

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

①① N° de publication : **3 098 041**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **19 06956**

⑤① Int Cl⁸ : **H 02 K 1/27 (2019.01), H 02 K 9/19**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE À REFROIDISSEMENT PAR HUILE.

②② Date de dépôt : 26.06.19.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 01.01.21 Bulletin 20/53.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 05.11.21 Bulletin 21/44.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VALEO EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES MOTEUR SAS — FR.

⑦② Inventeur(s) : ARMIROLI Paul.

⑦③ Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES MOTEUR SAS.

⑦④ Mandataire(s) : Valeo Equipements Electriques
Moteur-Service Pl.

FR 3 098 041 - B1



Description

Titre de l'invention : MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE À REFROIDISSEMENT PAR HUILE

- [0001] La présente invention porte sur une machine électrique tournante à refroidissement par huile. L'invention trouve une application particulièrement avantageuse, mais non exclusive, avec les machines électriques réversibles de forte puissance pouvant fonctionner en mode alternateur et en mode moteur.
- [0002] De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur, d'un moteur électrique, ou d'une machine réversible pouvant fonctionner dans les deux modes.
- [0003] Le stator est monté dans un carter configuré pour porter à rotation l'arbre par exemple par l'intermédiaire de roulements. Le rotor comporte un corps formé par un empilage de feuilles de tôles maintenues sous forme de paquet au moyen d'un système de fixation adapté, tel que des rivets traversant axialement le corps du rotor de part en part. Le rotor comporte des pôles formés par exemple par des aimants permanents logés dans des cavités ménagées dans la masse magnétique du rotor, comme cela est décrit par exemple dans le document EP0803962.
- [0004] Par ailleurs, le stator comporte un corps constitué par un empilage de tôles minces formant une couronne, dont la face intérieure est pourvue d'encoches ouvertes vers l'intérieur pour recevoir des enroulements de phase. Ces enroulements de phases traversent les encoches du corps du stator et forment des chignons faisant saillie de part et d'autre du corps du stator. Les enroulements de phase sont obtenus par exemple à partir d'un fil continu recouvert d'émail. Ces enroulements sont des enroulements polyphasés connectés en étoile ou en triangle dont les sorties sont reliées à un pont de puissance redresseur de tension et de courant.
- [0005] Dans certains types de chaînes de traction de véhicule automobile, une machine électrique tournante réversible de forte puissance est accouplée à la boîte de vitesses du véhicule ou à un train du véhicule automobile. La machine électrique est alors apte à fonctionner dans un mode alternateur pour fournir notamment de l'énergie à la batterie et/ou au réseau de bord du véhicule, et dans un mode moteur, non seulement pour assurer le démarrage du moteur thermique, mais également pour participer à la traction du véhicule seule ou en combinaison avec le moteur thermique.
- [0006] La demanderesse a développé une gamme de machines électriques synchrones de 48V comportant un rotor à aimants permanents réalisés en ferrite. Ces machines re-

froidies par eau ou par huile permettent de délivrer une puissance de 15kW. La présente invention vise à optimiser la configuration de la machine électrique afin d'obtenir un modèle compact donc facilement implantable dans l'environnement véhicule tout en pouvant délivrer une puissance augmentée par rapport aux configurations existantes.

- [0007] A cet effet, l'invention propose une machine électrique tournante, notamment pour véhicule automobile, comportant:
- un stator comportant un corps de stator et un bobinage inséré dans des encoches du corps de stator,
 - un rotor comportant un corps de rotor et des pôles formés par des aimants permanents,
- caractérisée en ce que les aimants permanents sont des aimants en terres rares, le bobinage étant formé par des éléments conducteurs en forme d'épingles et en ce que ladite machine électrique tournante comporte un circuit de refroidissement par huile.
- [0008] Selon une réalisation, la machine électrique tournante présente une puissance nominale de 25 kW.
- [0009] Selon une réalisation, un pôle est formé par des aimants permanents implantés suivant une forme en V.
- [0010] Selon une réalisation, les aimants permanents sont implantés en périphérie externe du rotor.
- [0011] Selon une réalisation, le stator contient quatre conducteurs par encoche.
- [0012] Selon une réalisation, un nombre de paires de pôles est compris entre 4 et 8 et vaut de préférence 5.
- [0013] Selon une réalisation, un onduleur de puissance est disposé contre une face d'extrémité arrière de la machine électrique tournante.
- [0014] Selon une réalisation, un onduleur de puissance est disposé sur un côté, notamment radial, de la machine électrique tournante.
- [0015] Selon une réalisation, une température de l'huile est comprise entre -40 et +150 degrés Celsius, une température nominale de l'huile valant 90 degrés.
- [0016] Selon une réalisation, le circuit de refroidissement par huile est configuré de façon à ce que l'huile entre à l'intérieur de l'arbre par une ouverture centrale puis que l'huile soit distribuée par des trous débouchants ménagés à une périphérie de l'arbre des deux côtés du rotor.
- [0017] Selon une réalisation, les pôles présentent une forme arrondie de façon à obtenir un flux magnétique continu dans un entrefer s'étendant entre le rotor et le stator.
- [0018] Selon une réalisation, le rotor et/ou le stator présente une configuration vrillée suivant laquelle des tôles du corps de rotor et/ou des tôles du corps de stator sont décalées angulairement les unes par rapport aux autres suivant leur circonférence.

- [0019] Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 36Volts minimum qui est de 16kW.
- [0020] Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 48Volts minimum qui est de 21kW.
- [0021] Selon une réalisation, ladite machine électrique tournante présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 52Volts minimum qui est de 26kW.
- [0022] 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.
- [0023] [fig.1] La figure 1 est une vue en perspective d'une machine électrique tournante selon la présente invention;
- [0024] [fig.2] La figure 2 est une vue en coupe d'une machine électrique tournante selon la présente invention;
- [0025] [fig.3] La figure 3 est une vue arrière d'une machine électrique tournante selon la présente invention;
- [0026] [fig.4] La figure 4 est une vue de côté de la machine électrique tournante selon l'invention et de son onduleur disposé suivant un côté;
- [0027] [fig.5] La figure 5 est une vue en perspective d'un onduleur de la machine électrique tournante selon l'invention;
- [0028] [fig.6] La figure 6 est une vue éclatée d'un stator de la machine électrique tournante selon l'invention;
- [0029] [fig.7] La figure 7 est une vue éclatée d'un rotor de la machine électrique tournante selon l'invention.
- [0030] Les éléments identiques, similaires, ou analogues conservent la même référence d'une figure à l'autre.
- [0031] Dans la description qui suit, l'avant de la machine est situé du côté de la sortie de l'arbre engrenant avec un élément externe à la machine électrique tandis que l'arrière de la machine électrique est situé du côté opposé.
- [0032] Les figures 1 et 2 montrent une machine électrique tournante 10 comportant un stator 11 polyphasé entourant un rotor 12 d'axe X correspondant à l'axe de la machine électrique 10. Le rotor 12 est monté sur un arbre 13. Le stator 11 est porté par un palier avant 15 et un palier arrière 16 configurés pour porter à rotation l'arbre 13 via des roulements à billes 14. Le stator 11 de la machine entoure le rotor 12 avec présence d'un entrefer entre la périphérie interne du stator 11 et la périphérie externe du rotor 12. La machine électrique comporte un circuit de refroidissement 17 par huile décrit

plus en détails ci-après.

- [0033] Les parties actives de la machine électrique 10 (rotor 12 et stator 11) sont montées entre les deux paliers 15 et 16 qui pourront être réalisés en aluminium ou en acier. L'assemblage de la machine électrique 10 s'effectue par l'arrière au moyen de tirants de fixations 18 permettant le maintien de l'ensemble des paliers 15 et 16, du stator 11, et du rotor 12. On utilise de préférence quatre tirants 18 espacés deux à deux d'un angle de 90 degrés plus ou moins 10 degrés, tel que montré sur la figure 3. Un des paliers 15 ou 16 pourra également comporter des oreilles de fixation 19 à un élément d'une boîte de vitesses ou à un autre élément du véhicule automobile.
- [0034] L'ensemble rotor 12 - paliers 15 et 16 - tirants de fixation 18 est monté d'un même côté de la machine électrique 10 (de l'arrière vers l'avant). On peut ainsi mettre en œuvre un procédé de montage simplifié, standard, et automatisé.
- [0035] Le palier avant 15 est équipé d'un roulement avant 14 monté juste ou légèrement serré dans le palier 15. Une bague extérieure du roulement 14 est maintenue par une plaquette vissée sur le palier 15.
- [0036] Le rotor 12 est emmanché en force sur le roulement avant 14. L'arbre 13 est équipé de cannelures 20 droites, hélicoïdales ou lisses avec serrage pour réaliser l'accouplement avec une boîte de vitesses, ou un différentiel de train de véhicule automobile.
- [0037] Le stator 11 est emmanché juste ou légèrement serré dans les paliers avant 15 et arrière 16. L'assemblage par les tirants de fixation 18 vient mettre en contrainte une rondelle élastique en appui sur la bague extérieure du roulement arrière qui est emmanchée serrée sur l'arbre 13.
- [0038] Plus précisément, comme on peut le voir sur la figure 7, le rotor 12 comporte un corps de rotor 21 sous la forme d'un paquet de tôles pour diminuer les courants de Foucault, ainsi que des pôles constitués par des aimants permanents 22 en terres rares disposés à l'intérieur de cavités 23 de forme correspondante.
- [0039] Un pôle est formé par des aimants 22 en terres rares implantés suivant une forme en V en périphérie externe du rotor 12. Le nombre de paires de pôles est compris entre 4 et 8, et vaut de préférence 5.
- [0040] Le rotor 12 est maintenu par des tirants 25 en un même nombre que le nombre de pôles du rotor 12. Ces tirants 25 traversent deux pièces d'équilibrages 26 ainsi que l'ensemble des tôles magnétiques du corps de rotor 21.
- [0041] Des organes de maintien 28, tels que des ressorts ou des languettes ou tout autre moyen équivalent, sont disposés de façon à maintenir en position les aimants permanents 22 à l'intérieur des cavités 23.
- [0042] La forme des pôles du rotor 12 est définie de façon à obtenir un flux magnétique continu dans l'entrefer. Les pôles présentent avantageusement une forme arrondie avec

un rayon minimum de 5 degrés. Cela permet de réduire les forces magnétiques dans l'entrefer ainsi que les bruits.

- [0043] La configuration des pôles permet d'avoir un effet de réductance (L_d différent de L_q) compris typiquement entre 5 et 10%, ce qui permet d'augmenter le couple nominal de la machine électrique 10 d'au moins 3%.
- [0044] Il sera possible de vriller le rotor 12, c'est-à-dire que des tôles du corps de rotor 21 pourront être décalées angulairement les unes par rapport aux autres suivant leur circonférence. Les tôles peuvent être par exemple décalées en formant quatre paquets de tôles, les tôles d'un même paquet étant alignées. Afin de réaliser ce décalage qui permet de décaler progressivement les pôles, on pourra utiliser des aimants permanents fractionnés 22. Les différents aimants 22 d'un même pôle pourront ainsi être décalés angulairement les uns par rapport aux autres pour renforcer l'effet continu des formes d'ondes des signaux dans l'entrefer (courants et tensions de phase). Chaque aimant d'un même pôle peut être associé à un paquet de tôles. Chaque pôle s'étend, par exemple, circonférentiellement sur 7 degrés.
- [0045] Par ailleurs, comme on peut le voir sur la figure 6, le stator 11 comporte un corps 30 en forme de paquet de tôles doté d'encoches 31, par exemple du type semi-fermées, équipées d'isolant d'encoches 32 pour le montage d'un bobinage 33. Le bobinage 33 comporte un ensemble d'enroulements de phase 34 réalisés à partir d'éléments conducteurs 35 en forme d'épingles reliées entre elles par exemple par soudage. Le stator 11 contient avantageusement quatre conducteurs par encoche 31, un conducteur correspondant à une branche d'une épingle de bobinage 33. Ces enroulements sont par exemple des enroulements triphasés connectés en étoile ou en triangle. Le stator 11 pourra également présenter une configuration vrillée suivant laquelle des tôles du corps de stator 30 sont décalées angulairement les unes par rapport aux autres suivant leur circonférence.
- [0046] Les sorties de phase 37 sont reliées à un onduleur de puissance 38 comportant des composants électroniques, tels que des diodes ou des transistors du type MOSFET. Comme on peut le voir sur la figure 5, l'onduleur 38 pourra comporter un circuit de refroidissement 40 par eau ayant une entrée 41 et une sortie d'eau 42, de sorte que l'eau peut traverser l'onduleur 38 suivant les flèches F1.
- [0047] Un interconnecteur 43 permet de regrouper les sorties de phases 37 de la machine électrique 10 suivant un secteur angulaire prédéfini. L'interconnecteur 43 est compatible pour des liaisons de phases en triangle ou en étoile. Dans le cas d'un système de type double triphasé en étoile, il y a deux points neutres indépendants. Il est envisageable de réaliser un interconnecteur 43 pour des machines multiphasées. L'arbre 13 de sortie de la machine est prévu du même côté que l'interconnecteur 43 de sortie des phases.

- [0048] L'onduleur 38 pourra être disposé contre une face d'extrémité arrière de la machine électrique 10. Les connexions entre les sorties de phase et l'onduleur 38 pourront être axiales. Il est toutefois envisageable de sortir l'arbre 13 à l'opposé de la fixation de l'onduleur 38.
- [0049] Comme cela est illustré par la figure 4, l'onduleur 38 pourra également être disposé sur un côté radial de la machine électrique 10. On réalise alors un coude entre les sorties de phases 37 axiales et des bornes de connexion 44 de l'onduleur 38.
- [0050] Un connecteur étanche pourra être prévu pour permettre aux enroulements de phases de traverser la boîte de vitesses. Ce connecteur est étanche pour chaque phase et pour le connecteur dans son ensemble. Il est configuré pour que le courant maximum par phase, pour une machine à 6 phases, valant 360 Arms maximum n'entraîne pas une température dans les connecteurs dépassant la température de 150°C qui correspond à la température maximale supportable par l'huile de refroidissement.
- [0051] Par ailleurs, le circuit de refroidissement 17 de la machine électrique 10 est configuré de façon à ce que l'huile entre à l'intérieur de l'arbre 13 par une ouverture centrale 47 puis que l'huile soit distribuée, suivant les flèches F2, par des trous débouchants 48 ménagés à la périphérie de l'arbre 13 des deux côtés du rotor 12. Une telle configuration permet ainsi, compte tenu de la pression et de la force centrifuge générée par la rotation de l'arbre 13, de projeter l'huile directement sur les deux chignons du rotor 12 pour améliorer le refroidissement. Les matières des éléments en contact avec l'huile de la machine électrique 10 doivent être compatibles avec l'huile de la boîte de vitesses utilisée.
- [0052] Des trous pourront être réalisés dans les paliers 15 et 16 de part et d'autre de la machine électrique 10, afin de prévoir un écoulement de l'huile et un refroidissement par huile également de l'interconnecteur 43 et des pignons d'engrènement de la boîte de vitesses. Le circuit de refroidissement 17 est configuré de façon à éviter que l'huile stagne dans l'entrefer, ceci pour éviter les pertes par frottement. L'huile s'écoule de préférence par le bas de la machine électrique 10.
- [0053] Les performances recherchées de la machine électrique 10 sont indiquées ci-après. La machine électrique 10 présente un couple de l'ordre de 82 Nm à faible vitesse. La température d'huile est comprise entre -40° et +150°C. La température nominale de l'huile est de 90°C.
- [0054] La machine électrique 10 présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 36 Volts minimum qui est de 16 kW. La puissance en continue est de 14 kW en mode continu c'est-à-dire pour un fonctionnement en mode moteur pour une durée supérieure à 1 minute.
- [0055] La machine électrique 10 présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 48 Volts minimum qui est de 21 kW. La puissance

en continue est de 18 kW en mode continu c'est-à-dire pour un fonctionnement en mode moteur pour une durée supérieure à 1 minute.

- [0056] La machine électrique 10 présente une puissance transitoire mécanique en mode moteur pendant 30 secondes sous 52 Volts minimum qui est de 26 kW. La vitesse maximum est au minimum de 20000 tours/min en régime continu.
- [0057] Suivant un exemple de réalisation particulier, la machine électrique 10 est de type double triphasé avec une longueur axiale de fer dans le rotor 12 et le stator 11 de l'ordre de 66 mm, un diamètre de l'ordre de 161 mm et un poids de l'ordre de 15 kg. Par "de l'ordre de", on entend une variation de plus ou moins 10% autour de la valeur.
- [0058] 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.

Revendications

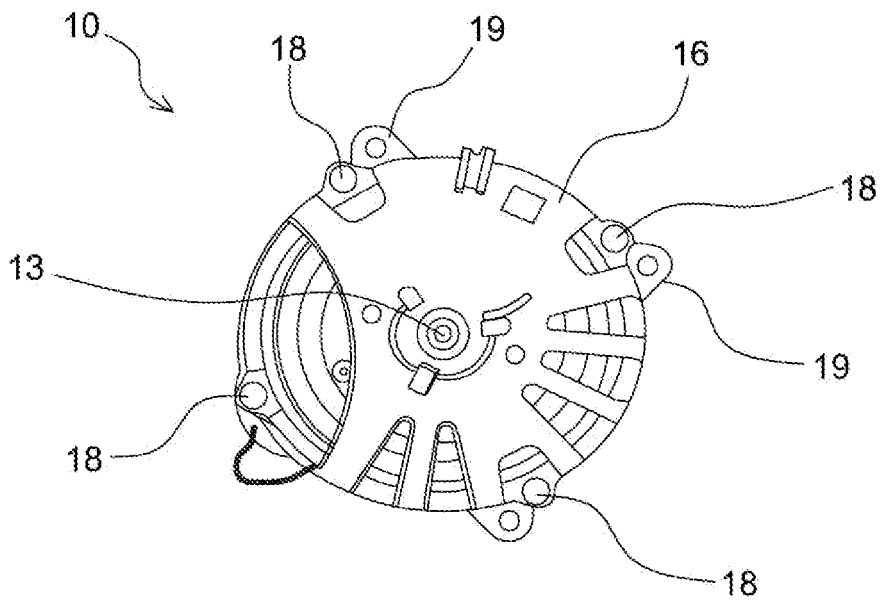
- [Revendication 1] Machine électrique tournante (10), notamment pour véhicule automobile, comportant:
- un stator (11) comportant un corps de stator (30) et un bobinage (33) inséré dans des encoches (31) du corps de stator (30),
 - un rotor (12) comportant un corps de rotor (21) et des pôles formés par des aimants permanents (22),
- caractérisée en ce que les aimants permanents (22) sont des aimants en terres rares, le bobinage (33) étant formé par des éléments conducteurs (35) en forme d'épingles et en ce que ladite machine électrique tournante (10) comporte un circuit de refroidissement (17) par huile et en ce qu'une température de l'huile est comprise entre -40 et +150 degrés Celsius, une température nominale de l'huile valant 90 degrés.
- [Revendication 2] Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que la machine électrique (10) tournante présente une puissance nominale de 25 kW.
- [Revendication 3] Machine électrique tournante selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'un pôle est formé par des aimants permanents (22) implantés suivant une forme en V.
- [Revendication 4] Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le stator (11) contient quatre conducteurs par encoche (31).
- [Revendication 5] Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'un nombre de paires de pôles est compris entre 4 et 8 et vaut de préférence 5.
- [Revendication 6] Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'un onduleur de puissance (38) est disposé contre une face d'extrémité arrière de la machine électrique tournante (10).
- [Revendication 7] Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'un onduleur de puissance (38) est disposé sur un côté de la machine électrique tournante (10).
- [Revendication 8] Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le rotor est solidaire d'un arbre et en ce que le circuit de refroidissement par huile est configuré de façon à ce que l'huile entre à l'intérieur de l'arbre (13) par une ouverture centrale (47) puis que l'huile soit distribuée par des trous débouchants (48) ménagés à

une périphérie de l'arbre (13) des deux côtés du rotor (12).

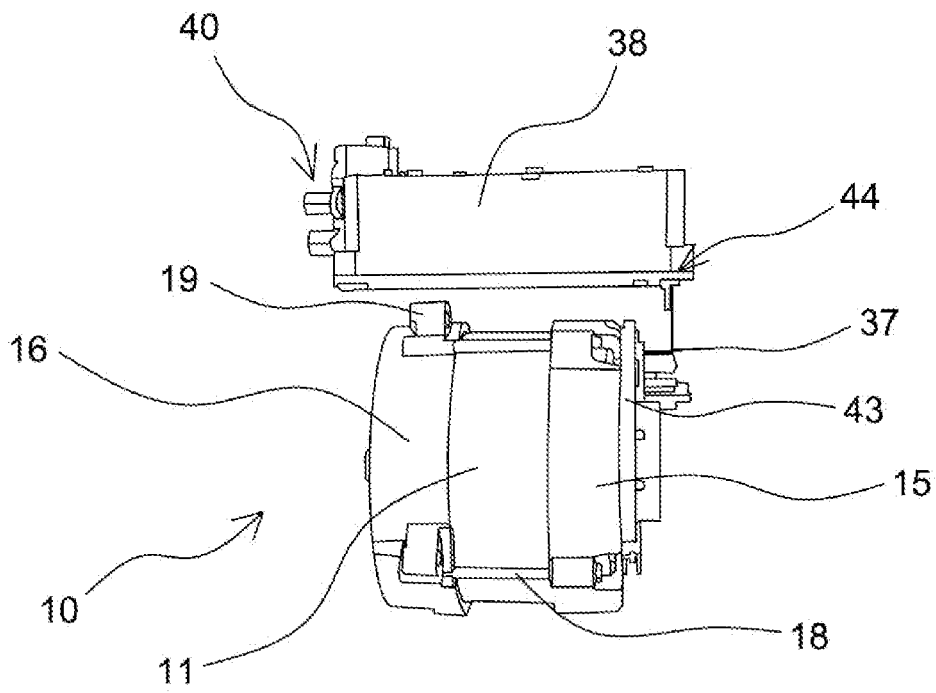
[Revendication 9]

Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le rotor (12) et/ou le stator (11) présente une configuration vrillée suivant laquelle des tôles du corps de rotor (21) et/ou des tôles du corps de stator (30) sont décalées angulairement les unes par rapport aux autres suivant leur circonférence.

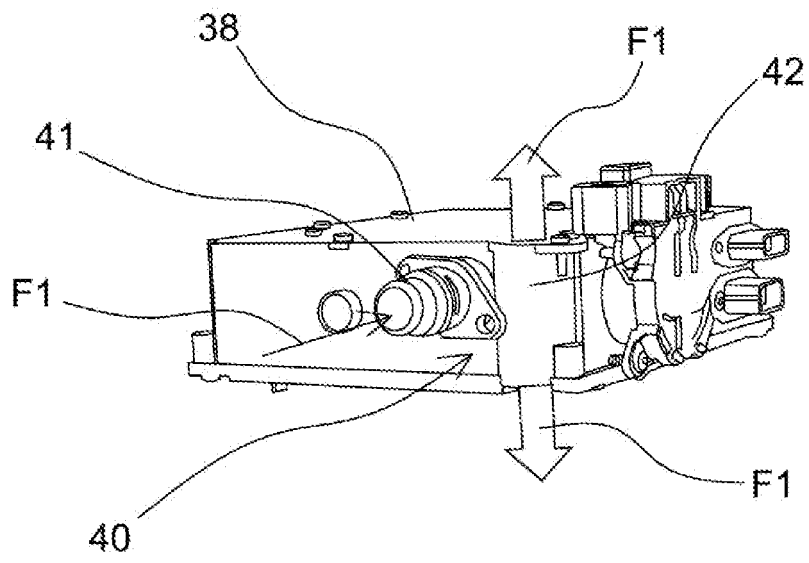
[Fig. 3]



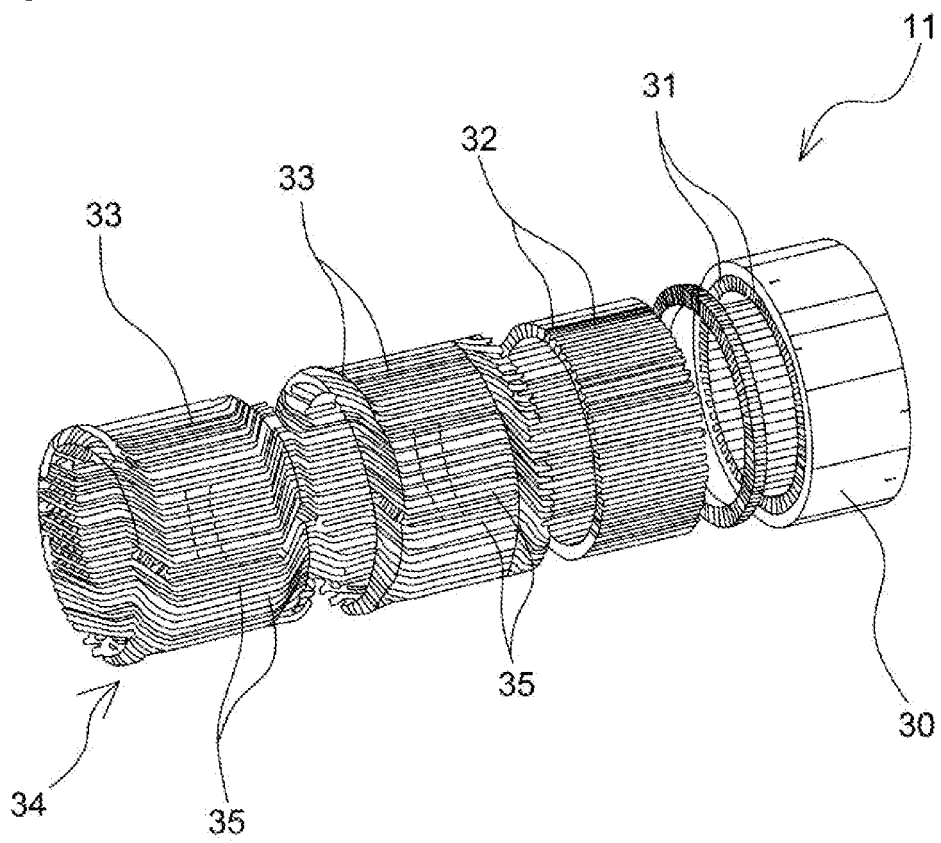
[Fig. 4]



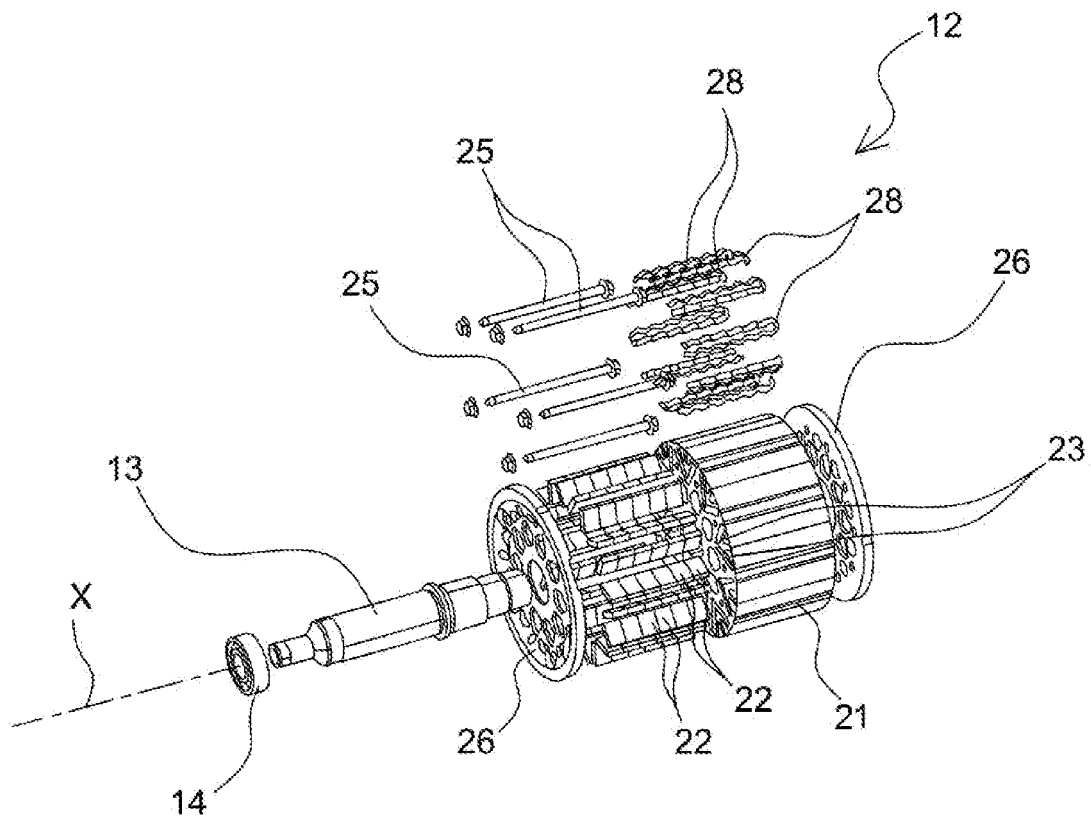
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

WO 2018/177896 A1 (VALEO EQUIP ELECTR
MOTEUR [FR]) 4 octobre 2018 (2018-10-04)

WO 2016/132061 A1 (VALEO EQUIP ELECTR
MOTEUR [FR]) 25 août 2016 (2016-08-25)

US 2018/294693 A1 (YU ROBERT [FR])
11 octobre 2018 (2018-10-11)

US 2019/140501 A1 (LEONARDI FRANCO [US] ET
AL) 9 mai 2019 (2019-05-09)

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

NEANT

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

NEANT