

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

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

3 139 419

②① N° d'enregistrement national : **22 08861**

⑤① Int Cl⁸ : **H 02 J 7/00** (2022.01), H 02 J 7/34, H 01 M 10/44

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ MODULE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AYANT DES MOYENS DE CONVERSION DE PUISSANCE INTÉGRÉS ET STOCKEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE L'INCORPORANT.

②② Date de dépôt : 05.09.22.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par actions simplifiée (SAS) — FR, CENTRALE SUPELEC Etablissement public FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public FR, CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS Etablissement public FR, CY CERGY PARIS UNIVERSITE Etablissement public FR, E.N.S PARIS-SACLAY Etablissement public FR, SAFT SAS FR, SORBONNE UNIVERSITE Etablissement public FR et UNIVERSITE PARIS-SACLAY Etablissement public — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.03.24 Bulletin 24/10.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 23.08.24 Bulletin 24/34.

⑦② Inventeur(s) : ROY FRANCIS, BOULAY MARC, PEUCHANT Thomas, NARBONNE Alexandre, HERPE David, LABROUSSE Denis et LABOURE Eric.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦③ Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par actions simplifiée, CENTRALE SUPELEC (EP), CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (EP), CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS (EP), CY CERGY PARIS UNIVERSITE (EP), E.N.S PARIS-SACLAY (EP), SAFT SAS, SORBONNE UNIVERSITE (EP), UNIVERSITE PARIS-SACLAY (EP).

⑦④ Mandataire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par actions simplifiée.

FR 3 139 419 - B1



Description

Titre de l'invention : MODULE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AYANT DES MOYENS DE CONVERSION DE PUISSANCE INTÉGRÉS ET STOCKEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE L'INCORPORANT

- [0001] L'invention concerne de manière générale le stockage de l'énergie électrique et la conversion électrique de puissance, notamment dans des applications mobiles, tels que véhicules, équipées d'une chaîne de traction électrifiée ou des applications stationnaires de stockage et de conversion d'énergie. Plus particulièrement, l'invention se rapporte à un module de stockage d'énergie électrique ayant des moyens de conversion de puissance intégrés. L'invention concerne aussi un stockeur d'énergie électrique formé par l'association de plusieurs modules de stockage d'énergie électrique et apte à être connecté directement à différents types de réseaux électriques présents dans un véhicule électrifié, comme un véhicule hybride ou tout électrique, ou dans un micro-réseau électrique comprenant la production, le stockage et la distribution d'énergie électrique.
- [0002] De manière générale, dans un stockeur d'énergie électrique, par exemple de type Lithium-Ion, dit « Li-ion », une pluralité de cellules de stockage d'énergie élémentaires sont interconnectées en série de façon à obtenir une tension nominale voulue. Pour atteindre le niveau de capacité requis, les cellules peuvent aussi être doublées, triplées ou plus, par une mise en parallèle de celles-ci.
- [0003] Ainsi, par exemple, des constructeurs automobiles ont retenu de regrouper les cellules Li-ion en modules avec des couplages électriques dits « 1p12s » et « 2p6s », correspondant respectivement à douze cellules en série et à six paquets en série de deux cellules en parallèle par paquet. Le stockeur d'énergie électrique obtenu avec le type d'agencement susmentionné délivre un courant continu sur le réseau de bord de puissance du véhicule, typiquement en 450V voire en 800V. Des moyens électroniques de conversion de puissance sont prévus pour convertir le courant continu en courant alternatif, pour abaisser la tension ou autres, en fonction du besoin d'autres réseaux de bord du véhicule ou d'actionneurs à alimenter.
- [0004] Dans le domaine des applications stationnaires, les cellules Li-ion sont couplées électriquement au sein d'un module. Plusieurs modules sont assemblés en série afin de délivrer une tension continue pouvant atteindre 1500V. Des moyens de conversion de puissance permettent de délivrer une tension alternative afin d'échanger de l'énergie avec le réseau de distribution, via un transformateur de tension intermédiaire si nécessaire.

- [0005] L'architecture décrite ci-dessus du stockeur d'énergie électrique est celle qui est retenue à ce jour pour les applications de mobilité électriques, ainsi que les applications stationnaires. Elle présente notamment les inconvénients suivants :
- [0006] 1) Une tension élevée est présente à l'intérieur du stockeur d'énergie électrique. Les interventions de démontage/ouverture du stockeur requièrent des habilitations spécifiques et l'utilisation d'équipements de protection individuels et collectifs, ce qui empêche, dans le domaine de la mobilité grand public, la réalisation de ces opérations dans un grand nombre de garages automobiles.
- [0007] 2) Le stockeur d'énergie électrique fonctionne en courant continu, ce qui implique le besoin de moyens électroniques de conversion de puissance pour adapter la tension et le courant aux besoins des consommateurs électriques (actionneurs, réseaux de bord du véhicule électrique, fonctions auxiliaires d'une batterie stationnaire).
- [0008] 3) Les cellules Li-ion du stockeur d'énergie électrique sont sollicitées de manière identique, à tout instant. Il en résulte qu'il n'est pas intéressant d'inclure dans le stockeur des cellules ayant des capacités différentes, des états de santé différents ou des puissances délivrées différentes.
- [0009] 4) L'énergie utilisable restante d'un stockeur, qui se traduit dans le cas de l'application mobilité par l'autonomie restante calculée du véhicule, est déterminée par la cellule Li-ion ayant la plus faible charge du stockeur d'énergie électrique. Il en résulte une autonomie restante affichée qui peut être sensiblement inférieure à l'énergie réelle restante dans le stockeur.
- [0010] La demanderesse a divulgué dans ses demandes de brevet WO2018154206A1 et WO2018193173A1 un stockeur d'énergie électrique comprenant un onduleur mult niveau distribué. Dans cette architecture, des groupes de cellules de stockage d'énergie électrique sont associés respectivement à des modules de conversion. Ce stockeur d'énergie électrique peut fournir différents types de tensions et supporte différents systèmes de recharge.
- [0011] L'invention vise à apporter une solution aux inconvénients exposés ci-dessus de l'état de la technique en fournissant un stockeur d'énergie électrique formé par l'association de plusieurs modules de stockage d'énergie électrique et de moyens de conversion de puissance distribuée, et étant apte à être connecté directement à différents types de réseaux électriques présents dans un véhicule électrifié, comme un véhicule hybride ou tout électrique, ou dans un micro-réseau électrique intégrant un stockeur d'énergie électrique.
- [0012] Selon un premier aspect, l'invention concerne un module de stockage d'énergie électrique comprenant une pluralité de cellules de stockage élémentaires. Conformément à l'invention, le module comprend au moins une unité de cellules incluant plusieurs dites cellules de stockage élémentaires connectées en série et des

moyens intégrés de commutation de puissance dédiés délivrant, entre deux bornes de sortie de puissance de l'unité de cellules, une tension continue positive, une tension continue négative, une tension nulle ou un état de haute impédance, en fonction d'une commande reçue par l'unité de cellules.

- [0013] Selon une caractéristique particulière, le module de stockage d'énergie électrique comprend des moyens intégrés de refroidissement des cellules de stockage élémentaires et de refroidissement des moyens intégrés de commutation de puissance dédiés.
- [0014] Selon une autre caractéristique particulière, les moyens intégrés de commutation de puissance dédiés comprennent des moyens de commutation de puissance et des moyens de supervision, les moyens de commutation de puissance ayant la forme d'un pont de commutation de puissance en « H » et étant implantés au niveau d'une face latérale de l'unité de cellules.
- [0015] Selon encore une autre caractéristique particulière, les moyens de commutation de puissance sont réalisés sous la forme d'une carte électronique de commutation de puissance ou d'un module de puissance dit « power module ».
- [0016] Selon encore une autre caractéristique particulière, les moyens de commutation de puissance comprennent des transistors de puissance de type « MOSFET », « HEMT » ou « SiC ».
- [0017] Selon encore une autre caractéristique particulière, l'unité de cellules comprend six cellules de stockage élémentaires qui sont de type « Li-ion ».
- [0018] Selon encore une autre caractéristique particulière, le module de stockage d'énergie électrique comprend au moins deux unités de cellules, ces unités de cellules étant déconnectées ou connectées en série par leurs bornes de sortie de puissance.
- [0019] L'invention concerne aussi un stockeur d'énergie électrique comprenant une pluralité de modules de stockage d'énergie électrique tels que décrits brièvement ci-dessus, dans lequel les modules sont organisés en au moins un ensemble de modules, les modules de l'ensemble étant alignés en au moins une rangée, les unités de cellules comprises dans les modules alignés étant connectées en série par leurs bornes de sortie de puissance entre des première et deuxième lignes conductrices associées à l'ensemble de modules et étant reliées à un circuit de refroidissement, et chaque unité de cellules étant pilotée indépendamment via ses moyens de supervision. Selon une forme de réalisation particulière apte à fonctionner en courant alternatif triphasé, le stockeur d'énergie électrique comprend trois ensembles de modules comme décrits ci-dessus auxquels sont associées trois lignes conductrices de courant respectives et une ligne conductrice commune de neutre.
- [0020] L'invention concerne aussi un dispositif électrique stationnaire ou mobile comprenant un stockeur d'énergie électrique comme décrit ci-dessus. Selon une forme

de réalisation particulière, le dispositif électrique de l'invention est un réseau électrique ou micro-réseau électrique intégrant la production, le stockage et/ou la distribution d'énergie électrique.

- [0021] D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-dessous de plusieurs formes de réalisation particulières de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0022] [Fig.1] La [Fig.1] est un dessin simplifié en perspective d'une première forme de réalisation d'un module de stockage d'énergie électrique selon l'invention.
- [0023] [Fig.2] La [Fig.2] est un dessin montrant en vue de dessus l'architecture de principe d'un premier stockeur d'énergie électrique réalisé en associant une pluralité de modules de la [Fig.1].
- [0024] [Fig.3] La [Fig.3] est schéma électrique de principe d'une unité de cellules comprise dans le module de stockage d'énergie électrique de la [Fig.1].
- [0025] [Fig.4] La [Fig.4] est un dessin simplifié en perspective d'une deuxième forme de réalisation d'un module de stockage d'énergie électrique selon l'invention.
- [0026] [Fig.5] La [Fig.5] est un dessin montrant en vue de dessus l'architecture de principe d'un deuxième stockeur d'énergie électrique réalisé en associant une pluralité de modules de la [Fig.4].
- [0027] En référence aux Figs.1 à 5, il est décrit ci-dessous deux formes de réalisation particulières ST1 et ST2 d'un stockeur d'énergie électrique selon l'invention. De manière générale, on notera que le référentiel spatial considéré dans la présente demande de brevet pour les stockeurs d'énergie électrique ST1 et ST2 est le repère spatial orthogonal XYZ montré aux Figs.1 et 2 et aux Figs.4 et 5. Dans ce repère spatial orthogonal XYZ, les axes X, Y et Z correspondent respectivement à un axe horizontal longitudinal, un axe horizontal transversal et un axe vertical. Les stockeurs d'énergie électrique ST1 et ST2 dont l'agencement général est montré aux Figs.2 et 5, respectivement, sont considérés comme étant posés sur un plan horizontal XY.
- [0028] Dans ces exemples de réalisation, les stockeurs d'énergie électrique ST1 et ST2 sont de type Li-ion et comprennent chacun plusieurs ensembles de modules associés à des lignes de courant. Les ensembles de modules comprennent chacun plusieurs modules montés en série qui sont activés ou désactivés en fonction des besoins des consommateurs en courant/tension. Les consommateurs sont ici par exemple une machine électrique tournante de traction alimentée en courant alternatif ou un bus d'alimentation en courant continu d'un véhicule électrique. Dans le cas de l'alimentation d'une machine électrique tournante, chaque ensemble de module du stockeur fournit, sur la ligne de courant associée, le courant alternatif nécessaire à l'alimentation d'une des phases de la machine électrique tournante.
- [0029] Dans l'exemple d'une application de réseau électrique, le stockeur est par exemple

connecté à un réseau électrique triphasé et échange de l'énergie de façon bidirectionnelle. Le stockeur peut également être connecté à une chaîne de panneaux photovoltaïques et procurer un bus de tension continue.

- [0030] En référence plus particulièrement aux Figs.2 et 4, le stockeur d'énergie électrique ST1 (ST2) comprend trois ensembles de modules de cellules de stockage d'énergie électrique EM1-1 à EM1-3 (EM2-1 à EM2-3) reliés respectivement à trois lignes conductrices de courant L1 à L3, ainsi qu'à une ligne conductrice commune de neutre LN et un circuit de refroidissement CRF. Les ensembles EM1-1, EM1-2 et EM1-3 (EM2-1, EM2-2 et EM2-3) comprennent chacun huit modules, à savoir, M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28 et M1-31 à M1-38 (M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28 et M2-31 à M2-38), respectivement. Ainsi, le stockeur d'énergie électrique ST1 (ST2, est apte à alimenter une machine électrique tournante triphasée ou à être relié à un réseau électrique via les trois lignes de courant L1 à L3 et la ligne de neutre N.
- [0031] En référence plus particulièrement aux [Fig.1] et 3, il est décrit maintenant de manière détaillée l'architecture générale d'un module de cellules quelconque M1-ln parmi les vingt-quatre modules du stockeur d'énergie électrique ST1, avec l variant de 1 à 3 et n variant de 1 à 8 qui représentent respectivement l'ensemble de modules auquel appartient le module considéré et un ordre occupé par celui-ci dans son ensemble de modules.
- [0032] En référence à la [Fig.1], dans cette forme de réalisation, le module M1-ln comprend deux unités de cellules U1-1 et U1-2 ayant une architecture identique. L'unité de cellules U1-1 comprend essentiellement six cellules de stockage d'énergie électrique C1 à C6, une carte électronique de commutation de puissance P1 et une carte électronique de supervision S1. L'unité de cellules U1-2 comprend essentiellement six cellules de stockage d'énergie électrique C7 à C12, une carte électronique de commutation de puissance P2 et une carte électronique de supervision S2.
- [0033] En référence à la [Fig.3], dans l'unité de cellules U1-1 (U1-2), les cellules C1 à C6 (C7 à C12) sont connectées électriquement en série. La carte électronique de commutation de puissance P1 (P2) est un pont de commutation en « H » comprenant quatre interrupteurs électroniques SW1 à SW4, par exemple des transistors de type « MOSFET », « HEMT » ou « SiC ». La carte électronique de supervision S1 (S2) est une unité électronique de commande reliée typiquement à un bus de communication de données BD du stockeur d'énergie électrique ST1. A travers le bus de communication de données BD, les cartes de supervision S1, S2, de l'ensemble des modules sont en communication de données avec un calculateur (non représenté) chargé de la supervision générale du stockeur d'énergie électrique ST1 et relié à un bus de communication de données (non représenté) du véhicule, typiquement un bus de type « CAN ». La carte électronique de supervision S1 (S2) génère des commandes de com-

mutation CD1 à CD4 destinées aux interrupteurs électroniques SW1 à SW4 en fonction d'instructions reçues via le bus de communication de données BD. La carte électronique de supervision S1 (S2) assure également des fonctions de diagnostic et de surveillance de chacune des cellules C1 à C6 (C7 à C12). La carte électronique de supervision S1 (S2) surveille les cellules C1 à C6 (C7 à C12) vis-à-vis de leurs états de charge, dit « SOC », leurs états de santé, dit « SOH », et de la température. Pour ne pas complexifier les Figs.1 et 3, les connexions électriques entre la carte électronique de supervision S1 (S2) et les cellules C1 à C6 (C7 à C12), pour obtenir des mesures de tension aux bornes des cellules et de courant entrant/sortant, ne sont pas représentées dans ces figures.

- [0034] En fonction d'une instruction reçue par la carte électronique de supervision S1 (S2) et de laquelle sont déduites les commandes de commutation CD1 à CD4, l'unité de cellules U1-1 (U1-2) fournit une sortie OUT, entre des bornes de sortie B1 et B2, qui est une tension +VC, une tension -VC, une tension nulle 0V ou un état de haute impédance HI.
- [0035] La tension VC est ici sensiblement égale à $VC = 6.V_c$, V_c étant la tension entre bornes des cellules, qui dépend essentiellement des états « SOC », « SOH » et de la température. Dans cette forme de réalisation, le choix de connecter en série six cellules Li-ion pour former l'unité de cellules U1-1 (U1-2) permet d'obtenir une tension VC de l'ordre de 24V en tant que différence de potentiel maximum entre les bornes de sortie B1 et B2. La tension $VC = 24V$ environ, obtenue ici avec une unité de six cellules en série, est un bon compromis pour une application automobile, sur des considérations de génération d'harmoniques et de coût. La tension $VC = 24V$ représente un saut de tension acceptable vis-à-vis de la génération d'harmoniques pour les ondes de courant délivrées en sortie par le stockeur d'énergie électrique ST1. Bien entendu, le nombre de six cellules par unité est traité ici à titre d'exemple, est n'est pas limitatif. Le nombre de cellules par unité dépendra essentiellement de l'application. Dans les applications automobiles, douze cellules par unité est également acceptable pour une intégration dans un véhicule, avec une tension $VC = 48V$ environ qui reste sensiblement inférieure à la très basse tension continue de 60V dans un véhicule électrique, au prix cependant d'une dégradation de la qualité des ondes de courant qui peut complexifier le pilotage de la machine électrique tournante de traction. C'est également acceptable pour une application de réseau électrique, avec un filtrage supplémentaire en sortie de stockeur pour limiter les harmoniques en tension.
- [0036] L'état de haute impédance HI est procuré par l'état bloqué de l'ensemble des transistors MOSFET des interrupteurs électroniques SW1 à SW4, par une commande adéquate des électrodes de grille de ceux-ci. Dans l'état de haute impédance HI, les interrupteurs électroniques SW1 à SW4 sont tous ouverts électriquement et les bornes de

sortie B1 et B2 sont alors isolées électriquement des cellules C1 à C6 (C7 à C12). En plaçant les unités de cellules du stockeur d'énergie électrique ST1 dans l'état de haute impédance HI, l'invention garantit la non exposition au risque électrique d'une personne ayant à ouvrir le stockeur pour une opération de maintenance.

[0037] Comme visible à la [Fig.1], l'unité de cellules U1-1 (U1-2) est agencée spatialement dans un volume globalement parallélépipédique. Les cellules C1 à C6 (C7 à C12) formant l'unité de cellules U1-1 (U1-2) sont ici typiquement de type dit « prismatique » et ont une forme extérieure générale de parallélépipède plat. Ainsi, les cellules C1 à C6 (C7 à C12) ont deux faces parallèles alignées dans le plan YZ, deux bords parallèles alignés dans le plan XY et deux autres bords parallèles alignés dans le plan XZ. Les cellules C1 à C6 (C7 à C12) sont juxtaposées l'une contre l'autre par des faces respectives et forment un empilement selon l'axe X.

[0038] Dans le module M1-In, comme visible à la [Fig.1], les unités de cellules U1-1 et U1-2 sont juxtaposées l'une contre l'autre par des premières faces d'extrémité qui sont celles des cellules C6 et C7. Le module M1-In comporte ainsi un empilement de douze cellules C1 à C12 selon l'axe X. Les cellules C1 à C12 sont posées sur une plaque formant base SBR, dans le plan XY, ayant une fonction de support et une fonction de refroidissement. Les cellules C1 à C12 sont maintenues serrées l'une contre l'autre par des moyens d'assemblage mécanique PA1, PA2, PA3 et PA4 sous la forme par exemple de plaques d'assemblage transversales PA1, PA2, et de plaques d'assemblage longitudinales PA3, PA4. Les plaques d'assemblage transversales PA1 et PA2 s'étendent dans des plans YZ et sont disposées contre des deuxième faces d'extrémité des unités de cellules U1-1 et U1-2 qui sont celles des cellules C1 et C12. Les plaques d'assemblage longitudinales PA3 et PA4, dont seule PA3 est visible à la [Fig.1], s'étendent dans des plans XZ et supportent des moyens de serrage (non représentés) provoquant lors du serrage un rapprochement des plaques d'assemblage transversales PA1, PA2, selon l'axe X. Les cellules C1 à C12 sont ainsi serrées en sandwich et maintenues fixes entre les plaques d'assemblage transversales PA1, PA2. L'enveloppe extérieure des cellules de type prismatique est très résistante et est adaptée pour supporter la pression de serrage.

[0039] Pour l'unité de cellules U1-1, la carte électronique de commutation de puissance P1 est montée au niveau de sa deuxième face d'extrémité, correspondant à la cellule C1, dans un plan YZ. Une plaque de refroidissement SR1 est juxtaposée en sandwich entre la plaque d'assemblage transversale PA1 et la carte électronique de commutation de puissance P1. La carte électronique de supervision S1 est montée sur la partie supérieure de l'unité de cellules U1-1, à proximité des bornes de connexion des cellules C1 à C6.

[0040] Pour l'unité de cellules U1-2, de manière analogue à l'unité de cellules U1-1, la carte

électronique de commutation de puissance P2 est montée au niveau de sa deuxième face d'extrémité, correspondant à la cellule C12, dans un plan YZ. Une plaque de refroidissement SR2 est juxtaposée en sandwich entre la plaque d'assemblage transversale PA2 et la carte électronique de commutation de puissance P2. La carte électronique de supervision S2 est montée sur la partie supérieure de l'unité de cellules U1-2, à proximité des bornes de connexion des cellules C7 à C12.

- [0041] Le refroidissement du module M1-In est obtenu ici au moyen des plaques susmentionnées SBR, SR1 et SR2. Ces plaques sont faites typiquement en aluminium ou cuivre, pour obtenir une conduction thermique satisfaisante, et pourront prendre différentes configurations en fonction de l'application. Ainsi, elles pourront être de structure massive pour conduire la chaleur vers une source froide et/ou comprendre un circuit de refroidissement par liquide caloporteur. Par exemple, la source froide pourra être formée par la plaque de refroidissement SBR intégrant un circuit de refroidissement par liquide caloporteur, les plaques de refroidissement SR1 et SR2 étant alors massives et convoyant la chaleur vers la plaque SBR. Bien entendu, dans d'autres formes de réalisation, la source froide pourra aussi être formée par la plaque de refroidissement SR1 et/ou SR2.
- [0042] Dans une variante de réalisation, les plaques SR1 et SR2 pourront être supprimées et leurs fonctions de refroidissement seront alors assurées par les plaques d'assemblage transversales PA1, PA2. Ces plaques PA1, PA2, seront alors modifiées pour offrir un bon couplage thermique avec la plaque SBR en tant que source froide.
- [0043] Dans le cas d'une forme de réalisation avec un refroidissement immersif dans un fluide diélectrique, le module M1-In comprendra typiquement au moins une plaque de refroidissement ayant des ailettes, ou ayant une tout autre géométrie conçue pour favoriser les échanges thermiques. La position et la géométrie de la plaque de refroidissement seront alors choisies pour favoriser l'écoulement du fluide diélectrique, qu'il soit statique, en flux conduit ou délivré localement, par exemple, sous forme de spray ou de goutte à goutte.
- [0044] Dans une autre variante de réalisation, la carte électronique de commutation de puissance P1 (P2) pourra prendre la forme d'un module de puissance, dit « power module » en anglais. L'enveloppe extérieure d'un module de puissance étant habituellement très résistante mécaniquement, le module de puissance P1 (P2) pourra remplir la fonction de la plaque d'assemblage transversale PA1 (PA2), éliminant ainsi la nécessité de cette dernière.
- [0045] En référence de nouveau à la [Fig.2], il est maintenant décrit l'agencement général des modules M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28 et M1-31 à M1-38 du stockeur ST1 dans leurs ensembles de modules respectifs EM1-1, EM1-2 et EM1-3, et le raccordement de leurs unités de cellules U1-1, U1-2, aux lignes de courant L1 à L3, de

neutre LN et au circuit de refroidissement CRF.

[0046] Dans l'ensemble de modules EM1-1 (EM1-2 ou EM1-3), les huit modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38) sont juxtaposés en une seule rangée par leurs grandes faces latérales parallèles au plan XZ, en étant alignées selon l'axe Y. Les conducteurs électriques de connexion et les conduites de refroidissement pour le raccordement des modules sont agencés de part et d'autre de la rangée de modules. Les unités U1-1 et U1-2 des modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38) sont reliées électriquement en série entre la ligne de courant L1 (L2 ou L3) et la ligne de neutre LN. Ainsi, les unités U1-1 alignées sur un premier côté de la rangée sont reliées en série par les bornes de sortie B1, B2, de leurs cartes de commutation de puissance P1 qui sont situées sur des premières petites faces latérales parallèles au plan YZ (cf. [Fig.1]) des modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38). Les unités U1-2 alignées elles sur un deuxième côté de la rangée sont de même reliées en série par les bornes de sortie B1, B2, de leurs cartes de commutation de puissance P2 qui sont situées sur des deuxièmes petites faces latérales parallèles au plan YZ (cf. [Fig.1]) des modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38). Les unités U1-1 et U1-2 du premier module M1-11 (M1-21 ou M1-31) de la rangée sont reliées par les bornes de sortie B1, B2, de leurs cartes de commutation de puissance P1 et P2 à la ligne de courant L1 (L2 ou L3) et à la ligne de neutre LN, respectivement. Les unités U1-1 et U1-2 du dernier module M1-18 (M1-28 ou M1-38) de la rangée sont reliées en série par les bornes de sortie B1, B2, de leurs cartes de commutation de puissance P1 et P2.

[0047] De par son architecture, il est clair pour l'homme du métier que le stockeur d'énergie électrique selon l'invention permet la génération de n'importe quel type de forme d'onde, notamment une onde sinusoïdale, sur chacune de ses lignes de courant, grâce au pilotage individuel des unités de cellules. Par ailleurs, la possibilité de piloter individuellement les unités de cellules autorise la mise en place d'une stratégie d'équilibrage dynamique de celles-ci.

[0048] Concernant le circuit de refroidissement CRF, des conduites de refroidissement CF1 (CF2 ou CF3), dans lesquelles circule un fluide caloporteur FC, sont situées de part et d'autre de la rangée des modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38). Les moyens de refroidissement des modules M1-11 à M1-18 (M1-21 à M1-28 ou M1-31 à M1-38), tels que les plaques SBR, SR1 et SR2 susmentionnées (cf. [Fig.1]), sont raccordés aux conduites de refroidissement CF1 (CF2 ou CF3) pour la circulation du fluide caloporteur FC assurant l'évacuation des calories vers un échangeur thermique (non représenté).

[0049] En référence maintenant plus particulièrement aux Figs.4 et 5, il est décrit ci-dessous l'architecture générale d'un module de cellules quelconque M2-In parmi les vingt-

quatre modules du stockeur d'énergie électrique ST2, avec, comme pour le module M1-ln décrit plus haut, l variant de 1 à 3 et n variant de 1 à 8 qui représentent respectivement l'ensemble de modules à laquelle appartient le module considéré et l'ordre occupé par celui-ci dans son ensemble de modules.

- [0050] Comme visible à la [Fig.4], le module M2-ln se distingue du module M1-ln essentiellement par la disposition spatiale des cartes de commutation de puissance P1 et P2 dans les unités de cellules respectives U2-1 et U2-2 du module M2-ln, ainsi que par l'agencement des moyens de refroidissement.
- [0051] Les cartes de commutation de puissance P1 et P2 sont montées sur la plaque d'assemblage longitudinale PA3 située au niveau d'une première grande face longitudinale, parallèle au plan XZ, du module M2-ln. Les cartes de commutation de puissance P1 et P2 sont placées en regard des cellules C1 à C6 et C7 à C12 des unités U2-1 et U2-2, respectivement. Une plaque de refroidissement SR3 contre laquelle viennent en appui les cartes de commutation de puissance P1 et P2 est intercalée entre celles-ci et la plaque d'assemblage longitudinale PA3. La plaque de refroidissement SR3 permet d'assurer ici le refroidissement des deux cartes de commutation de puissance P1, P2. En variante, la plaque de refroidissement SR3 n'est pas intercalée entre la plaque d'assemblage longitudinale PA3 et les cartes P1, P2, mais recouvrent les cartes P1, P2. En autre variante, deux plaques de refroidissement situées de part et d'autre des cartes de commutation de puissance P1, P2, peuvent être prévues.
- [0052] A la différence du module M1-ln dans lequel les cartes P1, P2, des unités U1-1, U1-2, sont déconnectées électriquement au niveau de leurs bornes de sortie B1, B2 à l'intérieur du module, les cartes P1, P2, du module M2-ln sont pré-connectées électriquement en série par un conducteur LS entre leurs bornes de sortie B1, B2, par exemple, par soudure ou vissage.
- [0053] Dans cette forme de réalisation, l'intégration dans le module M2-ln des cartes de commutation de puissance P1, P2, comme décrit ci-dessus permet de minimiser la longueur des conducteurs de ligne, réduisant ainsi des inductances à l'origine de surtensions. Il est ainsi possible de diminuer la capacité de condensateurs de filtrage et de découplage implantés dans les cartes P1, P2, destinés à limiter ces surtensions.
- [0054] En référence à la [Fig.5], il est maintenant décrit l'agencement général des modules M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28 et M2-31 à M2-38 du stockeur ST2 dans leurs ensembles de modules respectifs EM2-1, EM2-2 et EM2-3, et le raccordement de leurs unités de cellules U2-1, U2-2, aux lignes de courant L1 à L3, de neutre LN et au circuit de refroidissement CRF.
- [0055] Dans l'ensemble de modules EM2-1 (EM2-2 ou EM2-3), les huit modules M2-11 à M2-14 et M2-15 à M2-18 (M2-21 à M2-24 et M2-25 à M2-28 ou M2-31 à M2-34 et M2-35 à M2-38) sont juxtaposés respectivement en des première et deuxième rangées

parallèles par leurs petites faces latérales parallèles au plan XZ, en étant alignées selon l'axe X. Les modules de l'une et de l'autre des deux rangées sont disposés de façon à avoir leurs grandes faces longitudinales portant les cartes de commutation de puissance P1 et P2 (cf. [Fig.4]) en regard l'une de l'autre. Ainsi, les modules M2-11, M2-12, M2-13 et M2-14 (M2-21, M2-22, M2-23 et M2-24 ou M2-31, M2-32, M2-33 et M2-34) sont respectivement en regard des modules M2-18, M2-17, M2-16 et M2-15 (M2-28, M2-27, M2-26 et M2-25 ou M2-38, M2-37, M2-36 et M2-35) par leurs grandes faces longitudinales portant les cartes de commutation de puissance P1, P2. Les conducteurs électriques de connexion et les conduites de refroidissement pour le raccordement des modules sont agencés dans un espace intercalaire entre les deux rangées de modules. Les modules M2-11 à M2-18 (M2-21 à M2-28 ou M2-31 à M2-38) sont reliées électriquement en série par les bornes B1, B2 entre la ligne de courant L1 (L2 ou L3) et la ligne de neutre LN, les unités U2-1 et U2-2 de chaque module étant pré-connectées en série comme décrit plus haut. Les premiers modules M2-11 (M2-21 ou M2-31) et M2-18 (M2-28 ou M2-38) des première et deuxième rangées sont reliés à la ligne de courant L1 (L2 ou L3) et à la ligne de neutre LN, respectivement. Les derniers modules M2-14 (M2-24 ou M2-34) et M2-15 (M2-25 ou M2-35) des première et deuxième rangées sont reliés entre eux de façon à compléter la connexion série de toutes unités de cellules U2-1, U2-2, de l'ensemble EM2-1 (EM2-2 ou EM2-3).

[0056] Concernant le circuit de refroidissement CRF, une conduite de refroidissement CF1 (CF2 ou CF3), dans lesquelles circule un fluide caloporteur FC, est située entre les deux rangées des modules M2-11 à M2-18 (M2-21 à M2-28 ou M2-31 à M2-38). Les moyens de refroidissement, tels que les plaques SBR et SR3 (cf. [Fig.4]), des modules M2-11 à M2-18 (M2-21 à M2-28 ou M2-31 à M2-38) sont raccordés à cette conduite de refroidissement CF1 (CF2 ou CF3) pour la circulation du fluide caloporteur FC assurant une évacuation des calories vers un échangeur thermique (non représenté).

[0057] A la [Fig.5], la conduite de refroidissement CF1 (CF2 ou CF3) est montrée sous la forme de deux branches par commodité pour la représentation. Bien entendu, la disposition centrale des raccordements électriques et de refroidissement entre les deux rangées de modules est un avantage de cette forme de réalisation, en favorisant une réduction des longueurs et une compacité accrue.

[0058] De manière générale, outre les avantages déjà mentionnés plus haut, l'invention autorise de mixer dans une même stockeur des unités ayant des capacités différentes, des puissances différentes, des compositions électrochimiques différentes, voire ayant des états de santé différents. Dans un stockeur selon l'invention, la tolérance aux pannes peut être accrue de manière simple via l'intégration d'unités de cellules additionnelles. De plus, une cellule dégradée n'affecte pas les performances de l'ensemble

du stockeur, ce qui est favorable à l'autonomie électrique du véhicule. Avec l'architecture proposée par l'invention, le superviseur d'un véhicule peut calculer aisément l'autonomie électrique du véhicule à partir d'une somme des capacités restantes dans les unités de cellules du stockeur.

- [0059] Par ailleurs, l'architecture du stockeur selon l'invention est de nature à faciliter une recharge en courant alternatif à forte puissance, comparativement aux solutions de l'état de la technique. Le stockeur selon l'invention autorise la fourniture d'une prise triphasée embarquée dans un véhicule, ce qui est d'un intérêt certain, par exemple, dans un véhicule utilitaire ou pour une recharge en triphasé à forte puissance d'un autre véhicule dans une technologie « V2V ».
- [0060] Les chiffrages réalisés par l'entité inventive ont fait apparaître un avantage économique sensible procuré par l'architecture de l'invention par rapport aux solutions de l'état de la technique, notamment en termes de coût de fabrication et de coût de réparation/maintenance des véhicules. De plus, la conception modulaire du stockeur selon l'invention est parfaitement adaptée pour une industrie de volume et à forte cadence comme l'industrie automobile.
- [0061] L'invention ne se limite pas aux formes de réalisation particulières qui ont été décrites ici à titre d'exemple. L'homme du métier, selon les applications de l'invention, pourra apporter différentes modifications et variantes entrant dans le champ de protection de l'invention.

Revendications

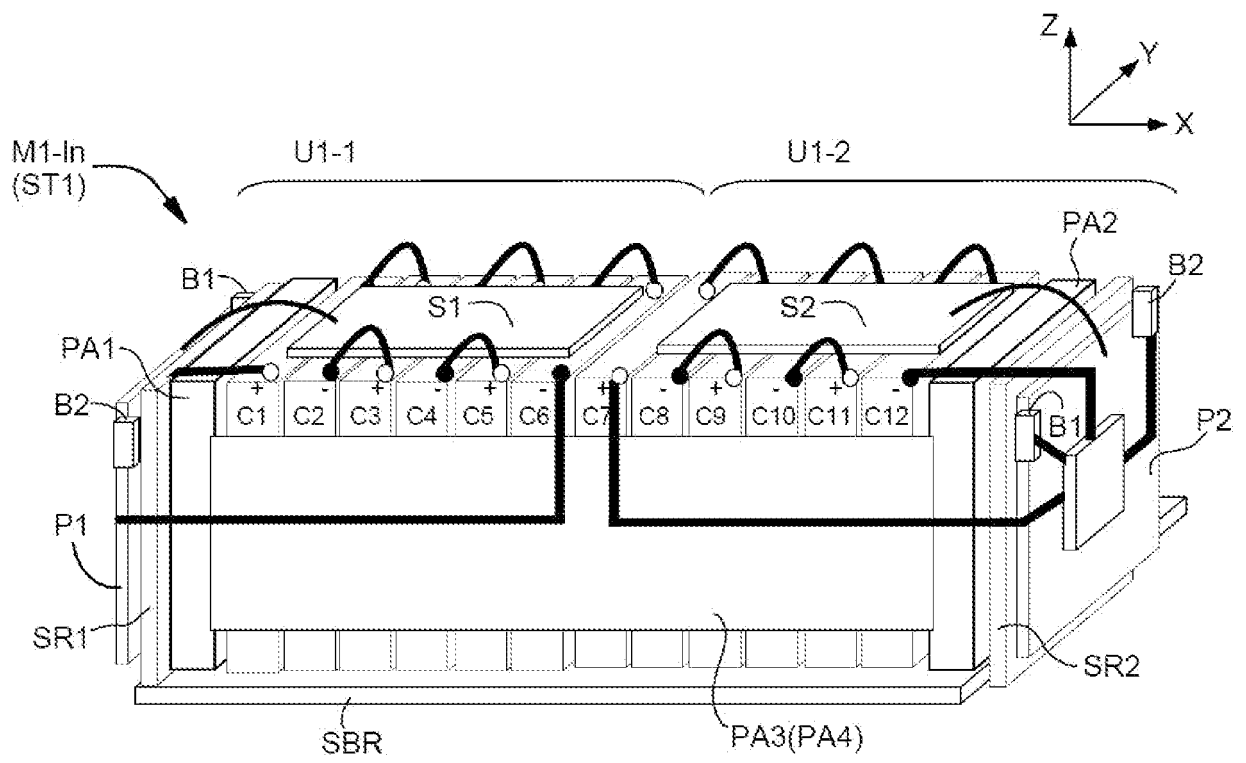
- [Revendication 1] Module de stockage d'énergie électrique (M1-ln, M2-ln) comprenant une pluralité de cellules de stockage élémentaires (C1 à C12), caractérisé en ce qu'il comprend au moins une unité de cellules (U1-1, U1-2; U2-1, U2-2) incluant plusieurs dites cellules de stockage élémentaires connectées en série (C1 à C6 ; C7 à C12) et des moyens intégrés de commutation de puissance dédiés (P1, S1; P2, S2) délivrant, entre deux bornes de sortie de puissance (B1, B2) de ladite unité de cellules (U1-1, U1-2; U2-1, U2-2), une tension continue positive (+VC), une tension continue négative (-VC), une tension nulle (0V) ou un état de haute impédance (HI), en fonction d'une commande reçue par ladite unité de cellules (U1-1, U1-2; U2-1, U2-2), et en ce que lesdits moyens intégrés de commutation de puissance dédiés comprennent des moyens de commutation de puissance (P1, P2) et des moyens de supervision (S1, S2), lesdits moyens de commutation de puissance (P1, P2) ayant la forme d'un pont de commutation de puissance en « H » (SW1 à SW4) et étant implantés au niveau d'une face latérale de ladite unité de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2), lesdits moyens de supervision (S1, S2) étant montés sur la partie supérieure de l'unité de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2).
- [Revendication 2] Module de stockage d'énergie électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens intégrés (SBR, SR1, SR2, SR3) de refroidissement desdites cellules de stockage élémentaires (C1 à C12) et de refroidissement desdits moyens intégrés de commutation de puissance dédiés (P1, P2).
- [Revendication 3] Module de stockage d'énergie électrique selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de commutation de puissance sont réalisés sous la forme d'une carte électronique de commutation de puissance (P1, P2) ou d'un module de puissance dit « power module ».
- [Revendication 4] Module de stockage d'énergie électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits moyens de commutation de puissance (P1, P2) comprennent des transistors de puissance de type « MOSFET », « HEMT » ou « SiC ».
- [Revendication 5] Module de stockage d'énergie électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite unité de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2) comprend six dites cellules de stockage élé-

- mentaires qui sont de type « Li-ion » (C1 à C6, C7 à C12).
- [Revendication 6] Module de stockage d'énergie électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux dites unités de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2), lesdites unités de cellules étant déconnectées (U1-1, U1-2) ou connectées en série (U2-1, U2-2) par leurs dites bornes de sortie de puissance (B1, B2).
- [Revendication 7] Stockeur d'énergie électrique (ST1, ST2) comprenant une pluralité de modules de stockage d'énergie électrique (M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28, M1-31 à M1-38 ; M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28, M2-31 à M2-38) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lesdits modules (M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28, M1-31 à M1-38 ; M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28, M2-31 à M2-38) sont organisés en au moins un ensemble de modules (EM1-1, EM1-2, EM1-3 ; EM2-1, EM2-2, EM2-3), lesdits modules (M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28, M1-31 à M1-38 ; M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28, M2-31 à M2-38) de l'ensemble (EM1-1, EM1-2, EM1-3 ; EM2-1, EM2-2, EM2-3) étant alignés en au moins une rangée, les unités de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2) comprises dans lesdits modules alignés (M1-11 à M1-18, M1-21 à M1-28, M1-31 à M1-38 ; M2-11 à M2-18, M2-21 à M2-28, M2-31 à M2-38) étant connectées en série par leurs bornes de sortie de puissance (B1, B2) entre des première et deuxième lignes conductrices (L1, LN ; L2, LN ; L3, LN) associées audit ensemble de modules (EM1-1, EM1-2, EM1-3 ; EM2-1, EM2-2, EM2-3) et étant reliées à un circuit de refroidissement (CRF), et chaque unité de cellules (U1-1, U1-2 ; U2-1, U2-2) étant pilotée indépendamment via ses dits moyens de supervision (S1, S2).
- [Revendication 8] Stockeur d'énergie électrique selon la revendication 7, apte à fonctionner en courant alternatif triphasé, caractérisé en ce qu'il comprend trois dits ensembles de modules (EM1-1, EM1-2, EM1-3 ; EM2-1, EM2-2, EM2-3) auxquels sont associées trois lignes conductrices de courant respectives (L1, L2, L3) et une ligne conductrice commune de neutre (LN).
- [Revendication 9] Dispositif électrique stationnaire ou mobile, caractérisé en ce qu'il comprend un stockeur d'énergie électrique (ST1, ST2) selon la revendication 7 ou 8.
- [Revendication 10] Dispositif électrique selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il est réalisé sous la forme d'un réseau électrique ou micro-réseau électrique intégrant la production, le stockage et/ou la distribution d'énergie

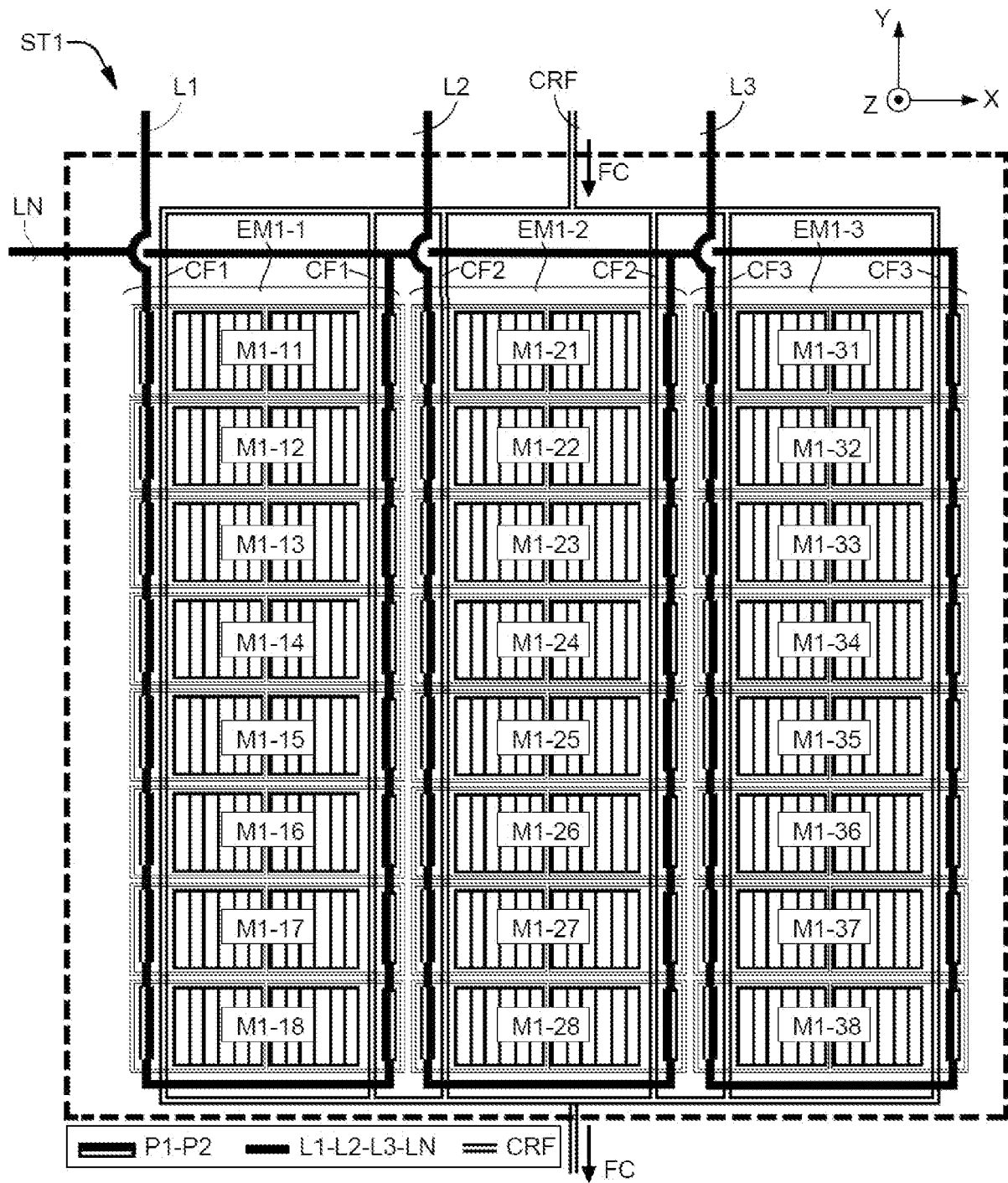
électrique.

[Revendication 11] Dispositif électrique selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il est réalisé sous la forme d'un véhicule électrifié.

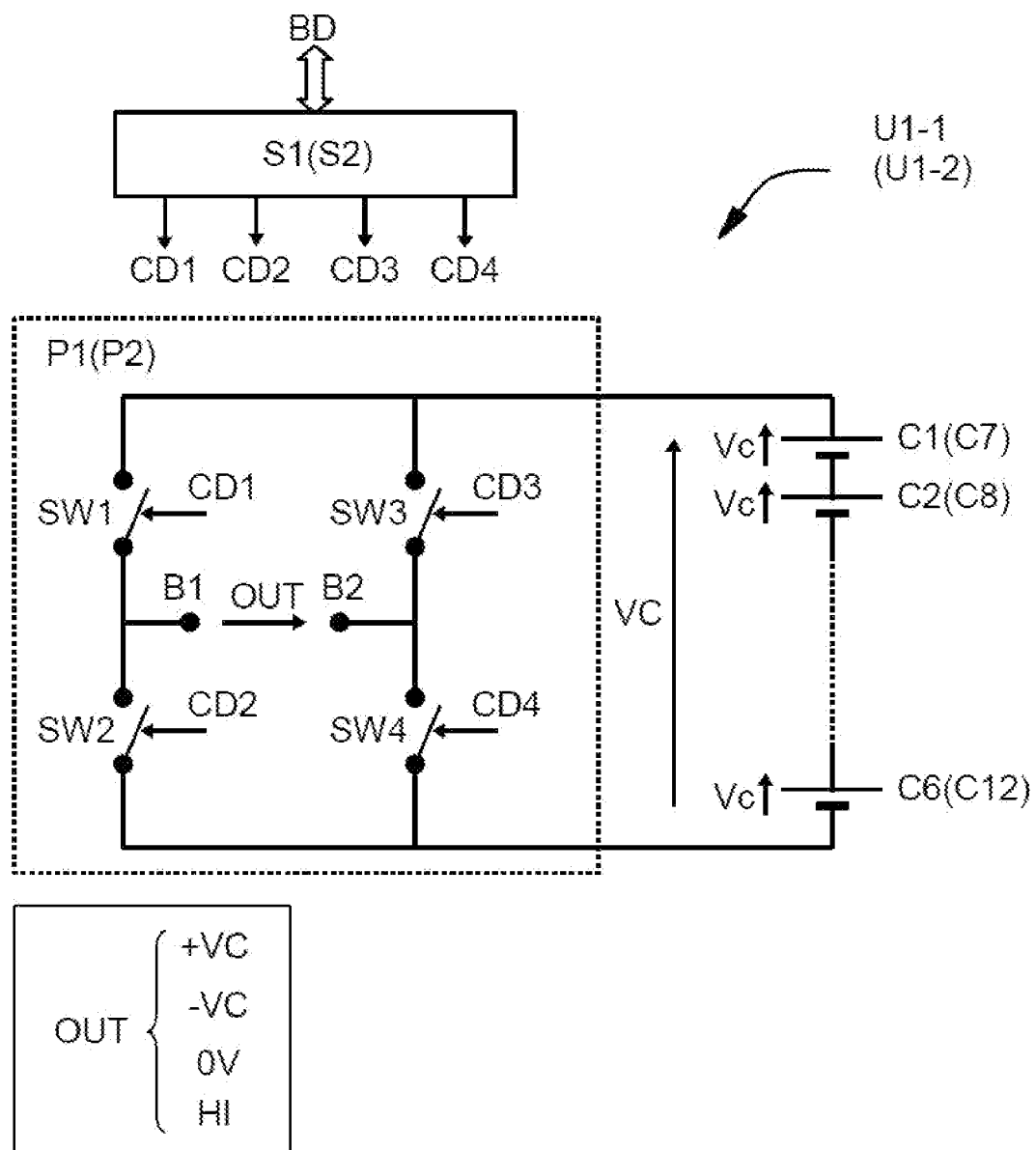
[Fig. 1]



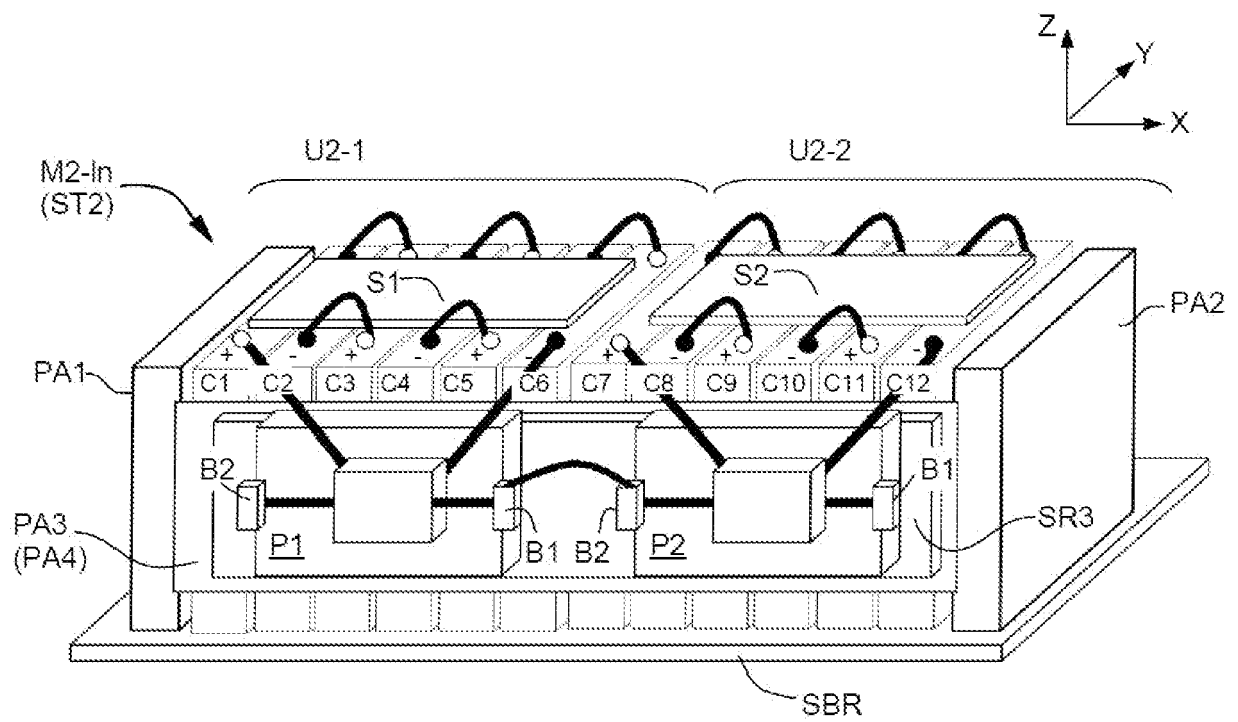
[Fig. 2]



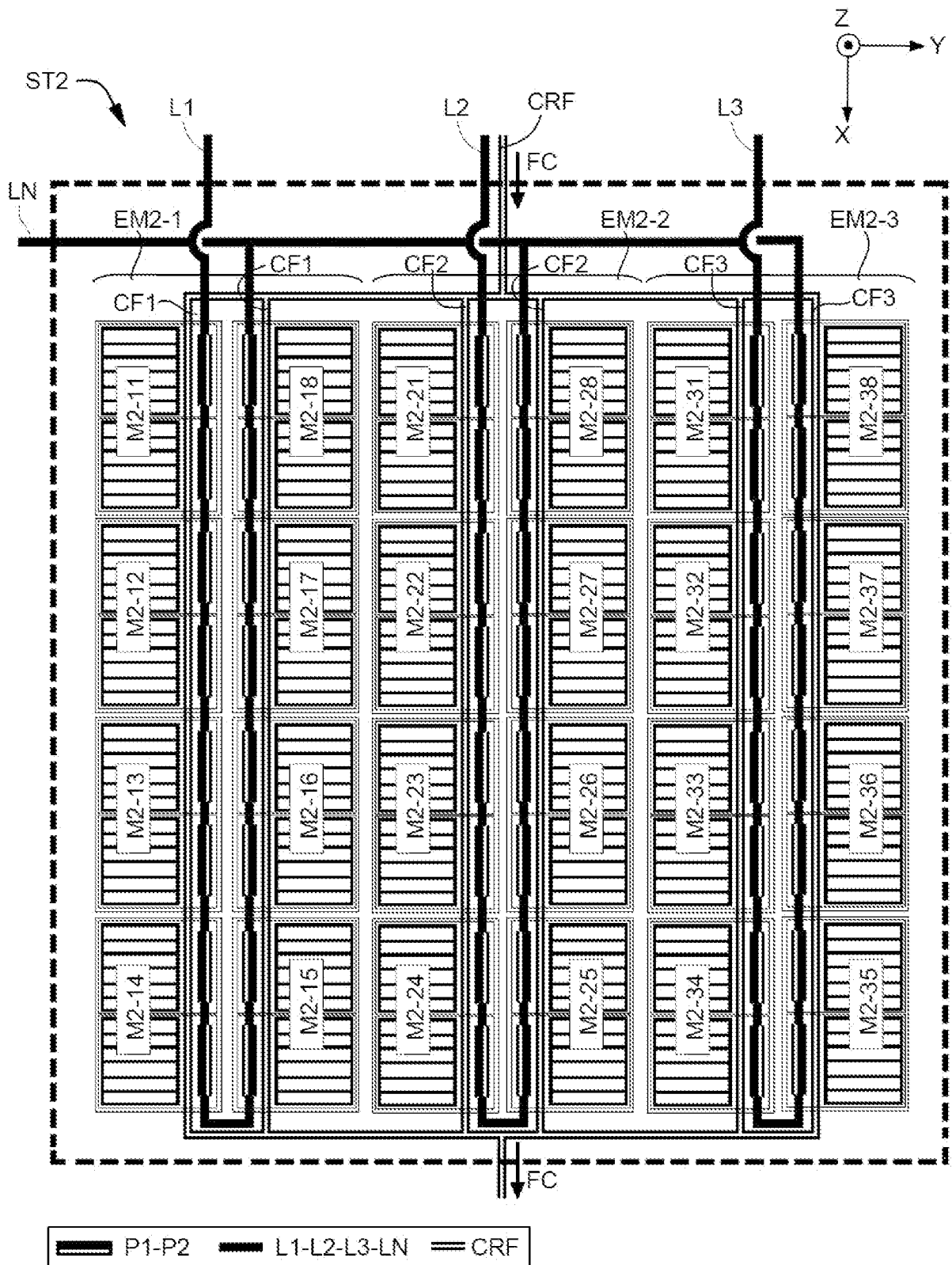
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

WO 2017/223267 A1 (UNIV WAYNE STATE [US])
28 décembre 2017 (2017-12-28)

US 2011/198936 A1 (GRAOVAC DUSAN [DE] ET
AL) 18 août 2011 (2011-08-18)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT