

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/018226 A1

(43) Date de la publication internationale
27 janvier 2022 (27.01.2022)

(51) Classification internationale des brevets :
H02J 7/34 (2006.01) *B60L 50/00* (2019.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2021/070598

(22) Date de dépôt international :
22 juillet 2021 (22.07.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2007779 23 juillet 2020 (23.07.2020) FR

(71) Déposant : **K-MOTORS** [FR/FR] ; Centre d'affaire Alta,
1120 route de Gemenos, 13400 AUBAGNE (FR).

(72) Inventeur : **LUKES, Nelson** ; Centre d'Affaire Alta, 1120
route de Gemenos, 13400 AUBAGNE (FR).

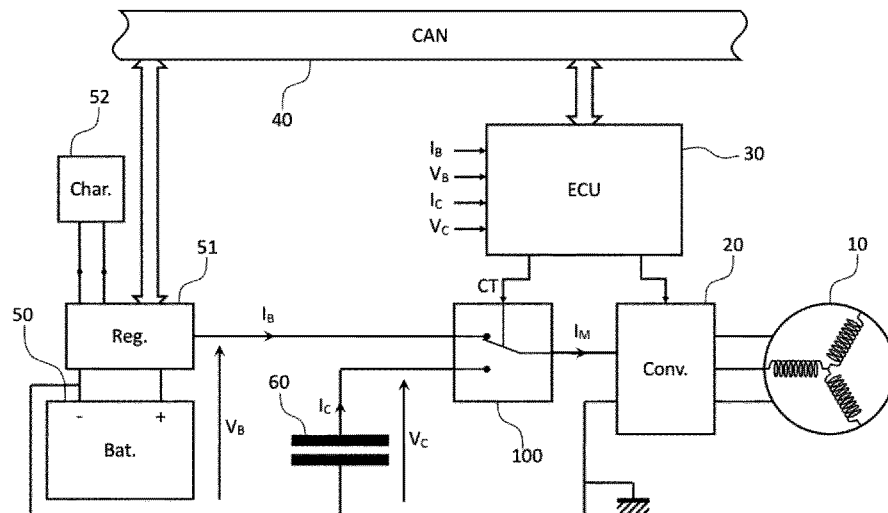
(74) Mandataire : **COUR, Pierre** ; ZA ATHELIA IV, 297,
Avenue du Mistral, ESPACE MISTRAL, 13705 LA CIO-
TAT CEDEX (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: POWER SUPPLY SYSTEM FOR A TRACTION MOTOR

(54) Titre : SYSTEME D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR DE TRACTION

[Fig. 1]



(57) **Abstract:** The invention relates to a power supply system for an electric traction motor (10) which comprises an energy converter (20), said energy converter bidirectionally transforming the energy supplied to or delivered by the motor into current (I_M); an electric battery (50) serving as an electrical energy store; a high-capacity capacitor (60) serving as a temporary electrical energy store. The system further comprises a switch (100) connecting the energy converter (20) to the battery (50) or to the high-capacity capacitor (60), said switch (100) being arranged to direct the current from the energy converter only to the capacitor (60).

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un système d'alimentation d'un moteur (10) de traction électrique qui comporte un convertisseur d'énergie (20), ledit convertisseur d'énergie transformant de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au ou restituée par le moteur en courant (I_M); une batterie électrique (50) servant de réservoir d'énergie électrique; un condensateur de forte capacité (60) servant de réservoir temporaire d'énergie électrique. Le système comporte en outre un commutateur (100) reliant le convertisseur d'énergie (20) à la batterie (50) ou au condensateur de forte capacité (60), ledit commutateur (100) étant agencé pour orienter le courant provenant du convertisseur d'énergie uniquement au condensateur (60).



WO 2022/018226 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasienn (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- *relative à l'identité de l'inventeur (règle 4.17(i))*
- *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17(ii))*

Publiée:

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

Description

Titre de l'invention : **SYSTÈME D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR DE TRACTION**

Domaine Technique

5 [0001] La présente invention se rapporte à un système d'alimentation d'un moteur de traction et notamment d'un véhicule de transport autonome en énergie.

Arrière-Plan Technologique

10 [0002] De nos jours, deux catégories de véhicules autonomes en énergie utilisent un moteur électrique comme moteur de traction. Un véhicule électrique utilise uniquement un ou plusieurs moteurs électriques pour se propulser. Un véhicule hybride utilise un ou plusieurs moteurs électriques conjointement à un moteur thermique utilisé en alternance et/ou en complément pour se propulser. L'un des principaux avantages d'un moteur électrique de traction est qu'il est
15 réversible, ce qui permet de récupérer l'énergie potentielle et l'énergie cinétique du véhicule dans des phases de décélération.

[0003] Dans un véhicule autonome, l'énergie fournie au moteur électrique est stockée dans une batterie nécessitant d'être rechargée régulièrement sur le secteur ou par le moteur thermique. L'autonomie en traction électrique dépend
20 principalement de la capacité de charge de la batterie mais également de la capacité de recharge de ladite batterie par récupération d'énergie.

[0004] Les batteries utilisées en traction électrique sont des batteries disposant d'une forte capacité massique et volumique afin de ne pas alourdir excessivement les véhicules ni occuper trop de place dans un véhicule. Les
25 batteries les plus utilisées dans les véhicules sont aujourd'hui les batteries au lithium et les batteries au nickel qui disposent d'une capacité volumique similaire et présentent différents avantages et inconvénients.

[0005] Les batteries au lithium se déclinent en plusieurs catégories : Lithium-Ion, Lithium-Ion-Polymère, Lithium-Phosphate. Les batteries au lithium
30 présentent comme principal avantage une forte capacité massique, une

autodécharge faible, un bon rendement énergétique qui permet de restituer jusqu'à 90% de l'énergie nécessaire à sa charge, une capacité de charge rapide lorsque celle-ci est déchargée en dessous de 75% de sa capacité. Ce type de batterie peut poser des problèmes de surchauffe pouvant entraîner un incendie ou une explosion de la batterie lorsque celle-ci est en surcharge. Bien que n'ayant pas d'effet « mémoire », une décharge totale de la batterie peut endommager celle-ci. En outre, l'utilisation de fort courant de recharge réduit sa durée de vie et il est préférable de réaliser des recharges rapides uniquement lorsque la batterie est complètement déchargée pour effectuer une recharge quasi-complète. Une recharge complète de la batterie ne peut se faire que dans des conditions de tension, de courant et de température contrôlées pour éviter tout risque d'incendie ou d'explosion. Pour prévenir tout problème, ces batteries doivent être équipées d'un circuit de régulation ou BMS (de l'anglais Battery Management System) qui va réguler le courant de la batterie en fonction de différents paramètres de contrôle, afin d'éviter que la batterie ne se trouve dans une situation critique.

[0006] Les batteries au nickel comprennent principalement les batteries NiMH (Nickel Métal-Hydrure) et Ni-Cd (Nickel Cadmium). Bien que plus lourdes, elles ont pour principal avantage d'être moins coûteuses que les batteries au lithium et ont une durée de vie supérieure. Les batteries au nickel peuvent être utilisées avec des courants forts sur des plages de température importantes sans risque de surchauffe. Néanmoins, le rendement énergétique des batteries au nickel est plus faible que celui des batteries au Lithium, et une surcharge à fort courant peut endommager la batterie au nickel. En outre, l'utilisation de forts courants de charge réduit également la durée de vie de ces batteries.

[0007] Quel que soit le type de batterie, le courant de charge de la batterie dépend de paramètres propres à celle-ci et il est nécessaire d'éviter une surcharge de la batterie avec des courants trop élevés. Ces limitations ont pour effet de limiter la capacité de recharge de telles batteries par récupération d'énergie. En effet, la tension et le courant de charge de la batterie devant être sous contrôle et dépendant de l'état, il n'est pas possible de récupérer la totalité de l'énergie que pourrait fournir le moteur électrique. Les véhicules doivent

limiter l'énergie récupérable par le moteur électrique à l'énergie récupérable par la batterie. Une telle limitation ne permet pas d'utiliser toutes les capacités d'un moteur électrique en décélération. Un moteur électrique peut notamment être utilisé en frein électrique ce qui permet d'une part de générer beaucoup
5 d'électricité mais également de réduire l'effort de freinage mécanique qui dissipe l'énergie cinétique et potentielle du véhicule en chaleur, dégageant en outre des particules fines liées à l'usure des plaquettes de freins.

[0008] Pour les véhicules électriques alternant de fortes accélérations et de fortes décélération, tels que par exemple un véhicule de course automobile, il
10 est connu d'avoir un réservoir d'énergie électrique auxiliaire d'une capacité inférieure à celle d'une batterie, mais dont les caractéristiques de charge sont beaucoup moins contraignantes. De tels réservoirs auxiliaires utilisent des super-condensateurs, c'est-à-dire des condensateurs de très forte capacité pouvant atteindre plusieurs centaines de Farads.

[0009] Bien qu'ayant une capacité massique et volumique de stockage
15 d'énergie inférieure à une batterie, un super-condensateur peut se charger et se décharger beaucoup plus vite qu'une batterie et supporter un nombre de cycles de charge et de décharge beaucoup plus important avec un rendement énergétique entre charge et décharge très supérieur à une batterie. Néanmoins,
20 par rapport à une batterie, un condensateur présente des courants de fuites entraînant une autodécharge plus rapide et surtout une variation de tension très importante qui est fonction de la charge du condensateur.

[0010] La demande de brevet JP 2010 202 189 divulgue un couplage en
25 parallèle d'un super-condensateur et d'une batterie à l'aide d'interrupteur permettant de connecter en parallèle une batterie et un condensateur. Le super-condensateur permet d'absorber un surplus de courant que la batterie ne peut supporter et permet d'alimenter le moteur seul ou conjointement avec la batterie.

[0011] Pour pouvoir coupler un super-condensateur et une batterie, il est
30 connu, notamment de la demande de brevet JP 2015 133 858 A, d'avoir recours à un convertisseur d'énergie ayant pour effet de ramener la tension aux bornes du super-condensateur à une valeur proche de celle de la batterie afin de pouvoir le connecter en parallèle sur la batterie de manière à recevoir le surplus

d'énergie qui ne peut être fourni à la batterie. Un tel convertisseur d'énergie est relativement coûteux et complexe car la régulation de courant et de tension est réalisée pour convenir à la batterie tout en travaillant avec des valeurs de tensions et de courant très élevés, soit plusieurs centaines de volts et plusieurs centaines d'ampères. En outre, un tel convertisseur nécessite de fonctionner en élévateur et en abaisseur de tension tout en étant bidirectionnel, ce qui ne permet pas d'optimiser son rendement énergétique et ajoute des pertes de conversion de l'ordre de 20% à 30% pour transmettre et restituer l'énergie entre le super-condensateur et le moteur de traction.

10 [0012] La demande de brevet JP H09 322 314 A divulgue l'utilisation d'une batterie et d'un super-condensateur utilisé comme tampon d'énergie pour la batterie. La batterie et le super-condensateur sont reliés entre eux par l'intermédiaire d'un convertisseur DC-DC afin de former une boucle de courant alimentée par le moteur au niveau du condensateur lorsque le moteur fonctionne en générateur et qui fournit du courant au niveau de la batterie lorsque le moteur est en traction. Lorsque le moteur fournit de l'énergie, le courant charge le condensateur qui va ensuite charger la batterie à l'aide du convertisseur DC-DC. Le convertisseur DC-DC fonctionne tant que le super-condensateur est chargé le moteur étant alimenté à partir du super-condensateur et/ou de la batterie.

20 [0013] Bien que permettant de récupérer et de restituer plus d'énergie, les solutions couplant un super-condensateur et une batterie de forte capacité pour un véhicule de traction électrique ne sont pas optimisées.

Résumé de l'Invention

[0014] L'invention propose d'améliorer le rendement énergétique d'un système d'alimentation d'un moteur de traction électrique utilisant une batterie et un super-condensateur. A cet effet, l'invention utilise un super-condensateur qui est rechargé directement par le convertisseur d'énergie du moteur et qui alimente uniquement le convertisseur d'énergie du moteur, ce qui permet de réduire les pertes de conversion lors de la récupération et de la restitution d'énergie. En outre, la batterie n'est pas rechargée par l'énergie provenant du moteur ce qui permet d'augmenter sa durée de vie.

- [0015] Plus particulièrement, l'invention propose un système d'alimentation d'un moteur de traction électrique qui comporte un convertisseur d'énergie disposant d'une entrée/sortie de courant continu et de connexions électriques reliées au moteur de traction électrique, ledit convertisseur d'énergie transformant de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au ou restituée par le moteur en courant entrant ou sortant par son entrée/sortie de courant ; une batterie électrique servant de réservoir d'énergie électrique ; un condensateur de forte capacité servant de réservoir temporaire d'énergie électrique. Ledit système comporte en outre un commutateur reliant le convertisseur d'énergie à la batterie ou au condensateur de forte capacité, ledit commutateur étant agencé pour orienter le courant provenant du convertisseur d'énergie uniquement vers le condensateur. En d'autres termes, le courant récupéré n'est jamais fourni à la batterie de sorte que celle-ci ne peut être rechargée qu'à partir d'une source externe au véhicule comportant le système de traction.
- [0016] Préférentiellement, le commutateur est agencé pour fournir le courant uniquement à partir du condensateur tant que une tension aux bornes du condensateur est supérieure à un seuil de tension.
- [0017] Selon un mode de gestion préféré, le commutateur peut être agencé pour fournir du courant au convertisseur d'énergie à partir de la batterie lorsque la tension aux bornes du condensateur est supérieure au seuil de tension. Selon ce mode de gestion, le seuil de tension peut être fixé à une tension supérieure à la tension de la batterie.
- [0018] Pour éviter d'éventuelles pertes de puissance lors de fortes accélérations, le commutateur et le circuit de contrôle peuvent être agencés pour réaliser une commutation progressive du courant fourni au convertisseur par le condensateur et par la batterie.
- [0019] Pour maximiser l'utilisation du condensateur, le système peut comporter un circuit élévateur de tension placé entre le condensateur et le commutateur.
- [0020] Pour faciliter la commutation lorsqu'un circuit élévateur de tension est ajouté, le système peut comporter un deuxième commutateur reliant le

condensateur d'une part au commutateur et d'autre part au circuit élévateur de tension.

[0021] Dans le cas où un circuit élévateur de tension est utilisé, le seuil de tension peut être fixé à une tension qui ne permette pas d'alimenter ledit circuit élévateur de tension.

[0022] Selon un mode de réalisation particulier, le commutateur peut comporter au moins un premier transistor de type MOSFET reliant la batterie au convertisseur et au moins un deuxième transistor de type MOSFET reliant le condensateur au convertisseur, lesdits premier et deuxième transistors ayant des commandes inversées.

[0023] Pour faciliter la gestion du système, celui-ci peut comporter en outre un circuit de contrôle recevant, d'une part, des commandes d'accélération et de décélération du moteur et, d'autre part, la tension de la batterie, la tension du condensateur, et une mesure du courant circulant dans le condensateur, le circuit de contrôle étant en outre relié au commutateur afin de contrôler la commutation dudit commutateur.

[0024] Selon un autre aspect, l'invention propose un procédé d'alimentation d'un moteur de traction électrique alimenté à travers un convertisseur d'énergie disposant d'une entrée/sortie de courant continu et de connexions électriques reliées au moteur de traction électrique, ledit convertisseur d'énergie transformant de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au ou restituée par le moteur en courant entrant ou sortant par son entrée/sortie de courant, l'entrée/sortie de courant étant reliée à une batterie électrique servant de réservoir d'énergie électrique et à un condensateur de forte capacité servant de réservoir temporaire d'énergie électrique. Selon l'invention, le courant fourni par le moteur traction et le convertisseur est orienté uniquement vers le condensateur. En d'autres termes, le procédé selon l'invention ne recharge jamais la batterie à partir du courant provenant du moteur traction et du convertisseur d'énergie.

[0025] Préférentiellement, le courant restitué par le convertisseur d'énergie peut être égal au courant reçu par le condensateur.

[0026] Selon un mode de réalisation préféré, le courant fourni au convertisseur d'énergie provient du condensateur directement ou à travers un circuit élévateur de tension afin de décharger le condensateur jusqu'à ce que la tension aux bornes du condensateur atteigne un seuil de tension qui ne permet plus au circuit élévateur de fonctionner avec un rendement acceptable.

[0027]

Brève Description des figures

[0028] L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante de modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, et faisant référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

[0029] [Fig.1] représente un premier exemple de réalisation d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique de traction selon l'invention,

[0030] [Fig.2] montre un premier mode de réalisation du commutateur de la figure 1,

[0031] [Fig.3] illustre les tensions et courants lors de l'utilisation du commutateur de la figure 2,

[0032] [Fig.4] montre un second mode de réalisation du commutateur de la figure 1,

[0033] [Fig.5] illustre les tensions et courants lors de l'utilisation du commutateur de la figure 4,

[0034] [Fig.6] représente une variante partielle du premier exemple de réalisation utilisant un commutateur conforme au second mode de réalisation,

[0035] [Fig.7] représente un deuxième exemple de réalisation d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique de traction selon l'invention,

[0036] [Fig.8] illustre les tensions et courants lors de l'utilisation du commutateur de la figure 2,

[0037] [Fig.9] représente une variante du deuxième exemple de réalisation d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique de traction selon l'invention

Description détaillée

5 [0038] Afin de simplifier la description des différents modes de réalisation qui vont être décrits dans la suite de la présente description, les mêmes références seront utilisées sur les différentes figures pour désigner les mêmes éléments ou des éléments similaires qui sont interchangeables entre eux.

10 [0039] Un premier exemple de réalisation d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique de traction selon l'invention est représenté sur la figure 1. Ce premier exemple de réalisation est particulièrement intéressant pour des véhicules alternant de fortes accélérations et de fortes décélérations, tels que des véhicules électriques de course ou des véhicules lourds se déplaçant en zone urbaine, par exemple des bus électriques.

15 [0040] A des fins de simplification, la figure 1 ne comporte que les éléments essentiels servant à l'alimentation d'un moteur de traction 10 du véhicule. Le moteur de traction 10 est par exemple un moteur synchrone à aimants permanent disposant de trois phases. Cependant, tout autre type de moteur synchrone, asynchrone ou même à courant continu pourrait être utilisé. Également, le moteur de traction 10 comporte trois phases dans l'exemple
20 décrit, cependant le nombre de phases du moteur peut être différent. L'important est que le moteur de traction 10 puisse être réversible, c'est-à-dire fonctionner aussi bien en tant que générateur transformant une énergie mécanique en énergie électrique qu'en tant que moteur transformant une énergie électrique en énergie mécanique.

25 [0041] Un convertisseur d'énergie 20, disposant d'une entrée/sortie de courant continu, est électriquement relié aux phases du moteur de traction électrique 10. L'entrée/sortie de courant est destinée à recevoir un courant de type continu mais dont les valeurs de courant et de tension peuvent varier dans des amplitudes de courant et de tension qui sont propres audit convertisseur 20. Les
30 variations de courant et de tension dépendent de nombreux paramètres. A titre d'exemple, le courant peut varier en fonction de la puissance fournie par le

moteur 10 en décélération ou à fournir au moteur 10 pour accélérer ou maintenir une vitesse de rotation. La tension peut varier en fonction de la réaction des circuits qui fournissent ou absorbent le courant demandé ou fourni par ledit convertisseur 20.

5 [0042] Le convertisseur d'énergie 20 transforme de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au moteur 10 ou restituée par celui-ci en courant entrant ou sortant par son entrée/sortie de courant. Le convertisseur d'énergie 20 est adapté au type de moteur de traction 10 afin que les signaux reçus de ou fournis par les phases dudit moteur 10 puissent être convertis de manière adéquate. La
10 transformation réalisée par le convertisseur d'énergie 20 est réalisée dans un sens ou dans l'autre en fonction de commandes reçues d'un circuit de contrôle 30.

[0043] Le circuit de contrôle 30 est un microcontrôleur ou un autre type de circuit à microprocesseur plus connu sous l'acronyme ECU (de l'anglais :
15 Electronic Control Unit) qui est couramment utilisé pour les différents calculateurs présents dans les véhicules. Le circuit de contrôle 30 est relié à un bus de communication 40, par exemple un bus CAN (de l'anglais Controller Area Network) comme communément utilisé dans l'industrie automobile pour relier les différents calculateurs d'un véhicule. Par l'intermédiaire du bus de
20 communication 40, le circuit de contrôle 30 va recevoir différentes informations relatives à un état du véhicule, telles que à titre d'exemple non limitatif : la vitesse du véhicule, la vitesse de rotation des roues, les consignes des pédales de frein et d'accélérateur, etc. En outre, le circuit de contrôle reçoit différentes informations provenant de capteurs (non représentés pour éviter de surcharger inutilement les figures) propres au moteur et indiquant à titre d'exemple non
25 limitatif : sa vitesse de rotation, sa température, d'éventuelles vibrations etc. Comme connu de l'état de la technique, le circuit de contrôle 30 calcule et fournit les commandes au convertisseur d'énergie 20 en fonction des différentes informations reçues par l'intermédiaire du bus de communication 40 et des
30 capteurs moteurs et également de paramètres de fonctionnement mémorisés dans ledit circuit de contrôle 30.

[0044] Une batterie 50 sert de réservoir d'énergie électrique. La batterie 50 est une batterie de forte capacité, par exemple une batterie au lithium ou au nickel ou toute autre technologie présentant des avantages comparables en termes de capacité massique et/ou volumique. Un circuit de régulation 51 est couplé à la batterie 50 pour la monitorer et la réguler. Bien que représenté aux bornes de la batterie 50, le circuit de régulation peut comporter un nombre de connexions plus important relié aux différents éléments accumulateurs de ladite batterie. Le circuit de régulation 51 est par exemple un circuit de type BMS (de l'anglais : Battery Management System) qui contrôle le courant et la tension fournie ou reçue par la batterie pour assurer une distribution homogène au niveau des différents éléments constituant ladite batterie 50. Le circuit de régulation 51 est également relié au bus de communication 40 pour fournir des informations d'état de ladite batterie 50 aux différents calculateurs du véhicule et notamment au circuit de contrôle 30. Les informations d'état de la batterie peuvent être par exemple : sa tension de sortie V_B , son courant de sortie I_B , son état de charge, sa température, son courant maximal disponible, etc. Un chargeur de batterie 52 qui peut être interne ou externe au véhicule est également connecté ou connectable au circuit de régulation 51 afin d'assurer une recharge de la batterie 50 à partir d'une source externe telle que par exemple le secteur.

[0045] Dans l'état de la technique, le paramétrage du circuit de contrôle 30 prend en compte la capacité de charge de la batterie ce qui peut être limitatif en termes de récupération d'énergie. En outre, le fait de recharger régulièrement la batterie lors de chaque décélération du véhicule diminue la durée de vie de la batterie. Afin d'éviter ces désagréments, l'invention propose de ne pas utiliser la batterie 50 pour la récupération de l'énergie provenant du moteur 10 mais de diriger le courant de récupération d'énergie uniquement vers un super-condensateur 60.

[0046] Le super-condensateur 60 est un condensateur de forte capacité faisant fonction de réservoir d'énergie pour recevoir et fournir de l'énergie pendant quelques secondes ou quelques dizaines de secondes. Un commutateur 100 assure le couplage de la batterie 50 et du super-condensateur 60 au convertisseur d'énergie 20. A cet effet, le commutateur 100 comporte une

première borne reliée à l'entrée/sortie de courant du convertisseur 20, une deuxième borne reliée à la batterie 50 et une troisième borne reliée au condensateur 60. Le commutateur 100 dispose d'une entrée de commande reliée au circuit de contrôle 30. Le circuit de contrôle 30 assure la commutation
5 du commutateur 100 conjointement au fonctionnement du convertisseur d'énergie 20. Pour affiner la commutation, le circuit de contrôle reçoit des mesures relatives au courant I_C circulant dans le super-condensateur 60, à la tension V_C aux bornes du super-condensateur 60, au courant I_B de batterie et à la tension V_B aux bornes de la batterie 50.

10 [0047] La figure 2 montre un premier mode de réalisation du commutateur 100. Le commutateur 100 comporte un premier interrupteur 101, placé entre ses première et troisième bornes, reliant le super-condensateur 60 au convertisseur d'énergie 20 et un deuxième interrupteur 102, placé entre ses première et
15 deuxième bornes, reliant la batterie 50 au convertisseur d'énergie 20. Selon un exemple de réalisation préféré, les premier et deuxième interrupteurs 101 et 102 sont des transistors de type MOSFET (de l'anglais : Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) qui permettent de commuter de forts courant tout en ayant une très faible résistivité. Des entrées de commandes des premier et
20 deuxième interrupteurs 101 et 102, par exemple les grilles des MOSFETs, reçoivent, par l'intermédiaire d'amplificateurs de signaux 103 et 104 une commande CT provenant du circuit de contrôle 30. L'un des amplificateurs de signaux 103 inverse la commande CT de sorte que lorsque l'un des interrupteurs 101 est ouvert, l'autre interrupteur 102 est fermé et réciproquement.

[0048] La figure 3 illustre un exemple de fonctionnement du commutateur 100
25 et représente les tensions V_B et V_C et les courants I_B et I_C lors d'une commutation contrôlée par le circuit de contrôle 30.

[0049] La partie gauche de la figure 3 correspond à une accélération à courant constant. On considère à cet effet que le super-condensateur est chargé à une tension très supérieure à la tension de batterie. Le circuit de contrôle ferme le
30 premier interrupteur 101 et ouvre le deuxième interrupteur 102. Le super-condensateur 60 fournit un courant I_C au convertisseur 20 et se décharge alors que le courant de batterie I_B est nul. En se déchargeant, la tension V_C aux

bornes du super-condensateur diminue avec une pente proportionnelle au courant appelé. Lorsque la tension V_C approche la valeur de la tension de batterie V_B , le circuit de contrôle inverse la commande CT de sorte à ouvrir le premier interrupteur 101 et fermer le deuxième interrupteur 102. Le courant I_C devient nul et le courant I_B est fourni au convertisseur 20. Le super-condensateur 60 arrête de se décharger, la traction est assurée par la batterie 50.

[0050] La partie droite de la figure 3 correspond à un freinage à un instant t . Avant l'instant t , le premier interrupteur 101 est ouvert et le deuxième interrupteur 102 est fermé, la traction étant assurée par la batterie 50. A l'instant t , un freinage est demandé par une consigne des pédales. Le circuit de contrôle inverse le courant du convertisseur et inverse simultanément la commande CT. Le premier interrupteur 101 se ferme et le deuxième interrupteur 102 s'ouvre. Le super-condensateur 60 reçoit un courant I_C négatif du convertisseur 20 et se charge alors que le courant de batterie I_B est nul. En se chargeant, la tension V_C aux bornes du super-condensateur augmente avec une pente proportionnelle au courant reçu. Lorsque la tension V_C du super-condensateur 60 atteint une valeur maximale pour le convertisseur 20, le circuit de contrôle 30 arrête la récupération d'énergie à partir du convertisseur 20.

[0051] L'utilisation de MOSFET comme interrupteur avec des commandes inversées peut produire une situation de commutation où les premier et deuxième interrupteurs 101 et 102 sont partiellement ouverts en même temps. Une telle situation n'est pas souhaitée car, dans l'invention, il n'est pas souhaité d'avoir un retour de courant dans la batterie. A cet effet, un circuit anti-retour 106, par exemple une diode, peut être placée en série avec le deuxième interrupteur 102 de sorte à supprimer tout retour de courant vers la batterie 50. Également, afin de prévenir un éventuel retard de commutation du premier interrupteur 101, il peut être prévu une diode 105 assurant une commutation automatique dès qu'un courant de retour est fourni par le convertisseur 20.

[0052] Il est à noter que le courant de charge du super-condensateur peut être égal voire supérieur au courant nominal de la batterie, ce qui permet de récupérer un courant dont la valeur est très supérieure à la valeur du courant

nominal de la batterie. En outre dans cet exemple de réalisation, les pertes liées à la charge et à la décharge du super-condensateur sont quasiment nulles. L'homme du métier peut remarquer que plus les phases d'accélération et de freinage sont rapprochées, moins la batterie est sollicitée, ce qui permet d'augmenter de manière considérable l'autonomie du véhicule en maximisant la recharge du super-condensateur 60, ce qui est particulièrement bien adapté aux véhicules électriques de course et aux poids lourds fonctionnant en zone urbaine tels que par exemple des bus.

[0053] A titre d'exemple d'application du premier exemple de réalisation, on considère une voiture de course ou un bus dont le moteur est d'une puissance nominale de 200 kW. Une tension nominale de 400 volts et un courant de 500 ampères permettent de fournir une telle puissance. La batterie doit être dimensionnée pour fonctionner avec de telles valeurs. Le super-condensateur 60 doit être dimensionné pour une valeur de tension très supérieure, par exemple 1000 volts. Une valeur de 10 farads permet au super-condensateur 60 de fournir 500 ampères pendant une douzaine de secondes avant que la tension V_C du super condensateur 60 descende aux alentours de la tension V_B de la batterie 50. En outre, le super-condensateur 60 peut recevoir un courant de charge très supérieur à 500 ampères, par exemple 1000 ampères, ce qui permet d'utiliser le moteur comme un frein électrique tout en récupérant de l'énergie.

[0054] Au vu des valeurs importantes de courant et tension, l'homme du métier comprendra qu'il est préférable d'utiliser plusieurs transistors MOSFET en parallèle pour réduire les contraintes sur les composants, notamment sur le refroidissement des composants qui doivent dissiper une énergie importante lors des commutations. Plutôt que de réaliser une simple mise en parallèle des composants, un second mode de réalisation du commutateur 100 est représenté sur la figure 4.

[0055] Sur la figure 4, le commutateur 100 est divisé en une pluralité de commutateurs 110, 120, 130 et 140 comprenant chacun un premier interrupteur 111, 121, 131 et 141 reliant le super-condensateur 60 au convertisseur 20 et un deuxième interrupteur 112, 122, 132 et 142 reliant la batterie 50 au convertisseur 20. Sur la figure 4, quatre commutateurs 110, 120, 130 et 140

sont représentés à titre d'exemple, mais le nombre de commutateurs peut être supérieur et par exemple être égal à dix ou vingt. Chaque commutateur 110, 120, 130 et 140 peut incorporer une diode anti-retour 116, 126, 136 et 146 en série avec le deuxième interrupteur 112, 122, 132 et 142 ou une seule diode anti-retour 106 peut être utilisée.

[0056] Selon un mode préféré, chaque commutateur 110, 120, 130 et 140 dispose d'une commande CT1, CT2, CT3 et CT4 individualisée qui est fournie par le circuit de contrôle 30. Chacune des commandes CT1, CT2, CT3 et CT4 est reçue par une paire d'amplificateurs 113, 114, 123, 124, 133, 134, 143 et 144 qui contrôlent de manière inversée les premiers et deuxièmes interrupteurs 111, 112, 121, 122, 131, 132, 141 et 142 L'utilisation de commandes individualisées CT1, CT2, CT3 et CT4 permet de commuter le courant I_M de manière plus progressive du super-condensateur 60 vers la batterie 50. En effet, une commutation globale du courant fourni par le super-condensateur 60 vers le courant fourni par la batterie 50 peut provoquer une chute de tension très importante en entrée du convertisseur 20 ce qui a pour effet de créer une perte de puissance qui n'est pas souhaitée lors de l'accélération. Une commutation progressive permet de remédier à ce désagrément.

[0057] La figure 5 illustre un exemple de fonctionnement du commutateur 100 de la figure 4 et représente les tensions V_B et V_C et les courants I_B et I_C lors d'une commutation contrôlée par le circuit de contrôle 30 de manière progressive.

[0058] La partie gauche de la figure 5 correspond à une accélération à courant constant. On considère à cet effet que le super-condensateur est chargé à une tension très supérieure à la tension de batterie. Le circuit de contrôle 30 ferme les premiers interrupteurs 111, 121, 131 et 141 et ouvre les deuxièmes interrupteurs 112, 122, 132 et 142. Le super-condensateur 60 fournit un courant I_C au convertisseur 20 et se décharge alors que le courant de batterie I_B est nul. En se déchargeant, la tension V_C aux bornes du super-condensateur diminue avec une pente proportionnelle au courant I_C appelé par le convertisseur 20. Lorsque la tension V_C approche la valeur de la tension de batterie V_B avec un seuil déterminé, le circuit de contrôle 30 inverse l'une des commandes, par

exemple la commande CT1, de sorte à ouvrir un premier interrupteur 111 et fermer le deuxième interrupteur 112. Le courant I_C se réduit d'un quart et la batterie 50 fournit un courant I_B égal au quart du courant fourni au convertisseur 20. Le super-condensateur 60 se décharge plus lentement jusqu'à ce que la tension V_C atteigne un deuxième seuil de tension au-dessus de la tension de batterie V_B . Le circuit de contrôle 30 inverse une deuxième des commandes, par exemple la commande CT2, de sorte à ouvrir un premier interrupteur 121 et fermer un deuxième interrupteur 122. Le courant I_C se réduit à la moitié du courant fourni au convertisseur 20 et la batterie fournit un courant I_B égal à la moitié du courant fourni au convertisseur 20. La décharge du super-condensateur 60 s'effectue plus lentement jusqu'à un troisième seuil de tension. Le circuit de contrôle 30 inverse une troisième des commandes, par exemple la commande CT3, de sorte à ouvrir un premier interrupteur 131 et fermer un deuxième interrupteur 132. Le courant I_C se réduit au quart du courant fourni au convertisseur 20 et la batterie fournit un courant I_B égal aux trois quarts du courant fourni au convertisseur 20. La décharge du super-condensateur 60 s'effectue jusqu'à un quatrième seuil de tension proche de la tension de batterie. Le circuit de contrôle 30 inverse une quatrième des commandes, par exemple la commande CT4, de sorte à ouvrir un premier interrupteur 141 et fermer un deuxième interrupteur 142. Le courant I_C se réduit à zéro et la batterie fournit un courant I_B égal au courant fourni au convertisseur 20.

[0059] Une telle commutation progressive a pour effet de diviser par quatre les chutes de tension qui peuvent se produire lors des commutations ce qui réduit d'autant les pertes instantanées de puissance liées à la commutation.

25 L'utilisation d'un nombre de commutateurs plus important réduit d'autant plus l'effet de perte de puissance lors de l'accélération.

[0060] La partie droite de la figure 5 correspond à un freinage à un instant t et se trouve être identique à la partie droite de la figure 3, tous les commutateurs étant commandés en même temps. En effet, la commutation s'effectuant lors d'une inversion du courant I_M , aucun effet de chute de tension ne se produit. En outre, le courant ne pouvant retourner vers la batterie, il est impératif d'ouvrir tous les premiers interrupteurs 111, 121, 131 et 141 et de fermer tous les

deuxièmes interrupteurs 112, 122, 132 et 142 en même temps. Le super-condensateur 60 se charge alors comme précédemment indiqué. Lorsque la tension V_C du super-condensateur 60 atteint une valeur maximale pour le convertisseur 20, le circuit de contrôle 30 arrête la récupération d'énergie.

5 [0061] D'autres variantes de l'invention sont possibles. Notamment, les commandes du commutateur peuvent être déterminées par le circuit de contrôle pour chaque interrupteur 111, 112, 121, 122, 131, 132, 141 et 142. Une telle configuration permet de dé-corréler la commutation de la batterie 50 et du super-condensateur 60, ce qui permet d'avoir un contrôle plus fin de la commutation.
10 En outre, il est également possible d'utiliser des batteries modulaires pour permettre un échange partiel de batterie et d'utiliser plusieurs super-condensateurs pour pouvoir mieux les répartir dans le véhicule. L'utilisation de plusieurs batteries et plusieurs super condensateurs permet également de mieux répartir le courant lorsque celui-ci est inférieur au courant nominal.

15 [0062] La figure 6 détaille représente une variante partielle du premier exemple de réalisation plusieurs batteries 50_A , 50_B , 50_C et 50_D et plusieurs super-condensateurs 60_A , 60_B , 60_C et 60_D et un commutateur 100 conforme à celui de la figure 4 mais avec des commandes CT1, CT2, CT3, CT4, CT'1, CT'2, CT'3 et CT'4 individualisées pour chaque interrupteur 111, 112, 121, 122, 131,
20 132, 141 et 142. Chaque batterie 50_A , 50_B , 50_C et 50_D dispose d'un circuit de régulation 51_A , 51_B , 51_C et 51_D qui lui est propre. Les circuits amplificateurs 113, 114, 123, 124, 133, 134, 143 et 144 sont identiques la différenciation des commandes CT1, CT2, CT3, CT4, CT'1, CT'2, CT'3 et CT'4 se faisant au niveau du circuit de contrôle 30. En outre, une diode anti-retour 116, 126, 136 et 146 est
25 placée en série entre chaque batterie 50_A , 50_B , 50_C et 50_D et chaque interrupteur 112, 122, 132, et 142 relié à ladite batterie.

[0063] Sur la figure 6 le nombre de batteries, de super-condensateurs et d'interrupteurs est le même. Toutefois, l'homme du métier peut noter que le nombre de batteries et de super-condensateurs peut être différent. Il en va de
30 même pour les interrupteurs, chaque batterie et chaque super-condensateur peuvent être connectés à plusieurs interrupteurs disposant d'une commande individualisée.

[0064] Le fonctionnement du circuit de la figure 6 est analogue aux fonctionnements détaillés à l'aide des figures 2 et 4. Néanmoins, si le courant appelé ou fourni par le convertisseur 20 est faible, c'est-à-dire inférieur au courant nominal, un nombre réduit de super-condensateurs et batteries peut être
5 utilisé. Ainsi, il est possible de charger et/ou décharger les super-condensateurs un par un et de décharger les batteries une par une. Le circuit de contrôle 30 peut déterminer quel condensateur ou quelle batterie doit être connectée en fonction du niveau de charge de chacun des éléments.

[0065] Les exemples présentés précédemment, montrent un fonctionnement
10 où le super-condensateur 60 n'est déchargé que jusqu'à un niveau de tension correspondant au niveau de tension de la batterie 50. Un tel mode de décharge n'utilise pas pleinement la capacité du super-condensateur 60. Une amélioration est possible pour optimiser l'utilisation du super-condensateur 60.

[0066] La figure 7 représente un deuxième exemple de réalisation d'un circuit
15 d'alimentation d'un moteur électrique de traction similaire au circuit de la figure 1 mais dans lequel un circuit élévateur de tension 200 a été rajouté. Le circuit élévateur 200 est un circuit de conversion monodirectionnel. Un deuxième commutateur 300 est placé entre le super-condensateur 60, d'une part, et le circuit élévateur de tension et le commutateur 100, d'autre part, ledit deuxième
20 commutateur 300 recevant une commande CTC du circuit de contrôle 30. Lorsque le courant est fourni par convertisseur 20, le deuxième commutateur 300 est positionné par le circuit de contrôle 30 pour établir une connexion entre le super-condensateur 60 et le commutateur 100 afin que le super-condensateur 60 soit chargé directement par le courant fourni par le convertisseur 20 sans
25 perte de conversion. Pour que le super-condensateur 60 fournisse du courant, le deuxième commutateur 300 est positionné par le circuit de contrôle 30 pour établir une connexion entre le super-condensateur 60 et le circuit élévateur de tension 200.

[0067] Le circuit élévateur de tension 200 peut être de différents types,
30 cependant, il est préféré, dans l'exemple de la figure 7, d'utiliser un circuit élévateur qui puisse également se comporter en simple liaison. A titre d'exemple non limitatif, le circuit élévateur 200 peut comporter une inductance 210 et une

diode 220 en série, l'inductance 210 étant reliée au deuxième commutateur 200 et à l'anode de la diode 220, la cathode de la diode 220 étant reliée au commutateur 100. Un condensateur 230 est placé entre la cathode de la diode 220 et la masse du circuit. Un interrupteur 240 est placé entre l'anode de la diode 220 et la masse du circuit, une entrée de contrôle CB de l'interrupteur 240 étant reliée au circuit de contrôle 30.

[0068] Lorsque l'interrupteur 240 est ouvert en permanence, le circuit élévateur de tension 200 réalise une simple liaison entre le deuxième commutateur 200 et le commutateur 100 dès lors que la tension V_C du super-condensateur est supérieure à la tension se trouvant à l'entrée/sortie de courant du convertisseur 20, aucune élévation de tension n'étant réalisée. Lorsqu'un train d'impulsions modulées est fourni par le circuit de contrôle 30 sur l'entrée de contrôle CB, le circuit élévateur 200 va fonctionner en élévateur de tension. Lorsque l'entrée de commande CB est dans un premier état, l'interrupteur 240 est fermé ce qui a pour effet d'augmenter le courant dans l'inductance 210. Lorsque l'entrée de commande passe dans le deuxième état, l'interrupteur 240 s'ouvre, ce qui a pour effet d'élever la tension d'anode de la diode 220 jusqu'à ce que celle-ci devienne passante pour fournir le courant emmagasiné dans l'inductance 210 au condensateur 230. Le courant dans l'inductance 210 va alors diminuer en chargeant le condensateur 230 et donc en augmentant sa tension. L'entrée de commande va ensuite retourner au premier état pour recharger en courant l'inductance 210. L'alternance d'état sur l'entrée de commande CB réalise l'augmentation de tension. L'homme du métier connaît ce type de circuit élévateur de tension et sait que la fréquence des impulsions doit être déterminée pour qu'un courant soit toujours présent dans l'inductance 210, le rapport cyclique entre le premier état et le deuxième état définissant un coefficient d'élévation de tension.

[0069] La figure 8 illustre un exemple de fonctionnement du commutateur 100 en utilisant le circuit élévateur de tension 200 de la figure 7 et représente les tensions V_B et V_C et les courants I_B et I_C lors d'une commutation contrôlée par le circuit de contrôle 30.

[0070] La partie gauche de la figure 8 correspond à une accélération à courant constant. On considère à cet effet que le super-condensateur est chargé à une tension très supérieure à la tension de batterie. Le circuit de contrôle 30 positionne le commutateur 100 afin que le courant I_M soit fourni par le super-condensateur 60, l'interrupteur 240 étant ouvert afin que le circuit élévateur de tension se comporte en simple liaison, et le deuxième commutateur 300 étant positionné pour que le courant I_C soit fourni au circuit élévateur 200. Le super-condensateur 60 fournit un courant I_C au convertisseur 20, le courant I_C étant égal au courant I_M , et se décharge alors que le courant de batterie I_B est nul. En se déchargeant, la tension V_C aux bornes du super-condensateur diminue avec une pente proportionnelle au courant appelé. Lorsque la tension V_C approche la valeur de la tension de batterie V_B , le circuit de contrôle 30 déclenche le circuit élévateur de tension 200 en envoyant un train d'impulsion sur l'entrée de commande C_B . Le rapport cyclique des impulsions est ajusté au fur et à mesure de la décharge du super-condensateur 60 afin de maintenir la tension en sortie du circuit élévateur à une valeur sensiblement égale à la tension de batterie. Le courant I_C fourni par le super-condensateur 60 augmente en proportion inverse de la diminution de la tension V_C du super-condensateur 60, la sortie du circuit élévateur 200 restant à des valeurs de tension et de courant quasi constantes correspondant à la tension de batterie et au courant I_M . Le super-condensateur 60 se décharge de plus en plus jusqu'à ce que la tension V_C atteigne un seuil de tension minimal qui ne permette plus au circuit élévateur 200 de fonctionner avec un rendement acceptable. Le circuit de contrôle 30 positionne alors le commutateur 100 afin que le courant I_M soit fourni par la batterie 50. L'interrupteur 240 est positionné en position ouverte. Le courant I_C se réduit à zéro et la batterie fournit un courant I_B égal au courant I_M fourni au convertisseur 20.

[0071] La partie droite de la figure 8 correspond à un freinage à un instant t et se trouve être identique à la partie droite des figures 3 et 5. Le circuit de contrôle positionne le commutateur 100 et le deuxième commutateur 300 afin que le super-condensateur 60 se recharge directement avec le courant I_M fourni par le convertisseur 20, la commutation s'effectuant lors d'une inversion du courant I_M . Le super-condensateur 60 se charge alors comme précédemment indiqué.

Lorsque la tension V_C du super-condensateur 60 atteint une valeur maximale pour le convertisseur 20, le circuit de contrôle 30 arrête la récupération d'énergie.

[0072] L'utilisation du circuit élévateur de tension 200 permet d'utiliser au maximum la capacité de stockage du super-condensateur 60. L'utilisation du circuit élévateur de tension 200 entraîne une perte de conversion de l'ordre de 10 à 15 %, mais qui n'apparaît que lorsque le circuit élévateur 200 est utilisé, c'est à dire que sur une petite partie de la restitution d'énergie du condensateur.

[0073] De nombreuses variantes de réalisation du circuit d'alimentation de la figure 7 sont possibles. Notamment, les différents modes de réalisation du commutateur 100 dévoilés sur les figures 2, 4 et 6 sont utilisables avec le circuit de la figure 7. Il est également possible d'utiliser plusieurs super-condensateurs 60, mais dans ce cas, il est possible de rajouter un circuit élévateur 200 et un deuxième commutateur 300 pour chaque super-condensateur 60.

[0074] Les circuits précédemment dévoilés utilisent une tension maximale pour le super-condensateur 60 qui est très supérieure à la tension de batterie 50. Un tel choix est particulièrement intéressant pour des véhicules alternant de fortes accélérations et de fortes décélérations car la batterie est peu sollicitée. Cependant, le convertisseur d'énergie 20 doit supporter des tensions beaucoup plus élevées que la tension nominale de la batterie 50. Une telle contrainte sur le convertisseur 20 augmente le coût dudit convertisseur 20.

[0075] Pour un véhicule particulier électrique, les conditions d'utilisation sont différentes et les contraintes de coût sont plus élevées. En termes d'utilisation, les accélérations et les décélérations sont moins fortes et il n'est pas besoin de disposer d'une réserve d'énergie aussi importante. Il est possible de limiter la tension du super-condensateur à une tension maximale au plus égale à la tension de la batterie, ce qui permet de réduire fortement le coût du convertisseur 20 qui peut fonctionner dans une plage de tension plus réduite.

[0076] La figure 9 représente une variante du deuxième exemple de réalisation d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique de traction de la figure 7. Dans cet exemple, le commutateur 100 se trouve également simplifié.

En effet, la tension du super-condensateur 60 étant au plus égale à la tension de batterie, le commutateur 100 peut être un autocommutateur à diodes. La diode anti-retour 106 permet de commuter sur le courant de batterie dès lors que la tension sur sa cathode est inférieure à la tension V_B de la batterie 50. Pour que le courant I_C soit fourni au convertisseur 20, le circuit de contrôle 30 positionne le deuxième commutateur 30 de sorte à établir la connexion entre le super-condensateur 60 et le circuit élévateur de tension 200 et envoie un train d'impulsions modulées afin que la tension en sortie du circuit élévateur de tension soit légèrement supérieure à la tension de batterie V_B , la diode 220 assurant le rôle d'interrupteur du commutateur 100. En décélération, le deuxième commutateur 300 est positionné par le circuit de contrôle de sorte que la connexion soit établie entre la diode 105 et le super-condensateur 60, la diode 105 assurant l'auto-commutation du commutateur 100 dès lors que le courant provient du convertisseur 20.

15 [0077] Le fonctionnement du circuit de la figure 9 est analogue au fonctionnement du circuit de la figure 7, tel que par exemple représenté sur la figure 8 sans toutefois que la tension V_C du super-condensateur 60 ne dépasse la tension de batterie V_B .

[0078] Quel que soit le mode de réalisation de l'invention, il convient d'utiliser de manière prioritaire l'énergie stockée dans le super-condensateur 60. Autrement dit, l'énergie stockée dans la batterie 50 n'est à utiliser que lorsqu'il n'est pas possible de prendre de l'énergie dans le super-condensateur 60 parce qu'il est déchargé au maximum. Le super-condensateur étant prioritairement déchargé, il peut emmagasiner une énergie lors de chaque décélération.

25 [0079] Comme indiqué précédemment, les différents modes de réalisation sont donnés à titre d'exemples non limitatifs et de nombreuses variantes sont possibles. Notamment, il est possible de combiner entre eux les différents modes de réalisation ou d'utiliser un nombre d'interrupteurs, de batteries ou de super-condensateurs différent de ceux indiqués.

30

Revendications

- [Revendication 1] Système d'alimentation d'un moteur (10) de traction électrique qui comporte :
- un convertisseur d'énergie (20) disposant d'une entrée/sortie de courant continu et de connexions électriques reliées au moteur de traction électrique, ledit convertisseur d'énergie transformant de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au ou restituée par le moteur en courant (I_M) entrant ou sortant par son entrée/sortie de courant ;
 - une batterie électrique (50) servant de réservoir d'énergie électrique ;
 - un condensateur de forte capacité (60) servant de réservoir temporaire d'énergie électrique ;
- caractérisé en ce qu'il comporte en outre un commutateur (100) reliant le convertisseur d'énergie (20) à la batterie (50) ou au condensateur de forte capacité (60), ledit commutateur (100) étant agencé pour orienter le courant provenant du convertisseur d'énergie uniquement vers le condensateur (60).
- [Revendication 2] Système selon la revendication précédente, dans lequel le commutateur (100) est agencé pour fournir le courant (I_M) uniquement à partir du condensateur (60) tant que une tension (V_C) aux bornes du condensateur est supérieure à un seuil de tension.
- [Revendication 3] Système d'alimentation selon la revendication précédente dans lequel le commutateur (100) est agencé pour fournir du courant au convertisseur d'énergie (20) à partir de la batterie (50) lorsque la tension (V_C) aux bornes du condensateur (60) est supérieure au seuil de tension.
- [Revendication 4] Système d'alimentation selon la revendication précédente, dans lequel le seuil de tension est fixé à une tension supérieure à la tension de la batterie (V_B).
- [Revendication 5] Système selon l'une des revendications 1 à 3, lequel comporte un circuit élévateur de tension (200) placé entre le condensateur (60) et le commutateur (100).
- [Revendication 6] Système selon la revendication précédente, lequel comporte un deuxième commutateur (300) reliant le condensateur (60) d'une

part au commutateur (100) et d'autre part au circuit élévateur de tension (200).

[Revendication 7] Système selon l'une des revendications 5 et 6 lorsqu'elles dépendent de la revendication 2, dans lequel le seuil de tension est fixé à une tension qui ne permette pas d'alimenter ledit circuit élévateur de tension (200).

[Revendication 8] Système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le commutateur (100) comporte au moins un premier transistor (102, 112, 122, 132, 142) de type MOSFET reliant la batterie (50) au convertisseur (20) et au moins un deuxième transistor (101, 111, 121, 131, 141) de type MOSFET reliant le condensateur (60) au convertisseur (20), lesdits premier et deuxième transistors ayant des commandes inversées.

[Revendication 9] Système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre un circuit de contrôle (30) recevant, d'une part, des commandes d'accélération et de décélération du moteur et, d'autre part, la tension de la batterie (V_B), la tension du condensateur (V_C), et une mesure du courant circulant dans le condensateur (I_C), le circuit de contrôle (30) étant en outre relié au commutateur (100) afin de contrôler la commutation dudit commutateur (100).

[Revendication 10] Système selon la revendication précédente, dans lequel le commutateur (100) et le circuit de contrôle (30) sont agencés pour réaliser une commutation progressive du courant fourni au convertisseur (20) par le condensateur (60) et par la batterie (50).

[Revendication 11] Procédé d'alimentation d'un moteur de traction électrique (10) alimenté à travers un convertisseur d'énergie (20) disposant d'une entrée/sortie de courant continu et de connexions électriques reliées au moteur de traction électrique (10), ledit convertisseur d'énergie (20) transformant de manière bidirectionnelle l'énergie fournie au ou restituée par le moteur (10) en courant entrant ou sortant par son entrée/sortie de courant, l'entrée/sortie de courant étant reliée à une batterie électrique (50) servant de réservoir d'énergie électrique et à un condensateur de forte capacité (60) servant de réservoir temporaire d'énergie électrique,

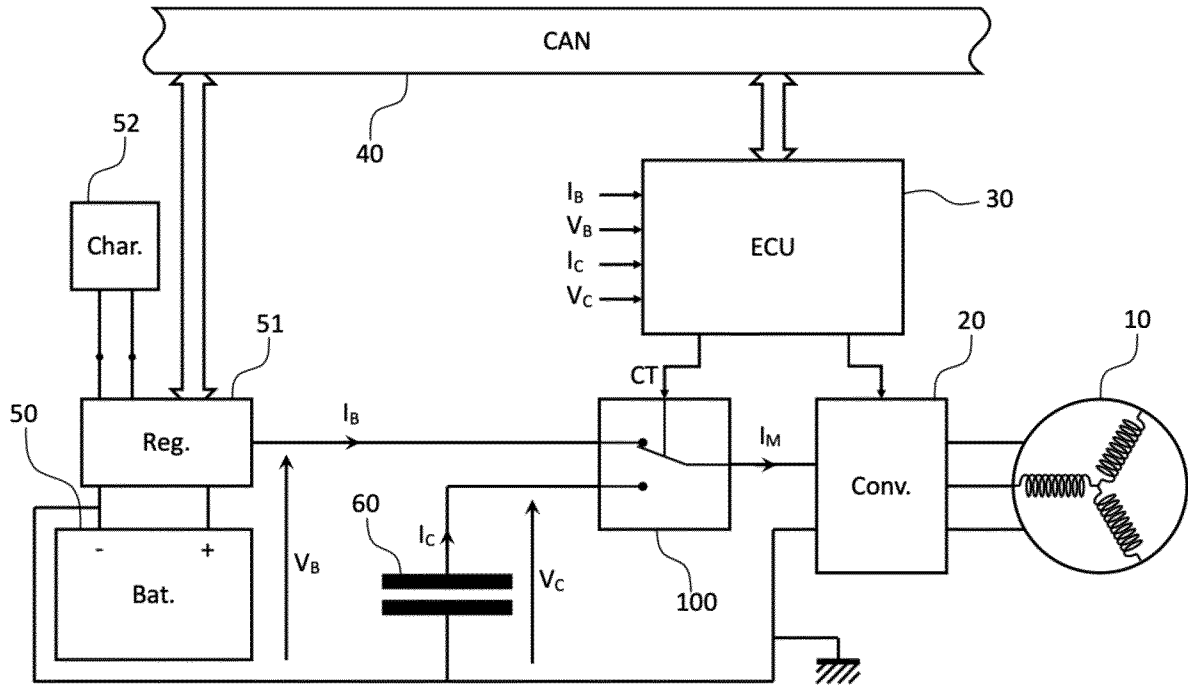
caractérisé en ce que le courant (I_M) fourni par le moteur traction (10) et le convertisseur d'énergie (20) est orienté uniquement vers le condensateur (60).

[Revendication 12] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le courant (I_M) restitué par le convertisseur d'énergie (20) est égal au courant (I_C) reçu par le condensateur (60).

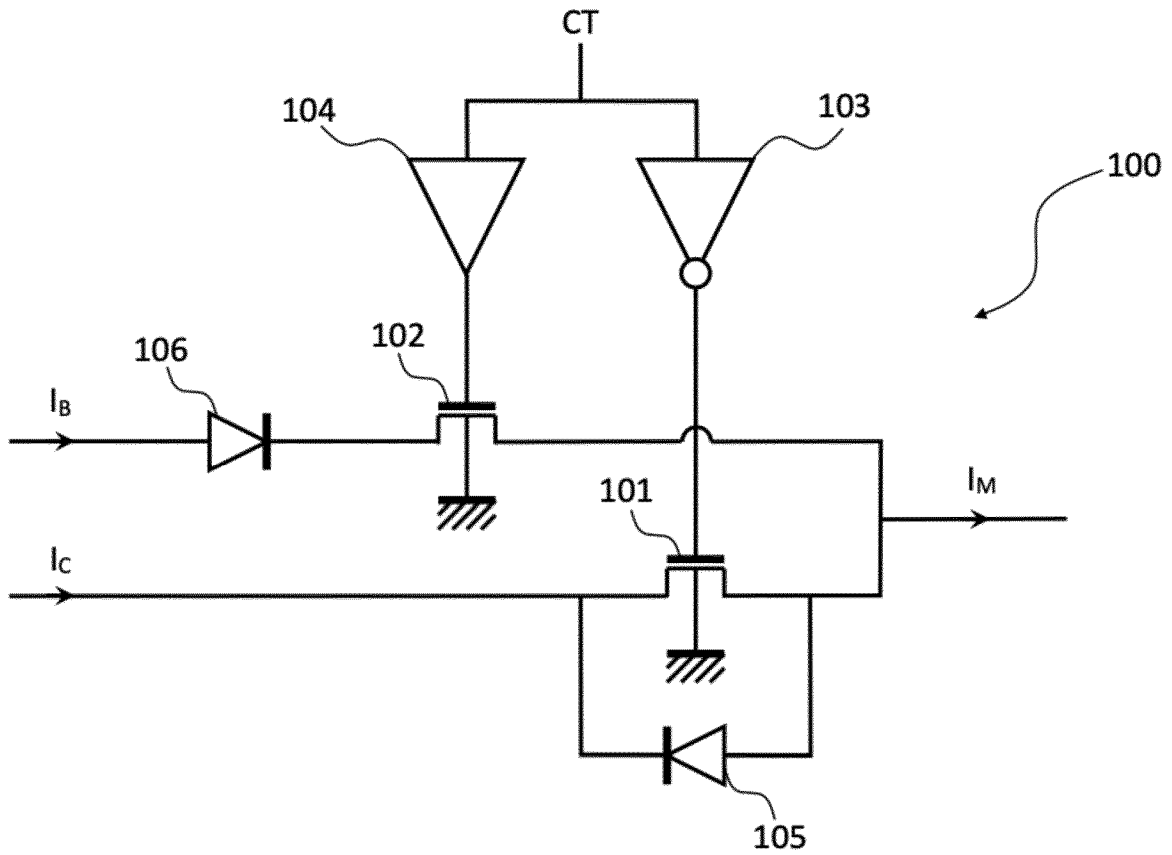
[Revendication 13] Procédé selon la revendication 11, dans lequel le courant (I_M) fourni au convertisseur d'énergie (20) provient du condensateur (60) directement ou à travers un circuit élévateur de tension (200) afin de décharger le condensateur (60) jusqu'à ce que la tension (V_C) aux bornes du condensateur (60) atteigne un seuil de tension qui ne permet plus au circuit élévateur (200) de fonctionner avec un rendement acceptable.]

]

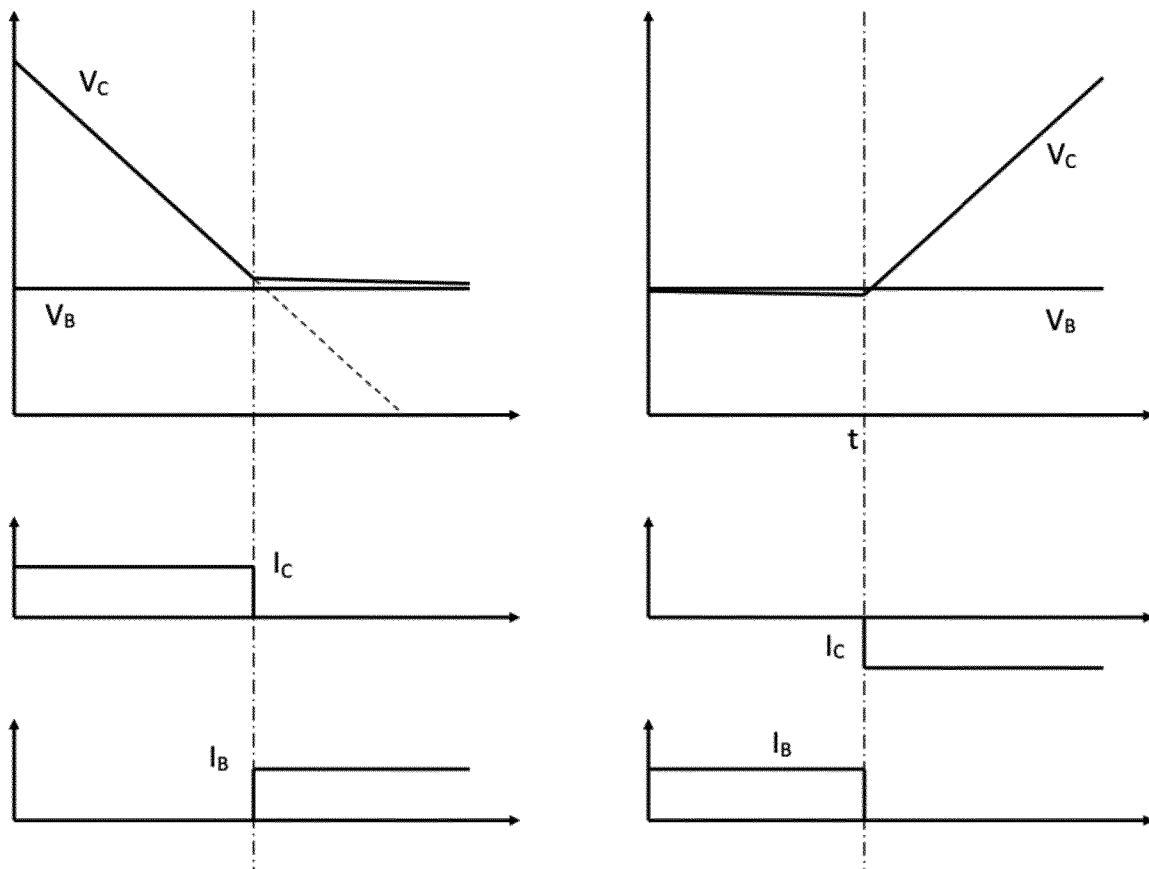
[Fig. 1]



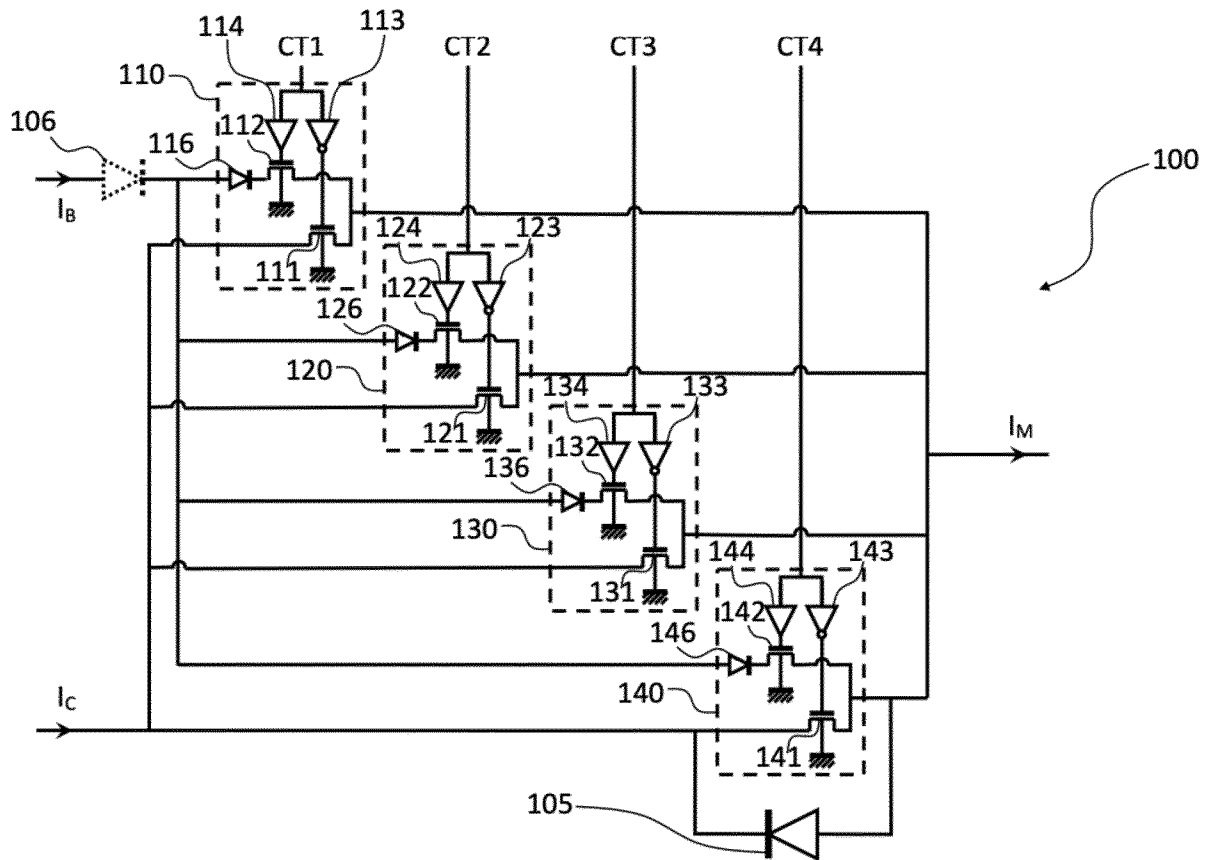
[Fig. 2]



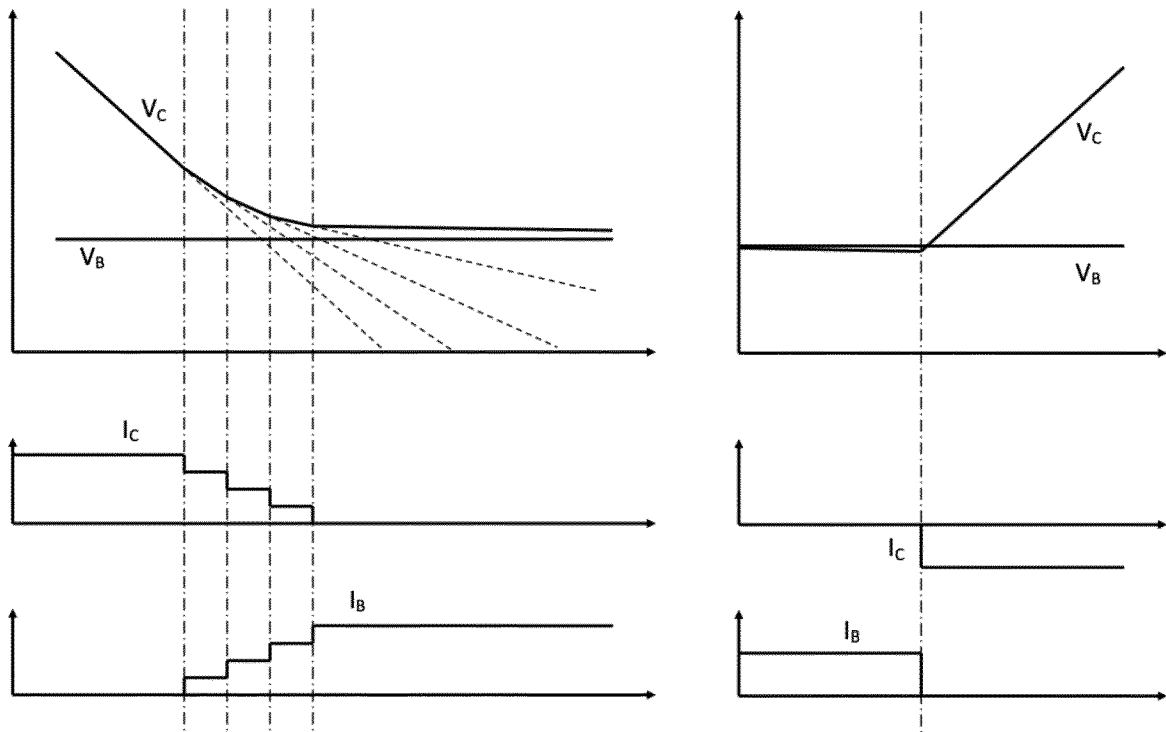
[Fig. 3]



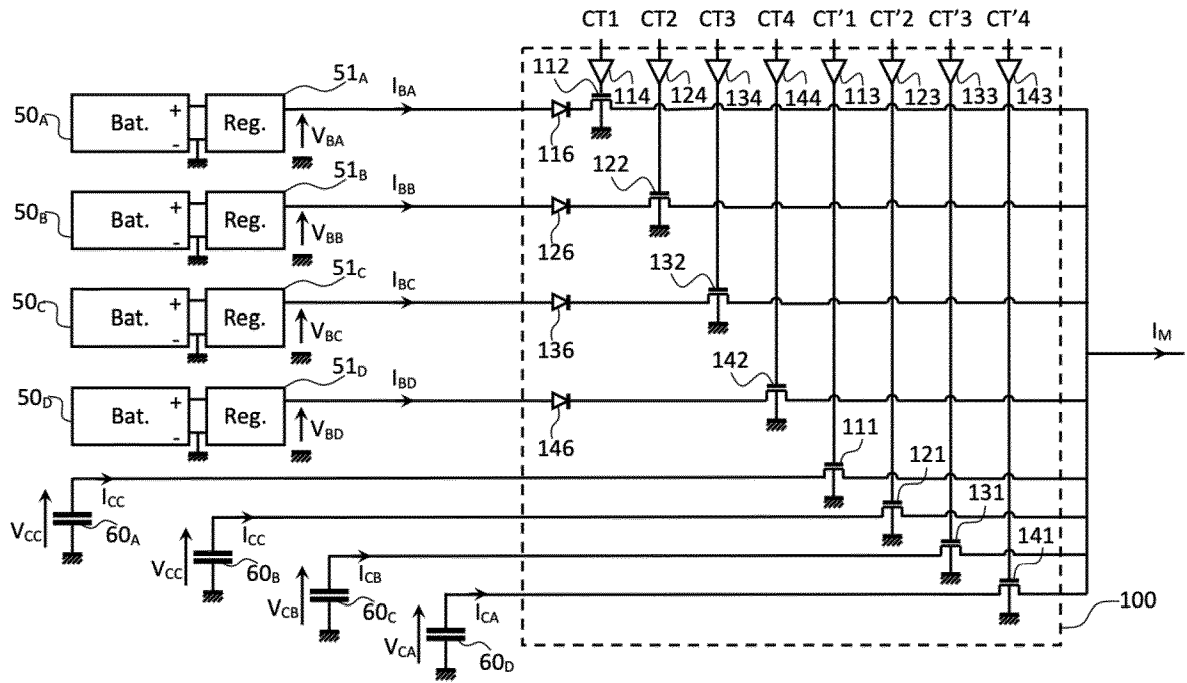
[Fig. 4]



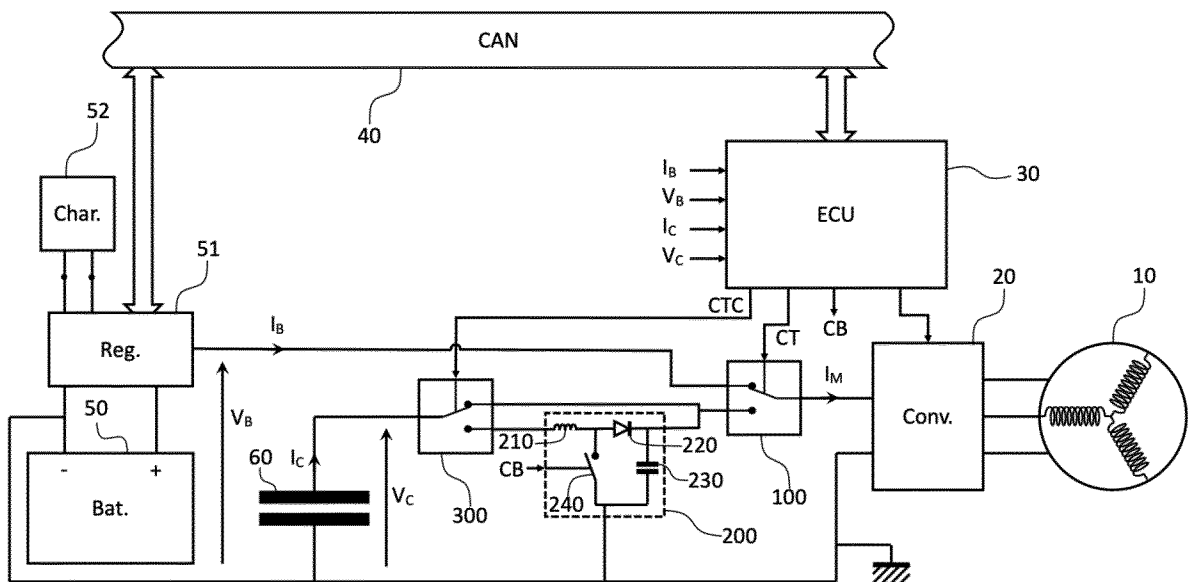
[Fig. 5]



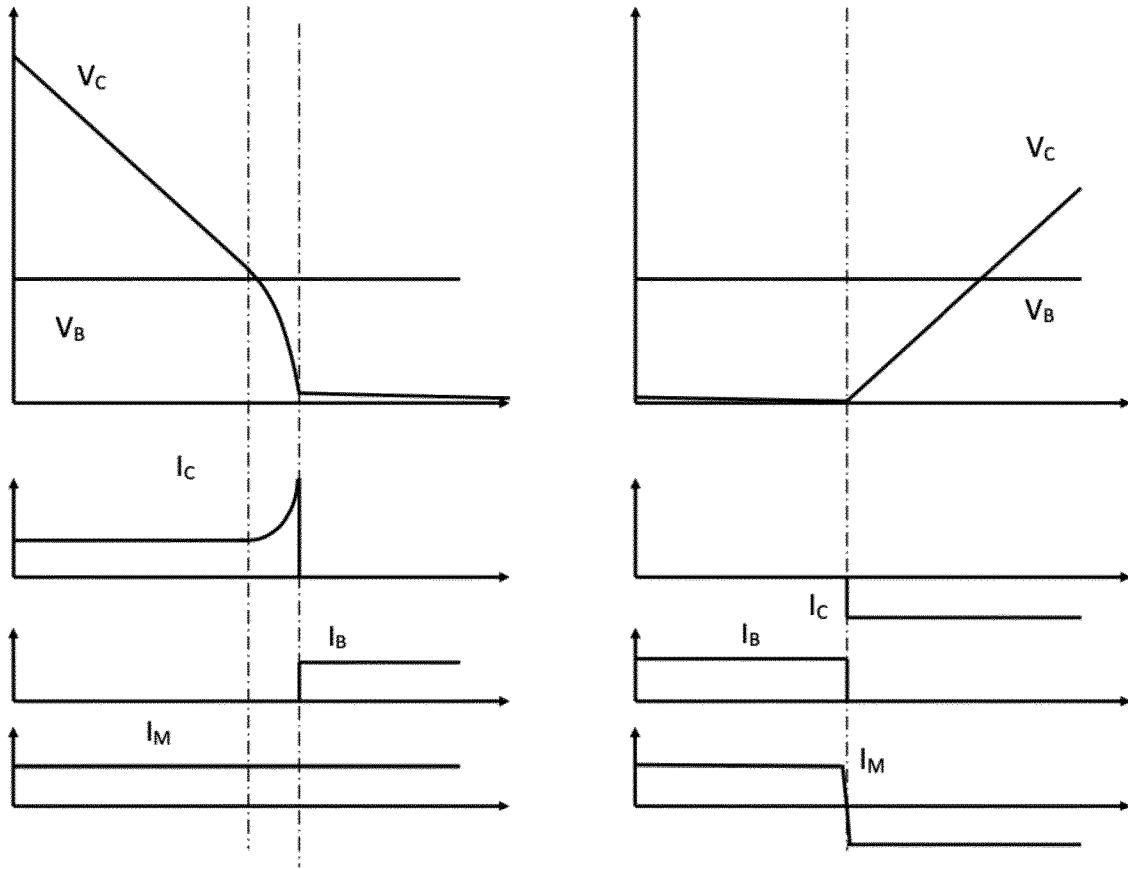
[Fig. 6]



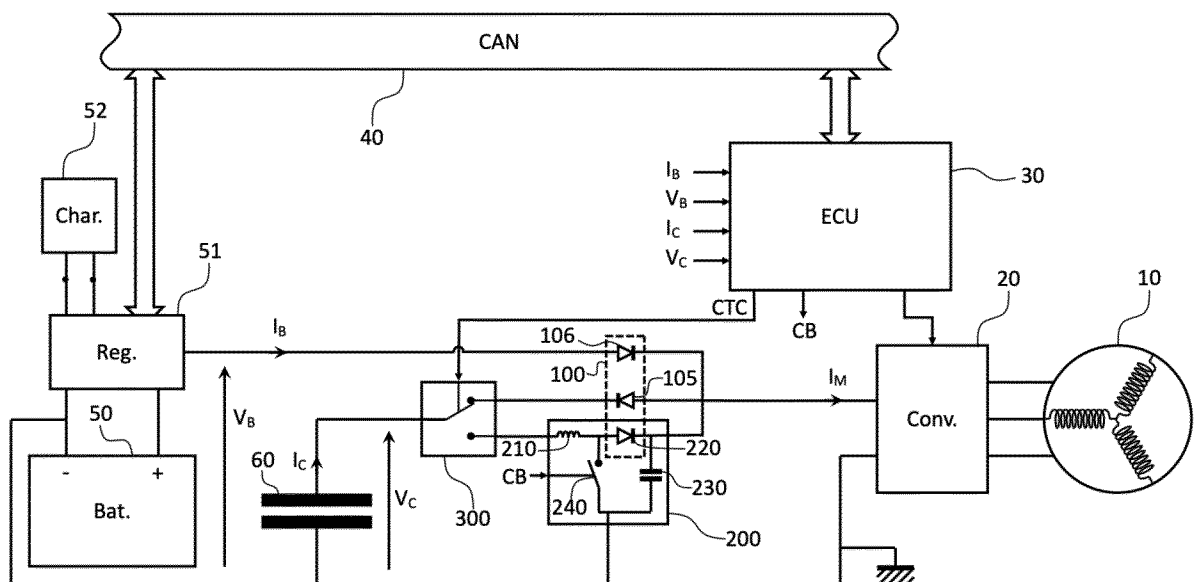
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/070598

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02J 7/34</i> (2006.01)i; <i>B60L 50/00</i> (2019.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02J; B60L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2010202189 A (UD TRUCKS CORP) 16 September 2010 (2010-09-16) abstract; figure 1 paragraphs [0008] - [0063]	1-4,8-12 5-7,13
Y	JP H09322314 A (ISUZU MOTORS LTD) 12 December 1997 (1997-12-12) abstract; figure 1 paragraphs [0030] - [0051]	5-7,13
X	JP 2012080612 A (NAKANISHI METAL WORKS CO) 19 April 2012 (2012-04-19) paragraphs [0016] - [0030]; figure 2	1,11
A	JP 2015133858 A (MAZDA MOTOR) 23 July 2015 (2015-07-23) abstract; figure 1 paragraphs [0024] - [0068]	1-13
A	TW I642575 B (UNIV NAT TAIPEI TECHNOLOGY [TW]) 01 December 2018 (2018-12-01) abstract; figures 1-12 paragraphs [0058] - [0083]	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 October 2021		Date of mailing of the international search report 09 November 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Lorenzo Feijoo, S Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/070598

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2010202189	A	16 September 2010	JP	4882014	B2	22 February 2012
				JP	2010202189	A	16 September 2010
JP	H09322314	A	12 December 1997	NONE			
JP	2012080612	A	19 April 2012	CN	102442217	A	09 May 2012
				JP	5605135	B2	15 October 2014
				JP	2012080612	A	19 April 2012
JP	2015133858	A	23 July 2015	NONE			
TW	I642575	B	01 December 2018	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2021/070598

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02J7/34 B60L50/00 ADD.				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02J B60L				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	JP 2010 202189 A (UD TRUCKS CORP) 16 septembre 2010 (2010-09-16)	1-4,8-12		
Y	abrégé; figure 1 alinéas [0008] - [0063]	5-7,13		
Y	JP H09 322314 A (ISUZU MOTORS LTD) 12 décembre 1997 (1997-12-12)	5-7,13		
	abrégé; figure 1 alinéas [0030] - [0051]			
X	JP 2012 080612 A (NAKANISHI METAL WORKS CO) 19 avril 2012 (2012-04-19)	1,11		
	alinéas [0016] - [0030]; figure 2			
A	JP 2015 133858 A (MAZDA MOTOR) 23 juillet 2015 (2015-07-23)	1-13		
	abrégé; figure 1 alinéas [0024] - [0068]			
	----- -/--			
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 29 octobre 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 09/11/2021		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lorenzo Feijoo, S		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>TW I 642 575 B (UNIV NAT TAIPEI TECHNOLOGY [TW]) 1 décembre 2018 (2018-12-01) abrégé; figures 1-12 alinéas [0058] - [0083] -----</p>	1-13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2021/070598

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2010202189 A	16-09-2010	JP 4882014 B2 JP 2010202189 A	22-02-2012 16-09-2010
JP H09322314 A	12-12-1997	AUCUN	
JP 2012080612 A	19-04-2012	CN 102442217 A JP 5605135 B2 JP 2012080612 A	09-05-2012 15-10-2014 19-04-2012
JP 2015133858 A	23-07-2015	AUCUN	
TW I642575 B	01-12-2018	AUCUN	