

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 141 010

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

22 10625

51 Int Cl⁸ : H 02 J 7/02 (2023.01), H 02 M 1/10, 3/02, 3/22,
B 60 L 53/22

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

57 L'invention concerne un système électrique (1) d'un
véhicule électrique ou d'un véhicule électrique hybride,
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 transformateur multiphase (20) comprenant des en-
roulements primaires (P1, P2, P3), des premiers enroule-
ments secondaires (S1, S2, S3) et des enroulements
tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b ou T1, T2, T3);

un circuit primaire LLC (12) comprenant un premier pont
en H multiphasé (B1) pour commander les enroulements
primaires (P1, P2, P3); le circuit primaire LLC (12) étant
connecté au convertisseur PFC;

une partie HVDC (30) pour permettre l'échange d'éner-
gie avec la première batterie (34); la partie HVDC (30) com-
prenant un second pont en H multiphasé (B2);

une partie LVDC (40) pour permettre un échange d'éner-
gie avec la seconde batterie (44); la partie LVDC (40) com-
prenant un redresseur (41) configuré pour commander les
enroulements tertiaires du transformateur (20).

Figure pour l'abrégié : Fig. 1

FR 3 141 010 - A1



Description

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

DOMAINE DE L'INVENTION

- [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 système électrique configuré pour charger et décharger deux batteries du véhicule, dans lequel l'une des batteries a une tension nominale plus élevée que l'autre.
- [0003] CONTEXTE DE L'INVENTION
- [0004] 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 fournit typiquement une tension comprise entre 100 V et 900 V, de préférence entre 400 V et 600 V, tandis que la batterie basse tension fournit typiquement une tension de l'ordre de 12 V, 24 V ou 48 V.
- [0005] 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.
- [0006] 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.

- [0007] 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.
- [0008] 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 dans le courant à fournir aux batteries, une dissipation de puissance, un manque d'isolation galvanique entre certains composants du système électrique, un manque de modularité en termes de conception de la structure du système électrique, etc.
- [0009] Dans ce contexte, l'objectif principal de la présente invention est de fournir un système électrique configuré pour charger et décharger une batterie haute tension et une batterie basse tension d'un véhicule tout en surmontant au moins une partie des inconvénients susmentionnés.

Résumé de l'invention

- [0010] La présente invention concerne un système électrique d'un véhicule électrique ou d'un véhicule électrique hybride, le système électrique étant 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 :
- [0011] un transformateur comprenant des enroulements primaires, des premiers enroulements secondaires et des enroulements tertiaires ; le transformateur étant un transformateur multiphase ;
- [0012] un circuit primaire LLC comprenant un premier pont en H multiphasé pour commander les enroulements primaires ; le circuit primaire LLC étant connecté au convertisseur PFC ;
- [0013] une partie HVDC couplée au circuit primaire LLC, aux premiers enroulements secondaires et à la première batterie, de manière à permettre l'échange d'énergie avec la première batterie ; la partie HVDC comprenant un second pont en H multiphasé configuré pour commander les premiers enroulements secondaires ;

- [0014] une partie LVDC couplée aux 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.
- [0015] Par conséquent, la présente invention fournit un système électrique modulaire configuré pour charger et décharger une batterie haute tension et une batterie basse tension d'un véhicule.
- [0016] Selon un mode de réalisation, le système électrique comprend un premier circuit résonnant qui comprend des condensateurs de résonance, des premières inductances de magnétisation et des premières inductances résonnantes couplées aux enroulements primaires du transformateur ; les condensateurs de résonance étant connectés entre le premier pont en H multiphasé et les inductances résonnantes ; les condensateurs de résonance et les inductances résonnantes sont en série avec les enroulements primaires ; le premier circuit résonnant étant un circuit résonnant multiphasé.
- [0017] Selon un mode de réalisation de l'invention, le circuit primaire LLC comprend les condensateurs de résonance et les premières inductances résonnantes du premier circuit résonnant.
- [0018] Avantageusement, le système électrique comprend un second circuit résonnant qui comprend des condensateurs secondaires, des secondes inductances magnétisantes et des secondes inductances résonnantes respectivement en série avec l'un des premiers enroulements secondaires ; les condensateurs secondaires étant connectés entre les premiers enroulements secondaires et le second pont en H multiphasé ; le second circuit résonnant étant un circuit résonnant multiphasé.
- [0019] Selon un mode de réalisation de l'invention, la partie CCHT comprend les condensateurs secondaires et les secondes inductances résonnantes ; le second circuit résonnant étant utilisé pour décharger la première batterie afin de charger le convertisseur PFC.
- [0020] Selon un mode de réalisation de l'invention, la partie LVDC comprend un convertisseur buck connecté à une sortie du redresseur et configuré pour abaisser la tension de son entrée à sa sortie.
- [0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, le convertisseur buck est un convertisseur buck entrelacé multiphase, et comprend plusieurs commutateurs et inductances ; les inductances étant connectées entre les commutateurs du convertisseur buck et une sortie du convertisseur buck.
- [0022] Selon un mode de réalisation de l'invention, le redresseur comprend plusieurs commutateurs formant plusieurs ensembles de commutateurs correspondant respectivement à l'un des enroulements tertiaires du transformateur, dans lequel chacun des enroulements tertiaires est composé de deux enroulements auxiliaires ; et chacun des

ensembles de commutateurs comprend deux commutateurs, dans lequel l'un des deux commutateurs est connecté entre une première borne de l'enroulement tertiaire correspondant et un noeud du redresseur, et l'autre desdits deux commutateurs est connecté entre une deuxième borne de l'enroulement tertiaire correspondant et le noeud dudit redresseur.

- [0023] Avantageusement, chacun des enroulements tertiaires a un point médian, et tous les points médians sont connectés à une seconde borne de sortie du redresseur ; une première borne de sortie du redresseur étant connectée audit noeud du redresseur.
- [0024] Avantageusement, le redresseur comprend plusieurs commutateurs formant plusieurs ensembles de commutateurs respectivement connectés à l'un des enroulements tertiaires du transformateur, dans lequel chacun des enroulements tertiaires est un enroulement unique.
- [0025] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système électrique est configuré de telle sorte que, dans un premier mode de fonctionnement, le système électrique est utilisé comme un chargeur embarqué pour charger la première batterie à partir du convertisseur PFC, dans lequel le convertisseur buck est désactivé.
- [0026] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système électrique est configuré de telle sorte que, dans un second mode de fonctionnement, le système électrique est utilisé comme un OBC pour charger la première batterie et, simultanément, est utilisé comme un convertisseur DC-DC pour charger la seconde batterie, dans lequel les première et seconde batteries sont toutes deux chargées par le convertisseur PFC.
- [0027] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système électrique est configuré de telle sorte que, dans un troisième mode de fonctionnement, le système électrique est utilisé pour décharger la première batterie pour charger simultanément la deuxième batterie et le convertisseur PFC, dans lequel le convertisseur buck est désactivé.
- [0028] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système électrique est configuré de telle sorte que, dans un quatrième mode de fonctionnement, le système électrique est utilisé comme un convertisseur CC-CC configuré pour décharger la première batterie afin de charger de manière autonome la deuxième batterie, dans lequel aucun courant ne provient du convertisseur PFC, et le premier pont en H multiphasé est désactivé.
- [0029] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système électrique est configuré de telle sorte que, dans un cinquième mode de fonctionnement, le système électrique est utilisé comme un convertisseur CC-CC inverse configuré pour décharger la deuxième batterie afin de charger de manière autonome la première batterie, dans lequel le système électrique comprend un condensateur de liaison CC connecté entre le convertisseur PFC et le premier pont en H multiphasé, le condensateur de liaison CC étant déconnecté pour éviter les oscillations de courant.
- [0030] Avantageusement, la première batterie est une batterie haute tension dont la tension

nominale est supérieure à 60V, et la seconde batterie est une batterie basse tension dont la tension nominale est inférieure ou égale à 60V.

[0031] L'invention concerne également un véhicule électrique ou un véhicule électrique hybride comprenant un système électrique tel que brièvement décrit ci-dessus.

[0032] 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

[0033] 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 :

[0034] 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 ;

[0035] La [Fig.2] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.1] comprend des inductances résonnantes et des inductances magnétisantes ;

[0036] La [Fig.3] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.1] ne comprend ni inductances résonnantes ni inductances magnétisantes ;

[0037] 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] ;

[0038] La [Fig.5] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.4] comprend des inductances résonnantes et des inductances magnétisantes ;

[0039] La [Fig.6] illustre qu'un transformateur du système électrique illustré à la [Fig.4] ne comprend ni inductances résonnantes ni inductances magnétisantes ;

[0040] La [Fig.7] illustre un premier mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;

[0041] La [Fig.8] illustre un deuxième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;

[0042] La [Fig.9] illustre un troisième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ;

[0043] La [Fig.10] illustre un quatrième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention ; et

[0044] La [Fig.11] illustre un cinquième mode de fonctionnement du système électrique selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0045] 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.

- [0046] 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.
- [0047] Le système électrique 1 comprend une partie convertisseur de correction du facteur de puissance (PFC) 10, un transformateur 20, une partie courant continu haute tension (HVDC) 30, et une partie courant continu basse tension (LVDC) 40. Le système électrique 1 est connecté à et alimenté par un réseau électrique externe à travers la sortie G du convertisseur PFC 10 qui délivre une tension de 220 V par exemple. Le convertisseur PFC 10 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.
- [0048] 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 "triphase"). Le transformateur 20 comprend 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 sont couplés magnétiquement 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.
- [0049] De plus, 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 d'un noyau magnétique 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.

- [0050] Le convertisseur PFC 10 comprend deux bornes de sortie G qui sont respectivement connectées à un condensateur DC-Link 11 et un circuit primaire LLC 12 qui est connecté au condensateur DC-Link 11. Le convertisseur PFC 10 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].
- [0051] 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.
- [0052] 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.
- [0053] 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 Llkp1 à Llkp3 ni les premières inductances magnétisantes Lm1 à Lm3.
- [0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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 μ F et 100 μ F. 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.

[0057] En outre, le système électrique 1 peut comprendre un second circuit résonnant comprenant les condensateurs secondaires Cs1 à Cs3, des secondes inductances résonnantes Llks1 à Llks3, et de préférence des secondes inductances magnétisantes (non représentées sur les figures). Le deuxième circuit résonnant est un circuit résonnant multiphasé. Les secondes inductances résonnantes Llks1 à Llks3 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 respectivement 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.

[0058] Selon un mode de réalisation, les secondes inductances résonnantes Llks1 à Llks3 (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.

- [0059] 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}.
- [0060] 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.
- [0061] 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, et est utilisé pour filtrer le bruit harmonique généré par le convertisseur de puissance pour se conformer aux exigences CEM.
- [0062] 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.
- [0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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 jeu 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.

[0066] 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 multiphase (par exemple un convertisseur buck entrelacé triphase), le nombre de phases dépendant de la puissance totale requise, 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.

- [0067] 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, et est utilisé pour filtrer le bruit harmonique généré par le convertisseur de puissance pour se conformer aux exigences EMC. 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.
- [0068] Comme le montrent les figures, le filtre CEM est un filtre à double étage. Selon une alternative, le filtre CEM peut être un filtre pi ou un filtre à un seul étage par exemple.
- [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 seconde 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 façon 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. La puissance totale peut être dimensionnée pour 7 kW pour le côté AC, et 11kW ou 22kW pour le côté DC, de sorte que la puissance totale est partagée entre la première batterie 34 et la seconde 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 convertisseur PFC 10 et la deuxième batterie 44. En d'autres termes, l'énergie électrique de la première batterie 34 est partagée entre le convertisseur PFC 10 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 secondaire LLC est ainsi modifiée pour réguler la tension au niveau du convertisseur 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 convertisseur PFC 10.
- [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 se-

condaire 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 multiphase B1 ne sont pas actifs. Pendant ce temps, les commutateurs REC_S1 à REC_S6 sont commandés en mode de commutation à tension nulle (ZVS). 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 DC-Link 11 du convertisseur PFC 10 doit être déconnecté pour éviter les oscillations de courant à l'intérieur des 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] Le système électrique 1 selon l'invention est un convertisseur OBC/DC-DC intégré pour EV ou HEV utilisant seulement un transformateur multiphase, et fournit les cinq modes de fonctionnement mentionnés ci-dessus 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.

[0096] Bien que les modes de réalisation aient été décrits en référence à un certain nombre de modes de réalisation illustratifs, il faut comprendre que de nombreuses autres modifications et modes de réalisation peuvent être conçus par les personnes compétentes dans l'art, qui resteront dans l'esprit et la portée des principes de cette divulgation.

Revendications

[Revendication 1]

Système électrique (1) d'un véhicule électrique ou d'un véhicule électrique hybride, le système électrique (1) étant connecté à un convertisseur (10) 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 transformateur (20) comprenant des enroulements primaires (P1, P2, P3), des premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) et des enroulements tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b ou T1, T2, T3) ; le transformateur (20) étant un transformateur multiphase ;
- un circuit primaire LLC (12) comprenant un premier pont en H multiphasé (B1) pour commander les enroulements primaires (P1, P2, P3) ; 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) 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 aux enroulements tertiaires du transformateur (20) et à la seconde batterie (44) de manière 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 2]

Système électrique (1) selon la revendication 1, comprenant un premier circuit résonnant qui comprend des condensateurs de résonance (Cr1, Cr2, Cr3), des premières inductances de magnétisation (Lm1, Lm2, Lm3), et des premières inductances résonnantes (Llkp1, Llkp2, Llkp3) couplées aux enroulements primaires (P1, P2, P3) du transformateur (20) ; les condensateurs de résonance (Cr1, Cr2, Cr3) étant connectés entre le premier pont en H multiphasé (B1) et les inductances résonnantes (Llkp1, Llkp2, Llkp3) ; les condensateurs de résonance (Cr1, Cr2, Cr3) et les inductances résonnantes (Llkp1, Llkp2, Llkp3) sont en série avec les enroulements primaires (P1, P2, P3) ; le premier circuit résonnant étant un circuit résonant multiphasé.

- [Revendication 3] Système électrique (1) selon la revendication précédente, dans lequel le circuit primaire LLC (12) comprend les condensateurs de résonance (Cr1, Cr2, Cr3) et les premières inductances résonnantes (Llkp1, Llkp2, Llkp3) du premier circuit résonnant.
- [Revendication 4] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un second circuit résonant qui comprend des condensateurs secondaires (Cs1, Cs2, Cs3), des secondes inductances magnétisantes, et des secondes inductances résonnantes (Llks1, Llks2, Llks3) respectivement en série avec l'un des premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) ; les condensateurs secondaires (Cs1, Cs2, Cs3) étant connectés entre les premiers enroulements secondaires (S1, S2, S3) et le second pont en H multiphasé (B2) ; le second circuit résonnant étant un circuit résonnant multiphasé.
- [Revendication 5] Système électrique (1) selon la revendication précédente, dans lequel la partie HVDC (30) comprend les condensateurs secondaires (Cs1, Cs2, Cs3) et les secondes inductances résonnantes (Llks1, Llks2, Llks3) ; le second circuit résonnant étant utilisé pour décharger la première batterie (34) pour charger le convertisseur PFC (10).
- [Revendication 6] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la partie LVDC (40) comprend un convertisseur buck (42) connecté à une sortie du redresseur (41) et configuré pour abaisser la tension de son entrée à sa sortie.
- [Revendication 7] Système électrique (1) selon la revendication précédente, dans lequel le convertisseur buck (42) est un convertisseur buck entrelacé multiphase, et comprend plusieurs commutateurs (BUCK_S1 à BUCK_S6) et inductances (Lb1, Lb2, Lb3) ; les inductances (Lb1, Lb2, Lb3) étant connectées entre les commutateurs du convertisseur buck (42) et une sortie du convertisseur buck (42).
- [Revendication 8] Système électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le redresseur (41) comprend plusieurs commutateurs (SR_S1 à SR_S6) formant plusieurs ensembles de commutateurs correspondant respectivement à l'un des enroulements tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b) du transformateur (20), dans lequel chacun des enroulements tertiaires est composé de deux enroulements auxiliaires ; et chacun des ensembles de commutateurs comprend deux commutateurs, dans lequel 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

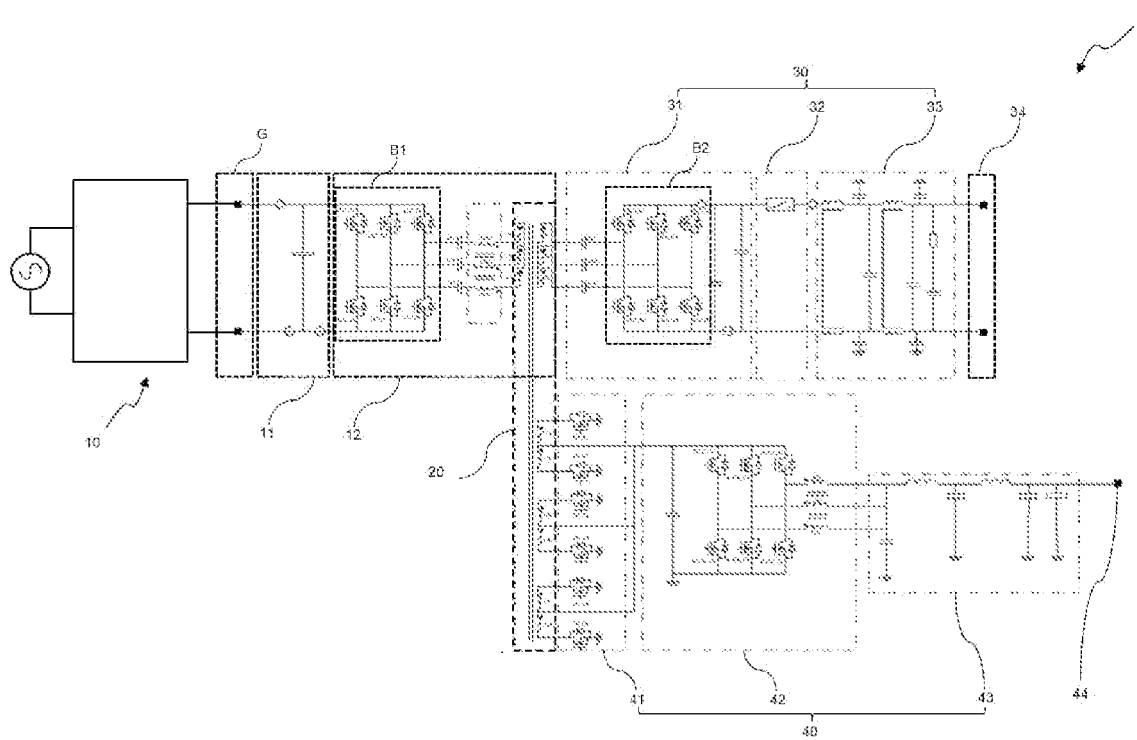
borne de l'enroulement tertiaire correspondant et le noeud dudit redresseur (41).

- [Revendication 9] Système électrique (1) selon la revendication précédente, dans lequel chacun des enroulements tertiaires (T1a-T1b, T2a-T2b, T3a-T3b) a un point médian, et tous les points médians sont connectés à une seconde borne de sortie du redresseur (41) ; une première borne de sortie du redresseur (41) étant connectée audit noeud du redresseur (41).
- [Revendication 10] Système électrique (1) selon l'une des revendications précédentes 1 à 7, dans lequel le redresseur (41) comprend plusieurs commutateurs (SR_S1 à SR_S6) formant plusieurs ensembles de commutateurs respectivement connectés à l'un des enroulements tertiaires (T1, T2, T3) du transformateur (20), dans lequel chacun des enroulements tertiaires est un enroulement unique.
- [Revendication 11] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 10, configuré de telle sorte que, dans un premier mode de fonctionnement, le système électrique (1) est utilisé comme un chargeur embarqué (OBC) pour charger la première batterie (34) à partir du convertisseur PFC (10), dans lequel le convertisseur buck (42) est désactivé.
- [Revendication 12] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 11, configuré de telle sorte que, dans un second mode de fonctionnement, le système électrique (1) est utilisé comme un OBC pour charger la première batterie (34) et, est simultanément utilisé comme un convertisseur DC-DC pour charger la seconde batterie (44), dans lequel les première et seconde batteries (34, 44) sont toutes deux chargées à partir du convertisseur PFC (20).
- [Revendication 13] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 12, configuré de telle sorte que, dans un troisième mode de fonctionnement, le système électrique (1) est utilisé pour décharger la première batterie (34) pour charger simultanément la deuxième batterie (44) et le convertisseur PFC (10), dans lequel le convertisseur buck (42) est désactivé.
- [Revendication 14] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 13, configuré de telle sorte que, dans un quatrième mode de fonctionnement, le système électrique (1) est utilisé comme un convertisseur DC-DC configuré pour décharger la première batterie (34) pour charger de manière autonome la deuxième batterie (44), dans lequel aucun courant n'est issu du convertisseur PFC, et le premier pont

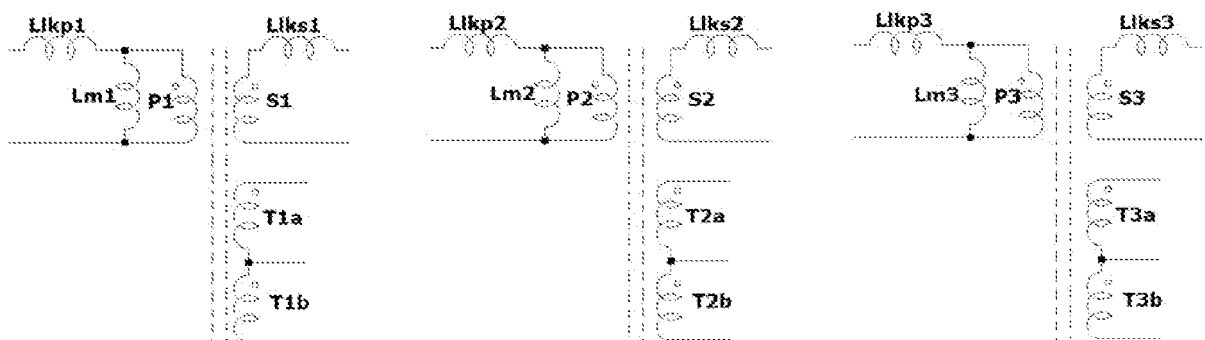
en H multiphasé (B1) est désactivé.

- [Revendication 15] Système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes 6 à 14, configuré de telle sorte que, dans un cinquième mode de fonctionnement, 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), dans lequel le système électrique (1) comprend un condensateur de liaison CC (11) connecté entre le convertisseur PFC (10) et le premier pont en H multiphasé (B1), le condensateur de liaison CC (11) étant déconnecté pour éviter les oscillations de courant.
- [Revendication 16] Système électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la première batterie (34) est une batterie haute tension ayant une tension nominale supérieure à 60V, et la deuxième batterie (44) est une batterie basse tension ayant une tension nominale inférieure ou égale à 60V.
- [Revendication 17] Véhicule électrique ou véhicule électrique hybride comprenant un système électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

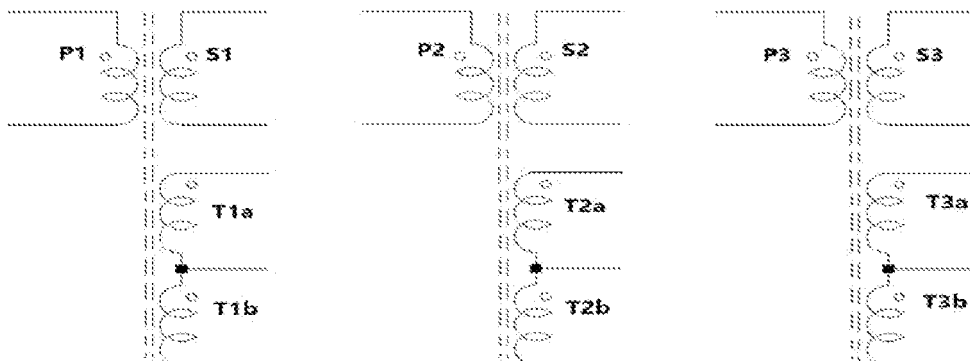
[Fig. 1]



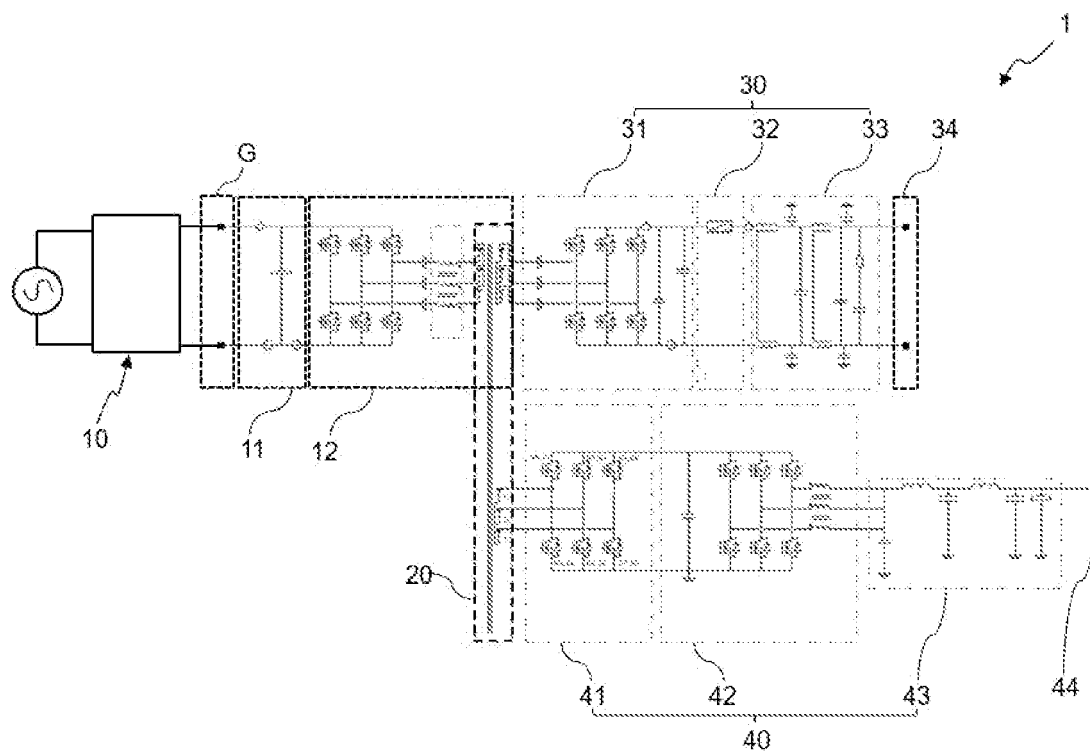
[Fig. 2]



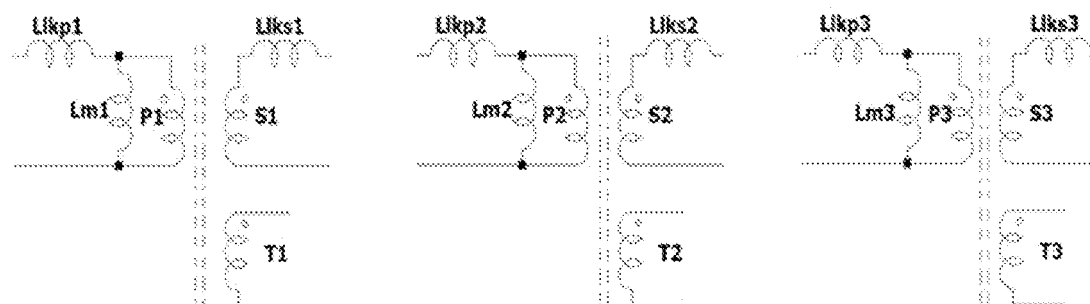
[Fig. 3]



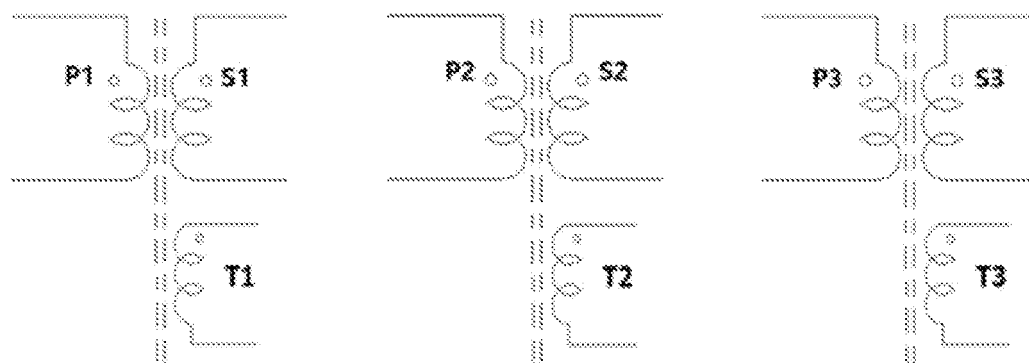
[Fig. 4]



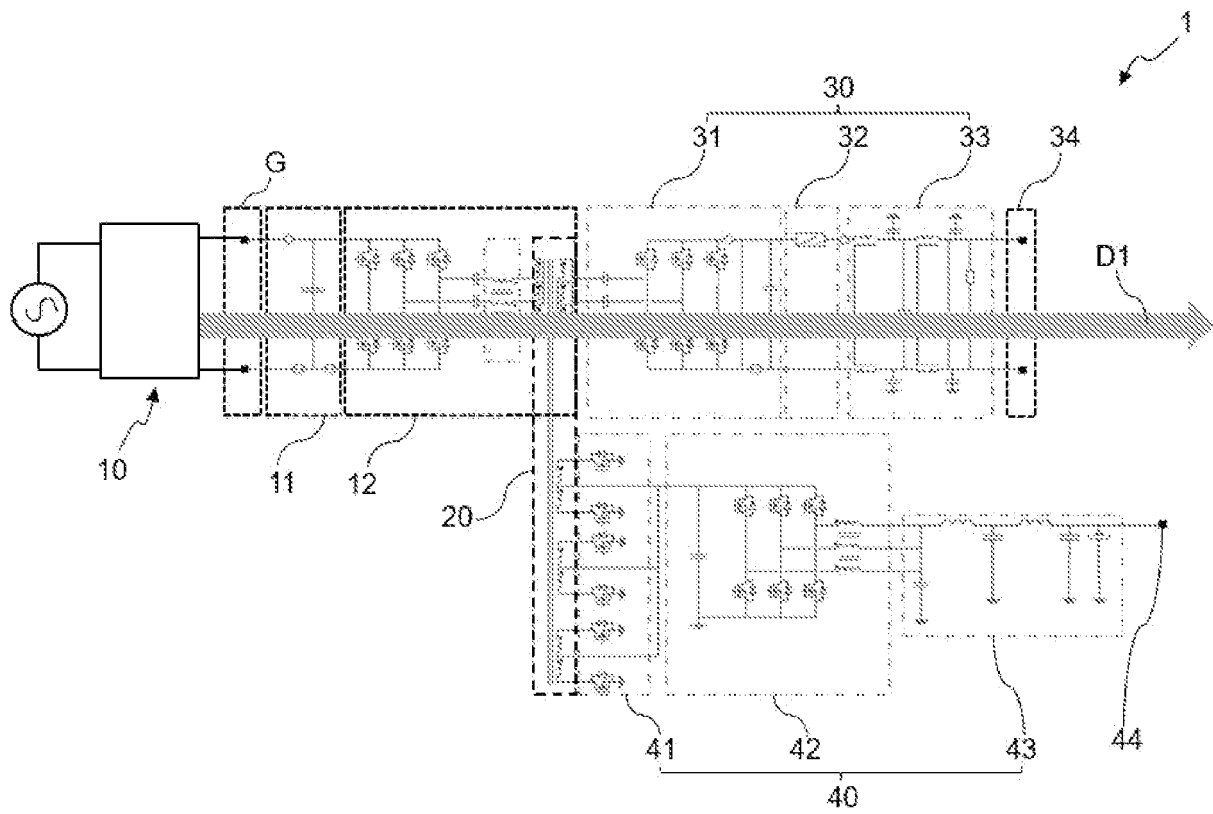
[Fig. 5]



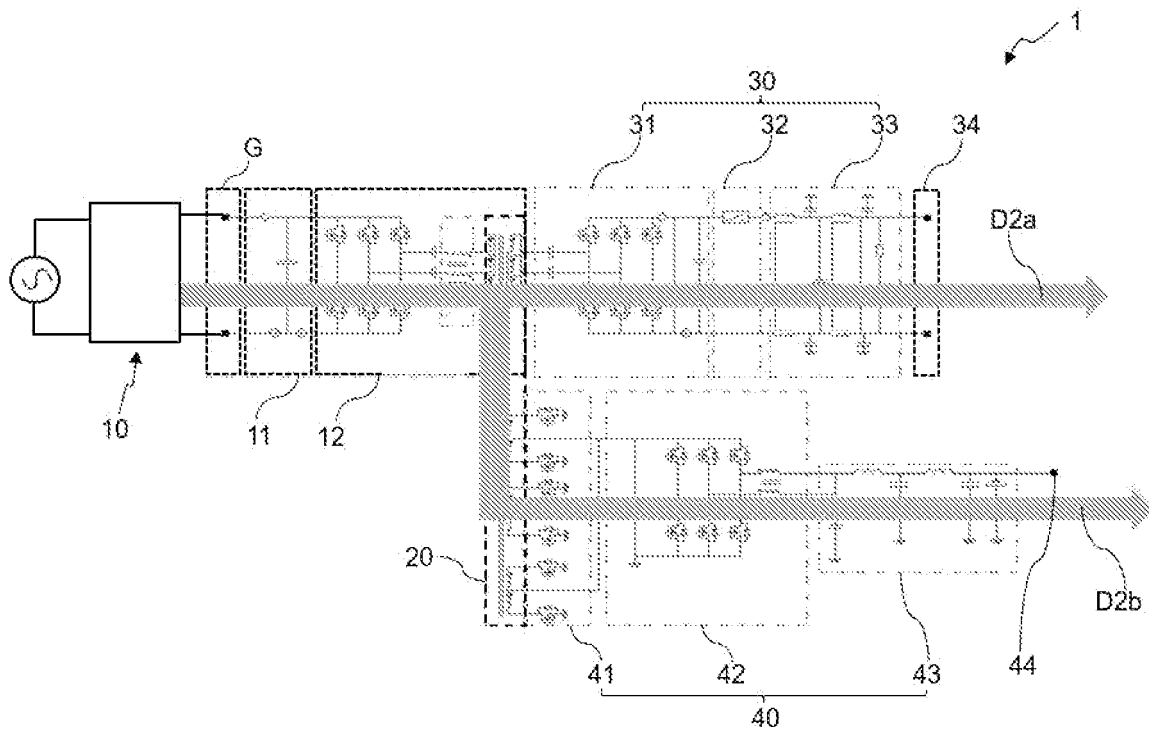
[Fig. 6]



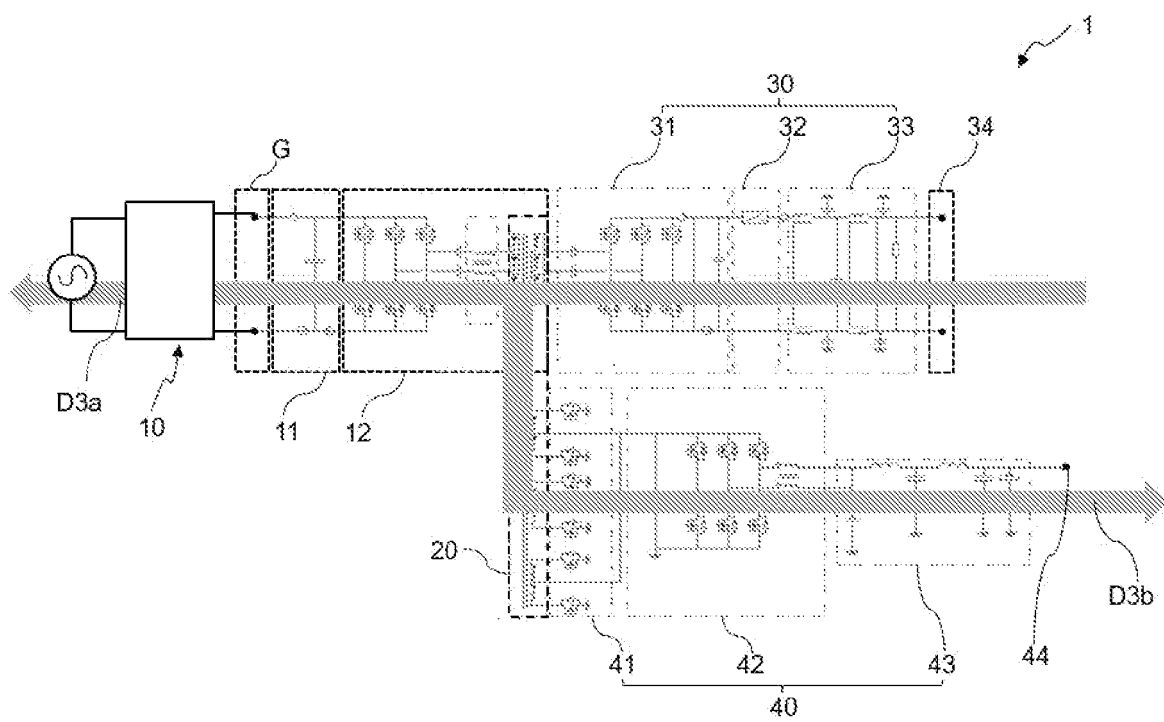
[Fig. 7]



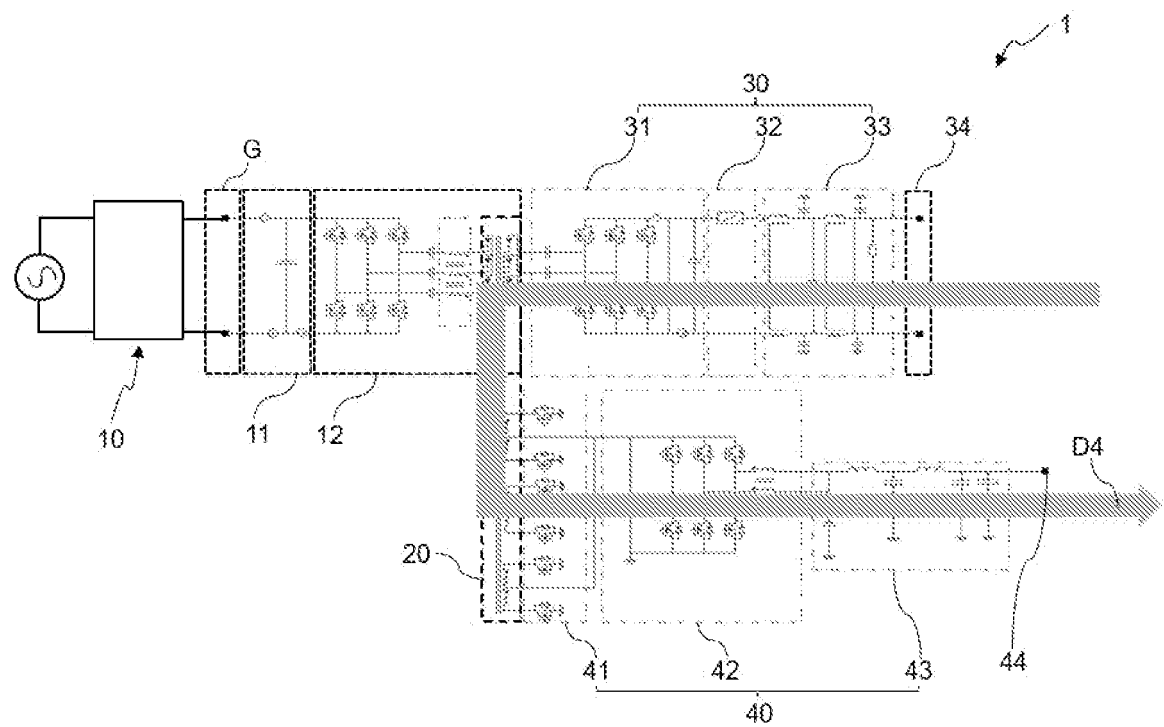
[Fig. 8]



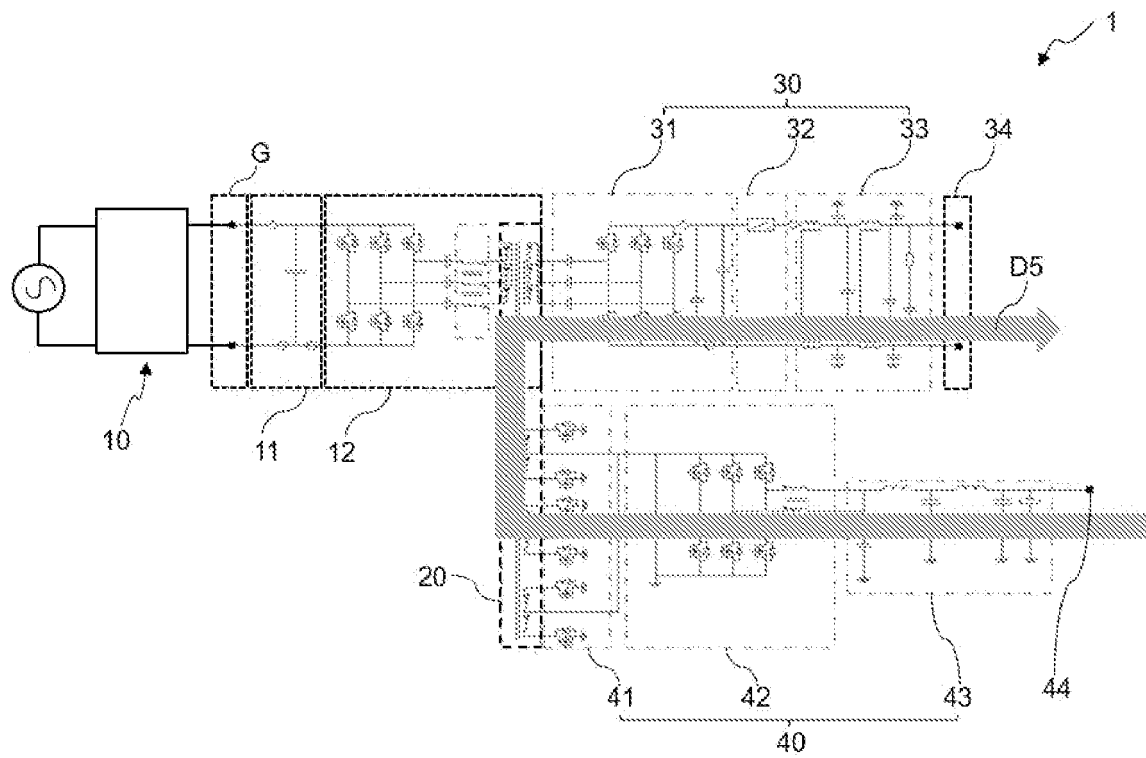
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement
national

FA 911861
FR 2210625

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	US 2021/155100 A1 (KHALIGH ALIREZA [US] ET AL) 27 mai 2021 (2021-05-27) * alinéa [0003]; figures 26,32 * -----	1-3, 10-17	H02J7/02 H02M1/10 H02M3/02 H02M3/22
X	US 2020/412237 A1 (DAI HEPING [US] ET AL) 31 décembre 2020 (2020-12-31) * le document en entier * -----	1-3, 6, 7, 10, 13-17	B60L53/22
X	FR 3 104 846 A1 (1 VALEO SIEMENS EAUTOMOTIVE FRANCE SAS [FR]) 18 juin 2021 (2021-06-18) * le document en entier * -----	1-9, 11-14, 16, 17	
X	US 2020/212816 A1 (SUN HAO [CN] ET AL) 2 juillet 2020 (2020-07-02) * le document en entier * -----	1-9, 11-14, 16, 17	
X	US 2022/286055 A1 (BARANWAL ROHIT [US] ET AL) 8 septembre 2022 (2022-09-08) * figures 2, 5 * -----	1, 16, 17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	WO 2021/247278 A1 (UNIV TENNESSEE RES FOUND [US]; HELLA CORP CENTER USA INC [US]) 9 décembre 2021 (2021-12-09) * figures 2, 3 * -----	1, 16, 17	H02J B60L H02M
X	CN 110 289 667 A (SUZHOU BOVO INNOVATION ENERGY TECH CO LTD) 27 septembre 2019 (2019-09-27) * figure 1 * -----	1, 16, 17	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 avril 2023		Tchegho Kamdem, A	
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 2210625 FA 911861**

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 **03-04-2023**
 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
US 2021155100 A1	27-05-2021	US 2021155100 A1 WO 2019199964 A1	27-05-2021 17-10-2019
US 2020412237 A1	31-12-2020	CN 113261191 A EP 3921931 A1 US 2020412237 A1 US 2022069700 A1 WO 2020096655 A1	13-08-2021 15-12-2021 31-12-2020 03-03-2022 14-05-2020
FR 3104846 A1	18-06-2021	AUCUN	
US 2020212816 A1	02-07-2020	CN 109703399 A EP 3675318 A1 US 2020212816 A1	03-05-2019 01-07-2020 02-07-2020
US 2022286055 A1	08-09-2022	EP 4008051 A1 US 2022286055 A1 WO 2021023398 A1	08-06-2022 08-09-2022 11-02-2021
WO 2021247278 A1	09-12-2021	CN 115668728 A EP 4158767 A1 WO 2021247278 A1	31-01-2023 05-04-2023 09-12-2021
CN 110289667 A	27-09-2019	AUCUN	