

(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
02 janvier 2020 (02.01.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/002839 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02P 9/10 (2006.01) H02H 7/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/051582

(22) Date de dépôt international :
26 juin 2019 (26.06.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1855817 27 juin 2018 (27.06.2018) FR

(71) Déposant : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
MOTEUR [FR/FR] ; 2 rue André Boulle, 94046 Creteil Ce-
dex (FR).

(72) Inventeurs : KADIRI, Mostafa ; C/O Valeo Equipements
Electriques Moteur -, Route d'Hilbert, 62630 Etaples-Sur-
Mer (FR). FAVEROLLE, Pierre ; c/o Valeo Equipements
Electriques Moteur -, 2, rue André-Boulle, 94046 Cre-
teil Cedex (FR). MALLEVAEY, Matthieu ; C/O Valeo
Equipements Electriques Moteur -, Route d'Hilbert, 62630
Etaples-Sur-Mer (FR). DOFFE, Ludovic ; C/O Valeo
Equipements Electriques Moteur -, Route d'Hilbert, 62630
Etaples-Sur-Mer (FR). RYCKEBOER, Gauthier ; C/O
Valeo Equipements Electriques Moteur -, Route d'Hilbert,
62630 Etaples-Sur-Mer (FR).

(74) Mandataire : PRIGENT, Pierre ; Valeo Equipements
Electriques Moteur, 2 Rue André Boulle, Créteil 94046
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,

(54) Title: ROTATING ELECTRICAL MACHINE PROVIDED WITH A CURRENT SENSOR AND A DIAGNOSTIC MODULE

(54) Titre : MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE MUNIE D'UN CAPTEUR DE COURANT ET D'UN MODULE DE
DIAGNOSTIC

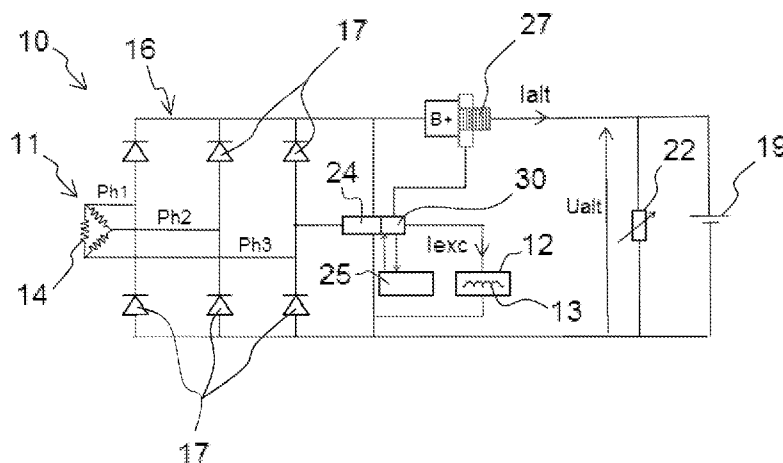


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention mainly relates to a rotating electrical machine (10) comprising: a rotor (12) provided with a rotor winding (13); a stator (11) provided with a winding (14) having a plurality of phases; a converter (16) comprising rectifying components (17) to which the phases of the stator (11) are connected; a voltage regulator (24) for adapting an excitation current (I_{exc}) applied to the rotor winding (13) according to a difference between an output voltage (U_{ait}) and a reference voltage; at least one current sensor (27) arranged at the output of the rotating electrical machine (10) or on at least one phase of the rotating electrical machine (10); and a diagnostic module (30) that can detect a malfunction of the rotating electrical machine (10) on the basis of a current measurement provided by the current sensor (27).

(57) Abrégé : L'invention porte principalement sur une machine électrique tournante (10) comportant : • - un rotor (12) muni d'un bobinage rotorique (13), • - un stator (11) muni d'un bobinage (14) comportant plusieurs phases, • - un convertisseur (16) comportant des



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

Publiée:

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

composants de redressement (17) auxquels sont connectées les phases du stator (11), • - un régulateur de tension (24) apte à adapter un courant d'excitation (I_{exc}) appliqué au bobinage rotorique (13) en fonction d'un écart entre une tension de sortie (L_{iait}) et une tension de référence, - au moins un capteur de courant (27) disposé en sortie de la machine électrique tournante (10) ou sur au moins une phase de la machine électrique tournante (10), et • - un module de diagnostic (30) apte à détecter un dysfonctionnement de la machine électrique tournante (10) à partir d'une mesure de courant issue du capteur de courant (27).

MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE MUNIE D'UN CAPTEUR DE COURANT ET D'UN MODULE DE DIAGNOSTIC

La présente invention porte sur une machine électrique tournante munie d'un capteur de courant et d'un module de diagnostic. L'invention trouve une application particulièrement avantageuse avec les alternateurs et les alternodémarrateurs équipant les véhicules automobiles.

De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent deux parties coaxiales à savoir un rotor et un stator entourant le corps du rotor. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre de rotor menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur, comme décrit par exemple dans les documents EP0803962 et WO02/093717, ou d'un moteur électrique comme décrit par exemple dans le document EP0831580. La machine électrique tournante pourra être réversible comme décrit par exemple dans les documents WO01/69762, WO2004/040738, WO2006/129030 et FR3005900. Une telle machine électrique tournante réversible synchrone est appelé alternodémarrateur.

En mode alternateur, la machine électrique transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique pour notamment alimenter des consommateurs et/ou recharger une batterie.

Afin de réduire sensiblement les émissions de particules polluantes dans les cycles d'homologations ou hors des cycles, c'est à dire dans la vraie vie de roulage du véhicule automobile, la machine électrique fonctionne en mode alternateur, notamment lors des phases de freinage récupératif qui sont très fréquentes. La machine électrique et ses sous-composants sont ainsi sollicités à leur limite de fonctionnement.

Il existe donc le besoin d'implémenter des protections afin de maximiser les performances de la machine électrique tout en conservant un niveau élevé de fiabilité.

L'invention vise à combler ce besoin en proposant une machine électrique tournante comportant:

- un rotor muni d'un bobinage rotorique,

- un stator muni d'un bobinage comportant plusieurs phases,
- un convertisseur comportant des composants de redressement auxquels sont connectées les phases du stator,
- un régulateur de tension apte à adapter un courant d'excitation appliqué au bobinage rotorique en fonction d'un écart entre une tension de sortie de la machine électrique tournante et une tension de référence,
- 5 caractérisée en ce que ladite machine électrique tournante comporte en outre:
 - au moins un capteur de courant disposé en sortie de la machine électrique tournante ou sur au moins une phase de la machine électrique tournante, et
 - 10 - un module de diagnostic apte à détecter un dysfonctionnement de la machine électrique tournante à partir d'une mesure de courant issue du capteur de courant.

15 L'invention permet ainsi, grâce à l'utilisation du capteur de courant et du module de diagnostic, de détecter et d'informer le contrôle moteur d'une éventuelle défaillance et/ou d'une dérive des performances de la machine électrique tournante.

Selon une réalisation, le module de diagnostic est intégré au régulateur.

20 Selon une réalisation, le module de diagnostic est un module externe par rapport au régulateur.

Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à estimer, via une loi de variation d'une chute de tension aux bornes d'un composant de redressement, une température de jonction de ce composant de redressement.

25 Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à limiter cette température de jonction pour protéger ce composant de redressement.

Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à détecter une défaillance sur une phase de la machine électrique tournante à partir de la mesure de courant issue du capteur de courant.

30 Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à déterminer un rendement théorique de la machine électrique tournante et à le comparer

avec un rendement de référence pour en déduire une éventuelle dérive représentative d'une dégradation de performances de la machine électrique tournante.

5 Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à mesurer une ondulation d'un courant de sortie de la machine électrique tournante et à détecter une défaillance de la machine électrique tournante dans le cas où une variation de courant sur une période du courant de sortie dépasse une valeur de référence.

10 Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à établir un diagnostic de fonctionnement de la machine électrique tournante à partir de mesures de courant de sortie de la machine électrique tournante et de mesures du courant d'excitation.

15 Selon une réalisation, le module de diagnostic est apte à détecter une dérive de performances d'un composant de redressement à partir d'une mesure d'une chute de tension à un courant donné dudit composant de redressement.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

20 - La figure 1a est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation de l'invention ayant un capteur de courant de sortie de l'alternateur et un module de diagnostic intégré dans le régulateur;

- La figure 1b est une représentation schématique d'une variante de réalisation à module de diagnostic externe;

25 - La figure 2a est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation de l'invention ayant un capteur de courant de phases de l'alternateur et un module de diagnostic intégré dans le régulateur;

- La figure 2b est une représentation schématique d'une variante de réalisation à module de diagnostic externe;

- La figure 3 est une représentation graphique d'une cartographie permettant de déterminer un couple à partir d'une vitesse de rotation de la machine pour un courant d'excitation donné;
- La figure 4 est une représentation graphique d'une variation du courant de sortie dont la mesure à l'aide du capteur de courant selon l'invention permet de détecter un dysfonctionnement de la machine électrique;
- La figure 5 est une représentation graphique des courbes mesurée et attendue obtenues dans le plan courant alternateur/courant d'excitation permettant de détecter un dysfonctionnement de la machine électrique;
- La figure 6 est une représentation schématique d'une tension de phase permettant de déterminer la chute de tension d'un composant de redressement à l'état passant;
- La figure 7 est une loi de variation stockée dans le régulateur ou le module de diagnostic externe permettant de déterminer la température d'un composant de redressement de forme diode;
- La figure 8 est une représentation graphique illustrant la détection par le module de diagnostic d'une dérive de performance pouvant être détectée par mesure d'une tension et d'un courant d'un composant de redressement.

Les éléments identiques, similaires, ou analogues conservent la même référence d'une figure à l'autre.

Les figures 1a et 1b représentent de façon schématique une machine électrique tournante 10, sous la forme d'un alternateur, comportant un stator 11 et un rotor 12 muni d'un bobinage 13. Le rotor 12 est apte à générer un flux magnétique interagissant avec le stator 11.

Le stator 11 comprend un bobinage 14 ayant plusieurs phases Ph1-PhN reliées à un convertisseur AC/DC 16. Sur les figures, on a représenté de façon non limitative un stator 11 à trois phases Ph1-Ph3 à titre d'exemple. En effet, il est clair que le stator 11 pourra comporter plus généralement N phases, N étant un nombre entier. N pourra par exemple valoir 3 pour un

stator triphasé, 5 pour un stator pentaphasé, 6 pour un stator hexaphasé, 7 pour un stator heptaphasé, etc... ou être un nombre entier quelconque.

Le convertisseur AC/DC 16 est typiquement formé par des composants de redressement 17 représentés ici par des diodes mais pouvant également
5 prendre la forme de transistors de type MOSFET. Dans ce cas, le convertisseur AC/DC 16 est réversible afin de transformer la tension continue de la batterie 19 en une tension alternative alimentant les phases du bobinage Ph1-PhN pour faire fonctionner la machine en mode moteur.

Lors d'un fonctionnement de l'alternateur 10, la tension de sortie Ualt
10 mesurée entre la borne B+ et la masse peut être délivrée à la batterie 19 par le stator 11 par l'intermédiaire du convertisseur 16. Plus précisément, des forces électromotrices sont présentes dans chacune des phases Ph1-PhN du bobinage du stator 11 et sont traitées par le convertisseur 16 pour générer la tension de sortie Ualt.

15 De même, un courant de sortie Ialt peut être délivré à la batterie 19 et aux charges électriques 22 par le stator 11 après un traitement par le convertisseur 16. Les charges électriques 22 sont en l'occurrence connectées en parallèle de la batterie 19.

L'alternateur 10 comporte également un régulateur 24 permettant d'asservir
20 la tension de sortie Ualt à une tension de référence fournie généralement par un calculateur moteur 25 du véhicule. A cet effet, le régulateur 24 adapte un courant d'excitation Iexc appliqué, par modulation à largeur d'impulsion, au bobinage rotorique 13 en fonction d'un écart entre la tension de sortie Ualt de l'alternateur 10 et la tension de référence.

25 En outre, un capteur de courant 27 pourra être disposé en sortie de l'alternateur 10 au niveau de la borne B+, tel que cela est montré sur les figures 1a et 1b. En variante, un capteur de courant 27 est disposé sur au moins phase Ph1-PhN de l'alternateur 10. Dans l'exemple représenté, on utilise un capteur 27 par phase, mais on pourra en variante utiliser un
30 capteur 27 sur une seule phase et déduire les signaux des autres phases à partir des mesures de ce capteur. Un capteur 27 pourra prendre la forme

d'un capteur à effet Hall ou d'un capteur à résistance dit de type "shunt" en anglais.

Un module de diagnostic 30 est apte à détecter un dysfonctionnement de l'alternateur 10 à partir de la mesure de courant issue d'au moins un capteur de courant 27.

Le module de diagnostic 30 pourra être intégré au régulateur 24, tel que cela est représenté sur les figures 1a et 2a. Dans ce cas, le régulateur 24 communique les informations relatives au fonctionnement de l'alternateur 10 au calculateur moteur 25 via un bus de communication de type LIN ou CAN par exemple.

Alternativement, le module de diagnostic 30 est un module externe, tel que montré sur les figures 1b et 2b. Cela permet de faciliter la réalisation du régulateur 24 qui présente alors moins de fonctionnalités intégrées. Dans ce cas, on prévoit une communication entre le régulateur 24 et le module de diagnostic 30, entre le régulateur 24 et le calculateur moteur 25, et une communication entre le module de diagnostic 30 et le calculateur moteur 25. Ces communications pourront être établies également via un bus de communication de type LIN ou CAN.

Le module de diagnostic 30 est apte à déterminer un rendement théorique n de l'alternateur 10 à partir de la formule suivante:

$$n = P_{elec}/P_{meca} = (U_{alt} \times I_{alt}) / (C \times \Omega),$$

- P_{elec} étant la puissance électrique de l'alternateur et P_{meca} étant la puissance mécanique de l'alternateur,
- U_{alt} étant la tension de sortie de l'alternateur 10 mesurée par le régulateur 24,
- I_{alt} étant le courant de sortie de l'alternateur 10 mesuré par le capteur de courant 27,
- Ω étant la vitesse de rotation déterminée à l'aide de la fréquence d'une phase appliquée en entrée du régulateur 24,
- C étant le couple de l'alternateur 10 résultant d'une cartographie de mesure réalisée au préalable en laboratoire et intégrée dans le module de diagnostic 30 ou le régulateur 24. Cette cartographie dont une représentation graphique est donnée en figure 3 permet de fournir la donnée de couple C pour le

calcul de rendement n à partir de la vitesse de rotation Ω de l'alternateur 10 et d'un courant d'excitation I_{exc} appliqué au rotor 12.

Le rendement théorique n est ensuite comparé avec un rendement de référence pour en déduire une éventuelle dérive représentative d'une
5 dégradation de performances de l'alternateur 10.

Comme on peut le voir sur la figure 4, le module de diagnostic 30 est apte à mesurer une ondulation d'un courant de sortie ΔI_{alt} de l'alternateur 10 et à détecter une défaillance dans le cas où une variation de courant ΔI_{alt} sur une période du courant de sortie dépasse une valeur de référence. En particulier,
10 si sur une période correspondant à la commutation de chaque composant de redressement 17, l'ondulation de courant ΔI_{alt} devient supérieure à une valeur de référence, le module de diagnostic 30 émet un signal d'alerte à destination du calculateur moteur 25.

Comme on peut le voir sur la figure 5, le module de diagnostic 30 est
15 également apte à établir un diagnostic de fonctionnement de l'alternateur 10 à partir de mesures de courant de sortie I_{alt} de l'alternateur 10 et de mesures du courant d'excitation I_{exc} . A cet effet, on compare l'écart entre la courbe mesurée C_{mes} obtenue à partir de plusieurs mesures des courants I_{alt} et I_{exc} et la courbe attendue C_{th} stockée en mémoire du module de diagnostic
20 30 ou du calculateur moteur 25. En cas d'écart trop important, le module 30 émet un signal d'alerte à destination du calculateur moteur 25.

Par ailleurs, il est possible d'estimer la température de jonction du composant en corrélant la mesure de courant I_{d_mes} et la mesure de tension V_{d_mes} effectuées sur le composant de redressement 17, prenant la
25 forme d'une diode ou d'un transistor de type MOSFET.

En effet, il est possible de connaître la tension V_d du composant de redressement 17 à l'état passant lors d'une alternance négative de la tension de phase U_{Ph} (cf. figure 6) ainsi que le courant I_d correspondant.

A partir de ces deux valeurs, une loi de variation d'une chute de tension aux
30 bornes d'un composant de redressement 17 de forme diode en fonction de la température représentée en figure 7, permet d'estimer une température T de

jonction du composant. Cette loi de variation pourra être stockée dans le module de diagnostic 30 ou le régulateur 24.

Le module de diagnostic 30 pourra ensuite limiter cette température T de jonction pour protéger le composant 17, notamment en limitant un courant de sortie I_{alt} de l'alternateur 10 afin de fournir un maximum de puissance disponible au véhicule tout en conservant une température maximum admissible au niveau des jonctions des composants 17.

Le module de diagnostic 30 pourra également détecter une dérive de performances d'un composant de redressement 17 à partir d'une mesure d'une chute de tension V_{d_mes} à un courant donné I_{d_mes}.

Par exemple, si le couple courant I_{d_mes} / tension V_{d_mes} présente un écart E trop important avec la valeur de la courbe attendue C_{ref} pour une température donnée, le module de diagnostic 30 en déduit que les performances du composant 17 sont dégradées.

Le module de diagnostic 30 alerte alors le calculateur moteur 25 d'un changement d'état d'un ou de plusieurs composants 17 via l'envoi d'un message d'alerte correspondant sur le bus de communication du véhicule.

Les mesures utilisées par le module de diagnostic 30 pourront être effectuées si le moteur thermique et ses composants présentent un équilibre thermique à température ambiante. Par exemple, un ordre de mesure peut être envoyé par le calculateur moteur 25 lorsque la température ambiante et la température du moteur sont très proches avec un écart par exemple de l'ordre de plus ou moins 5°C. En outre, une communication de cette température pourrait être envisagée au régulateur 24 ou au module de diagnostic 30 afin de comparer la température de la puce du régulateur 24 et s'assurer d'un état thermique stabilisé et refroidi.

Ainsi, dès l'allumage du moteur thermique et la génération de courant de l'alternateur 10, le module de diagnostic 30 pourrait lancer un diagnostic de l'état des composants de redressement 17.

L'invention pourra également être mise en œuvre avec un alerno-démarrreur ou une machine électrique fonctionnant uniquement en mode moteur.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

5 En outre, les différentes caractéristiques, variantes, et/ou formes de réalisation de la présente invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (10) comportant:
- un rotor (12) muni d'un bobinage rotorique (13),
 - un stator (11) muni d'un bobinage (14) comportant **plusieurs**
- 5 **phases (Ph1-PhN),**
- un convertisseur (16) comportant des composants de redressement (17) auxquels sont connectées **les phases (Ph1-PhN)** du stator (11),
 - un régulateur de tension (24) apte à adapter un courant d'excitation (lexc) appliqué au bobinage rotorique (13) en fonction d'un écart entre une
- 10 tension de sortie (Ualt) de la machine électrique tournante (10) et une tension de référence,
- caractérisée en ce que ladite machine électrique tournante (10) comporte en outre:
- au moins un capteur de courant (27) disposé en sortie de la machine
- 15 électrique tournante (10) ou sur au moins **une phase (Ph1-PhN)** de la machine électrique tournante (10), et
- un module de diagnostic (30) apte à détecter un dysfonctionnement de la machine électrique tournante (10) à partir d'une mesure de courant issue du capteur de courant (27).
- 20 2. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est intégré au régulateur (24).
3. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est un module externe par rapport au régulateur (24).
- 25 4. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à estimer, via une loi de variation d'une chute de tension aux bornes d'un composant de redressement (17), une température de jonction de ce composant de redressement (17).
- 30 5. Machine électrique tournante selon la revendication 4, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à limiter cette température

de jonction pour protéger ce composant de redressement (17).

6. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à détecter une défaillance sur une phase de la machine électrique tournante (10) à partir de la mesure de courant issue du capteur de courant (27).

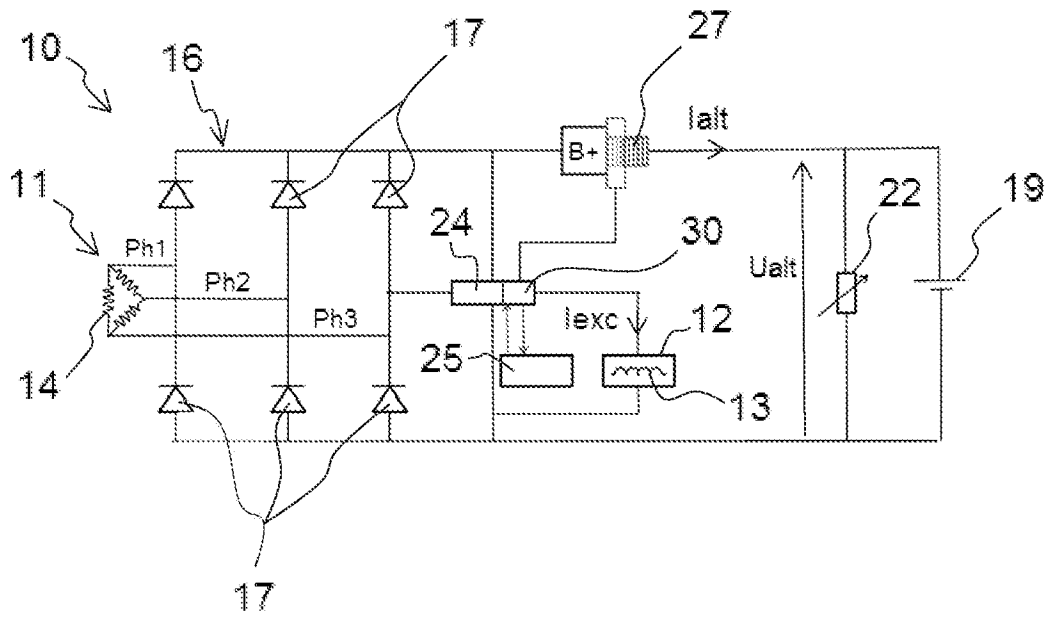
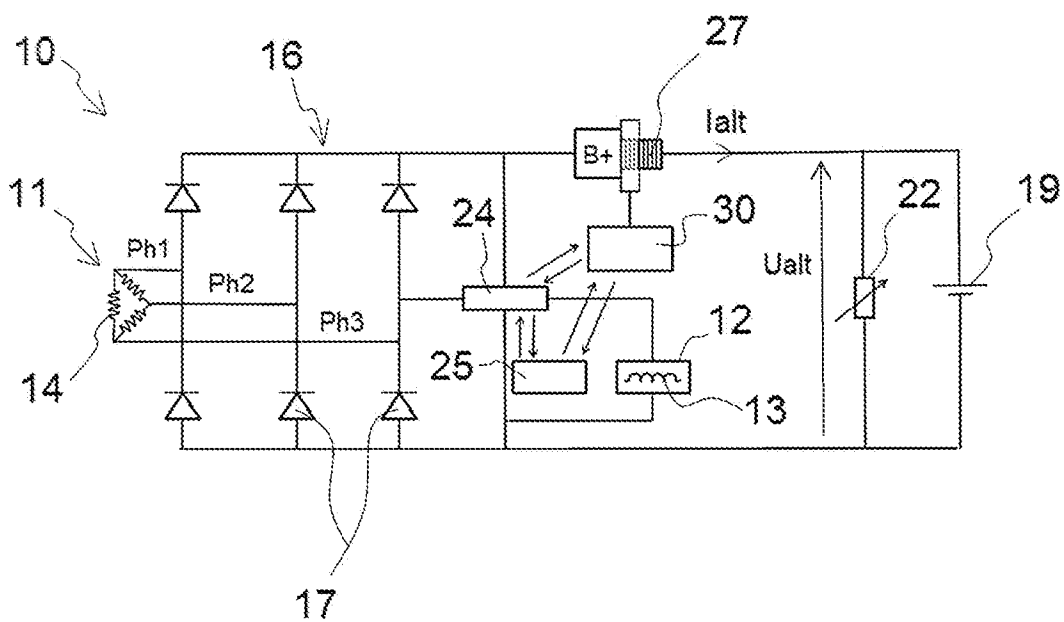
7. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à déterminer un rendement théorique (n) de la machine électrique tournante (10) et à le comparer avec un rendement de référence pour en déduire une éventuelle dérive représentative d'une dégradation de performances de la machine électrique tournante (10).

8. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à mesurer une ondulation d'un courant de sortie (ΔI_{alt}) de la machine électrique tournante (10) et à détecter une défaillance de la machine électrique tournante (10) dans le cas où une variation de courant (ΔI_{alt}) sur une période du courant de sortie dépasse une valeur de référence.

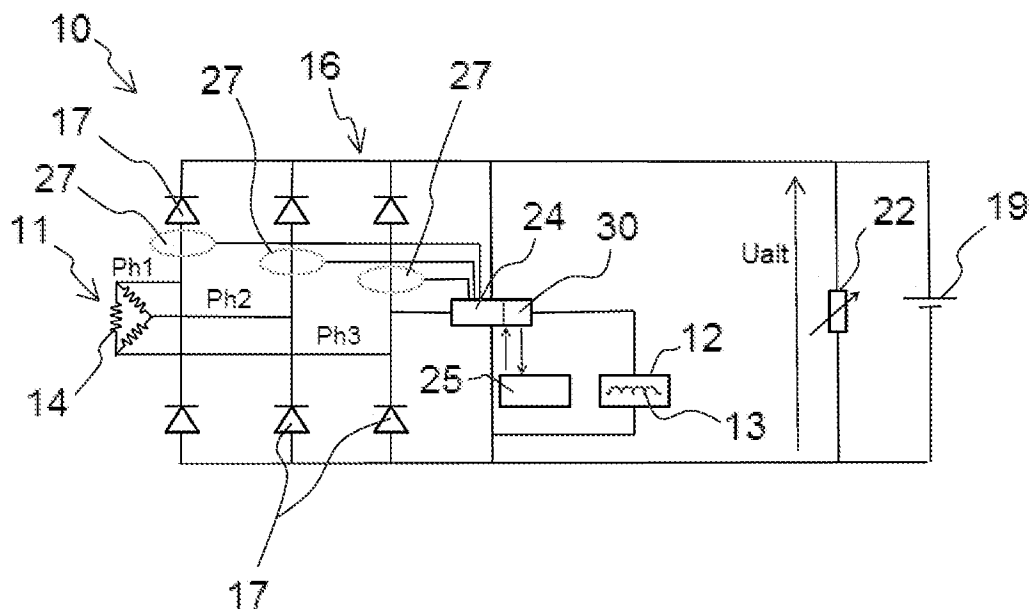
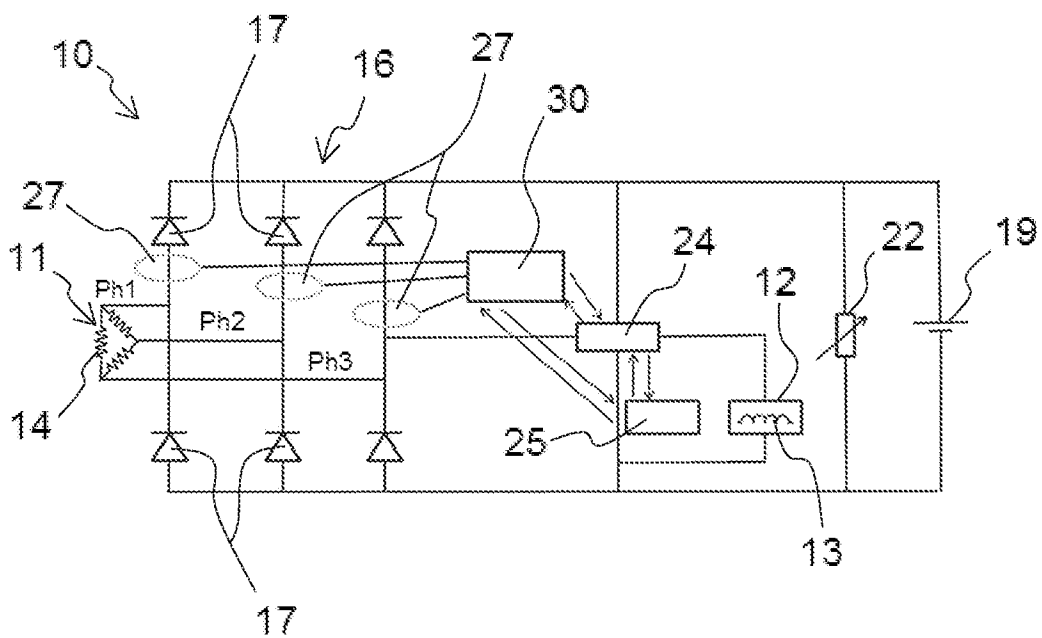
9. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à établir un diagnostic de fonctionnement de la machine électrique tournante (10) à partir de mesures de courant de sortie (I_{alt}) de la machine électrique tournante (10) et de mesures du courant d'excitation (I_{exc}).

10. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le module de diagnostic (30) est apte à détecter une dérive de performances d'un composant de redressement (17) à partir d'une mesure d'une chute de tension (V_d) à un courant donné (I_d) dudit composant de redressement (17).

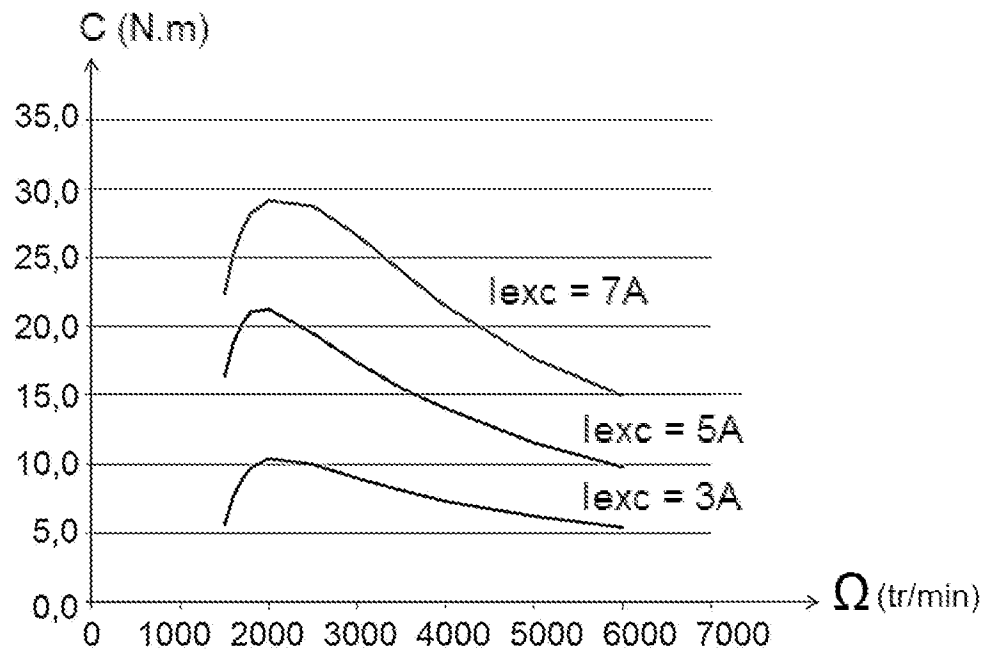
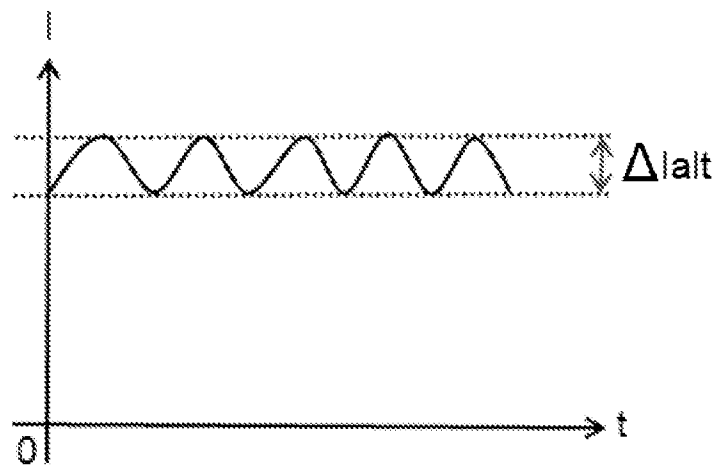
1/5

Fig. 1aFig. 1b

2/5

Fig. 2aFig. 2b

3/5

Fig. 3Fig. 4

4/5

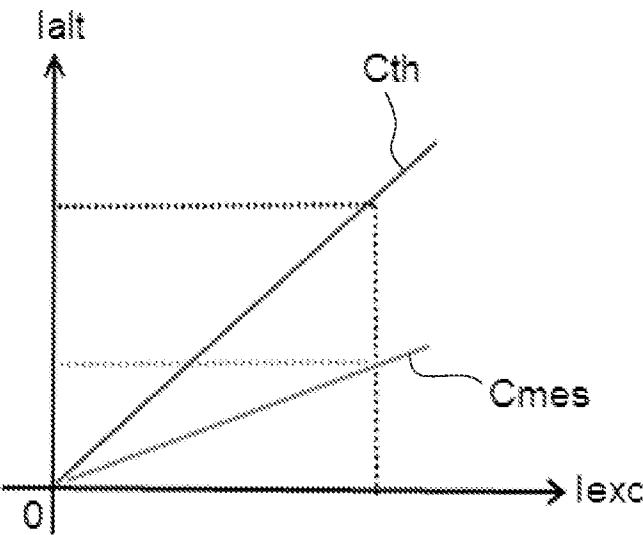


Fig. 5

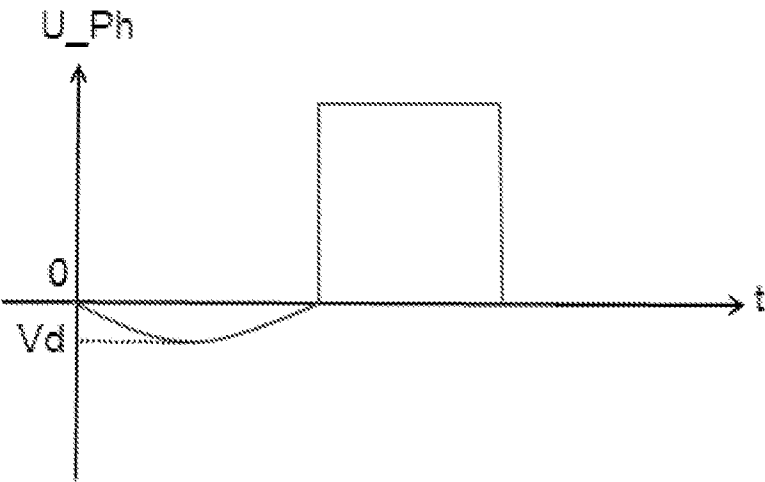
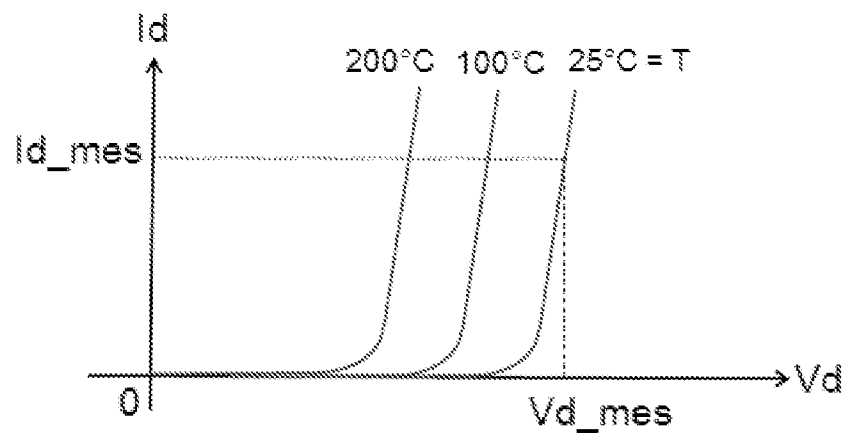
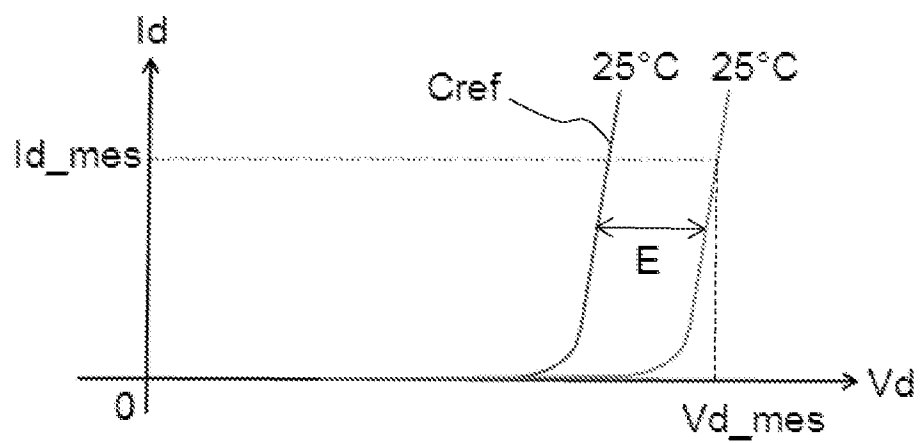


Fig. 6

5/5

Fig. 7Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/051582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 9/10**(2006.01)i; **H02H 7/06**(2006.01)n

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; H02H

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	DE 10112217 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 02 October 2002 (2002-10-02)	1,2,4-10
Y	the whole document	3
Y	WO 2009081066 A2 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]; RANIER MARC [FR]; LECOLE BRICE [FR]; G) 02 July 2009 (2009-07-02) figures 1,3	3
X	US 2010066097 A1 (VERDEJO JULIAN R [US] ET AL) 18 March 2010 (2010-03-18) figures 2,4	1,2,6-10
X	US 2009237037 A1 (MARTIN ROBERT J [US]) 24 September 2009 (2009-09-24) abstract	1,2,8-10
X	WO 2007051936 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]; PIERRET JEAN-MARIE [FR]; RECHDAN RAYMO) 10 May 2007 (2007-05-10) page 6 - page 7; figure 3	1,2,8-10
X	US 2007200534 A1 (KIZAWA TOSHIKAZU [JP] ET AL) 30 August 2007 (2007-08-30) abstract	1,2,4,5,9,10

☒ 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

24 September 2019

Date of mailing of the international search report

07 October 2019

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

Fraïssé, Stéphane

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/051582

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006192533 A1 (KIMURA NORIHITO [JP] ET AL) 31 August 2006 (2006-08-31) abstract	1,2,7-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/051582

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	10112217	A1	02 October 2002	NONE			
WO	2009081066	A2	02 July 2009	CN	101904085	A	01 December 2010
				EP	2235817	A2	06 October 2010
				US	2010274425	A1	28 October 2010
				WO	2009081066	A2	02 July 2009
US	2010066097	A1	18 March 2010	CN	101710147	A	19 May 2010
				DE	102009041208	A1	17 June 2010
				US	2010066097	A1	18 March 2010
US	2009237037	A1	24 September 2009	NONE			
WO	2007051936	A1	10 May 2007	AT	447791	T	15 November 2009
				EP	1943725	A1	16 July 2008
				FR	2893142	A1	11 May 2007
				JP	2009515497	A	09 April 2009
				US	2008252284	A1	16 October 2008
				WO	2007051936	A1	10 May 2007
US	2007200534	A1	30 August 2007	CN	101026356	A	29 August 2007
				DE	102007007525	A1	30 August 2007
				JP	4501866	B2	14 July 2010
				JP	2007221901	A	30 August 2007
				US	2007200534	A1	30 August 2007
US	2006192533	A1	31 August 2006	CN	1819441	A	16 August 2006
				DE	102006003425	A1	31 August 2006
				JP	2006211734	A	10 August 2006
				JP	2006223018	A	24 August 2006
				KR	20060086874	A	01 August 2006
				US	2006192533	A1	31 August 2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051582

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02P9/10 ADD. H02H7/06		
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 H02H		
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	DE 101 12 217 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 octobre 2002 (2002-10-02)	1,2,4-10
Y	le document en entier	3
Y	----- WO 2009/081066 A2 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]; RANIER MARC [FR]; LECOLE BRICE [FR]; G) 2 juillet 2009 (2009-07-02) figures 1,3	3
X	----- US 2010/066097 A1 (VERDEJO JULIAN R [US] ET AL) 18 mars 2010 (2010-03-18) figures 2,4	1,2,6-10
X	----- US 2009/237037 A1 (MARTIN ROBERT J [US]) 24 septembre 2009 (2009-09-24) abrégé	1,2,8-10
	----- -/-	
☒ 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
24 septembre 2019	07/10/2019	
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 Fraïssé, Stéphane	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2007/051936 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]; PIERRET JEAN-MARIE [FR]; RECHDAN RAYMO) 10 mai 2007 (2007-05-10) page 6 - page 7; figure 3 -----	1,2,8-10
X	US 2007/200534 A1 (KIZAWA TOSHIKAZU [JP] ET AL) 30 août 2007 (2007-08-30) abrégé -----	1,2,4,5, 9,10
X	US 2006/192533 A1 (KIMURA NORIHITO [JP] ET AL) 31 août 2006 (2006-08-31) abrégé -----	1,2,7-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051582

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10112217	A1	02-10-2002	AUCUN	
WO 2009081066	A2	02-07-2009	CN 101904085 A EP 2235817 A2 US 2010274425 A1 WO 2009081066 A2	01-12-2010 06-10-2010 28-10-2010 02-07-2009
US 2010066097	A1	18-03-2010	CN 101710147 A DE 102009041208 A1 US 2010066097 A1	19-05-2010 17-06-2010 18-03-2010
US 2009237037	A1	24-09-2009	AUCUN	
WO 2007051936	A1	10-05-2007	AT 447791 T EP 1943725 A1 FR 2893142 A1 JP 2009515497 A US 2008252284 A1 WO 2007051936 A1	15-11-2009 16-07-2008 11-05-2007 09-04-2009 16-10-2008 10-05-2007
US 2007200534	A1	30-08-2007	CN 101026356 A DE 102007007525 A1 JP 4501866 B2 JP 2007221901 A US 2007200534 A1	29-08-2007 30-08-2007 14-07-2010 30-08-2007 30-08-2007
US 2006192533	A1	31-08-2006	CN 1819441 A DE 102006003425 A1 JP 2006211734 A JP 2006223018 A KR 20060086874 A US 2006192533 A1	16-08-2006 31-08-2006 10-08-2006 24-08-2006 01-08-2006 31-08-2006