

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
09 janvier 2025 (09.01.2025)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2025/008580 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02P 6/28 (2016.01)

[US/US] ; 1000 Chrysler Drive, Auburn Hills, 48326-2766 (US).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2024/050702

(72) Inventeurs : **GIMET, Eric** ; 56 RUE DES OMBRAIES, 92000 NANTERRE (FR). **KHORSI, Jugurtha** ; 50 AVENUE DE VERDUM - BATIMENT A APPARTEMENT 207, 95300 PONTOISE (FR).

(22) Date de dépôt international :
03 juin 2024 (03.06.2024)

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataire : **BOURGUIGNON, Eric** ; STELLANTIS AUTO SAS, VEIP-YT800, 2-10 Boulevard de l'Europe, 78300 POISSY (FR).

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2307169 05 juillet 2023 (05.07.2023) FR

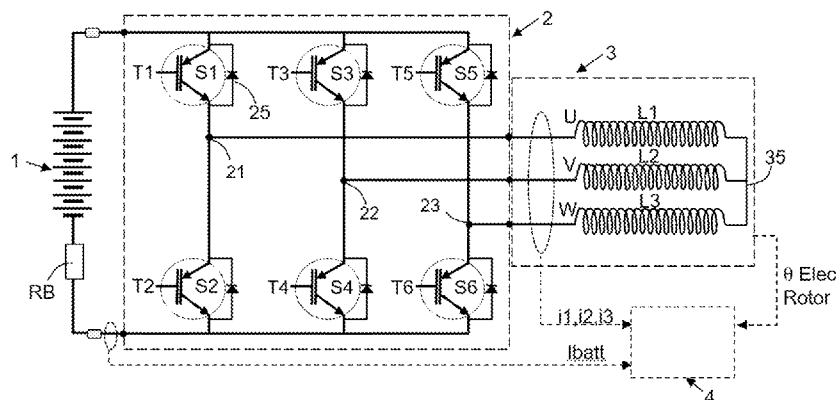
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(71) Déposants : **STELLANTIS AUTO SAS** [FR/FR] ; 2-10 Boulevard de l'Europe, 78300 Poissy (FR). **FCA US LLC**

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING AN ELECTRIC MOTOR WITHOUT TORQUE TO GENERATE HEAT FOR A BATTERY

(54) Titre : PROCÉDE POUR COMMANDER UN MOTEUR ELECTRIQUE SANS COUPLE PROVOQUANT UN RECHAUFEMENT D'UNE BATTERIE

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to a method for acting on stator windings (L1, L2, L3) of an electric motor (3) to heat an electric battery (1) via an inverter (2), the inverter comprising six switches (S1-S6), the method comprising an activation step that comprises a main full-wave control over a pair of first and second switches and an auxiliary pulse width modulation control over a third switch, and a relaxation step, following the activation step, wherein the main full-wave control is released and the auxiliary pulse width modulation control continues to be controlled, characterised in that, during the activation step and the relaxation step, the instantaneous electrical angle of the rotor is compared with an instantaneous electrical angle of the stator, in order to deduce therefrom an open duty cycle to be applied, so that the motor torque is and/or remains zero.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour agir sur des enroulements de stator (L1,L2,L3) d'un moteur électrique (3) pour réchauffer une batterie électrique (1) via un onduleur (2), l'onduleur comprenant six commutateurs (S1-S6), le procédé comprenant une étape d'activation comprenant une commande principale de pleine onde sur une paire de premier et deuxième commutateurs et une commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion sur un troisième commutateur, et une étape de relaxation, à la suite de l'étape d'activation, en relâchant la commande principale de pleine onde et en continuant à contrôler la commande auxiliaire en modulation

[Suite sur la page suivante]

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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, ME, 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 la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

Publiée:

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

de largeur d'impulsion, caractérisé en ce que, pendant les étapes d'activation et de relaxation, on compare l'angle électrique instantané du rotor avec un angle électrique instantané du stator, pour en déduire un rapport cyclique d'ouverture à appliquer afin que le couple moteur soit et/ou reste nul.

DESCRIPTION

TITRE DE L'INVENTION : PROCEDE POUR COMMANDER UN MOTEUR ELECTRIQUE SANS COUPLE PROVOQUANT UN RECHAUFFEMENT D'UNE BATTERIE

- 5 [001] La présente invention revendique la priorité de la demande française N°2307169 déposée le 05.07.2023 dont le contenu (texte, dessins et revendications) est ici incorporé par référence.
- [002] L'invention concerne un procédé pour commander un moteur électrique afin de provoquer un réchauffement d'une batterie sans générer de couple
- 10 moteur.
- [003] Plus précisément, il s'agit d'un procédé prévu pour agir sur des enroulements de stator d'un moteur électrique via un onduleur de commande, à des fins de réchauffement d'une batterie électrique de traction d'un véhicule électrique ou hybride, la batterie fournissant l'énergie électrique à
- 15 l'onduleur.
- [004] La batterie présentant une certaine résistance interne, la circulation du courant provoque son réchauffement. Ce réchauffement est souhaité dans certaines conditions car les batteries de traction n'ont pas de bonnes performances lorsque leur température est trop basse. C'est utile par exemple
- 20 dans les configurations de départ à froid du véhicule notamment par température extérieure basse. Cette séquence est réalisée alors que le véhicule est à l'arrêt, avant démarrage.
- [005] Il a déjà été proposé ce genre de système et procédés selon le document EP3674132. Toutefois, selon le procédé proposé, les courants qui traversent
- 25 les enroulements conduisent à la génération d'un couple moteur. Or un tel couple peut créer une secousse au niveau du véhicule, qui est perçue comme intempestive par le conducteur et/ou les occupants du véhicule, compte tenu du fait que le véhicule est à l'arrêt.
- [006] Les inventeurs ont donc proposé de résoudre ce genre d'inconvénient.
- 30 [007] À cet effet, la présente invention propose un procédé pour agir sur des enroulements de stator d'un moteur électrique à des fins de réchauffement

d'une batterie électrique formant la source de courants électriques transitant vers les enroulements de stator via un onduleur, l'onduleur comprenant au moins six commutateurs, l'onduleur étant relié aux enroulements de stator du moteur électrique via trois bornes de pilotage, parcourues respectivement par trois courants instantanés de borne, caractérisé en ce que le procédé comprend :

a- une étape d'activation comprenant une commande principale de pleine onde sur une paire de premier et deuxième commutateurs appliquée sur une paire de première et deuxième bornes et une commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion sur un troisième commutateur appliquée sur une troisième borne,

b- une étape de relaxation, à la suite immédiate de l'étape d'activation, en relâchant la commande principale de pleine onde et en continuant à contrôler la commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion,

et caractérisé en ce que, au début de l'étape d'activation, la paire de premier et deuxième commutateurs et le troisième commutateur sont choisis en fonction d'un angle électrique instantané du rotor pour minimiser un couple moteur,

et pendant les étapes d'activation (a-) et de relaxation (b-), on compare l'angle électrique instantané du rotor avec un angle électrique instantané du stator, pour en déduire un rapport cyclique d'ouverture à appliquer au troisième commutateur afin que le couple moteur soit et/ou reste nul.

[008] Grâce aux dispositions promues ci-dessus, on évite de générer un couple moteur et la séquence de réchauffage de la batterie reste complètement transparente pour le conducteur et/ou les occupants du véhicule.

[009] Techniquement, la commande des courant dans les enroulements du stator est réalisée de sorte que l'angle électrique du stator coïncide avec l'angle électrique du rotor ce qui conduit à une situation où aucun couple n'est généré sur le rotor, alors que des courants significatifs parcourent les enroulements. Ces courants génèrent un échauffement par effet Joule en raison de la résistance interne de la batterie (repérée RB dans le présent document).

[010] Comme on le verra plus avant, l'étape de relaxation est le siège d'une restitution d'énergie à la batterie. On restitue à la batterie entre 60% et 75% du courant consommé pendant la phase d'activation.

5 [011] On cherche à maximiser le ratio du courant efficace batterie par rapport au courant moyen batterie.

[012] On note que les commutateurs peuvent être typiquement des transistors de puissance, par exemple des MOSFETs. D'autres types de commutateurs ne sont pas exclus, comme IGBT ou autres.

10 [013] L'onduleur est de construction connue en soi. Dans l'onduleur sont agencés trois commutateurs haut (high side) et trois commutateurs bas (high side). Chaque borne d'interface entre l'onduleur et la machine électrique est reliée à un commutateur haut et un commutateur bas.

[014] On remarque que chaque commutateur est équipé d'une diode de roue libre qui est mise à profit dans l'étape de relaxation.

15 [015] Il faut noter qu'on utilisera dans le présent document indifféremment le terme de 'moteur électrique' ou le terme de 'machine électrique' sachant que cette dernière est utilisée en génératrice dans certains cycles de vie.

20 [016] Dans le présent document, le terme « angle électrique instantané du stator » désigne l'orientation du champ électromagnétique dans l'entrefer du stator autour de l'axe du stator/rotor.

[017] Selon une réalisation, on mesure les courants instantanés de commande (i_1, i_2, i_3) et on en déduit l'angle électrique instantané du stator. Le calcul de reconstruction du champ électromagnétique stator à partir des courants des enroulements donne une indication précise et en temps réel de l'orientation
25 du champ magnétique du stator. Ce calcul peut être fait à partir d'une table de paramètres ou d'abaques caractérisant les propriétés électrique et monétique de la machine.

[018] Selon une réalisation, on acquiert l'angle électrique de rotor instantané en provenance d'un capteur de position relié au rotor du moteur électrique.
30 La connaissance de l'angle électrique du rotor permet de créer une boucle d'asservissement de manière à annuler en permanence le couple moteur en générant un champ électromagnétique stator aligner avec celui du rotor.

[019] Selon une réalisation, on acquiert un courant instantané batterie impliqué dans la commande du moteur électrique par l'onduleur. Le courant instantané de batterie peut être reçu d'un capteur ou bien peut être déterminé à partir des trois courants instantanés de borne.

- 5 [020] La connaissance du courant instantané batterie permet un pilotage plus fin des transitions d'étapes notamment pour passer de l'étape de d'activation à l'étape de relaxation et aussi pour terminer l'étape de relaxation.

[021] Selon une réalisation, l'étape d'activation est commencée selon des premières conditions prédéterminées.

- 10 [022] Par exemple, les premières conditions prédéterminées peuvent être remplies lorsque les clauses suivantes sont remplies : absence de demande couple pédale (pédale d'accélération de véhicule au repos), et température batterie inférieure à une température seuil (par exemple $< 15^{\circ}\text{C}$), et vitesse de rotation rotor substantiellement nulle.

- 15 [023] Selon une réalisation, on passe de l'étape d'activation à l'étape de relaxation selon des deuxièmes conditions prédéterminées, en fonction d'une condition de dépassement de courant.

- [024] Selon une réalisation, par exemple, les deuxièmes conditions prédéterminées peuvent comprendre : le courant instantané batterie dépasse
20 un seuil maximum de courant batterie, ou le courant instantané onduleur dépasse un seuil maximum de courant onduleur, ou le courant instantané moteur dépasse un seuil maximum de courant moteur. Les seuils de courant maximum en question peuvent être des valeurs paramétrées ou bien des valeurs issues de cartographie.

- 25 [025] Selon une réalisation alternative, les deuxièmes conditions prédéterminées peuvent être réalisées dès qu'une durée d'activation paramétrable a été dépassée.

- [026] Selon une réalisation, on stoppe l'étape de relaxation on selon des troisièmes conditions prédéterminées, en fonction d'une condition sur le
30 courant instantané batterie.

[027] Selon une réalisation, par exemple, les troisièmes conditions prédéterminées comprennent : le courant instantané batterie en valeur absolue est inférieur à un seuil faible et le courant instantané batterie est

croissant. Autrement dit, on termine l'étape de relaxation lorsque le courant batterie I-batt rejoint 0 par le bas. Cela coïncide avec la fin de la restitution de courant à la batterie.

5 [028] Selon une réalisation alternative, les deuxièmes conditions prédéterminées peuvent être réalisées dès qu'une durée paramétrable de l'étape de relaxation a été dépassée.

[029] L'invention concerne en outre un système de commande comprenant au moins une batterie, au moins un onduleur, au moins un moteur électrique et au moins une unité de commande configurée pour mettre en œuvre le procédé
10 tel que décrit précédemment.

[030] L'invention concerne en outre un véhicule comprenant un système de commande tel que décrit précédemment.

[031] Autrement dit, l'invention concerne un véhicule comprenant une batterie, un onduleur, un moteur électrique et une unité de commande,
15 caractérisé en ce que l'unité de commande est configurée pour mettre en œuvre le procédé tel que décrit précédemment.

[032] L'invention sera davantage détaillée par la description de modes de réalisation non limitatifs, et sur la base des figures annexées illustrant des variantes de l'invention, dans lesquelles :

20 [Fig.1] est une représentation schématique d'un exemple d'un système de commande de moteur électrique à partir d'une batterie et d'un onduleur, système dans lequel est mise en œuvre la présente invention,

[Fig.2] représente schématiquement un diagramme fonctionnel de l'unité de commande.

25 [Fig.3] est une représentation schématique des étapes du procédé,

[Fig.4] est une représentation schématique d'une roue de phase du champ stator,

[Fig.5] illustre schématiquement un chronogramme montrant des signaux de commande et des courants de bornes onduleur,

30 Les figures 6 à 9 représentent un exemple cas de figure de commande illustrant les étapes d'activation et de relaxation avec les transistors S1 et S4 commandés en tout ou rien, et le transistor S5 en modulation de largeur d'impulsion, la figure 6 avec les transistors S1 et S4 à l'état ON et le transistor

S5 à l'état ON, la figure 7 avec les transistors S1 et S4 à l'état ON et le transistor S5 à l'état OFF, la figure 8 avec les transistors S1 et S4 à l'état OFF et le transistor S5 à l'état OFF, la figure 9 avec les transistors S1 et S4 à l'état OFF et le transistor S5 à l'état ON,

- 5 Les figures 10 à 11 représentent un exemple de représentation schématique de deux roues de phase du champ électromagnétique stator, la figure 10 avec le point de vue des enroulements excités, et la figure 11 avec le point de vue des commutateurs activés,

10 [Fig.12] illustre schématiquement un chronogramme montrant des étapes du procédé,

[Fig.13] est analogue à la figure 1 et représente une variante de schéma électrique, notamment du côté moteur.

[033] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires. Pour des raisons de clarté de l'exposé, certains
15 éléments ne sont pas nécessairement représentés à l'échelle.

[034] On décrit à présent, en références à la figure 1, un schéma général d'un système de commande de moteur électrique.

[035] Le système en question comprend une batterie 1, un onduleur 2 et une machine électrique 3.

20 [036] Dans un véhicule automobile à propulsion/traction électrique, on trouve une batterie de traction 1 qui est prévue pour emmagasiner une quantité importante d'énergie électrique sous forme électrochimique.

[037] On parle en pratique de plusieurs dizaines de kWh. Une batterie de véhicule 100% électrique présente une capacité de stockage énergétique
25 comprise typiquement entre 50 kWh et 100 kWh, en fonction de l'autonomie cible, du poids et de la consommation dudit véhicule. Pour un véhicule hybride la capacité de la batterie peut être plus faible suivant l'autonomie en mode zéro émission recherchée.

[038] On parle ici d'une batterie à base d'une électrochimie de type Lithium-Ion dont les performances sont sous optimales si sa température est trop
30 basse. Parmi celles-ci, il en existe deux types les plus répandus, à savoir les NMC (Nickel Manganèse Cobalt) et les LFP (Lithium Fer Phosphate / LifePo4).

- [039] La batterie présente une résistance interne distribuée, notée RB. Dans la pratique, la résistance interne distribuée RB peut avoir pour valeur totale de quelques dizaines voire quelques centaines de milli ohms. En raison de l'effet Joule, un échauffement se produit au passage du courant, et par conséquent la température de la température s'accroît.
- [040] La machine électrique 2 est utilisée en moteur ou en génératrice selon les cycles d'utilisation du véhicule.
- [041] La machine électrique considérée ici est typiquement du type à aimants permanents au rotor. Le champ magnétique des aimants du rotor présente une orientation repérée θ rotor. Le champ électrique du rotor présente une orientation repérée θ elec rotor, notée de façon plus concise θ_r . Un capteur de la machine électrique 3 acquiert l'angle électrique de rotor instantané. Le capteur délivre une information représentative de l'orientation magnétique des aimants du rotor.
- [042] S'agissant de la machine électrique, comme illustré à la figure 1, les enroulements peuvent être organisés avec un point milieu 35 formant un branchement dit 'en étoile'. Toutefois il n'est pas exclu d'avoir un montage dit 'en triangle' comme le schéma illustré à la figure 13, les enroulements étant respectivement couplés directement entre les bornes respectives U,V,W.
- [043] La machine électrique 3 peut comprendre une paire de pôles ou peut comprendre p paires de pôles. Le principe et l'implémentation de la présente invention s'applique aussi, mutatis mutandis, avec une machine à p paire de pôles, à un facteur de multiplication près.
- [044] L'onduleur 2 est de construction conventionnelle avec six commutateurs. Nous avons trois commutateurs hauts dits 'high side' notés S1, S3, S5 et trois commutateurs bas dits 'low side' notés S2, S4, S6.
- [045] Le point de raccordement 21 de la première borne U de la machine électrique est interposé entre le premier commutateur high side S1 et le premier commutateur low side S2. Le point de raccordement 22 de la deuxième borne V de la machine électrique est interposé entre le deuxième commutateur high side S3 et le deuxième commutateur low side S4. Le point de raccordement 23 de la troisième borne W de la machine électrique est

interposé entre le troisième commutateur high side S5 et le troisième commutateur low side S6. Ainsi l'onduleur est relié à la machine électrique au moyen de trois bornes U, V, W, de manière conventionnelle.

[046] On note i_1, i_2, i_3 les courants instantanés transitant par les bornes (dits courants de bornes). Ces courants instantanés sont connus soit par une remontée d'information en provenance de chaque transistor de commande (smart MOSFETs) soit au moyen d'un élément capteur spécifique.

[047] Dans la version à branchement en étoile, un premier groupe d'enroulement L1 est couplé d'un côté à la borne U et de l'autre côté au point milieu 35, un deuxième groupe d'enroulement L2 est couplé d'un côté à la borne V et de l'autre côté au point milieu 35, un troisième groupe d'enroulement L3 est couplé d'un côté à la borne W et de l'autre côté au point milieu 35. On relève que selon la commande des commutateurs, le courant parcourt les enroulements dans un sens ou dans l'autre.

[048] Les commutateurs sont ici des transistors de puissance de type MOSFET (transistor à effet de champ). En variante, les commutateurs peuvent être des IGBT.

[049] Chaque transistor possède une diode de roue libre 25. La diode de roue libre peut être présente par construction dans le composant commutateur ou peut être adjointe en parallèle du commutateur.

[050] Comme illustré à la figure 2, l'onduleur 2 est commandé par une unité de commande 4 chargée de commander les bases ou les grilles de commande T1, T2, T3, T4, T5, T6 des six commutateurs respectifs S1, S2, S3, S4, S5, S6.

[051] De manière connue, lorsque le moteur est chargé de créer un couple sur l'arbre rotor, alors l'unité de commande 4 pilote les transistors appropriés en séquence pour créer un champ tournant décalé angulairement de l'angle électrique rotor. Par exemple, en se tournant vers les figures 4 et 10, en supposant que l'état courant correspondant un angle stator électrique θ_a et que le champ tournant tourne dans le sens trigonométrique, l'unité de commande active les grilles des transistors T1 et T6, puis à 60° , désactive T1 et active T3, puis à 120° , désactive T6 et active T2, puis à 180° , désactive T3 et active T5, puis à 240° , désactive T2 et active T4, et ainsi de suite. Les transistors sont activés les uns après les autres séquentiellement deux par

deux, i.e. par paire (high side / low side). La commande conventionnelle, en moteur ou en générateur, ne sera pas décrite plus avant car supposée connue en soi.

[052] Comme visible à la figure 2, l'unité de commande 4 acquiert l'angle électrique rotor ' θ Elec rotor' θ_r . L'unité de commande 4 acquiert les courants de borne i_1, i_2, i_3 et calcule en fonction de ces courants de borne i_1, i_2, i_3 , dans un bloc préliminaire 42, l'angle électrique du champ stator θ_s .

[053] L'unité de commande 4 comprend un comparateur 45. Une des entrées du comparateur 45 reçoit l'angle électrique stator alors que l'autre entrée reçoit l'angle électrique rotor. La sortie indique la correction à appliquer sur les courants de bornes i_1, i_2, i_3 . Le bloc fonctionnel repéré 47 calcule les signaux de commande à appliquer aux grilles des commutateurs, comme il sera vu en détail ci-après, pour le cas de la commande à couple nul.

[054] L'unité de commande 4 peut recevoir le courant batterie I_{batt} d'un capteur ou du gestionnaire de batterie, ou selon une alternative, l'unité de commande 4 peut reconstruire le courant batterie I_{batt} à partir des courants de bornes i_1, i_2, i_3 .

[055] Dans le cadre de la présente invention, on cherche, à l'inverse d'un pilotage en traction, à ne pas créer de couple moteur et à faire coïncider le champ électromagnétique stator avec l'angle électrique du rotor.

[056] Plus précisément, on utilise avantageusement une commande principale entre deux bornes de la machine et une commande auxiliaire, qui va être discutée plus bas, sur la troisième borne de la machine.

[057] Le procédé proposé comprend une répétition de séquence, ladite séquence comprenant une étape d'activation (notée a-) aussi appelée étape d'excitation et une étape de relaxation (notée b-). L'engagement de ladite séquence est soumise à une combinaison de conditions qui sera vue plus loin.

[058] L'étape d'activation comprend une commande principale, dite de pleine onde, sur une paire de premier et deuxième commutateurs appliquée sur une paire de première et deuxième bornes et une commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion (MLI ou PWM en anglais) sur un troisième commutateur appliquée sur une troisième borne. La paire de premier et deuxième commutateurs comprend un commutateur high side et un

commutateur low side chacun relié à une borne. Le troisième commutateur est lui relié à la troisième borne, distincte des première et deuxième bornes.

[059] Dans l'exemple illustré aux figures 4 à 6, les transistors S1 et S4 sont activés par leur grille respective T1 et T4, ils sont commandés en tout ou rien, donc ici à l'état ON sans modulation. Par ailleurs, le transistor S5 est commandé en modulation de largeur d'impulsion via sa grille T5 avec un rapport cyclique RCO piloté par l'unité de commande 4. Le transistor S5 est donc cycliquement à l'état ON ou à l'état OFF. La période du signal PWM peut être comprise entre 50 ms et 200 ms.

[060] Les figures 6 à 9 illustrent le sens des courants qui transitent par les trois enroulements L1, L2, L3 de stator, avec le transistor S5 respectivement à l'état ON et à l'état OFF. La ligne continue en gras indique le courant de la commande principale qui passe successivement par le premier transistor S1 la première borne U le premier enroulement L1 puis le deuxième enroulement L2, puis la deuxième borne V puis le quatrième transistor S4. La ligne en pointillé épais indique le courant de la commande auxiliaire qui passe successivement par le cinquième transistor S5 puis la troisième borne W puis le deuxième enroulement L2, puis la deuxième borne V puis le quatrième transistor S4.

[061] On relève comme visible sur la figure 7 que c'est la diode de roue libre 25 du transistor S6 qui permet à l'énergie emmagasinée par les enroulements L3 de décroître. C'est l'intensité moyenne engendrée par la commande auxiliaire en MLI/PWM qui est pertinente, cela donne le champ magnétique moyen produit l'enroulement ou les enroulements qui sont parcourus par ce courant.

[062] Le pilotage de la modulation de largeur d'impulsion sur le transistor S5 permet d'aligner le champ électromagnétique statorique θ_s avec l'angle électrique rotor θ_r ce qui conduit à une situation de couple moteur nul.

[063] On remarque à la figure 5 le courant passant par la première borne I-U (commande principale) ainsi que le courant passant sur la troisième borne I-W (commande auxiliaire) en valeur moyenne croissent de l'instant t_0 à l'instant t_1 . Il est aussi illustré le courant batterie I_{batt} qui correspond

substantiellement à la somme des courants de la commande principale et de la commande auxiliaire.

[064] A la suite immédiate de l'étape d'activation, une étape de relaxation a lieu. L'étape de relaxation, consiste à relâcher (i.e. arrêter) la commande principale de pleine onde et à continuer à contrôler la commande auxiliaire en MLI, pour maintenir un couple moteur nul. S1 et S4 passe à l'état OFF.

[065] L'étape de relaxation donne lieu à une restitution de courant (d'énergie) vers la batterie 1 ; ceci est illustré à la figure 8 par le courant qui reflue vers la batterie (repère 72 figure 8), notamment via la diode de roue libre du deuxième commutateur S2 et via la diode de roue libre du troisième commutateur S3. La quantité d'énergie restituée à la batterie est représentée par l'aire Irest de la zone agencée dans la région négative du courant batterie comme illustré la figure 5. On remarque le courant maximum de restitution, aux alentours de -150 A sur la figure 5, un peu plus bas que le pic positif de courant prélevé à presque 200A à l'instant t1.

[066] On remarque à la figure 9, où le transistor S5 est activé pour l'asservissement en couple nul via la commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion, que la restitution de courant sur la commande de principale se poursuit.

[067] Au vu du rapport cyclique d'ouverture de la commande à modulation de largeur d'impulsion, le courant de la commande principale est substantiellement supérieur au courant moyen impliqué dans la commande auxiliaire.

[068] Selon les conditions et les différents paramètres opérationnels, le pourcentage de restitution de courant à la batterie dans la phase de relaxation par rapport à la phase d'activation peut être compris entre 60% et 75%. On remarque dès lors que cette solution est beaucoup plus intéressante que de faire débiter la batterie dans une charge résistive.

[069] On passe de l'étape d'activation à l'étape de relaxation selon des prédéterminées, repérées C2, en fonction d'une condition de dépassement de courant.

[070] Les deuxièmes conditions C2 prédéterminées peuvent comprendre : le courant instantané batterie dépasse un seuil maximum de courant batterie,

ou le courant instantané onduleur dépasse un seuil maximum de courant onduleur, ou le courant instantané moteur dépasse un seuil maximum de courant moteur. On note que les seuils de courant en question peuvent être des valeurs paramétrables ou des valeurs issues d'une cartographie.

5 [071] L'étape de l'activation se produit de l'instant t_1 à l'instant t_2 .

[072] La durée de l'étape de l'activation est noté TA . La durée de l'étape de relaxation est noté TB . Les valeurs de TA et TB peuvent être comprises entre 0,5 ms et 3 ms.

[073] La période de récurrence de la séquence complète est notée PER .

10 [074] Il peut être prévu préférentiellement d'enchaîner sans intervalle temporel une nouvelle étape d'activation après l'étape de relaxation qui s'achève comme illustré dans la partie droite de la figure 12. Alors $PER = TC = TA + TB$.

[075] En variante, l'enchaînement des séquences peut être faite sur la base
15 d'un cycle prédéfini TC comme illustré sur la partie gauche de la figure 12 avec un intervalle de temps TD de pause entre la fin de la période de relaxation et une nouvelle période d'activation. La condition de récurrence est notée $C4$ à la figure 3. La condition de récurrence $C4$ devient fausse notamment si le conducteur du véhicule appuie sur la pédale d'accélérateur.

20 [076] La période de séquence TC ou PER peut être typiquement comprise entre 1 milliseconde et 10 millisecondes.

[077] Comme illustré la figure 3, l'étape d'activation est commencée selon des premières conditions prédéterminées notée $C1$.

[078] Par exemple, les premières conditions prédéterminées $C1$ peuvent être
25 remplies lorsque les clauses suivantes sont remplies : absence de demande couple pédale (pédale d'accélération de véhicule au repos), et température batterie inférieure à une température seuil (par exemple 15°C), et vitesse de rotation rotor substantiellement nulle.

[079] Si le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur, alors les premières
30 conditions ne sont pas remplies, si la température de la batterie est déjà suffisante, alors les premières conditions ne sont pas remplies et si le rotor présente déjà une vitesse de rotation substantiellement non nulle, alors les premières conditions ne sont pas remplies.

[080] Concernant la vitesse de rotation du rotor, on peut considérer la vitesse substantiellement nulle par exemple si elle est inférieure à 5 RPM.

[081] On stoppe l'étape de relaxation on selon des troisièmes conditions prédéterminées notées C3, en fonction d'une condition sur le courant instantané batterie.

[082] Selon un exemple non limitatif, les troisièmes conditions prédéterminées C3 comprennent : le courant instantané batterie en valeur absolue est inférieur à un seuil faible et le courant instantané batterie est croissant, que ceci est illustré à la portion de courbe 73 dans le bas de la figure 5. Autrement dit, on termine la phase de relaxation lorsque le courant batterie I-batt rejoint 0 par le bas. Cela coïncide avec la fin de la restitution de courant à la batterie.

[083] Comme visible à la figure 5, au diagramme du bas, le seuil faible correspond à l'intervalle entre IBS- et IBS+. Une des conditions pour arrêter la l'étape de relaxation est donc que le courant instantané batterie se retrouve entre IBS- et IBS+, avec une pente croissante c'est-à-dire un retour vers 0 par le bas.

[084] En référence à la figure 10, on illustre la logique de sélection qui peut être implantée dans l'unité de commande 4. Une fois l'angle rotor θ_r connu, on trace une droite radiale DR depuis le centre du cercle (ceci illustré en trait mixte aux figures 4, 10 et 11). Depuis le centre de la roue de phase, la droite radiale DR traverse le disque central de petit diamètre, puis successivement deux anneaux.

[085] Sur la figure 11, le disque de plus petit diamètre correspond au commutateur high side à activer, l'anneau qui entoure le disque central correspond à la commande de commutateur low side à activer, et l'anneau périphérique indique le troisième commutateur à commander en modulation de largeur d'impulsion MLI noté génériquement MLI Tx, x étant l'indice du transistor considéré.

[086] Sur la figure 10, le disque de plus petit diamètre correspond aux deux enroulements à exciter, le signe dénotant le sens de parcours, et l'anneau autour désigne le troisième enroulement impliqué traversé par le courant de la commande MLI.

[087] Selon la variante de schéma illustré à la figure 13, le circuit de batterie comprend une inductance L9 en série sur le circuit de courant batterie.

[088] De plus, le circuit de batterie comprend en parallèle une résistance R9 et une capacité C9. Cela ne diminue pas pour autant la restitution de courant
5 vers la batterie.

[089] Sur la figure 5, la courbe située à mi-hauteur illustre l'efficacité de l'asservissement proposé qui montre que l'écart de position angulaire entre l'angle électrique stator et l'angle électrique rotor reste voisin de 0.

[090] De plus, il faut aussi remarquer que même si le rotor bouge un peu
10 angulairement pendant l'application des étapes ou de la séquence d'étapes proposée ci-dessus, il peut être nécessaire de choisir une autre paire de commutateur pour la commande principale et un autre troisième commutateur pour la commande en modulation de largeur d'impulsion PWM.

[091] Non seulement le rapport cyclique du signal PWM est dynamique pendant
15 les étapes d'activation et de relaxation, mais aussi le choix de la paire de commutateurs de la commande principale et du troisième commutateur pour la commande PWM peut être remis en cause à chaque nouvelle occurrence de l'étape d'activation. En pratique, le choix de la paire de commutateurs pour la commande principale et du troisième commutateur pour la commande
20 PWM, est réalisé en fonction de l'angle électrique rotor au début de chaque étape d'activation.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour agir sur des enroulements de stator (L1,L2,L3) d'un moteur électrique (3) à des fins de réchauffement d'une batterie électrique (1) formant la source de courants électriques transitant vers les enroulements de stator via un onduleur (2), l'onduleur comprenant au moins six commutateurs (S1-S6), l'onduleur étant relié aux enroulements de stator du moteur électrique via trois bornes (U,V,W) de pilotage, parcourues respectivement par trois courants instantanés (i_1, i_2, i_3) de borne, caractérisé en ce que le procédé comprend :
- 5 a- une étape d'activation comprenant une commande principale de pleine onde sur une paire de premier et deuxième commutateurs appliquée sur une paire de première et deuxième bornes et une commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion (MLI) sur un troisième commutateur appliquée sur une troisième borne,
- 10 b- une étape de relaxation, à la suite immédiate de l'étape d'activation, en relâchant la commande principale de pleine onde et en continuant à contrôler la commande auxiliaire en modulation de largeur d'impulsion, et caractérisé en ce que, au début de l'étape d'activation, la paire de premier et deuxième commutateurs et le troisième commutateur sont choisis en fonction d'un angle électrique instantané du rotor pour minimiser un couple
- 20 moteur,
- et pendant les étapes d'activation (a-) et de relaxation (b-), on compare l'angle électrique instantané du rotor avec un angle électrique instantané du stator, pour en déduire un rapport cyclique d'ouverture (RCO) à appliquer au troisième commutateur afin que le couple moteur soit et/ou reste nul.
- 25
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on mesure les courants instantanés de commande (i_1, i_2, i_3) et on en déduit l'angle électrique instantané du stator.
- 30
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'on acquiert l'angle électrique de rotor (θ_r) instantané en provenance d'un

capteur de position relié au rotor du moteur électrique.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape d'activation est commencée selon des premières conditions prédéterminées (C1).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on passe de l'étape d'activation à l'étape de relaxation selon des deuxièmes conditions prédéterminées (C2), en fonction d'une condition de dépassement de courant.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les deuxièmes conditions prédéterminées comprennent : le courant instantané batterie (I_{batt}) dépasse un seuil maximum de courant batterie, ou le courant instantané onduleur dépasse un seuil maximum de courant onduleur, ou le courant instantané moteur dépasse un seuil maximum de courant moteur.

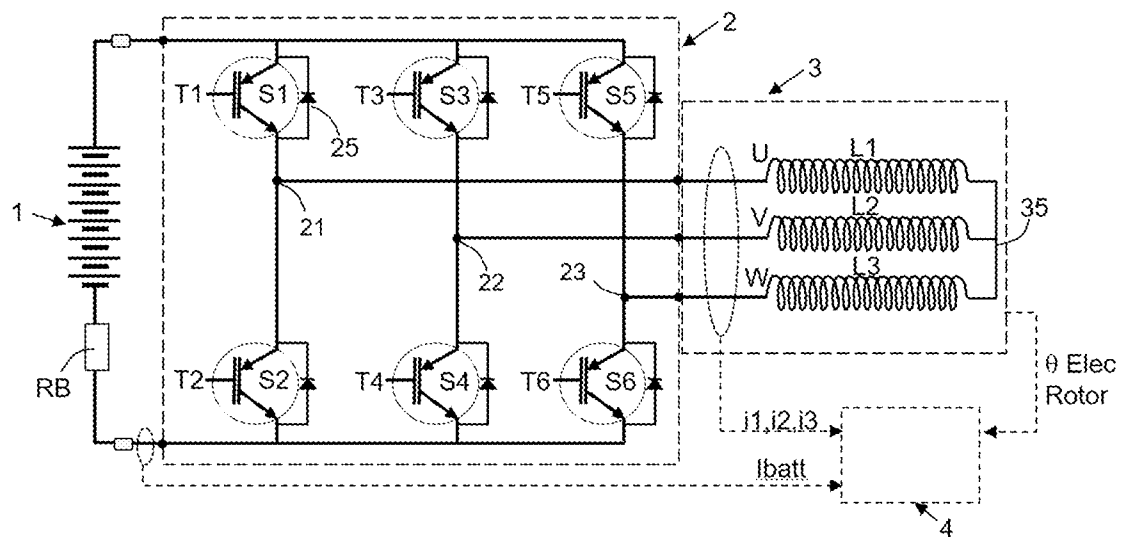
7. Procédé selon la revendication 4 et la revendication 5, caractérisé en ce que on stoppe l'étape de relaxation on selon des troisièmes conditions prédéterminées (C3), en fonction d'une condition sur le courant instantané batterie.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les troisièmes conditions prédéterminées comprennent : le courant instantané batterie en valeur absolue est inférieur à un seuil faible et le courant instantané batterie est croissant.

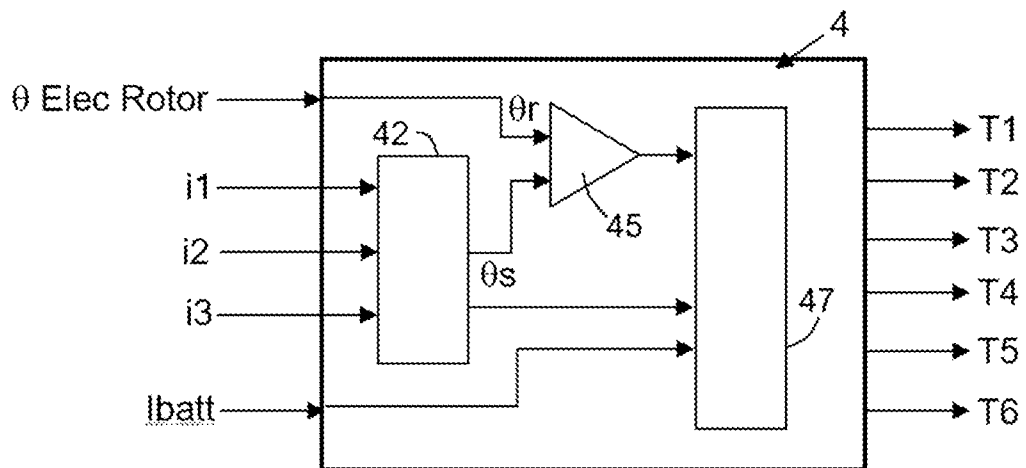
9. Système de commande comprenant au moins une batterie (1), au moins un onduleur (2), au moins un moteur électrique (3) et au moins une unité de commande (4), caractérisé en ce que l'unité de commande est configurée pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 8.

10. Véhicule comprenant un système de commande selon la revendication 9.

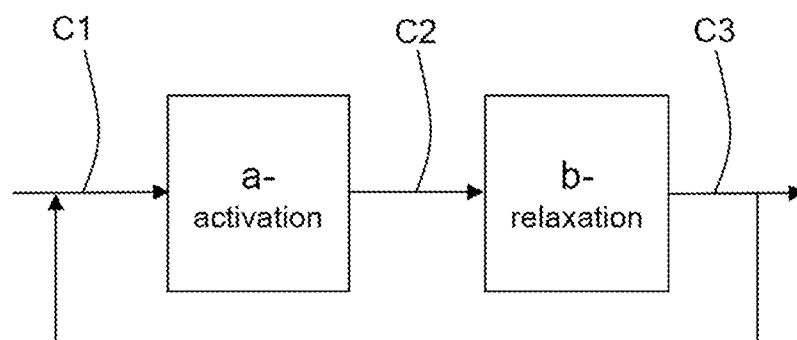
[Fig. 1]



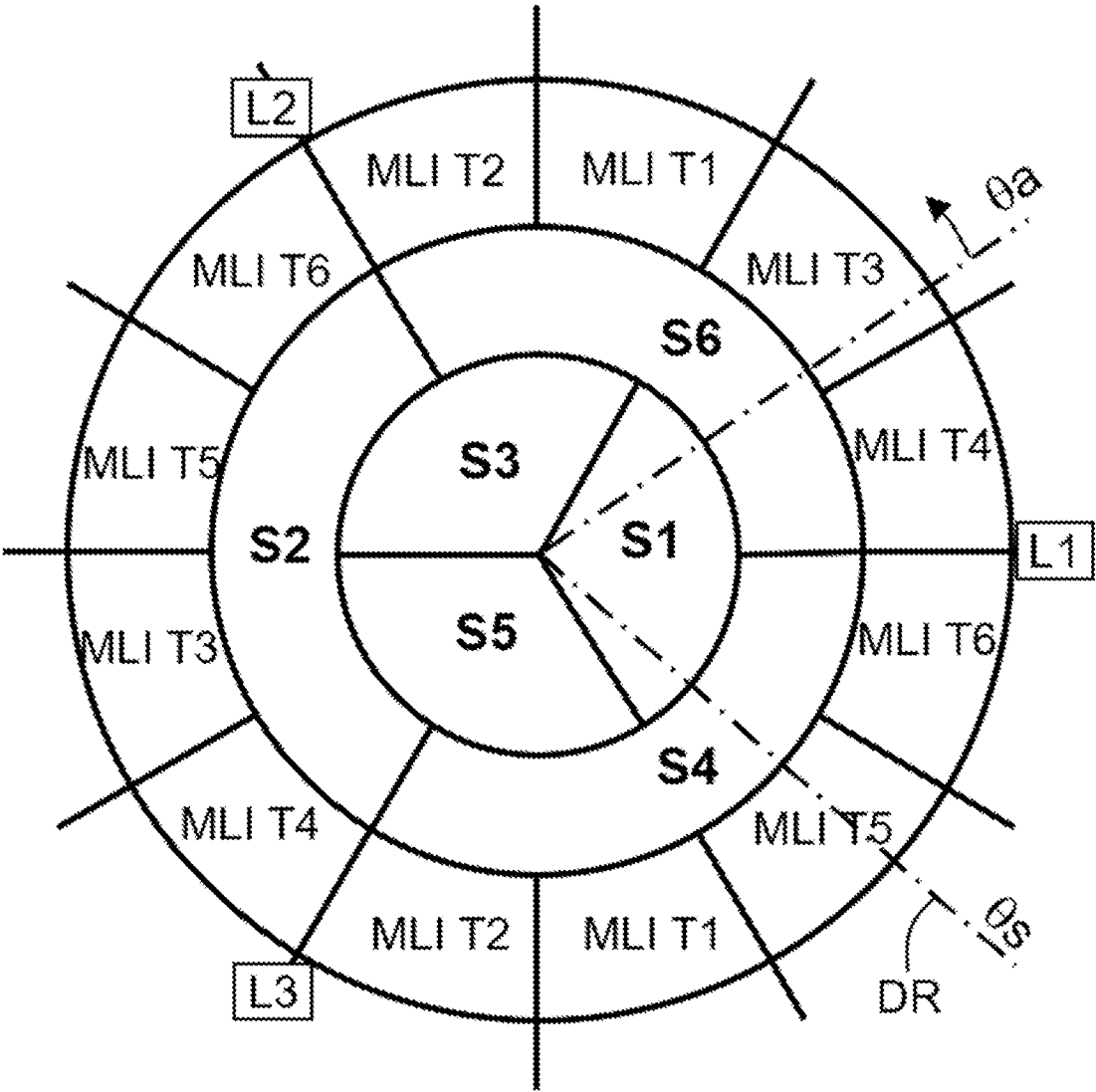
[Fig. 2]



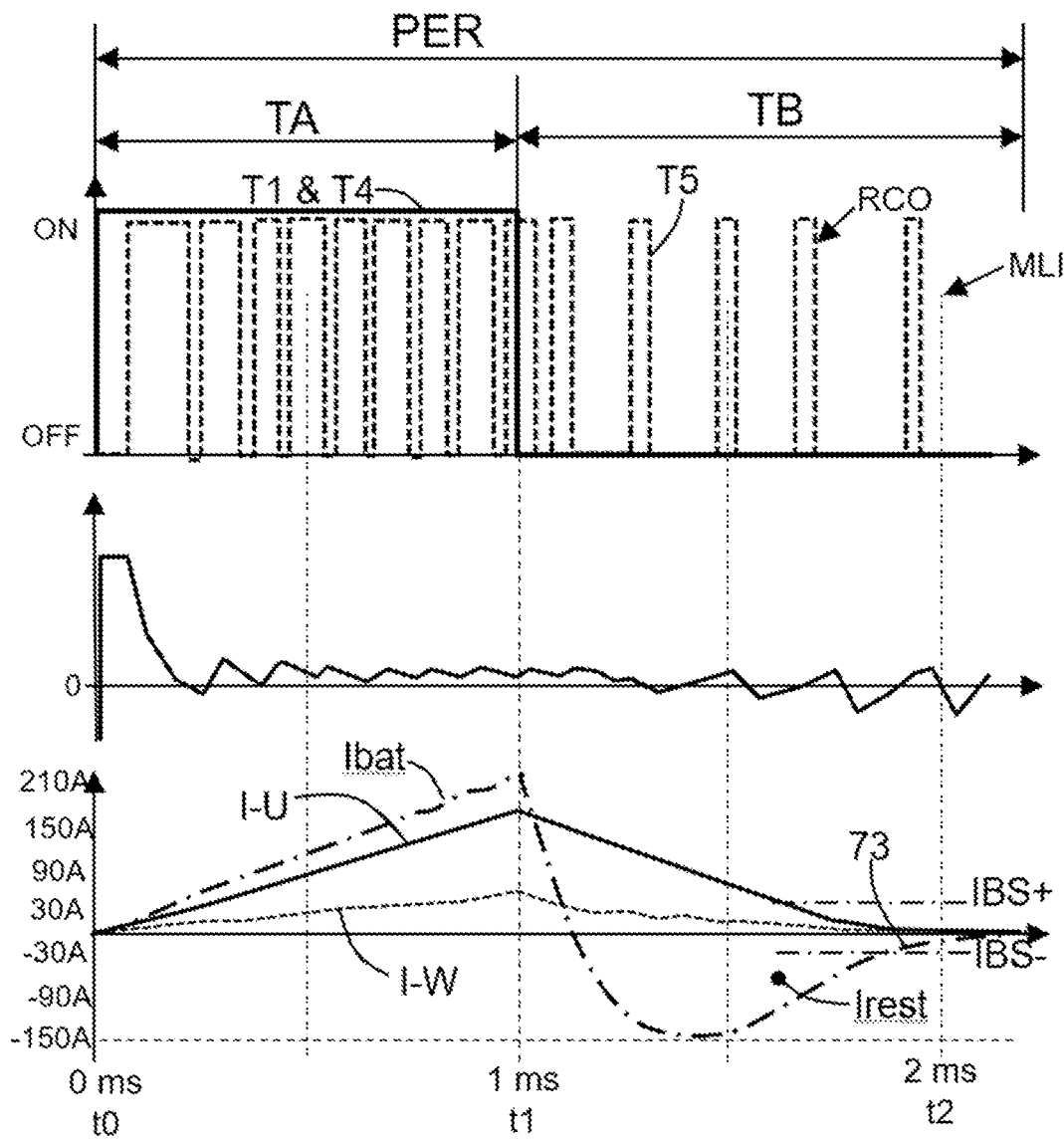
[Fig. 3]



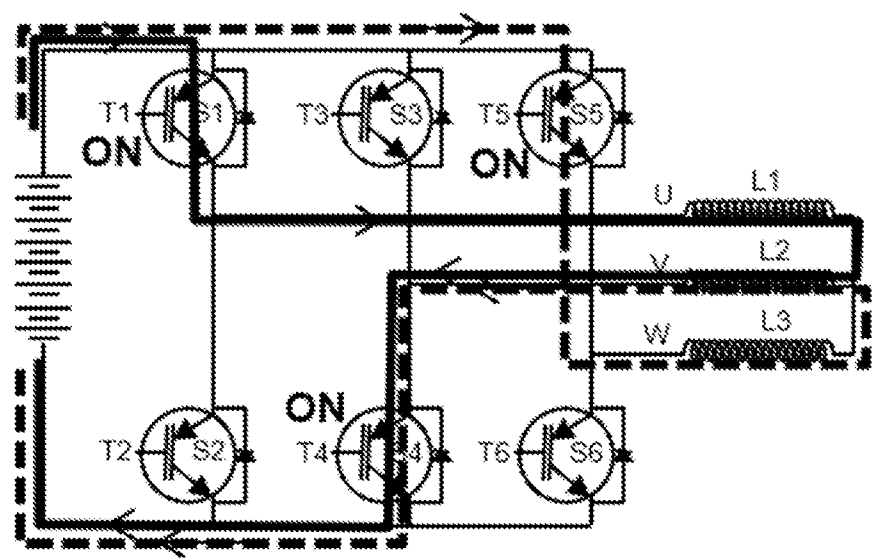
[Fig. 4]



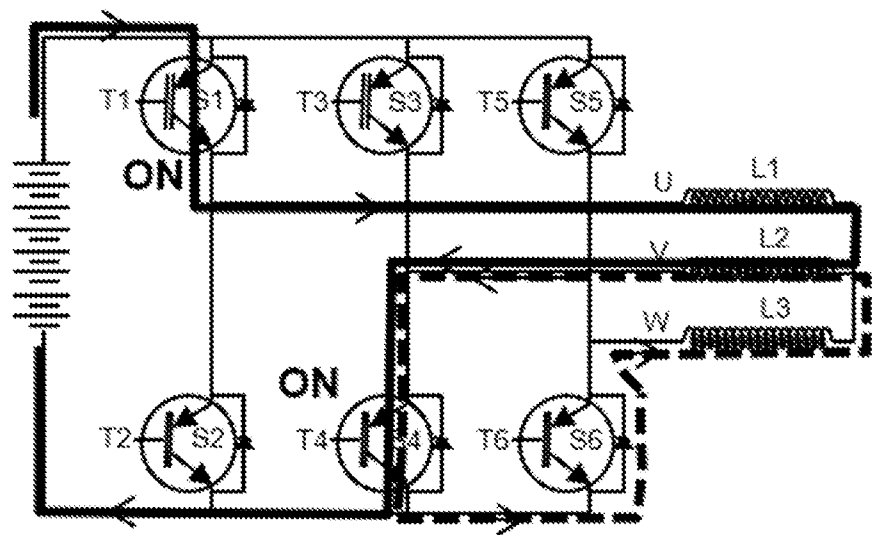
[Fig. 5]



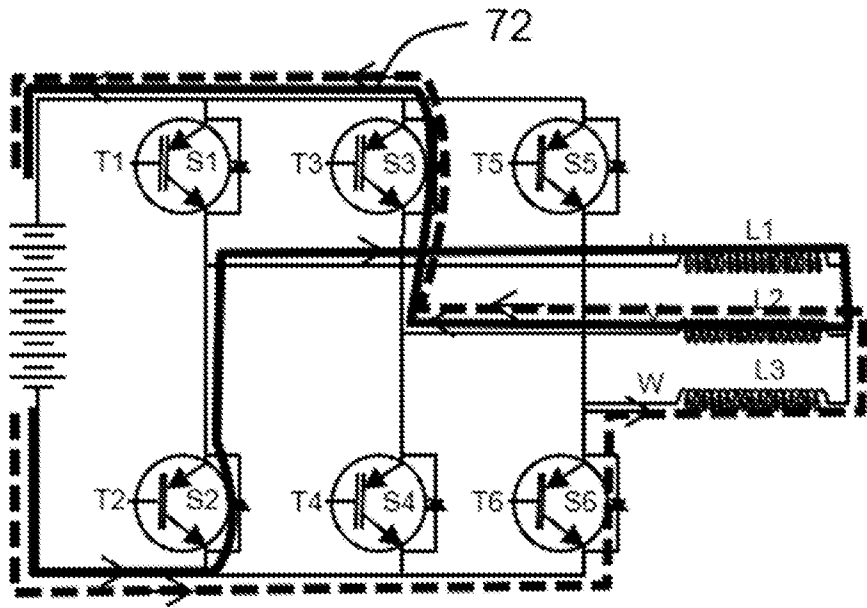
[Fig. 6]



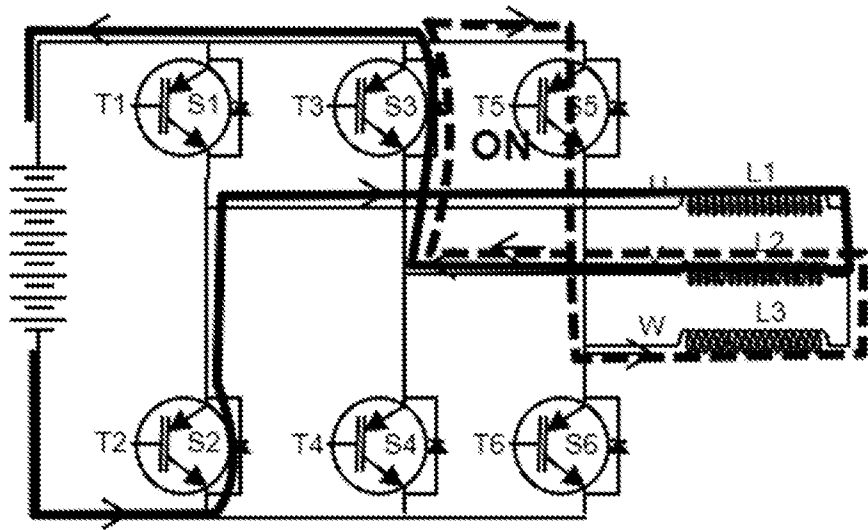
[Fig. 7]



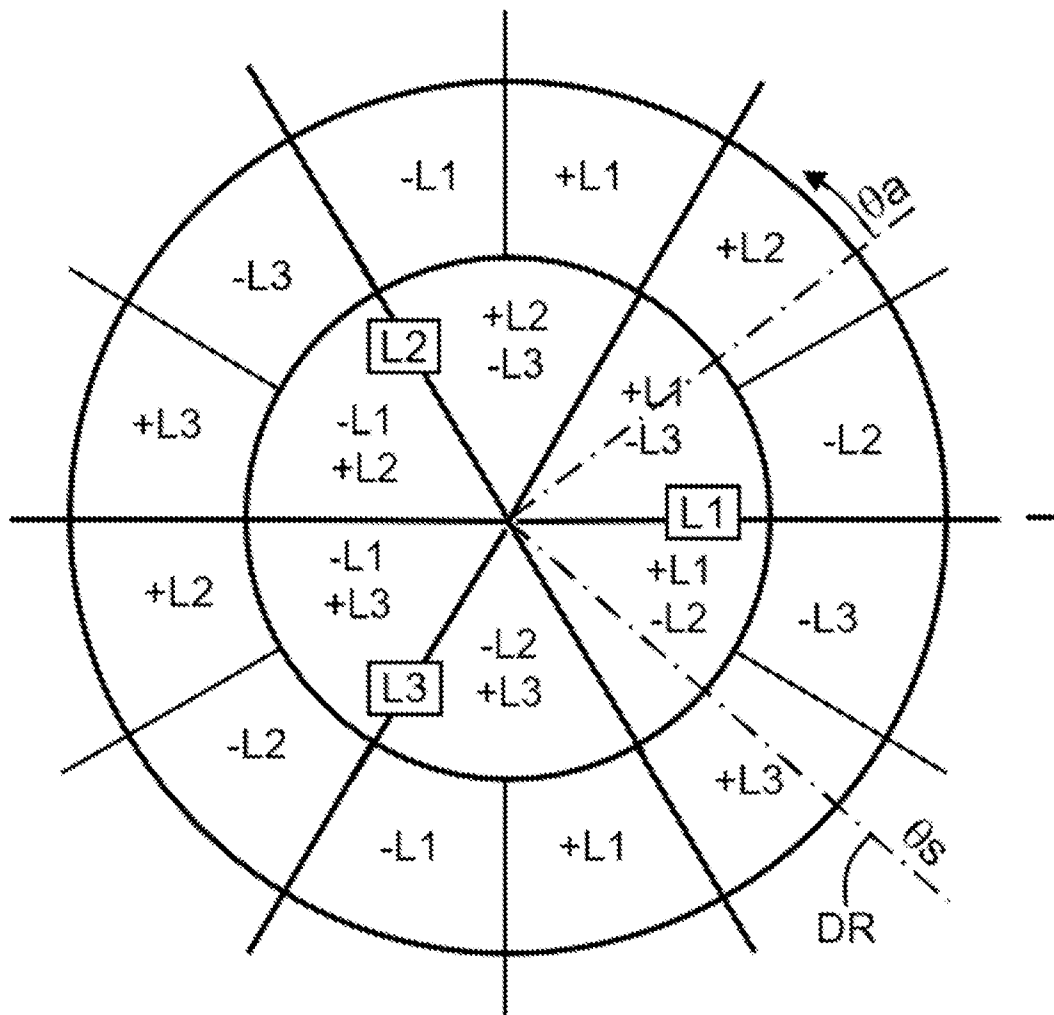
[Fig. 8]



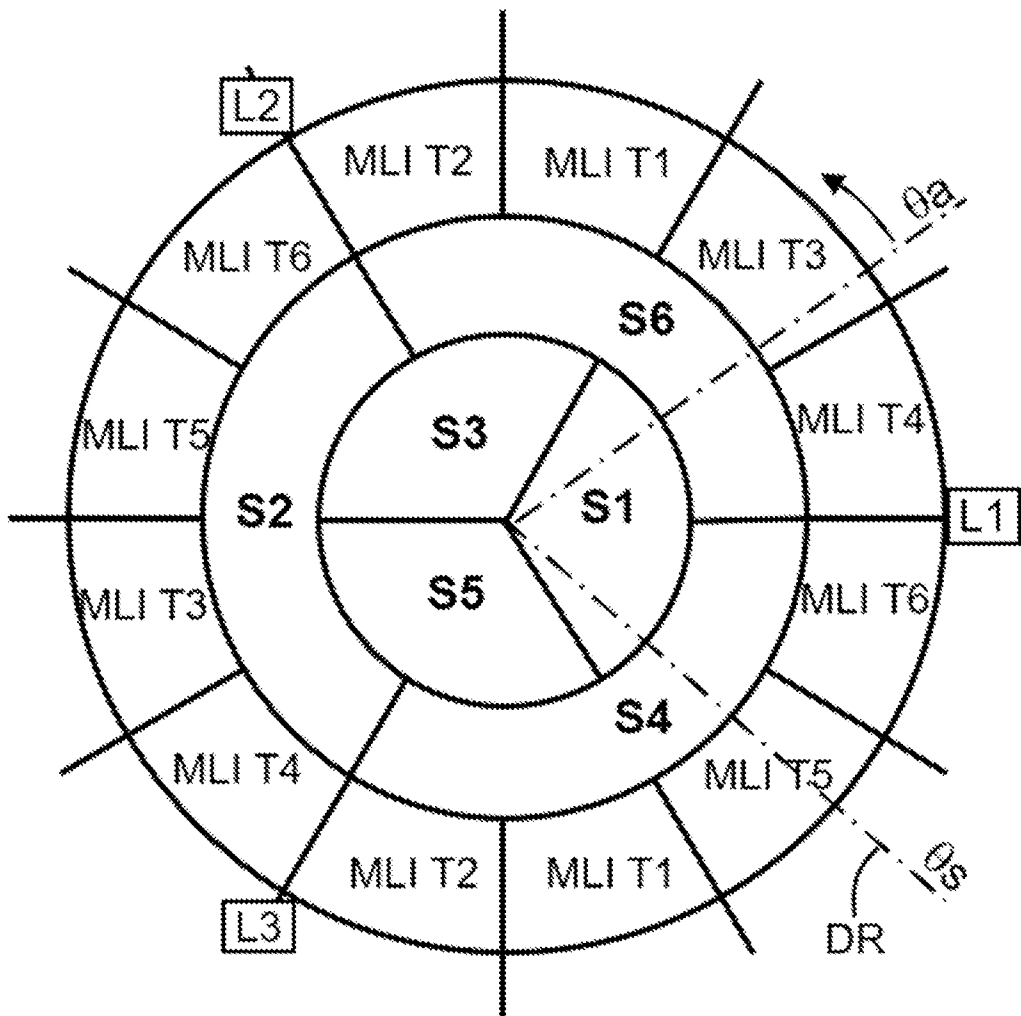
[Fig. 9]



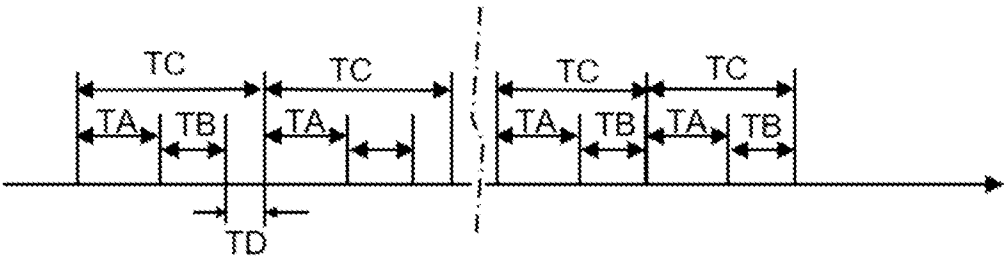
[Fig. 10]



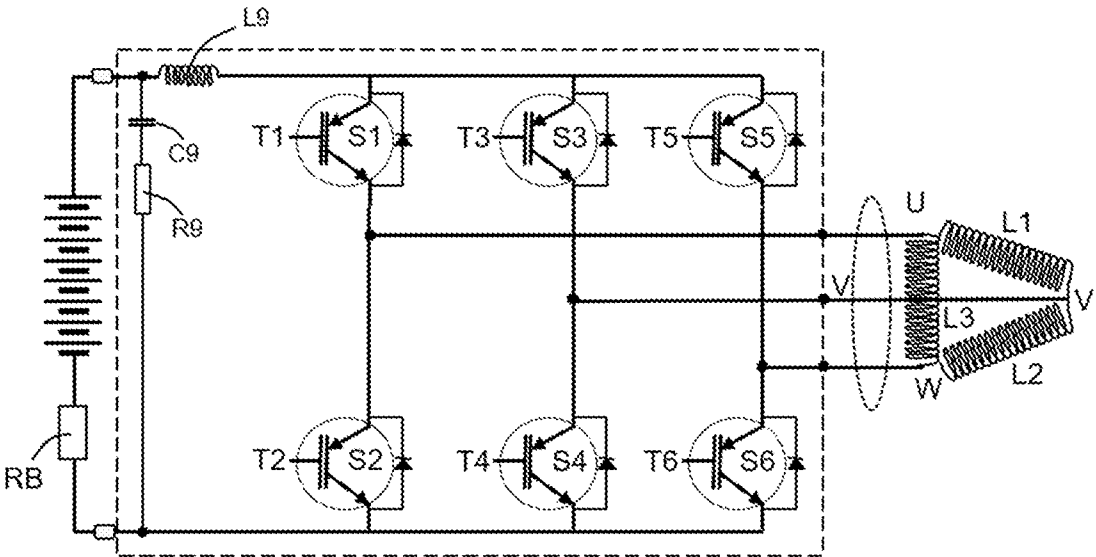
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2024/050702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 6/28**(2016.01)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)

H02P

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.
A	EP 3902092 A1 (BYD CO LTD [CN]) 27 October 2021 (2021-10-27) paragraph [0016]; figure 1 paragraph [0053]	1-10
A	US 2022158574 A1 (HAO LEI [US] ET AL) 19 May 2022 (2022-05-19) paragraph [0038] - paragraph [0039]	1-10
A	CN 108306078 A (SUZHOU HUICHUAN UNITED POWER SYSTEM CO LTD) 20 July 2018 (2018-07-20) abstract; figure 2	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

09 September 2024

Date of mailing of the international search report

17 September 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Hascher, Thierry

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2024/050702

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3902092	A1	27 October 2021	CN	111347887	A	30 June 2020
				DK	3902092	T3	22 April 2024
				EP	3902092	A1	27 October 2021
				EP	4344051	A2	27 March 2024
				ES	2977063	T3	16 August 2024
				FI	3902092	T3	16 May 2024
				HU	E066377	T2	28 August 2024
				JP	7201824	B2	10 January 2023
				JP	2022514790	A	15 February 2022
				PL	3902092	T3	19 August 2024
				US	2022085746	A1	17 March 2022
				US	2024223118	A1	04 July 2024
				WO	2020125626	A1	25 June 2020

US	2022158574	A1	19 May 2022	CN	114506249	A	17 May 2022
				DE	102021114063	A1	19 May 2022
				US	2022158574	A1	19 May 2022

CN	108306078	A	20 July 2018	NONE			-----

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02P6/28 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) H02P		
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
A	EP 3 902 092 A1 (BYD CO LTD [CN]) 27 octobre 2021 (2021-10-27) alinéa [0016]; figure 1 alinéa [0053] -----	1 - 10
A	US 2022/158574 A1 (HAO LEI [US] ET AL) 19 mai 2022 (2022-05-19) alinéa [0038] - alinéa [0039] -----	1 - 10
A	CN 108 306 078 A (SUZHOU HUICHUAN UNITED POWER SYSTEM CO LTD) 20 juillet 2018 (2018-07-20) abrégé; figure 2 -----	1 - 10
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 9 septembre 2024		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/09/2024
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 Hascher, Thierry

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2024/050702

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3902092	A1	27-10-2021	CN 111347887 A	30-06-2020
			DK 3902092 T3	22-04-2024
			EP 3902092 A1	27-10-2021
			EP 4344051 A2	27-03-2024
			ES 2977063 T3	16-08-2024
			FI 3902092 T3	16-05-2024
			HU E066377 T2	28-08-2024
			JP 7201824 B2	10-01-2023
			JP 2022514790 A	15-02-2022
			PL 3902092 T3	19-08-2024
			US 2022085746 A1	17-03-2022
			US 2024223118 A1	04-07-2024
			WO 2020125626 A1	25-06-2020

US 2022158574	A1	19-05-2022	CN 114506249 A	17-05-2022
			DE 102021114063 A1	19-05-2022
			US 2022158574 A1	19-05-2022

CN 108306078	A	20-07-2018	AUCUN	
