

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.10.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.04.25 Bulletin 25/16.

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 Germany GmbH
GmbH — DE.

72 Inventeur(s) : ALLALI Nicolas.

73 Titulaire(s) : Valeo eAutomotive Germany GmbH
GmbH.

74 Mandataire(s) : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE
MOTEUR - Service PI.

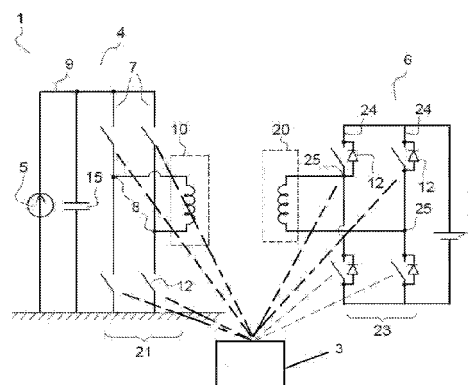
54 Circuit d'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique de véhicule.

57 Circuit d'alimentation électrique (1) d'une unité de stockage
d'énergie électrique (2), ce circuit d'alimentation électrique
comprenant :

- un sous-circuit primaire (4), apte à être connecté à un réseau
de tension (5), et
- un sous-circuit secondaire (6), apte à être connecté à une uni-
té de stockage d'énergie électrique (2),
- le sous-circuit primaire (4) et le sous-circuit secondaire (6) étant
configurés de manière à échanger sans contact par couplage in-
ductif de l'énergie électrique,
- le sous circuit-secondaire (6) comprenant :
- une cellule inductive secondaire (20) pour l'échange sans
contact par couplage inductif d'énergie électrique avec le sous-ci-
cuit primaire (4),
- un onduleur/redresseur (23) apte à réaliser une adaptation
d'impédance de l'impédance sur l'entrée alternative de cet ondu-
leur/redresseur (23), indépendamment de l'impédance de l'unité de
stockage d'énergie électrique (2), cet onduleur/redresseur (23)
comprenant au moins deux bras de commutation, chaque bras de
commutation comprenant deux interrupteurs électroniques dispos-
és de part et d'autre d'un point milieu, et
- une unité de contrôle (3) configurée pour commander l'un de
ces deux bras pour qu'il commute à la fréquence de l'énergie élec-
trique échangée sans contact par couplage inductif et avec un rap-
port cyclique de 50%, et pour commander l'autre de ces deux bras
pour qu'il commute à une fréquence supérieure à celle de ladite

énergie électrique et avec un rapport cyclique modulé selon le cou-
rant alternatif circulant dans la cellule inductive secondaire (20) et
la tension sur l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur (23),
l'unité de contrôle étant configurée pour appliquer comme valeur de
ce rapport cyclique « 0 » ou « 1 » lorsqu'une condition prédéfinie
est remplie.

Figure d'abrégé : Fig.1



Description

Titre de l'invention : Circuit d'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique de véhicule

- [0001] La présente invention concerne un circuit d'alimentation électrique sans contact d'une unité de stockage d'énergie électrique de véhicule.
- [0002] L'unité de stockage d'énergie électrique présente par exemple une tension nominale de 12V, 48V, 60V ou plus, par exemple supérieure à 300V, par exemple de 400V, 800V ou 1000V.
- [0003] Il est connu d'alimenter électriquement par transmission sans contact par couplage inductif une unité de stockage d'énergie électrique de véhicule à une puissance comprise entre 3 et 50 kW, lorsque le véhicule est à l'arrêt ou lorsque celui-ci se déplace. Cette alimentation par transmission sans contact se fait alors au moyen de sous-circuits électriques distants couplés magnétiquement et accordés à la même fréquence de résonance. Les sous-circuits couplés magnétiquement mettent chacun en œuvre une cellule résonante de type LC. Cependant, pour transmettre un niveau de puissance satisfaisant, notamment plusieurs kW, il faut opérer à des fréquences élevées, notamment de l'ordre de 85 kHz ou plus, pour la fréquence de résonance de chaque sous-circuit résonant. En outre, ce type de solution nécessite d'opérer à faible distance entre les deux sous-circuits. Les niveaux de fréquence et de puissance mentionnés plus haut, pour une mise en œuvre en kW, peuvent en outre constituer un danger pour la santé des personnes exposées à proximité, ou un danger pour l'environnement en général.
- [0004] La solution selon la demande internationale déposée sous le n° PCT/EP2023/076297 le 22/09/2023 au nom de Valeo Systèmes de Contrôle Moteur, qui ne fait pas partie de l'état de la technique publié, consiste à appliquer une tension alternative aux bornes d'une cellule inductive primaire couplée par couplage inductif à une cellule inductive secondaire qui, par adaptation d'impédance, permet de transmettre de l'énergie électrique à basse fréquence dans une unité de stockage d'énergie électrique, par exemple une batterie de véhicule électrique.
- [0005] Il existe un besoin pour réaliser une alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique par transmission sans contact qui améliore encore les solutions connues.
- [0006] L'invention a pour objet de répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, à l'aide d'un circuit d'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique, ce circuit d'alimentation électrique comprenant :
- [0007] - un sous-circuit primaire, apte à être connecté à un réseau de tension, et

- [0008] - un sous-circuit secondaire, apte à être connecté à une unité de stockage d'énergie électrique,
- [0009] le sous-circuit primaire et le sous-circuit secondaire étant configurés de manière à échanger sans contact par couplage inductif de l'énergie électrique,
- [0010] le sous circuit-secondaire comprenant :
- [0011] - une cellule inductive secondaire pour l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique avec le sous-circuit primaire,
- [0012] - un onduleur/redresseur apte à réaliser une adaptation d'impédance de l'impédance sur l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur, indépendamment de l'impédance de l'unité de stockage d'énergie électrique, cet onduleur/redresseur comprenant au moins deux bras de commutation, chaque bras de commutation comprenant deux interrupteurs électroniques disposés de part et d'autre d'un point milieu, et
- [0013] - une unité de contrôle configurée pour commander l'un de ces deux bras pour qu'il commute à la fréquence de l'énergie électrique échangée sans contact par couplage inductif et avec un rapport cyclique de 50%, et pour commander l'autre de ces deux bras pour qu'il commute à une fréquence supérieure à celle de ladite énergie électrique et avec un rapport cyclique modulé selon le courant alternatif circulant dans la cellule inductive secondaire et la tension sur l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur,
- [0014] l'unité de contrôle étant configurée pour appliquer comme valeur de ce rapport cyclique « 0 » ou « 1 » lorsqu'une condition prédéfinie est remplie.
- [0015] L'invention consiste à faire travailler le bras de commutation commutant à une fréquence supérieure à celle de l'énergie électrique échangée sans contact par couplage inductif en saturation au moins une partie du temps. Lorsque la condition prédéfinie est remplie, la valeur « 0 » ou « 1 » est maintenue en commande de sorte que la commande de ce bras de commutation est bloquée à 100% ou à 0% pendant au moins une période du découpage à haute fréquence. Le fait d'imposer une telle plage de fonctionnement en mode saturé, ou encore « pleine onde », peut permettre d'obtenir les avantages suivants :
- [0016] - augmenter la puissance transmissible lors de l'échange d'énergie électrique,
- [0017] - augmenter le rendement car aucune perte de commutation ne se produit en mode saturé, et
- [0018] - dimensionner à la baisse les interrupteurs de ce bras de commutation étant donné qu'ils subissent moins de pertes, et donc qu'ils subissent un échauffement moindre.
- [0019] L'adaptation d'impédance permet par ailleurs d'imposer sur l'entrée alternative de l'onduleur/redresseur une impédance indépendante de celle de l'unité de stockage d'énergie électrique, ce qui favorise l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique à basse fréquence.
- [0020] L'unité de contrôle maintient par exemple comme valeur de rapport cyclique « 0 » ou

« 1 » tant que la condition prédéfinie reste remplie.

[0021] La condition prédéfinie peut être relative au franchissement en valeur absolue par le courant circulant dans la cellule inductive secondaire d'au moins une valeur seuil. Dans ce cas, la valeur « 0 » ou « 1 » est par exemple maintenue pour le rapport cyclique tant que le courant circulant dans la cellule inductive secondaire n'est pas redescendu sous la valeur seuil en valeur absolue.

[0022] L'unité de contrôle est par exemple configurée pour appliquer comme valeur du rapport cyclique :

[0023] - « 0 » lorsque le courant circulant dans la cellule inductive secondaire est inférieur à une première valeur seuil négative, et

[0024] - « 1 » lorsque le courant circulant dans la cellule inductive secondaire est supérieur à une deuxième valeur seuil positive.

[0025] Par rapport à l'art antérieur, il n'est ainsi plus nécessaire d'exclure des valeurs pour le rapport cyclique pour éviter que le courant circulant dans la cellule inductive secondaire ne franchisse en valeur absolue la ou les valeurs seuils.

[0026] Les première et deuxième valeurs seuils sont par exemple opposées, de sorte qu'en valeur absolue, il existe une unique valeur seuil.

[0027] Dans un exemple, le rapport cyclique α s'exprime à l'aide de l'expression suivante :

[0028] $\alpha = (R_{\text{Ref}} \times I) / V_{\text{batt}}$

[0029] où :

[0030] - V_{batt} désigne la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique,

[0031] - I désigne le courant circulant dans la cellule inductive secondaire,

[0032] - R_{Ref} est l'impédance équivalente sur l'entrée alternative de l'onduleur/redresseur, R_{Ref} étant égale au ratio V/I où V est la tension entre les deux points milieux de l'onduleur/redresseur,

[0033] la valeur seuil pour I est alors par exemple égale à $V_{\text{batt}}/R_{\text{Ref}}$.

[0034] Ainsi, le passage dans la plage de fonctionnement en mode saturé se produit par exemple lorsque la valeur absolue de l'amplitude de la tension sur l'entrée alternative de l'onduleur/redresseur est égale à la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique.

[0035] Dans un exemple, la première valeur seuil et la deuxième valeur seuil peuvent être choisies de manière à ce que l'unité de contrôle applique uniquement comme valeur du rapport cyclique « 0 » ou « 1 ». Dans ce cas, les deux bras de commutation de l'onduleur/redresseur sont commandés de façons opposés, à la même fréquence de commutation.

[0036] Dans tout ce qui précède, les valeurs seuils peuvent être constantes.

[0037] En variante, la première et/ou la deuxième valeur seuil peuvent varier. On fait alors varier la valeur R_{Ref} de l'impédance équivalente, par exemple pour tenir compte d'un

mauvais positionnement relatif entre la cellule inductive primaire et la cellule inductive secondaire, ce qui peut se produire lorsqu'un véhicule se positionne par rapport à un tapis de charge inductive en vue d'une charge de l'unité de stockage d'énergie électrique.

- [0038] Dans tout ce qui précède, la cellule inductive secondaire peut être constituée par l'association en série d'un condensateur et d'une inductance.
- [0039] L'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique peut se faire à une fréquence inférieure à 5 kHz, par exemple inférieure à 3kHz, ou encore inférieure à 2kHz ou 1kHz, notamment encore sensiblement égale à 400 Hz ou 50 Hz. Dans ce cas, l'inductance de la cellule inductive secondaire peut être réalisée en fil métallique, comme du cuivre. Un tel fil métallique est plein, par opposition à du fil de Litz. Un fil métallique plein n'a pas sa section transversale évidée. En variante, cette inductance de la cellule inductive secondaire est en fil de Litz.
- [0040] En variante, l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique peut se faire à une fréquence de 85 kHz. Dans cette variante, du fil de Litz est avantageusement utilisé pour réaliser l'inductance de la cellule inductive secondaire.
- [0041] Chaque interrupteur d'un bras de commutation est par exemple un interrupteur électronique commandable.
- [0042] En variante, chaque bras de commutation comprend deux interrupteurs électroniques dont un seul est commandable. D'un bras à l'autre, l'interrupteur électronique non commandable peut occuper la même position, par rapport aux potentiels continus.
- [0043] Dans tout ce qui précède, le sous-circuit secondaire peut comprendre l'unité de stockage d'énergie électrique. Cette dernière peut être une batterie de type lithium-ion. Cette batterie a par exemple une tension nominale de 12V, 48V, 60V ou plus, par exemple supérieure à 300V, par exemple de 400V, 800V ou 1000V.
- [0044] Dans tout ce qui suit, le sous-circuit primaire peut comprendre :
- [0045] - une cellule inductive primaire pour l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique avec la cellule inductive secondaire, et
- [0046] - un onduleur/redresseur comprenant au moins deux bras de commutation, chaque bras de commutation comprenant deux interrupteurs électroniques commandables de part et d'autre d'un point milieu.
- [0047] La cellule inductive secondaire et la cellule inductive primaire sont avantageusement choisies de manière à ce qu'elles présentent la même fréquence de résonance.
- [0048] Dans tout ce qui précède, la cellule inductive primaire peut être constituée par l'association en série d'un condensateur et d'une inductance. En variante, la cellule inductive primaire peut être constituée par une inductance, les bras de commutation de l'onduleur/redresseur du sous-circuit primaire étant commandés de manière à ce la tension aux bornes de l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur émule la présence

d'un condensateur monté en série avec la cellule inductive primaire. Une telle commande permettant d'obtenir cette émulation est décrite dans la demande déposée en France le 2 juin 2023 par la Déposante sous le numéro 23 05573. Le contenu de cette demande est incorporé par référence à la présente demande en ce qui concerne la commande des rapports cycliques des bras de commutation de l'onduleur/redresseur.

- [0049] Dans le cas d'un échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique à fréquence inférieure à 5 kHz, l'inductance de la cellule inductive primaire peut être réalisée en fil métallique, comme du cuivre. Un tel fil métallique est plein, par opposition à du fil de Litz. Un fil métallique plein n'a pas sa section transversale évidée. En variante, cette inductance de la cellule inductive primaire est en fil de Litz.
- [0050] Le cas échéant, le sous-circuit primaire peut comprendre un autre onduleur/redresseur monté en amont de l'onduleur/redresseur aux points milieux duquel l'enroulement primaire du transformateur est monté, et cet autre onduleur/redresseur permet de redresser la tension alternative reçue du réseau lorsque la charge s'effectue depuis un réseau de tension alternative. Cet autre onduleur/redresseur peut alors réaliser une fonction de correction de facteur de puissance (« Power factor correction » en anglais). Une telle correction permet de façon connue que le courant prélevé sur le réseau soit le plus proche d'un sinus parfait à la pulsation du réseau. On réduit ainsi le courant réactif et les sous-harmoniques qui augmentent les pertes énergétiques en conduction.
- [0051] Dans tout ce qui précède, le réseau électrique fournit par exemple une tension efficace nominale de 230V avec une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz. Le réseau électrique est par exemple monophasé. Le réseau électrique est par exemple un réseau électrique régional ou national. En variante, il peut s'agir d'un réseau local indépendant, comprenant par exemple une ou plusieurs batteries alimentées par des sources d'énergie telles que éoliennes, des panneaux solaires, des piles à combustible ou des générateurs d'hydroélectricité.
- [0052] En variante encore, le réseau électrique peut fournir une tension continue.
- [0053] Le circuit électrique peut comprendre une unité de contrôle configurée pour commander les bras de commutation du sous-circuit primaire et/ou du sous-circuit secondaire. Au sens de la présente invention, lorsqu'un bras commute, chacun de ses deux interrupteurs électroniques commandables est ouvert et fermé de façon complémentaire avec la même fréquence de commutation.
- [0054] Dans tout ce qui précède, l'unité de contrôle peut être configurée pour commander les différents bras de commutation de manière à réaliser sélectivement :
- [0055] - une charge de l'unité de stockage d'énergie électrique depuis le réseau de tension, ou
- [0056] - une charge du réseau de tension depuis l'unité de stockage d'énergie électrique.

- [0057] Ainsi, en fonction du besoin, l'échange d'énergie électrique peut s'effectuer dans un sens ou dans l'autre.
- [0058] Dans tout ce qui précède, chaque bras de commutation comprend des interrupteurs électroniques commandables, notamment exclusivement des interrupteurs électroniques qui sont commandables, et chaque interrupteur électronique commandable est par exemple un transistor, par exemple bipolaire, MOS ou IGBT, ou un thyristor. Chaque interrupteur électronique commandable est par exemple bidirectionnel.
- [0059] Dans tout ce qui précède, l'unité de contrôle peut être un circuit de traitement numérique, par exemple un circuit intégré de type ASIC (« Application-specific integrated circuit » en anglais) ou un microcontrôleur. Cette unité de contrôle peut commander tous les bras de commutation du circuit électrique, qu'ils appartiennent au sous-circuit primaire ou au sous-circuit secondaire.
- [0060] L'unité de contrôle peut en variante comprendre un module de commande du sous-circuit primaire et un module de commande du sous-circuit secondaire.
- [0061] En variante, encore chaque sous-circuit présente une unité de contrôle qui lui est propre, cette dernière pouvant être un circuit de traitement numérique tel qu'un microcontrôleur.
- [0062] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un composant pour l'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique, comprenant le circuit électrique tel que défini ci-dessus, le composant définissant notamment une structure supportant de manière rigidement couplés entre eux le sous-circuit primaire et le sous-circuit secondaire. Un tel composant est couramment appelé « chargeur embarqué » (« on board charger » en anglais). Ce composant est apte à être embarqué dans un véhicule hybride ou électrique.
- [0063] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un dispositif pour l'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique, comprenant:
- [0064] - une borne de charge pour véhicule hybride ou électrique, dans laquelle est disposé le sous-circuit primaire du circuit électrique tel que défini ci-dessus ou à laquelle ce sous-circuit primaire est électriquement connecté, et
- [0065] - un composant apte à être embarqué dans un véhicule hybride ou électrique, dans lequel est disposé le sous-circuit secondaire du circuit électrique tel que défini ci-dessus.
- [0066] Cette borne reçoit alors de l'énergie électrique d'un réseau électrique via un câble qui peut être un câble monophasé ou un câble triphasé. Dans ce cas, le circuit primaire et le circuit secondaire ne sont pas intégrés à un même composant physique.
- [0067] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un exemple non-limitatif de mise en œuvre de celle-ci et à l'examen du dessin annexé sur lequel :

- [0068] [Fig.1] représente de façon schématique un circuit d'alimentation électrique selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, et
- [0069] [Fig.2] représente de façon schématique une variante de l'exemple de la [Fig.1].
- [0070] On a représenté sur la [Fig.1], un circuit 1 d'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique 2. Cette unité de stockage d'énergie électrique 2 est par exemple une batterie de véhicule, pouvant présenter une tension nominale de 48V, 60V, 300V, 400V, 800V ou plus. Cette batterie sert à alimenter un système de propulsion de véhicule électrique ou hybride.
- [0071] Ce circuit d'alimentation électrique 1 comprend :
- [0072] - une unité de contrôle 3,
- [0073] - un sous-circuit primaire 4, apte à être connecté à un réseau de tension 5, et
- [0074] - un sous-circuit secondaire 6, comprenant l'unité de stockage d'énergie électrique 2.
- [0075] Le circuit d'alimentation électrique 1 met en œuvre un échange d'énergie électrique sans contact par couplage inductif entre le sous-circuit primaire 4 et le sous-circuit secondaire 6, pour la charge de l'unité de stockage d'énergie électrique 2.
- [0076] L'unité de contrôle 3 est par exemple un microcontrôleur ou toute unité de traitement numérique.
- [0077] Dans l'exemple considéré, le sous-circuit primaire 4 comprend :
- [0078] - un connecteur 9 apte à être branché au réseau électrique,
- [0079] - un onduleur/redresseur 21 comprenant ici deux bras de commutation 7, montés en parallèle et dont le fonctionnement sera décrit ci-après, et
- [0080] - une cellule inductive primaire 10 dont le fonctionnement sera décrit ci-après.
- [0081] Le réseau électrique 5 est ici représenté sous la forme d'un réseau de tension continue mais il peut en variante s'agir d'un réseau de tension alternative fournissant par exemple une tension efficace nominale de 230V avec une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz. Un tel réseau électrique de tension alternative peut être monophasé ou triphasé. D'autres tensions sont possibles, par exemple une tension monophasée de valeur efficace de 120V et de fréquence de 60Hz, une tension biphasée de valeur efficace de 208V et de fréquence de 60Hz ou encore une tension triphasée de 240V et de fréquence de 60Hz, cette liste n'étant pas exhaustive. Dans le cas où le réseau fournit une tension alternative, un autre onduleur/redresseur non représenté est prévu entre le réseau et l'onduleur/redresseur 21, cet autre onduleur/redresseur assurant par exemple une fonction de correction du facteur de puissance.
- [0082] Comme on peut le voir sur la [Fig.1], un condensateur 15 peut être disposé en parallèle des deux bras de commutation 7. Ce dernier présente par exemple une capacité comprise entre 1 μ F et 1mF, par exemple de 10 μ F.
- [0083] Chaque bras 7 du sous-circuit primaire 4 comprend ici deux interrupteurs électroniques commandables 12, tels que des transistors MOS, IGBT ou bipolaires, ou des

thyristors, disposés de part et d'autre d'un point milieu 8. Les deux interrupteurs 12 d'un même bras de commutation 7 sont ici commandés à l'aide d'un même rapport cyclique, l'un en opposition de l'autre avec un temps mort par l'unité de contrôle 3.

- [0084] Le premier bras 7 comprend ainsi deux interrupteurs électroniques commandables 12 et un premier point milieu 8 auquel une borne de la cellule inductive primaire 10 est connectée et ces deux interrupteurs électroniques commandables 12 sont commandés selon un rapport cyclique α_1 .
- [0085] Le deuxième bras 7 comprend ainsi deux interrupteurs électroniques commandables 12 et un deuxième point milieu 8 auquel l'autre borne de la cellule inductive primaire 10 est connectée et ces deux interrupteurs électroniques commandables 12 sont commandés selon un rapport cyclique α_2 .
- [0086] Dans l'exemple considéré, aucun composant physique n'est interposé entre les deux points milieux 8 de l'onduleur/redresseur 21 et la cellule inductive primaire 10.
- [0087] La cellule inductive primaire 10 peut être formée par l'association en série : d'une inductance permettant la génération d'énergie magnétique, et d'un condensateur, pour former une cellule résonante. L'inductance a par exemple une valeur comprise entre 10 μ H et 10mH et le condensateur a une capacité comprise entre 10 nF et 1 mF. L'inductance est par exemple réalisée par bobinage d'un fil de cuivre, autre que du fil de Litz.
- [0088] Dans la variante représentée sur la [Fig.1], la cellule inductive primaire 10 est formée par une inductance uniquement. Aucun condensateur physique n'est présent, la présence en série de ce condensateur avec l'inductance de la cellule inductive primaire 10 étant émulée par la commande des bras de commutation 7 par l'unité de contrôle primaire 3 à l'aide des rapports cycliques α_1 et α_2 . Ici encore, l'inductance est par exemple réalisée par bobinage d'un fil de cuivre
- [0089] On va maintenant décrire un exemple de sous-circuit secondaire 6 en référence à la [Fig.1]. Ce sous-circuit secondaire 6 comprend une cellule inductive secondaire 20 pour l'échange d'énergie sans contact avec la cellule inductive primaire 10, et un onduleur/redresseur 23, apte à réaliser une adaptation de l'impédance équivalente sur son entrée alternative (donc du côté de la cellule inductive secondaire 20), de manière à faire varier cette impédance indépendamment de l'impédance de l'unité de stockage d'énergie électrique 2.
- [0090] L'onduleur/redresseur 23 comprend dans l'exemple décrit deux bras de commutation 24 disposés en parallèle, chaque bras comprenant deux interrupteurs électroniques commandables 12 disposés de part et d'autre d'un point milieu 25.
- [0091] Les deux interrupteurs 12 d'un même bras de commutation 24 sont ici commandés à l'aide d'un même rapport cyclique, l'un en opposition de l'autre avec un temps mort par l'unité de contrôle 3.

- [0092] Le premier bras 24 comprend ainsi deux interrupteurs électroniques commandables 12 et un premier point milieu 25 auquel une borne de la cellule inductive secondaire 20 est connectée et ces deux interrupteurs électroniques commandables 12 sont commandés selon un rapport cyclique α_3 .
- [0093] Le deuxième bras 24 comprend ainsi deux interrupteurs électroniques commandables 12 et un deuxième point milieu 25 auquel l'autre borne de la cellule inductive secondaire 20 est connectée et ces deux interrupteurs électroniques commandables 12 sont commandés selon un rapport cyclique α_4 .
- [0094] La cellule inductive secondaire 20 est ici formée par l'association en série : d'une inductance permettant de récupérer l'énergie magnétique issue de la cellule inductive primaire 10, et d'un condensateur, formant ainsi une cellule résonante. Dans l'exemple considéré, l'inductance a une valeur comprise entre 1mH et 100mH et le condensateur a une capacité comprise entre 100 μ F et 100mF. L'inductance est par exemple réalisée par bobinage d'un fil de cuivre, autre que du fil de Litz.
- [0095] Par ailleurs, l'unité de contrôle 3 agit dans l'exemple décrit sur la commande de l'onduleur/redresseur 23 de manière à faire varier l'impédance équivalente R_{Ref} aux bornes de l'entrée alternative, définie entre les deux points milieux 25 des bras de commutation 24, indépendamment de l'impédance sur la sortie continue de cet onduleur/redresseur 23.
- [0096] L'impédance équivalente R_{Ref} est représentée par le ratio V/I où V est la tension entre les deux points milieux 25, et I l'intensité du courant circulant dans la cellule inductive secondaire 20.
- [0097] R_{Ref} a par exemple une valeur comprise entre 0,1 Ω et 20 Ω , notamment entre 5 Ω et 15 Ω . Pour une configuration de recharge donnée, cette configuration étant notamment déterminée par l'un au moins parmi : la position du sous-circuit secondaire 6 par rapport au sous-circuit primaire 4 et/ou le niveau de puissance à transmettre et/ou la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 2, R_{Ref} peut avoir une valeur fixe et cette valeur est par exemple dans la plage précitée. D'une configuration de charge à l'autre, par exemple en cas d'éloignement plus important entre le sous-circuit primaire 4 et le sous-circuit secondaire 6 et/ou pour tenir compte du vieillissement du système, la valeur de R_{Ref} peut être modifiée, restant notamment dans la plage précitée.
- [0098] L'onduleur/redresseur 23 de la [Fig.1] est par exemple commandé comme suit par l'unité de contrôle 3, pour réaliser l'adaptation d'impédance sur l'entrée alternative de l'onduleur/redresseur 23:
- [0099] - l'un des deux bras de commutation 24 commute à la fréquence de l'énergie électrique échangée sans contact par couplage inductif et avec un rapport cyclique α_3 de 50%, et

- [0100] - l'autre des deux bras de commutation 24 commute à une fréquence supérieure à celle de l'énergie électrique échangée sans contact, par exemple à au moins 5 fois ou 10 fois cette fréquence de l'énergie électrique échangée sans contact, et avec un rapport cyclique α_4 modulé selon le courant alternatif circulant dans la cellule inductive secondaire 20 et selon la tension aux bornes de l'entrée alternative de l'onduleur/redresseur 23. L'un des interrupteurs commandables 12 du bras de commutation 24 qui commute à une fréquence supérieure à celle de l'énergie électrique échangée sans contact est par exemple piloté selon le rapport cyclique α_4 tandis que l'autre interrupteur commandable de ce bras 24 est piloté selon le rapport cyclique $1 - \alpha_4$, et α_4 est par exemple déterminé selon l'équation ci-dessous :
- [0101] $\alpha_4 = (R_{ref} \times III) / V_{batt}$
- [0102] où V_{batt} désigne la tension aux bornes de l'unité de stockage d'énergie électrique 2.
- [0103] Selon l'invention, on complète cette commande du bras de commutation 24 qui commute à une fréquence de commutation supérieure à celle de l'énergie électrique échangée sans contact, comme expliqué ci-après.
- [0104] L'unité de contrôle 3 détecte la valeur du courant I circulant dans la cellule inductive secondaire 20 et, lorsqu'une condition prédéfinie relative à la valeur de ce courant I est vérifiée, elle bloque à 0 ou 1 la valeur du rapport cyclique α_4 . Lorsque cette condition prédéfinie n'est plus vérifiée, le rapport cyclique α_4 peut être de nouveau déterminé comme auparavant.
- [0105] Cette condition prédéfinie est par exemple le franchissement par l'amplitude du courant I en valeur absolue de la valeur V_{batt}/R_{Ref} .
- [0106] Dans un exemple particulier, lorsque I prend une valeur inférieure à $-V_{batt}/R_{Ref}$, le rapport cyclique α_4 est maintenu égal à 0 et lorsque I prend une valeur supérieure à V_{batt}/R_{Ref} , le rapport cyclique α_4 est maintenu égal à 1.
- [0107] La valeur de R_{Ref} peut varier, de façon prédéfinie, de sorte que la valeur de courant à partir de laquelle le rapport cyclique est maintenu à « 1 » ou à « 0 » peut varier.
- [0108] Dans un exemple particulier, le rapport cyclique ne prend que les valeurs « 0 » et « 1 », successivement.
- [0109] L'invention n'est pas limitée à l'exemple qui vient d'être décrit.
- [0110] Ainsi, bien que chaque bras de commutation 24 comprenne deux interrupteurs électroniques commandables 12, l'invention s'applique également lorsque, comme représenté sur la [Fig.2], un seul interrupteur électronique 12 est commandable, par bras de commutation 24.
- [0111] Dans ce cas, chaque bras de commutation 24 comprend alors chacun deux interrupteurs électroniques disposés de part et d'autre de son point milieu 25 :
- [0112] - un interrupteur électronique commandable 12 entre le point milieu 25 et la borne négative de l'unité de stockage d'énergie électrique 2, et

- [0113] -une diode 12 entre le point milieu 25 et la borne positive de l'unité de stockage d'énergie électrique 2.
- [0114] Par ailleurs, bien qu'une unique unité de contrôle 3 soit représentée, d'autres réalisations sont possibles, par exemple la possibilité qu'une unité de contrôle soit dédiée à la commande du sous-circuit primaire 4 et qu'une autre unité de contrôle soit dédiée à la commande du sous-circuit secondaire 6.

Revendications

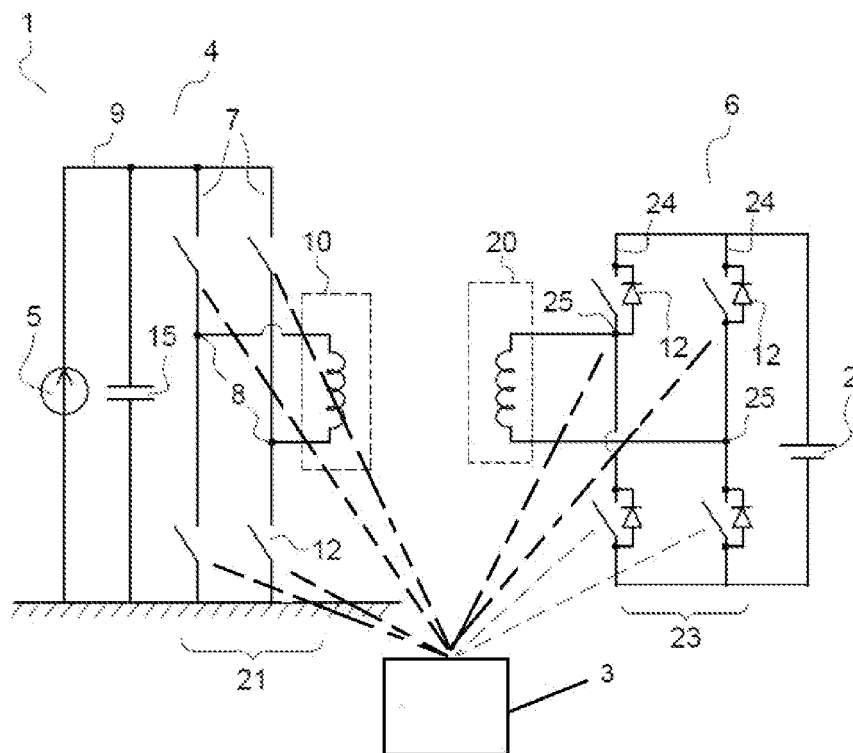
- [Revendication 1] Circuit d'alimentation électrique (1) d'une unité de stockage d'énergie électrique (2), ce circuit d'alimentation électrique comprenant :
- un sous-circuit primaire (4), apte à être connecté à un réseau de tension (5), et
 - un sous-circuit secondaire (6), apte à être connecté à une unité de stockage d'énergie électrique (2),
- le sous-circuit primaire (4) et le sous-circuit secondaire (6) étant configurés de manière à échanger sans contact par couplage inductif de l'énergie électrique,
- le sous circuit-secondaire (6) comprenant :
- une cellule inductive secondaire (20) pour l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique avec le sous-circuit primaire (4),
 - un onduleur/redresseur (23) apte à réaliser une adaptation d'impédance de l'impédance sur l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur (23), indépendamment de l'impédance de l'unité de stockage d'énergie électrique (2), cet onduleur/redresseur (23) comprenant au moins deux bras de commutation, chaque bras de commutation comprenant deux interrupteurs électroniques (12) disposés de part et d'autre d'un point milieu, et
 - une unité de contrôle (3) configurée pour commander l'un de ces deux bras pour qu'il commute à la fréquence de l'énergie électrique échangée sans contact par couplage inductif et avec un rapport cyclique de 50%, et pour commander l'autre de ces deux bras pour qu'il commute à une fréquence supérieure à celle de ladite énergie électrique et avec un rapport cyclique modulé selon le courant alternatif circulant dans la cellule inductive secondaire (20) et la tension sur l'entrée alternative de cet onduleur/redresseur (23), l'unité de contrôle étant configurée pour appliquer comme valeur de ce rapport cyclique « 0 » ou « 1 » lorsqu'une condition prédéfinie est remplie.
- [Revendication 2] Circuit selon la revendication 1, la condition prédéfinie étant relative au franchissement en valeur absolue par le courant circulant dans la cellule inductive secondaire (20) d'au moins une valeur seuil.
- [Revendication 3] Circuit selon la revendication 2, l'unité de contrôle (3) étant configurée pour appliquer comme valeur du rapport cyclique :
- « 0 », lorsque le courant circulant dans la cellule inductive secondaire est inférieur à une première valeur seuil négative, et

- « 1 », lorsque le courant circulant dans la cellule inductive secondaire est supérieur à une deuxième valeur seuil positive.

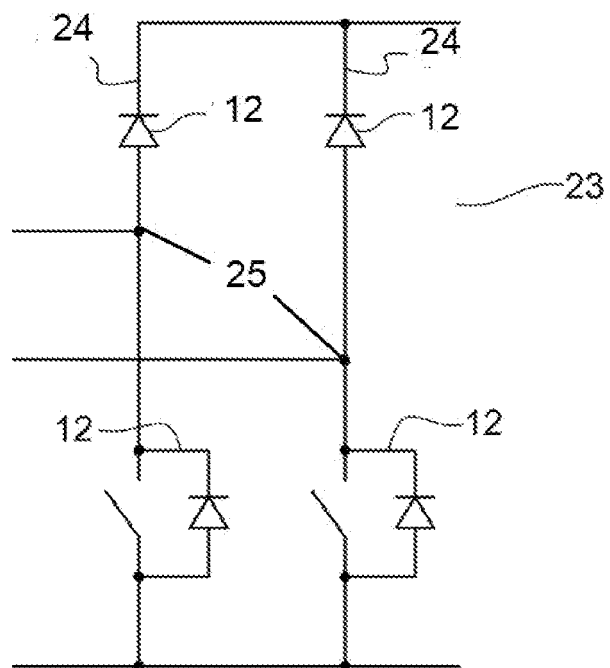
- [Revendication 4] Circuit selon la revendication 2 ou 3, chaque valeur seuil étant choisie de manière à ce que l'unité de contrôle applique uniquement comme valeur du rapport cyclique « 0 » ou « 1 ».
- [Revendication 5] Circuit selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, la valeur seuil étant constante.
- [Revendication 6] Circuit selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'onduleur/redresseur (23) comprenant exactement deux bras de commutation (24), la cellule inductive secondaire (20) étant montée entre les deux points milieux (25) de cet onduleur/redresseur.
- [Revendication 7] Circuit selon l'une quelconque des revendications précédentes, la cellule inductive secondaire (20) étant constituée par l'association en série d'un condensateur et d'une inductance.
- [Revendication 8] Circuit selon l'une quelconque des revendications précédentes, le sous-circuit primaire (4) comprenant :
- une cellule inductive primaire (10) pour l'échange sans contact par couplage inductif d'énergie électrique avec la cellule inductive secondaire (20), et
 - un onduleur/redresseur (21) comprenant au moins deux bras de commutation (7), chaque bras de commutation (7) comprenant deux interrupteurs électroniques commandables (12) disposés de part et d'autre d'un point milieu (8).
- [Revendication 9] Composant pour l'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique (2), comprenant le circuit électrique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le composant définissant notamment une structure supportant de manière rigidement couplés entre eux le sous-circuit primaire (4) et le sous-circuit secondaire (6).
- [Revendication 10] Dispositif pour l'alimentation électrique d'une unité de stockage d'énergie électrique (2), comprenant :
- le circuit électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,
 - une borne de charge pour véhicule hybride ou électrique, dans laquelle est disposé le sous-circuit primaire (4) du circuit électrique (1) ou à laquelle est connectée le sous-circuit primaire (4), et
 - un composant apte à être embarqué dans un véhicule hybride ou électrique, dans lequel est disposé le sous-circuit secondaire (6) du

circuit électrique (1).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 925143
FR 2311123

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 2021/281112 A1 (DANILOVIC MILISAV [US] ET AL) 9 septembre 2021 (2021-09-09) * le document en entier * -----	1-10	B60L 53/12 H02J 50/12
X	WO 2021/082408 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 6 mai 2021 (2021-05-06) * le document en entier * -----	1-10	
X	WO 2022/187714 A1 (TAU MOTORS INC [US]) 9 septembre 2022 (2022-09-09) * le document en entier * -----	1-10	
A	EP 4 050 758 A1 (HUAWEI TECH CO LTD [CN]) 31 août 2022 (2022-08-31) * le document en entier * -----	1-10	
A	ZHONG WENXING ET AL: "Maximum-Efficiency Operation of a 3.7 kW Inductive Wireless Charging System by Using On-Off Keying Modulation", 2018 IEEE ENERGY CONVERSION CONGRESS AND EXPOSITION (ECCE), IEEE, 23 septembre 2018 (2018-09-23), pages 921-927, XP033464390, DOI: 10.1109/ECCE.2018.8558350 [extrait le 2018-12-03] * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02J H02M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 avril 2024		Fraïssé, Stéphane	
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 2311123 FA 925143**

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 **11-04-2024**
 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 2021281112 A1		09-09-2021	CN	115244816 A		25-10-2022
			EP	4115490 A1		11-01-2023
			JP	7381767 B2		16-11-2023
			JP	2023516443 A		19-04-2023
			KR	20220140867 A		18-10-2022
			US	2021281112 A1		09-09-2021
			US	2021297004 A1		23-09-2021
			US	2023079848 A1		16-03-2023
			WO	2021178894 A1		10-09-2021

WO 2021082408 A1		06-05-2021	CN	110808625 A		18-02-2020
			WO	2021082408 A1		06-05-2021

WO 2022187714 A1		09-09-2022	AU	2022229513 A1		07-09-2023
			BR	112023017875 A2		10-10-2023
			CA	3212518 A1		09-09-2022
			CN	117242695 A		15-12-2023
			EP	4302393 A1		10-01-2024
			JP	2024509200 A		29-02-2024
			KR	20230154902 A		09-11-2023
			WO	2022187714 A1		09-09-2022

EP 4050758 A1		31-08-2022	EP	4050758 A1		31-08-2022
			JP	7431957 B2		15-02-2024
			JP	2023500133 A		04-01-2023
			KR	20220101117 A		19-07-2022
			US	2022250487 A1		11-08-2022
			WO	2021083287 A1		06-05-2021
