A	EP 2 779 180 A1 (EMERSON NETWORK POWER ENERGY [US]) 17 septembre 2014 (2014-09-17) * alinéa [0045]; figure 10 *	5, 6, 8	
A	US 2009/295524 A1 (SILVA ARTURO [US]) 3 décembre 2009 (2009-12-03) * alinéa [0039] *	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 août 2023		Rouzier, Brice	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2210624 FA 916184**

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 **18-08-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2016022966 A1	11-02-2016	CN	107210123 A	26-09-2017
		EP	3178101 A1	14-06-2017
		EP	3499526 A1	19-06-2019
		US	2017221625 A1	03-08-2017
		WO	2016022966 A1	11-02-2016

US 2022172880 A1	02-06-2022	AUCUN		

EP 2779180 A1	17-09-2014	CN	104051138 A	17-09-2014
		EP	2779180 A1	17-09-2014
		US	2014266534 A1	18-09-2014
		US	2016148747 A1	26-05-2016

US 2009295524 A1	03-12-2009	CN	101651008 A	17-02-2010
		CN	101651015 A	17-02-2010
		CN	101651024 A	17-02-2010
		CN	101661825 A	03-03-2010
		CN	103489564 A	01-01-2014
		CN	103559977 A	05-02-2014
		CN	103559978 A	05-02-2014
		US	2009295524 A1	03-12-2009
		US	2009295527 A1	03-12-2009
		US	2009295528 A1	03-12-2009
		US	2009295529 A1	03-12-2009
		US	2009295531 A1	03-12-2009
