

(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
31 octobre 2019 (31.10.2019)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/207240 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/17 (2006.01) *H02K 23/04* (2006.01)

(71) Déposant : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
MOTEUR [FR/FR] ; 2 rue André Boulle, 94046 CRETEIL
CEDEX (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/050943

(72) Inventeurs : LABBE, Nicolas ; VALEO EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES MOTEUR, 10 Rue du Revolay, 38070 St
Quentin Fallavier (FR). TREMOUILLE, Gautier ; VA-
LEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR, 10 Rue
du Revolay, 38070 St Quentin Fallavier (FR).

(22) Date de dépôt international :
19 avril 2019 (19.04.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

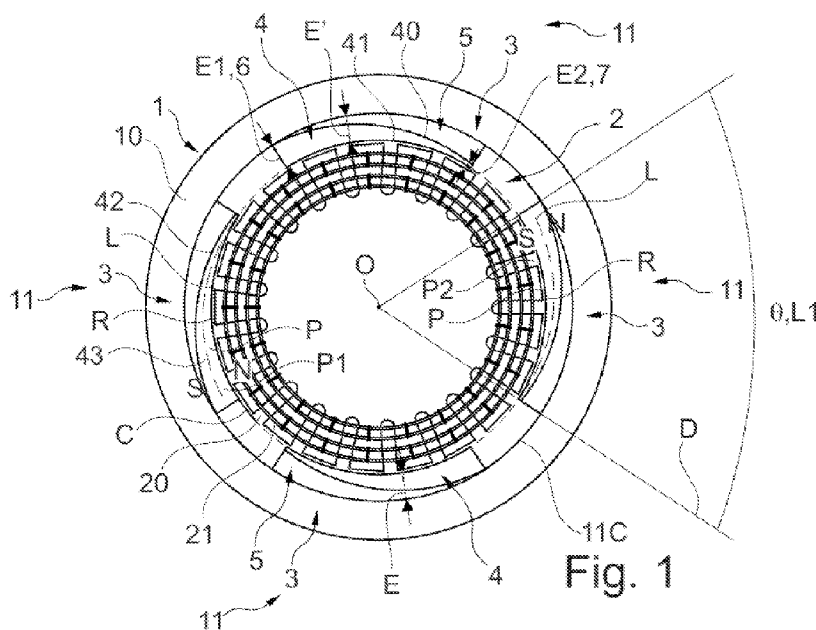
(30) Données relatives à la priorité :
1853622 25 avril 2018 (25.04.2018) FR
1857311 03 août 2018 (03.08.2018) FR

(74) Mandataire : PRIGENT, Pierre ; VALEO EQUIPE-
MENTS 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,
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,

(54) Title: STATOR FOR A ROTARY ELECTRIC MACHINE COMPRISING A MAGNET WITH OPTIMIZED VOLUME

(54) Titre : STATOR D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE COMPRENANT UN AIMANT À VOLUME OPTIMISE



(57) Abstract: The invention relates to a stator comprising a longitudinal axis O, a neodymium-, iron- and boron-based magnet with a support face in contact with an internal surface of a yoke (10 of a stator (1) for a rotary electric machine, the magnet comprising a radial thickness (E) of the magnet (4) which varies angularly along the profile of the magnet (4) and in which a reduced portion (42, 48) of the magnet comprises an offset surface (402) on its support face, closer than a support surface (402) of a thick portion (43, 46) of the longitudinal axis O.

(57) Abrégé : L'invention concerne un stator comprenant un axe longitudinale O, un aimant (4) à base de Néodyme, Fer, Bore ayant une face de support en contact avec une surface interne d'une culasse (10) d'un stator (1) d'une machine électrique tournante, l'aimant

[Suite sur la page suivante]

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))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(4) comprenant une épaisseur radiale (E) de l'aimant (4) qui varie angulairement le long du profil de l'aimant (4) et en ce que une portion réduite (42, 48) de l'aimant comprend sur sa face de support une surface décalée (402) plus proche qu'une surface de support (402) d'une portion épaisse (43, 46) de l'axe longitudinale O.

STATOR D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE COMPRENANT UN AIMANT À VOLUME OPTIMISE

Le domaine de la présente invention est celui des machines électriques tournantes.

5 L'invention relève plus spécifiquement des démarreurs pour véhicule automobile équipé d'une telle machine électrique tournante.

On connaît des démarreurs pour véhicule automobile équipés de machines électriques tournantes. Une telle machine électrique tournante est munie d'un stator, aussi appelé inducteur, et d'un rotor, aussi appelé induit, le rotor et le stator étant
10 séparés par un entrefer.

Le stator d'une telle machine est constitué par une culasse de forme cylindrique et une structure aimantée formée par des aimants permanents réalisés généralement en ferrite. La structure aimantée est alors formée d'aimants permanents disposés par
15 paire symétriquement opposés l'un par rapport à l'autre, chaque aimant permanent formant un pôle magnétique.

Le rotor comprend des encoches dans lesquelles sont disposés des conducteurs formant le bobinage d'une telle machine électrique tournante. Ces conducteurs sont destinés à être alimentés en courant continu par une batterie d'un véhicule par
20 l'intermédiaire d'un contacteur du démarreur. Les conducteurs du rotor sont successivement alimentés par regroupement de même signe de courant sous chaque polarité de l'inducteur. L'alimentation en courant continu des conducteurs de l'induit, dit courant d'induit, permet d'établir, par l'intermédiaire de l'induit, une force magnétomotrice dans l'entrefer de la machine électrique tournante. Cette force
25 magnétomotrice se traduit par un champ magnétique d'induit, dit de réaction d'induit, par comparaison à une induction magnétique établie par les pôles magnétiques de l'inducteur. L'interaction du champ magnétique d'induit et de l'induction magnétique produit finalement un couple moteur entraînant en rotation le rotor de la machine électrique tournante.

Les aimants permanents traditionnellement utilisés se présentent sous la forme de
30 blocs compacts et sont généralement fixés par collage ou agrafage à l'intérieur de la culasse du stator de la machine électrique tournante. Ces blocs compacts ont une épaisseur radiale constante résultant principalement d'une commodité dans leur réalisation mais imposent un coût en matériau élevé. En effet, cette épaisseur radiale est déterminée pour être suffisamment élevée en vue, d'une part, de permettre
35 l'établissement dans l'entrefer d'une induction magnétique à vide en l'absence de courant d'induit et, d'autre part, d'éviter une désaimantation irréversible des aimants en présence du champ magnétique d'induit produit dans le sens inverse de l'aimant d'un côté angulaire de l'aimant. Une telle désaimantation d'un aimant permanent se traduit par un point de fonctionnement du champ magnétique d'induit dans le sens

opposé proche ou au-delà d'un champ coercitif de l'aimant représentant son aptitude à résister à la désaimantation irréversible.

5 L'induction magnétique établie par l'inducteur est quasi-constante, alors que le champ magnétique d'induit est dissymétrique. Ainsi, pour chacun des pôles d'une
10 paire de pôles magnétiques de l'inducteur, une première partie de l'aimant du pôle magnétique est soumis à un champ magnétique d'induit de même signe que cette première partie de l'aimant et une deuxième partie de l'aimant du même pôle magnétique est soumis à un champ magnétique d'induit de signe opposé à celui de cette deuxième partie de l'aimant. Le champ magnétique d'induit tend alors à
15 désaimanter l'aimant par cette deuxième partie. Un tel phénomène est donc pris en compte dans la conception et la fabrication des aimants permanents en augmentant l'épaisseur radiale de l'aimant par rapport au besoin de la machine pour résister à cette désaimantation de l'aimant.

15 La présente invention vise ainsi à remédier à au moins l'un de ces inconvénients, en proposant un un stator d'une machine électrique tournante comprenant des aimants présentant un coût en matériau réduit sans nuire à la performance du couple moteur de la machine électrique tournante.

A cet effet, l'invention a pour objet un stator destiné à équiper une machine électrique tournante, le stator comprenant :

- 20
- une culasse de forme cylindrique suivant un axe longitudinal du stator comprenant une surface interne, et
 - au moins un aimant à base de Néodyme, Fer, Bore aimanté régulièrement radialement par rapport à un axe vers l'axe longitudinale O ou parallèlement à un plan comprenant l'axe et passant par l'aimant l'axe longitudinale, monté
25 contre la culasse, l'aimant comprenant :
 - une face d'entrefer faisant face à l'axe O ayant un rayon de courbure et
 - une face de support opposée à la face d'entrefer, la face de support étant en contact avec la surface interne de la culasse et comprenant :
 - i une surface de contact d'une portion épaisse de l'aimant et
30 ii une surface décalée d'une portion réduite de l'aimant,
- et en ce que la surface de contact est plus éloignée de l'axe O que la surface décalée .

Dans l'art antérieur, la face de support de l'aimant est régulière angulairement par rapport à l'axe O et comprend une surface de contact de support cylindrique en

contact avec la surface interne de la culasse. Dans l'invention, la face de support de l'aimant à base de Néodyme, Fer, Bore comprend une surface de contact de support et une surface décalée plus proche de l'axe X que la surface de contact de support. Cela implique ainsi que l'aimant comprend une portion épaisse comprenant la surface de contact de support ayant une épaisseur radiale de l'aimant mesurée dans un rayon de l'axe longitudinale plus importante que l'épaisseur radiale dans une portion réduite de l'aimant ayant la surface décalée de la face de support. Ainsi cette différence d'épaisseur radiale de l'aimant implique une épaisseur mesurée radialement d'aimant qui varie le long d'un profil courbé de l'aimant.

10 Par épaisseur radiale de l'aimant, on entend donc une épaisseur de l'aimant mesurée suivant un rayon de l'axe O de la culasse.

15 Autrement dit, l'épaisseur radiale de l'aimant varie en ayant une face de support irrégulière angulairement par rapport à l'axe O.

De ce fait, il y a une réduction du volume de l'aimant et donc du coût de la matière.

Grâce à cet aimant dont l'épaisseur varie le long du profil courbé de l'aimant, il est possible de réduire significativement le coût de matériau des aimants utilisés sans nuire à la performance du couple moteur de la machine électrique tournante. En effet, dans une machine électrique tournante comprenant ce stator et un rotor, lorsque ces aimants sont montés sur la culasse du stator pour former par paire des paires de pôles magnétiques, pour chaque pôle magnétique, une portion épaisse de l'aimant du pôle magnétique est soumis à un champ magnétique d'induit du rotor de signe opposée au signe de l'aimant sans toutefois désaimanter l'aimant par cette portion épaisse, et une portion réduite de l'aimant du même pôle magnétique est soumis à un champ magnétique d'induit du rotor de même signe de l'aimant tout en produisant un couple suffisamment élevé. Ainsi, seule la portion subissant le champ magnétique inverse comprend une portion épaisse pour éviter une désaimantation.

Ainsi la portion réduite de l'aimant est agencé pour être en vis-à-vis du champ magnétique du même sens que l'aimant et comprenant la surface décalée de support et donc a une épaisseur radiale inférieure à la même partie d'un aimant de l'art antérieur. Cette portion réduite a donc une épaisseur mesurée radialement inférieure à celle de la portion épaisse dont le champ magnétique d'induit est de signe opposée par rapport à l'aimant. Ainsi on n'ajoute de la matière de l'aimant pour éviter la désaimantation uniquement où elle subit un champ magnétique opposé à celui de l'aimant.

Le dimensionnement des aimants est alors optimisé de sorte qu'il est possible de réduire le volume de l'aimant et donc son coût tout en permettant la formation du couple moteur suffisant.

5 On notera que le stator comprenant l'aimant irrégulier fonctionne pour un moteur électrique tournant toujours dans le même sens tel qu'un moteur électrique de démarreur de moteur thermique de voiture.

Selon un mode de réalisation, le stator comprend en outre une pièce complémentaire de forme complémentaire à l'aimant disposée entre la surface de support de la portion réduite et la surface interne de la culasse.

10 Selon une série de caractéristique de cet ensemble pouvant être prises seules ou en combinaison les unes avec les autres :

la pièce complémentaire est formée dans un matériau ferromagnétique non magnétisé,

la pièce complémentaire est issue de matière avec la culasse du stator,

15 la pièce complémentaire est distincte de l'aimant et de la culasse du stator, la pièce de forme complémentaire étant interposée entre l'aimant et la culasse du stator,

Selon un exemple de ce mode de réalisation, la pièce complémentaire comble l'espace entre la surface interne de la culasse et la surface de support décalée de la portion réduite l'ensemble magnétique a une épaisseur radiale constante, le long du profil
20 courbé de l'aimant.

la pièce complémentaire épouse à la forme de la culasse.

On comprendra que la pièce de forme complémentaire a pour but de compléter un manque de matière de l'aimant déséquilibrant l'induction magnétique de l'aimant sur des conducteurs d'un rotor de la machine électrique tournante, lorsqu'un tel aimant
25 est monté sur un stator

Selon un mode de réalisation, la surface de contact est plus éloignée de l'axe O que la surface décalée d'une longueur supérieure ou égale à un tiers d'une première épaisseur mesurée radialement entre la surface de contact et la face d'entrefer.

30 Ainsi, il y a gain de matière d'au moins un tiers sur la portion réduite comprenant la surface décalée de l'aimant réduisant donc le coût du démarreur.

Avantageusement, l'aimant peut être obtenu par frittage. On entend par « frittage », un procédé de fabrication d'un aimant formé à partir de poudre de métaux et de terres rares, notamment la Néodyme, le Fer et/ou le Bore.

35 Selon un mode de réalisation, l'aimant comprend une première épaisseur radiale mesurée radialement entre la surface de contact et la face d'entrefer et une deuxième

épaisseur radiale mesurée radialement entre la surface décalée et la face d'entrefer et en ce que la deuxième épaisseur est inférieure ou égale aux deux tiers de la première épaisseur radiale mesurée radialement entre la face d'entrefer et la surface de contact de support.

- 5 Cela implique donc que le gain de matière se fait sur la portion réduite en vis-à-vis de la culasse et ainsi obtenir un aimant moins cher.

Selon un mode de réalisation, la surface interne de la culasse comprend un rayon par rapport à l'axe longitudinale variant angulairement pour être complémentaire avec la surface décalée de l'aimant.

- 10 Selon un mode de réalisation, la face d'entrefer comprend un rayon de courbure selon un axe et en ce que l'aimant est aimanté régulièrement angulairement et comprend un vecteur d'aimantation radiale par rapport à l'axe.

Selon un exemple l'axe est identique à l'axe longitudinale O.

- 15 Selon un autre mode de réalisation, l'aimant est aimanté régulièrement parallèlement à un plan comprenant la médiatrice d'un angle comprenant les deux bords d'extrémité angulaire de l'aimant.

Cela permet d'avoir un entrefer régulier avec le rotor du fait que la face d'entrefer est cylindrique selon un cercle circonscrit avec le rotor.

- 20 Selon un mode de réalisation, une épaisseur radiale de l'aimant mesurée radialement entre la face d'entrefer et la face de support décroît vers au moins une de ses extrémités angulaires de façon continue.

L'épaisseur radiale de l'aimant décroît donc de façon continue. On comprendra donc que l'épaisseur radiale de l'aimant mesurée n'est pas identique le long de son profil.

- 25 Avantageusement, une première épaisseur mesurée dans une portion de l'aimant située à une première extrémité angulaire comprenant la portion épaisse de support de l'aimant est supérieure à une deuxième épaisseur d'une autre portion comprenant la surface décalée située à une deuxième extrémité angulaire de l'aimant.

- 30 La première épaisseur correspond à la plus grande valeur de l'épaisseur du profil de l'aimant et la deuxième épaisseur correspondant à la plus petite valeur de l'épaisseur du profil de l'aimant.

Par épaisseur du profil de l'aimant, on entend une épaisseur mesurée dans une section de l'aimant comprenant l'axe X.

Selon exemple de ce mode de réalisation, la face d'entrefer et la face de de support sont courbe et ont une même valeur de rayon de courbure.

Autrement dit, la face d'entrefer et la face de support sont issues d'un cylindre ayant une même valeur de rayon mais ayant un centre décalé l'un par rapport à l'autre.

La valeur du rayon du cylindre de la face d'entrefer et la valeur du rayon du cylindre de la face de support correspondent donc à la somme de la valeur du rayon externe du rotor et de l'épaisseur radiale de l'entrefer.

Cela permet de réaliser des découpes d'aimant moins cher et donc faciliter sa fabrication. En effet en réalisant une découpe selon la courbure, on réalise à la fois une face d'entrefer d'un aimant et une surface de contact de support d'un autre aimant sans chute.

10 Dans cet exemple, les deux bords d'extrémités angulaires de l'aimant à chaque extrémité de l'aimant peuvent être parallèles.

Un tel résultat d'usinage à arcs de cercle de même rayon à centre décalé et bords rectilignes parallèles permet d'être réalisé tel que un "pavage" (formes identiques jointives entre la face d'entrefer et la face de contact de l'aimant suivant), c'est à dire sans chute de matière, ici coûteuse, lors de l'usinage.

Les bords d'extrémité angulaire parallèle peuvent en outre être parallèle à un rayon passant sur le bord de l'extrémité angulaire. Cela permet d'avoir la portion la plus épaisse radialement à une extrémité angulaire et la portion moins épaisse radialement à son autre extrémité radialement.

20 En outre, selon la face d'entrefer a pour centre le même centre que l'axe longitudinale de la culasse et donc du rotor. Cela permet d'avoir un entrefer qui ne varie pas tout en ayant une face de support ayant une épaisseur radiale plus épaisse d'un côté que de l'autre côté.

25 Selon un autre mode de réalisation, une épaisseur radiale de l'aimant mesurée radialement entre la face d'entrefer et la face de support décroît par au moins un palier.

Ainsi le palier correspond à la différence d'éloignement de l'axe O entre la surface de contact de support et la surface décalée de support.

30 L'épaisseur de l'aimant décroît angulairement par au moins un palier. On comprendra qu'au moins le palier correspond à une marche le long de la face de support pour lequel l'épaisseur radiale de l'aimant varie de façon non continue.

Avantageusement, au moins le palier sépare une portion épaisse comprenant la surface de contact et une portion réduite comprenant la surface de support réduite, la portion épaisse et la portion réduite ayant chacune une épaisseur radiale différente.

Avantageusement, la portion réduite et la portion épaisse ont chacune une épaisseur constante. La différence d'éloignement de l'axe longitudinale entre la surface de contact et la surface décalée est lié à au palier.

- 5 Lorsque le profil courbé de l'aimant est segmenté, il est avantageux que la portion épaisse soit un bloc d'aimant et la portion réduite soit un autre bloc d'aimant et en ce que les portions soient misent bout à bout pour former le profil courbé.

Selon un mode de réalisation, une épaisseur radiale de l'aimant mesurée radialement entre la face d'entrefer et la face de support décroît, d'une part, de façon continue et, d'autre part, par au moins un palier.

- 10 Par exemple, le palier forme un décroché entre la surface de contact de support et la surface décalée de support et l'épaisseur se réduit de façon continue sur la portion réduite comprenant la surface décalée.

Plus l'épaisseur est réduite sur le côté moins cette partie est sujet à la désaimantation et donc plus l'épaisseur peut être réduite.

- 15 Dans ce mode de réalisation au moins la portion épaisse comprenant la surface décalée de support comprend une épaisseur radiale qui décroît vers son extrémité angulaire libre et en ce que la portion épaisse comprenant la surface de contact est séparée par un palier de la portion réduite comprenant la surface décalée.

- 20 Avantageusement, au moins le palier sépare un premier bloc d'aimant d'un deuxième bloc d'aimant formant ensemble un aimant.

- Avantageusement, une première épaisseur mesurée à une première extrémité de la portion réduite du profil d'aimant est supérieure à une deuxième épaisseur mesurée à une deuxième extrémité angulaire libre de cette portion réduite du profil d'aimant et une première extrémité de la portion épaisse du profil d'aimant est supérieure à une
25 deuxième épaisseur mesurée à une deuxième extrémité de cette portion épaisse du profil d'aimant en contact avec la première extrémité de la portion réduite.

- La première épaisseur radiale de chaque portion correspondant à la plus grande valeur de l'épaisseur de la portion correspondante et la deuxième épaisseur radiale mesurée à la deuxième extrémité correspondant à la plus petite valeur de l'épaisseur
30 radiale de la portion correspondante.

Selon une variante, deux faces opposées de l'aimant délimitant son épaisseur tendent à se rejoindre.

Avantageusement, deux faces opposées de l'aimant délimitant son épaisseur se rejoignent.

Selon un mode de réalisation, une épaisseur radiale de l'aimant mesurée radialement entre la face d'entrefer et la face de support se réduit régulièrement tel que la surface décalée de support tend à rejoindre la face d'entrefer.

5 Dans la suite, on comprendra le terme « épaisseur de l'aimant » comme étant une mesure réalisée radialement perpendiculairement au rayon de courbure de la face entrefer de l'aimant et le terme « épaisseur radiale de l'aimant » comme étant une mesure réalisée radialement par rapport à l'axe longitudinale de la culasse.

10 Selon un mode de réalisation, l'aimant comprend au moins un premier bloc d'aimant comprenant la surface de contact et un deuxième bloc d'aimant comprenant la surface décalée.

Avantageusement, l'aimant peut être segmenté. En d'autres termes, le profil de la face d'entrefer de la face de support courbées est formé par une succession de portions mises bout à bout pour former cet aimant.

15 Lorsque le profil de l'aimant est segmenté, il est avantageux que chaque portion mise bout à bout pour former ce profil courbé à une épaisseur qui décroît de façon continue. Ainsi, il est envisagé que, pour former un tel profil courbé, deux portions mises bout à bout partagent par leur extrémité en contact une épaisseur de valeur identique.

20 Selon un mode de réalisation, le stator comprend au moins deux aimants irréguliers selon les différents modes de réalisations tels que décrits dans le présent document.

Selon un exemple de ce mode de réalisation, les au moins deux aimants sont disposés symétriquement par rapport à l'axe longitudinal de sorte à former une paire de pôles magnétiques.

25 Le stator peut donc comprendre au moins une première paire de pôles magnétiques formé par deux aimants irréguliers dont l'épaisseur radiale décroît de façon continue et au moins une deuxième paire de pôles magnétiques formé par deux autres aimants dont l'épaisseur radiale décroît de façon continue.

30 Le stator peut, selon une variante, donc comprendre au moins une première paire de pôles magnétiques formé par deux aimants irréguliers dont l'épaisseur décroît par au moins un palier et au moins une deuxième paire de pôles magnétiques formé par deux autres aimants dont l'épaisseur décroît par au moins un palier.

35 Selon un exemple, le stator comprend au moins une première paire de pôles magnétiques formé par deux aimants dont l'épaisseur décroît, d'une part, de façon continue et, d'autre part, par au moins un palier et au moins une deuxième paire de pôles magnétiques est formé par deux autres aimants dont l'épaisseur décroît, d'une part, de façon continue et, d'autre part, par au moins un palier.

Selon un mode de réalisation le stator comprend :

- au moins une première paire de pôles magnétiques positif, chacun des pôles étant formé par un aimant irrégulier et
- au moins une deuxième paire de pôles magnétiques négatif, chacun des pôles étant formée par un aimant irrégulier.

5 L'invention concerne aussi une machine électrique tournante comportant un stator décrit précédemment avec ou sans selon un ou des modes de réalisation et un rotor au moins en partie dans le stator pour être libre en rotation autour l'axe longitudinal et un groupe de balais agencés pour permettre l'alimentation électrique du rotor par commutation du courant électrique circulant dans des conducteurs ménagés dans des encoches du rotor.

L'invention concerne aussi un démarreur pour véhicule automobile comprenant la machine électrique tournante.

15 Le rotor entraîne en rotation un arbre d'entraînement portant un pignon, le pignon étant destiné à entraîner directement un organe du moteur thermique du véhicule, par exemple une couronne appelée aussi volant moteur.

L'invention concerne aussi une machine électrique tournante comportant :

- un stator comprenant :
 - une culasse de forme cylindrique suivant un axe longitudinal du stator, et
 - une structure aimantée s'étendant suivant une circonférence de la culasse du stator, comprenant :
 - au moins un aimant irrégulier à base de Néodyme, Fer, Bore aimanté régulièrement radialement par rapport à l'axe longitudinale O, monté contre la culasse, comprenant une épaisseur radiale selon l'axe longitudinale O mesurée entre une surface d'entrefer et une surface de support en contact avec la culasse, l'épaisseur radiale variant angulairement,
- un rotor au moins en partie dans le stator pour être libre en rotation autour l'axe longitudinal O comprenant une surface d'entrefer,
- un entrefer entre le stator et le rotor comprenant une épaisseur radiale variant moins que l'épaisseur radiale de l'aimant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore au travers de la description qui suit d'une part, et de plusieurs exemples de réalisation donnés à

titre indicatif et non limitatif en référence aux dessins schématiques annexés d'autre part, sur lesquels :

la figure 1 illustre une vue de face d'un stator et d'un rotor d'une machine électrique tournante, le stator étant équipé d'ensembles magnétiques selon un premier mode de réalisation,

la figure 2 illustre une vue de face d'un stator selon un deuxième mode de réalisation,

la figure 3 illustre une vue de face d'un stator selon un troisième mode de réalisation,

la figure 4 illustre schématiquement une vue de face d'un exemple de stator du mode de réalisation de la figure 2,

la figure 5 illustre schématiquement une vue de face d'un autre exemple de stator du mode de réalisation de la figure 2,

la figure 6 illustre schématiquement une vue de face d'un autre exemple de stator du mode de réalisation de la figure 2,

la figure 7 illustre schématiquement une vue de face d'un autre exemple de stator du mode de réalisation de la figure 2,

la figure 8 illustre schématiquement une vue de face d'un autre exemple de stator du mode de réalisation de la figure 1,

la figure 9 illustre schématiquement une vue d'explication d'un procédé de découpage d'une barre d'aimant monté dans l'exemple du stator de la figure 8,

Tel qu'illustré à la figure 1, on a représenté un stator 1, ou inducteur, et un rotor 2, ou induit, d'une machine électrique tournante. Une telle machine électrique tournante peut être une machine à courant continu équipant un démarreur pour véhicule automobile.

Le stator 1 comprenant une culasse 10 de forme cylindrique suivant un axe longitudinal O du stator 1 comprenant une surface interne. Une structure aimantée 11 est disposée dans la culasse 10 pour s'étendre suivant une circonférence 11C de la culasse 10 du stator 1. Selon l'invention, la structure aimantée 11 comprend deux paires d'ensembles magnétiques 3. Chaque paire d'ensembles magnétiques 3 forment une paire de pôles magnétiques.

Le rotor 2 est configuré pour être entraîné en rotation autour de l'axe longitudinal O du stator 1. Le rotor 2 comprend des encoches 20 dans lesquelles sont disposés des conducteurs 21 formant le bobinage d'une telle machine électrique tournante. Ces conducteurs 21 sont destinés à être alimentés en courant continu par une batterie du véhicule par l'intermédiaire d'un contacteur du démarreur.

Chaque ensemble magnétique 3 comprend un aimant irrégulier 4. Un tel ensemble magnétique 3 peut aussi comprendre une pièce complémentaire 5 de forme complémentaire à l'aimant irrégulier 4 et disposée sur l'aimant irrégulier 4, radialement à l'extérieur de l'aimant irrégulier 4 par rapport à l'axe longitudinal O.

- 5 La pièce complémentaire 5 est donc située entre la surface interne de la culasse 10 et une face de support 40 de l'aimant irrégulier 4 faisant face à la culasse. La pièce complémentaire est au moins située entre une surface de l'aimant appelée dans la suite surface décalée de la face de support 40.

- 10 Chaque aimant irrégulier 4 des ensembles magnétiques 3 est un aimant irrégulier 4 à base de Néodyme, de Fer, de Bore. L'aimant irrégulier 4 comprenant un profil de forme courbée P suivant un rayon R à partir duquel peut être mesurée une épaisseur radiale E de l'aimant irrégulier 4, c'est-à-dire dans un rayon de l'axe longitudinale O. Cette épaisseur varie le long du profil angulaire de l'aimant irrégulier 4. L'épaisseur radiale est autrement dit alors mesurée selon une droite D passant par l'axe
15 longitudinal O.

- Une ligne courbe L partageant symétriquement le profil angulaire de l'aimant de chaque aimant irrégulier 4 sépare une polarité Nord N de l'aimant irrégulier 4 d'une polarité Sud S de l'aimant irrégulier 4. Dans l'exemple illustré, le rayon R de chaque aimant irrégulier 4 est inscrit dans un cercle C délimitant un cylindre d'axe
20 longitudinale O dans lequel une face d'entrefer 41 de l'aimant irrégulier 4 s'étend.

L'aimant irrégulier 4 et sa pièce de forme complémentaire 5 d'un ensemble magnétique 3 sont disposés de sorte que l'ensemble magnétique 3 a une épaisseur E' constante mesurée selon le rayon R le long du profil angulaire de l'aimant irrégulier 4.

- 25 La pièce de forme complémentaire 5 est formée dans un matériau ferromagnétique non magnétisé et peut être issue de matière avec la culasse 10 du stator 1 pour former un ensemble monobloc. Toutefois, l'invention n'est pas limitée à cette configuration et, il peut être prévu que la pièce de forme complémentaire 5 soit rapportée sur la culasse 10 du stator 1. En d'autres termes, la pièce de forme complémentaire 5 peut
30 être distincte de l'aimant irrégulier 4 et de la culasse 10 du stator 1 et elle est interposée entre l'aimant irrégulier 4 et la culasse 10 du stator 1. Lorsque les pièces de forme complémentaire 5 sont rapportées sur la culasse 10 du stator 1, ces pièces 5 peuvent être montées sur cette culasse 10 par collage ou agrafage. De la même façon, chaque aimant irrégulier 4 peut être fixé à sa pièce de forme complémentaire par
35 collage ou agrafage.

Les ensembles de chaque paire d'ensembles magnétiques 3 sont disposés symétriquement par rapport à l'axe longitudinal O de sorte à former une paire de pôles magnétiques. Plus particulièrement, on comprendra alors que les aimants irréguliers 4 de chaque paire d'ensembles magnétiques 3 sont disposés

symétriquement par rapport à l'axe longitudinal O de sorte à former une paire de pôles magnétiques P1, P2, à savoir un premier pôle magnétique P1 et un deuxième pôle magnétique P2. Pour chaque paire de pôle magnétique P1, P2, un premier pôle magnétique P1 d'un premier aimant irrégulier 4 est un pôle Nord N orienté

5 radialement par rapport à l'axe longitudinal O et en regard des conducteurs 21 du rotor 2 et un autre pôle magnétique P2 d'un deuxième aimant irrégulier 4 est un pôle Sud S orienté radialement par rapport à l'axe longitudinal O et en regard des conducteurs 21.

10 Dans cet exemple de ce premier mode de réalisation illustré à la figure 1, l'épaisseur E de l'aimant irrégulier 4 irrégulier décroît de façon continue de sorte que la face d'entrefer 41 opposée à la face de support 40 de l'aimant irrégulier 4 délimitant son épaisseur E se rejoignent.

15 L'aimant comprend donc une portion épaisse 43 comprenant un bord d'extrémité angulaire 6 s'étendant parallèlement à l'axe O et une portion réduite 42 comprenant un bord d'extrémité angulaire 7 s'étendant parallèlement à l'axe O.

La face de support 40 comprend une surface décalée 402 située dans la portion réduite 42 et une surface de contact 403 située dans la portion épaisse 43.

La surface de contact 403 est donc plus éloignée de l'axe O que la surface décalée 402.

20 On comprendra que l'épaisseur E de l'aimant irrégulier 4 mesurée perpendiculairement au rayon R est irrégulier, c'est-à-dire n'est pas identique le long du profil angulaire de l'aimant irrégulier 4.

25 Ainsi, une première épaisseur E1 mesurée à une première extrémité 6 du profil angulaire de l'aimant est supérieure à une deuxième épaisseur E2 mesurée à une deuxième extrémité 7 du profil angulaire de l'aimant. La première épaisseur E1 correspond à la plus grande valeur de l'épaisseur E du profil angulaire de l'aimant et la deuxième épaisseur E2 correspondant à la plus petite valeur de l'épaisseur E du profil angulaire de l'aimant.

On va maintenant décrire le fonctionnement du moteur.

30 Sous chaque pôle inducteur (N ou S), de signe homogène : signe positif ou signe négatif pour ce qui est de l'induction qu'il produit dans l'entrefer, la réaction magnétique d'induit consiste notamment à produire un champ : pour moitié de même signe, et pour moitié de signe opposé lorsque des conducteurs 21 du rotor 2 sont alimentés en courant continu.

35 Pour chaque pôle magnétique P1, P2, la portion épaisse 43 de l'aimant irrégulier 4 du pôle magnétique P1, P2 est donc soumis à un champ magnétique d'induit du rotor 2 de sens opposé au sens de cette portion épaisse 43 de l'aimant irrégulier 4 en vis-à-vis

du rotor. Cette portion épaisse est calibrée en ayant une épaisseur suffisante pour ne pas être désaimanter par cette réaction d'induit.

La portion réduite 42 de l'aimant irrégulier 4 du même pôle magnétique P1, P2 est soumis à un champ magnétique d'induit du rotor 2 de même signe à cette portion
5 réduite 42 de l'aimant irrégulier 4. Il n'y a donc aucun risque de désaimantation pour cette portion réduite.

La portion réduite peut donc comprendre une épaisseur radiale tel que si elle subissait une réaction d'induit de champ magnétique de sens opposé à l'aimant en vis-à-vis du rotor, elle pourrait subir une désaimantation.

10 On comprendra alors que pour chaque aimant irrégulier 4, l'épaisseur E mesurée selon le rayon R de l'aimant irrégulier 4 est du côté de la portion épaisse 43 de l'aimant irrégulier 4 dont le champ magnétique d'induit est de signe opposée supérieure au côté de la portion réduite 42 de l'aimant irrégulier 4 dont le champ magnétique d'induit est de même signe.

15 Le dimensionnement des aimants 4 est alors optimisé de sorte qu'il est possible de réduire le poids et le volume des aimants tout en permettant la formation du couple moteur requis et sans perte de performance.

Tel qu'illustré à la figure 2, on a représenté un exemple d'un deuxième mode de réalisation des ensembles magnétiques 3. De la même façon, les pièces de forme
20 complémentaire 5 et les aimants 4 sont de forment complémentaires l'une à l'autre. Dans ce deuxième mode de réalisation, l'épaisseur E de chaque aimant irrégulier 4 décroît par deux paliers 44, 45. Les deux paliers 44, 45 séparent trois portions 46-48 de l'aimant irrégulier 4, à savoir une portion épaisse 46, une portion intermédiaire 47 et une portion réduite 48. Chaque palier 44, 45 correspond à une marche le long du
25 profil angulaire de l'aimant pour lequel l'épaisseur E de l'aimant irrégulier 4 varie de façon non continue. Dans l'exemple illustré, la portion épaisse 46 et la portion intermédiaire 47 sont séparées par un premier palier 44, et la portion intermédiaire 47 et la portion réduite 48 sont séparées par un deuxième palier 45. Chaque portion 46-48 a une épaisseur E constante. La portion épaisse 46 est d'épaisseur E1
30 supérieure à l'épaisseur E2 de la portion intermédiaire 47 et la portion intermédiaire 47 est d'épaisseur E2 supérieure à l'épaisseur E3 de la portion réduite 48. En d'autres termes, la portion épaisse 46, la portion intermédiaire 47 et portion réduite 48 sont en cascades les unes par rapport aux autres.

Dans cet exemple la pièce complémentaire 5 est donc en contact avec la surface
35 décalée 402 de la portion réduite 48 et une surface intermédiaire de la portion intermédiaire 47. La surface de contact 403 est donc en contact directement avec la culasse dans cet exemple.

Bien entendu, comme dans le mode de réalisation précédent, la portion épaisse de l'aimant est située dans le stator du côté angulaire où la réaction d'induit provoquant

un champ magnétique de signe opposé à celui de l'aimant et ainsi la portion réduite 48 se retrouve du côté angulaire où le champ magnétique est de même signe.

Tel qu'illustré à la figure 3, on a représenté un exemple d'un troisième mode de réalisation des ensembles magnétiques 3. De la même façon, les pièces de forme complémentaire 5 et les aimants 4 sont de forme complémentaires l'une à l'autre. De façon similaire au deuxième mode de réalisation, les deux paliers 44, 45 séparent trois portions 46-48 de l'aimant irrégulier 4, à savoir une portion épaisse 46, une portion intermédiaire 47 et une portion réduite 48 et la portion épaisse 46 et la portion intermédiaire 47 sont séparées par un premier palier 44, et la portion intermédiaire 47 et la portion réduite 48 sont séparées par un deuxième palier 45.

A la différence du deuxième mode de réalisation, dans ce troisième mode de réalisation, l'épaisseur E de l'aimant irrégulier 4 décroît, d'une part, de façon continue et, d'autre part, par deux paliers 44, 45. Ainsi, chaque portion 46-48 a une épaisseur E qui décroît de façon continue. Pour chaque portion, 46-48 une première épaisseur E1 mesurée à une première extrémité 6 de la portion du profil angulaire de l'aimant est supérieure à une deuxième épaisseur E2 mesurée à une deuxième extrémité 7 de cette portion 46-48 du profil angulaire de l'aimant. La première épaisseur E1 de chaque portion 46-48 correspondant à la plus grande valeur de l'épaisseur E de la portion 46-48 correspondante du profil angulaire de l'aimant et la deuxième épaisseur E2 mesurée à la deuxième extrémité 7 correspondant à la plus petite valeur de l'épaisseur E de la portion 46-48 correspondante du profil angulaire de l'aimant.

Bien entendu, un autre exemple de ce mode de réalisation pourrait comprendre uniquement que un seul palier et donc l'aimant comprendrait que la portion épaisse et la portion réduite ou pourrait avoir plus que deux paliers.

De façon commune à chacun des modes de réalisation, il a été constaté que le profil angulaire de l'aimant irrégulier 4 de l'invention selon une ouverture angulaire θ et une longueur angulaire L1 du profil angulaire de l'aimant sont des paramètres pouvant influencer la détermination du couple moteur résultant de la variation d'épaisseur E du profil angulaire de l'aimant des aimants 4.

La figure 4 représente un schéma de principe d'une portion d'un stator 1 selon un autre exemple du mode de réalisation comprenant une culasse représentée schématiquement par une portion de cercle, et un ensemble magnétique 3. Bien entendu le stator 1 comprend au moins deux ensembles magnétiques 3 mais un seul a été représenté.

Dans cet exemple, il y a qu'un seul palier 44 contrairement à l'exemple de la figure 2 comprenant deux paliers 44, 45. En outre, dans cet exemple, il y a un bloc d'aimant d'épaisseur réduit et un bloc d'aimant épais ayant une épaisseur radiale supérieure à l'épaisseur du bloc d'aimant d'épaisseur réduit. Le bloc d'aimant d'épaisseur réduit et

le bloc d'aimant épais forme l'aimant irrégulier. Les deux blocs d'aimants sont donc empilés angulairement. Le bloc d'aimant d'épaisseur réduite forme la portion réduite 48 de l'aimant et le bloc d'épaisseur forme donc la portion épaisse 46 de l'aimant 4.

5 Bien entendu les deux blocs d'aimant sont aimantés dans le même sens radial, c'est-à-dire par exemple le sud contre la culasse et le nord en vis-à-vis de l'entrefer. On entend donc aimant irrégulier un seul bloc d'aimant ou plusieurs ayant leur polarité dans la même direction pour former un pôle du stator.

10 Par exemple, dans ce mode de réalisation, si le rotor tourne dans le sens horaire, le champ magnétique de la réaction d'induit ayant un sens opposé à l'aimant se situe du côté droit sur la figure 4 soit en vis-à-vis de la portion épaisse comprenant la surface de contact de la face de support.

La face d'entrefer est donc formée par le bloc d'aimant d'épaisseur réduite et le bloc d'aimant épais.

15 Il n'y a pas dans cet exemple de portion intermédiaire étant donné qu'il n'y a pas de deuxième palier mais pourrait en avoir un, dans ce la portion épaisse serait soit un autre bloc d'aimant soit une portion du bloc d'aimant d'épaisseur épais ou une portion du bloc d'aimant d'épaisseur réduite.

Dans cet exemple, la pièce complémentaire 5 est donc en contact avec la surface décalée 402 et une surface radiale de la portion épaisse 46.

20 La figure 5 représente un autre exemple de ce deuxième mode de réalisation, dans lequel l'aimant irrégulier 4 est formé par un seul bloc.

25 Dans cet exemple, la pièce complémentaire comprend 5 en outre une portion shunt 51 s'étendant vers l'axe X en étant en contact avec une surface radiale de la portion réduite 48. Cette portion 51 comprend donc une face d'entrefer prolongeant la face d'entrefer 41 de l'aimant irrégulier 4.

Cette portion shunt 51 peut aussi être en outre montée sur les exemples des modes de réalisations décrit précédemment.

La figure 6 représente l'exemple de la figure 5 sauf en ce que l'aimant 4 est en deux blocs d'aimants empilés angulairement tel que celui représenté dans la figure 4.

30 La figure 7 représente un autre exemple de ce mode de réalisation, dans lequel l'aimant irrégulier 4 comprend deux blocs d'aimants empilée radialement. Dans cet exemple, l'aimant 4 comprend une pièce complémentaire 5 avec une portion shunt comme dans l'exemple de la figure 5 ou 6 mais pourrait bien entendu avoir une pièce complémentaire sans cette portion de shunt.

35 Dans cet exemple, l'aimant irrégulier 4 comprend donc un bloc d'aimant d'entrefer et un bloc d'aimant de contact.

Le bloc d'aimant de contact comprend la surface de contact 403 de la face de support 40 du bloc d'aimant 4.

Le bloc d'aimant d'entrefer comprend la face d'entrefer 41. Le bloc d'aimant d'entrefer est plus long angulairement que le bloc d'aimant de contact. Cette longueur supplémentaire forme la portion réduite 48 de l'aimant irrégulier 4 comprenant donc la surface décalée 402. La portion épaisse de l'aimant irrégulier 4 est donc à la fois formé par le bloc d'aimant d'entrefer et le bloc d'aimant de contact.

La figure 8 représente un autre exemple du premier mode de réalisation. Dans cet exemple, la face d'entrefer a la forme d'une portion d'un cylindre d'axe O selon un rayon R et la face de support comprend à la forme d'une portion d'un cylindre d'axe Y décalé radialement vers l'aimant 4 selon un même rayon R.

La face d'entrefer 41 et la face de de support 40 sont donc courbe et ont une même valeur de rayon R de courbure. Autrement dit, la face d'entrefer 41 et la face de de support 40 sont issue d'un cylindre de même rayon. Le centre du cylindre de la face d'entrefer a donc son centre décalé par rapport au centre du cylindre comprenant la face de support.

La valeur du rayon du cylindre de la face d'entrefer et la valeur du rayon du cylindre de la face de support correspond donc à la somme de la valeur du rayon externe du rotor et de l'épaisseur radiale de l'entrefer.

La figure 9 représente schématiquement un bloc d'aimant 400 rectangulaire et un outil de coupe cylindrique représenté schématiquement partiellement par un arc de cercle dans quatre positions de découpe B1, B2, B3, B4.

Dans cet exemple, l'outil de découpe se déplace radialement par rapport à son axe et vient découper le bloc d'aimant en se déplaçant axialement et en tournant pour réaliser la découpe.

La découpe à la position B1 produit une première chute du bloc d'aimant non représenté et la face d'entrefer d'un aimant irrégulier A à positionner dans la culasse 10 de l'exemple de la figure 8. La découpe à la position B2 forme à la fois la face de support de l'aimant A et la face d'entrefer d'un aimant A'. La découpe à la position B3 forme à la fois la face de support de l'aimant A' et la face d'entrefer d'un aimant A". La découpe à la position B4 forme à la fois la face de support de l'aimant A" et la face d'entrefer d'un autre aimant non représenté découpé sur la figure 9.

Dans cet exemple, les deux bords d'extrémités angulaires 6 et 7 de l'aimant à chaque extrémité de l'aimant sont parallèles.

Un tel résultat d'usinage à arcs de cercle de même rayon à centre décalé et bords rectilignes parallèles permet d'être réalisé tel que un "pavage" (formes identiques

jointives entre la face d'entrefer et la face de contact de l'aimant suivant), c'est à dire sans chute de matière, ici coûteuse, lors de l'usinage.

Bien entendu, il y a une chute au début et à la fin du bloc A mais pas de chute entre chaque aimant formé.

- 5 Le stator comprend en outre une pièce complémentaire 5 qui peut bien entendu comprendre en outre une portion de shunt comme dans les précédents exemples.

- Bien entendu, les caractéristiques, les variantes et les différentes formes de réalisation de l'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. On pourra notamment imaginer des variantes de
- 10 l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite de manière isolée des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique.

REVENDEICATIONS

1) Stator (1) destiné à équiper une machine électrique tournante, le stator (1) comprenant :

- 5 • une culasse (10) de forme cylindrique suivant un axe longitudinal (O) du stator (1) comprenant une surface interne, et
 - au moins un aimant irrégulier (4) à base de Néodyme, Fer, Bore aimanté régulièrement radialement par rapport à un axe vers l'axe longitudinale (O) ou parallèlement à un plan comprenant l'axe et passant par l'aimant, monté dans
10 la culasse (10) contre la surface interne de la culasse (10), l'aimant (4) comprenant :
 - une face d'entrefer (41) faisant face à l'axe longitudinal (O) et
 - une face de support (40) opposée à la face d'entrefer (41), la face de support étant en contact avec la surface interne de la culasse (10) et
15 comprenant :
 - i une surface de contact (403) d'une portion épaisse de l'aimant et
 - ii une surface décalée (402) d'une portion réduite de l'aimant,
- caractérisé en ce que la surface de contact (403) est plus éloignée de l'axe longitudinal (O) que la surface décalée (402).

20 2) Stator selon la revendication 1, dans lequel la surface de contact (403) est plus éloignée de l'axe O que la surface décalée (402) d'une longueur (I) supérieure ou égale à un tiers d'une première épaisseur (E1) de la portion épaisse (43, 46) mesurée radialement entre la surface de contact (403) et la face d'entrefer.

25 3) Stator selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, l'aimant comprend une première épaisseur (E1) mesurée radialement entre la surface de contact (403) et la face d'entrefer et une deuxième épaisseur (E2) mesurée radialement entre la surface décalée (402) et la face d'entrefer et en ce que la deuxième épaisseur (E2) est inférieure ou égale aux deux tiers de la première épaisseur radiale (E1)
30 mesurée radialement entre la face d'entrefer (41) et la surface de contact de support (40).

- 4) Stator selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel la surface interne de la culasse (10) comprend un rayon R par rapport à l'axe longitudinal O variant angulairement pour être complémentaire avec la surface décalée (402) de l'aimant irrégulier 4.
- 5) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la face d'entrefer (41) comprend un rayon de courbure selon un axe longitudinal O et en ce que l'aimant (4) est aimanté régulièrement angulaire et comprend un vecteur d'aimantation radiale par rapport à l'axe longitudinal O .
- 6) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la face d'entrefer (41) et la surface de contact (403) sont courbes et ont une même valeur de rayon de courbure.
- 7) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une épaisseur (E) de l'aimant (4) mesurée radialement entre la face d'entrefer (41) et la face de support (40) décroît vers au moins une de ses extrémités angulaires de façon continue.
- 8) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que en ce que une épaisseur (E) de l'aimant (4) mesurée radialement entre la face d'entrefer (41) et la face de support (40) décroît par au moins un palier (44, 45).
- 9) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que une épaisseur (E) de l'aimant (4) mesurée radialement entre la face d'entrefer (41) et la face de support (40) décroît, d'une part, de façon continue et, d'autre part, par au moins un palier (44, 45).
- 10) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la face d'entrefer (41) et la face de support (40) tendent à se rejoindre.

11) Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes , caractérisé en ce que l'aimant (4) comprend au moins un premier bloc d'aimant (4) comprenant la surface de contact (403) et un deuxième bloc d'aimant (4) comprenant la surface décalée (402).

5

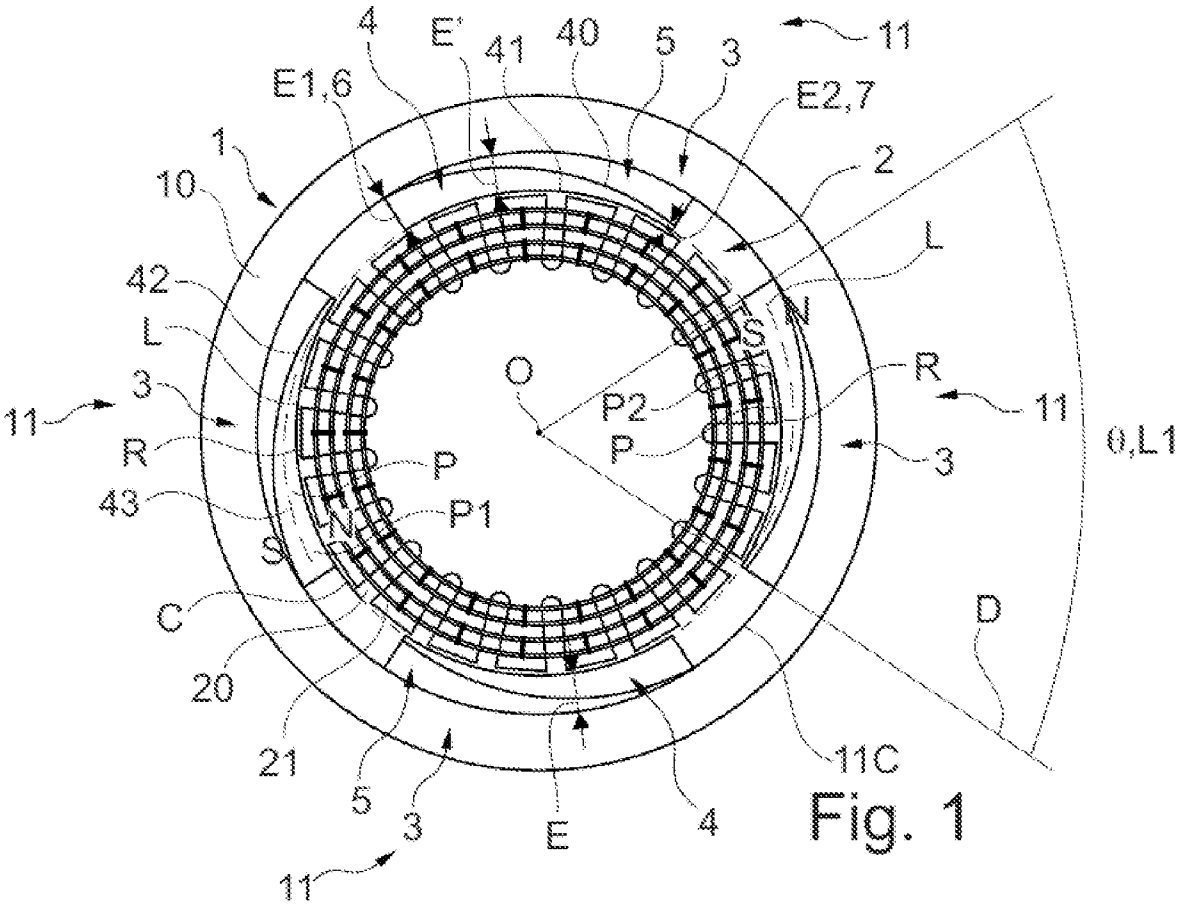
12) Stator (2) selon l'une des revendications précédentes, comprenant

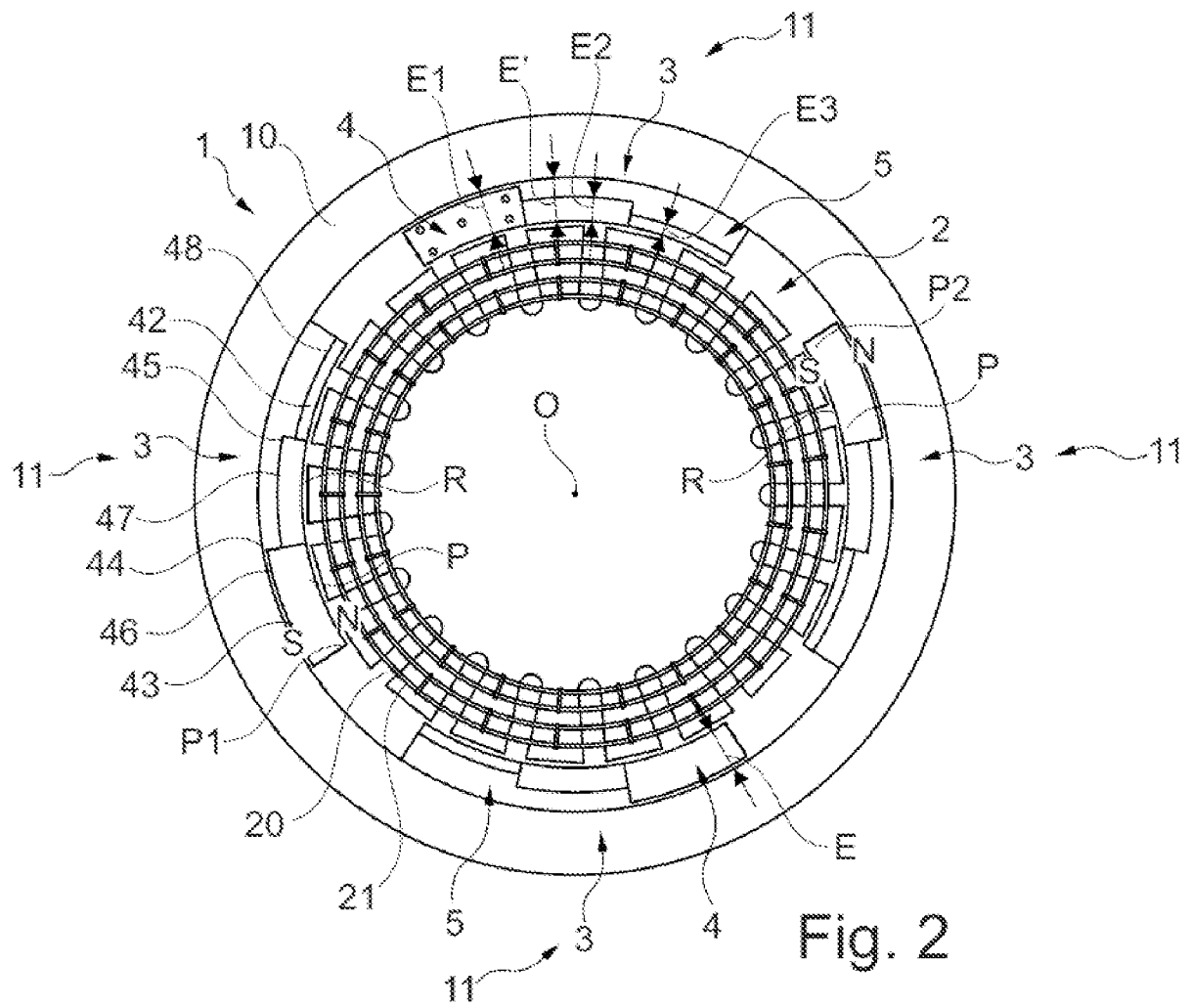
- au moins une première paire de pôles magnétiques (P1, P2) positif, chacun des pôles étant formé par un aimant irrégulier (4) et
- 10 • au moins une deuxième paire de pôles magnétiques (P1, P2) négatif, chacun des pôles étant formée par un aimant irrégulier (4) .

13) Machine électrique tournante comportant un stator (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes et un rotor (2) au moins en partie dans le stator (1) pour être libre en rotation autour l'axe longitudinal (O) et un groupe de balais agencés pour permettre l'alimentation électrique du rotor (2) par commutation du courant électrique circulant dans des conducteurs (21) ménagés dans des encoches (20) du rotor (2).

15

20 14) Démarreur pour véhicule automobile comprenant une machine électrique tournante selon la revendication précédente.





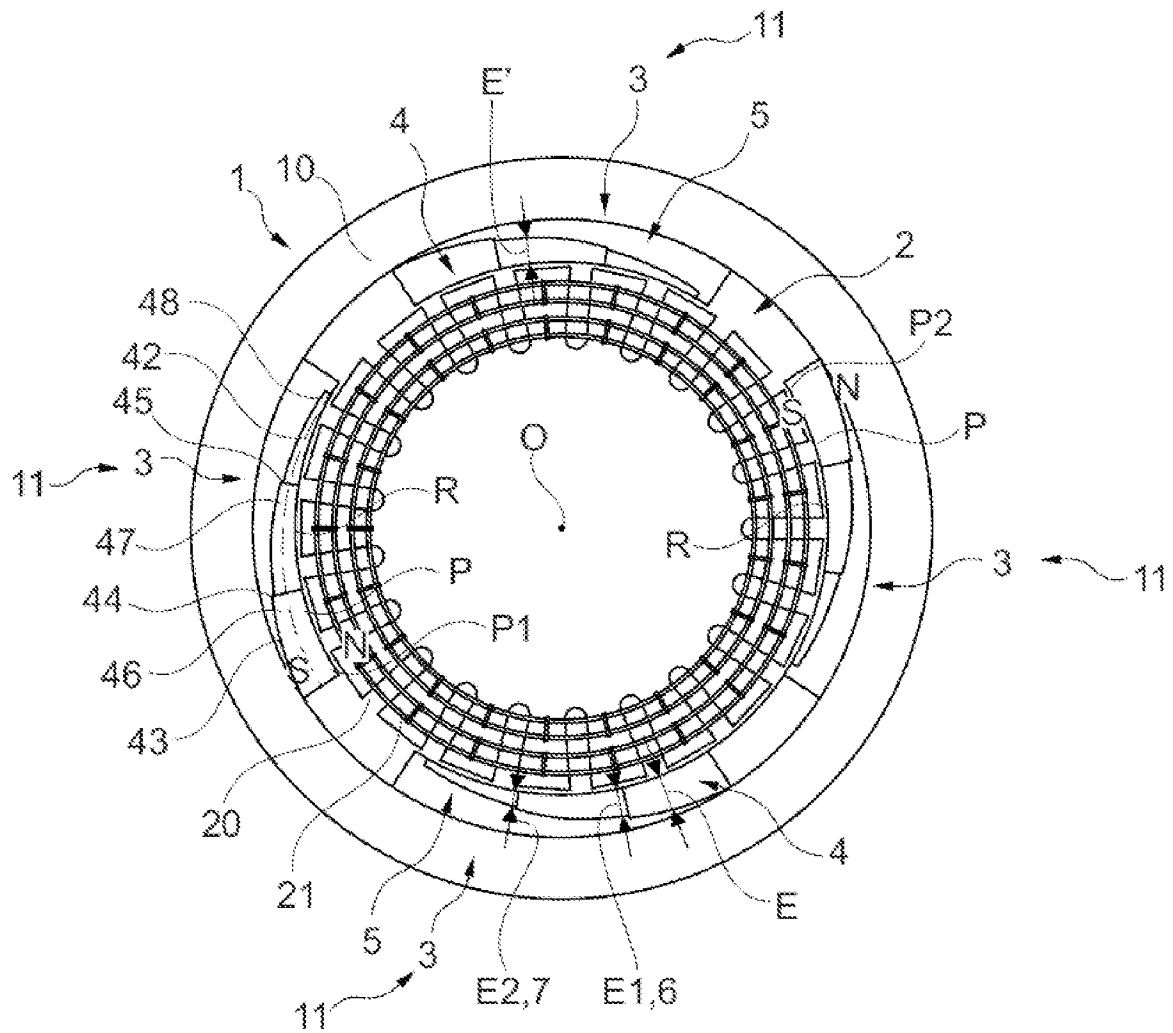


Fig. 3

Fig. 4

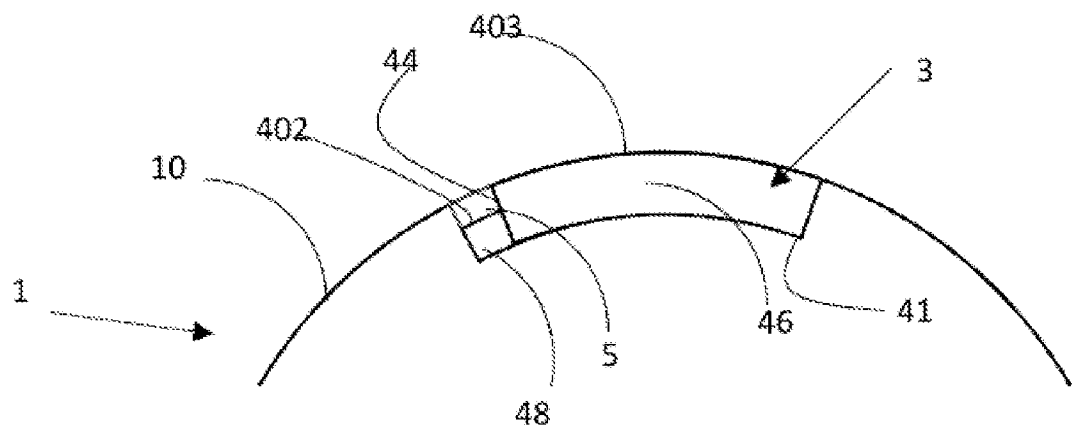


Fig. 5

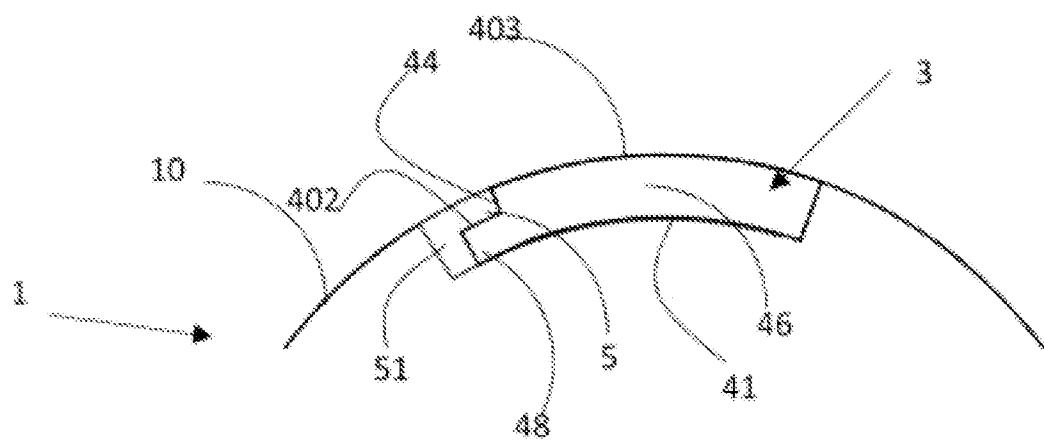


Fig. 6

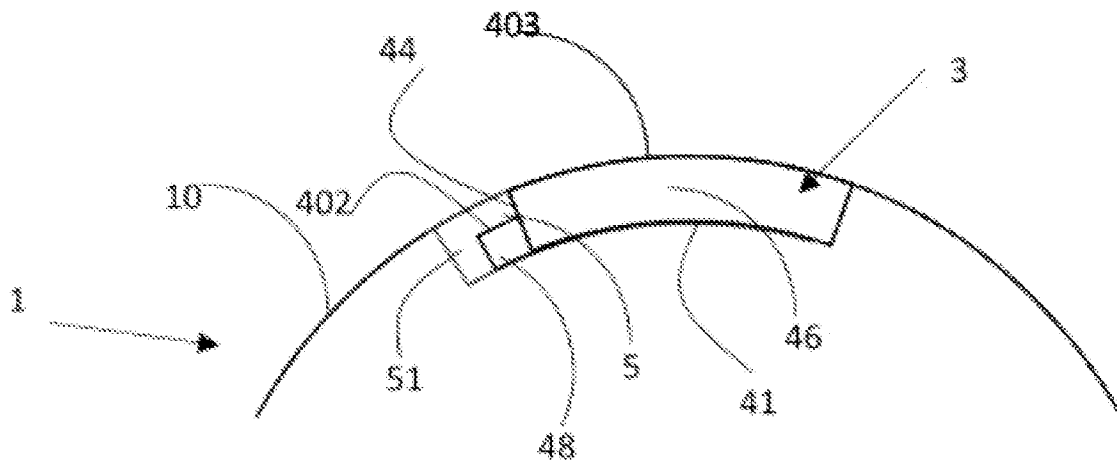


Fig. 7

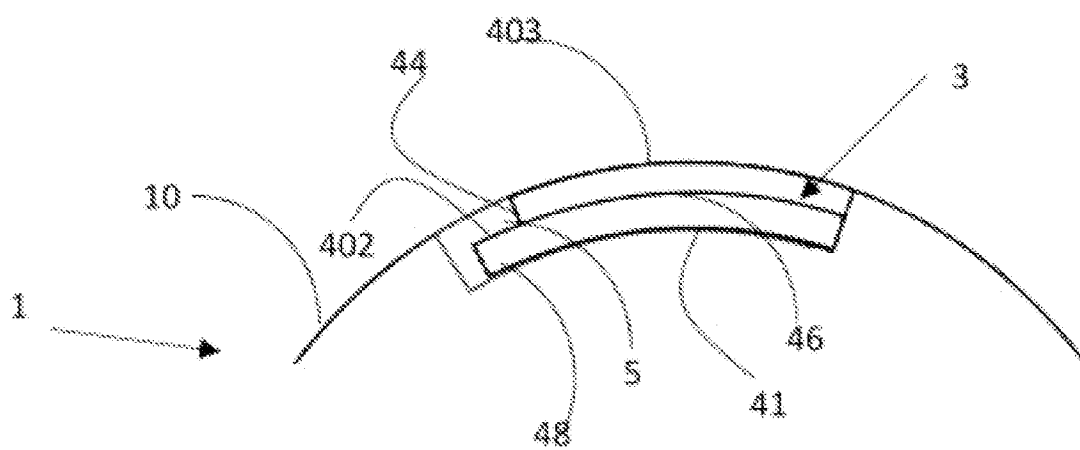


Fig. 8

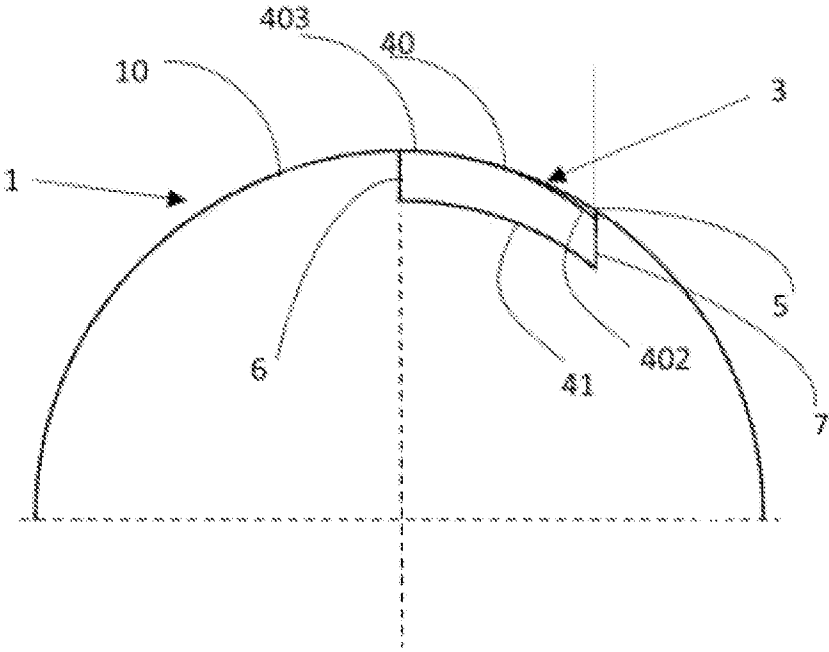
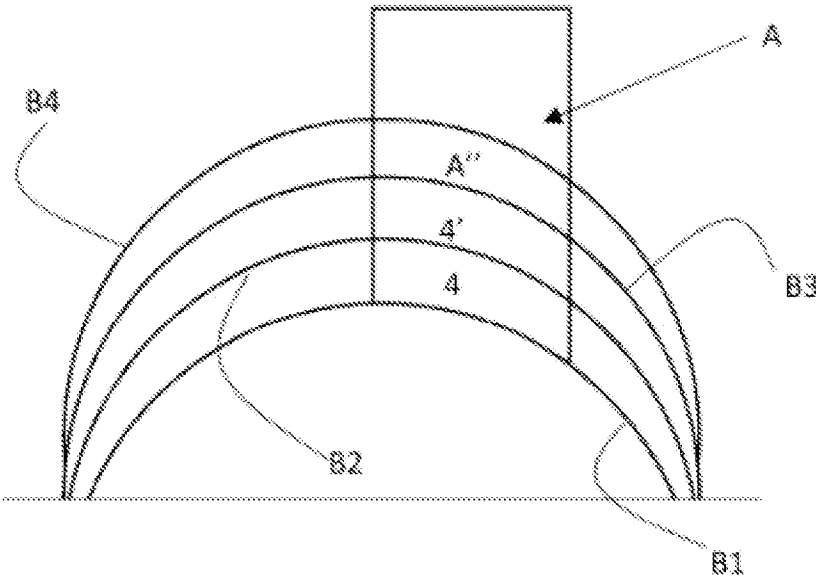


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/050943**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02K 1/17**(2006.01)i; **H02K 23/04**(2006.01)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)

H02K

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	FR 2617343 A1 (VALEO [FR]) 30 December 1988 (1988-12-30) page 1, line 19 - line 26; figures 2,4,7 page 2, line 29 - line 32 page 5, line 16 - line 25 page 6, line 29 - line 36	1-3,5-9,11-14
X	DE 102009046902 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 May 2011 (2011-05-26) paragraphs [0012], [0013], [0025]; figures 1,2	1-14
X	EP 2978109 A1 (MITSUBA CORP [JP]) 27 January 2016 (2016-01-27) figures 1,15	1-3,5-10,12-14
A	EP 0312290 A2 (MAGNETI MARELLI ELECTRICAL [GB]) 19 April 1989 (1989-04-19) figures 5,7,8	7-9,12-14

☐ 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

29 August 2019

Date of mailing of the international search report

05 September 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

Kovacovics, Martin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/050943

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	2617343	A1	30 December 1988	NONE			
DE	102009046902	A1	26 May 2011	CN	102075018	A	25 May 2011
				DE	102009046902	A1	26 May 2011
EP	2978109	A1	27 January 2016	BR	112015024313	A2	18 July 2017
				CN	105052017	A	11 November 2015
				CN	107846127	A	27 March 2018
				EP	2978109	A1	27 January 2016
				EP	3410581	A1	05 December 2018
				ES	2699987	T3	13 February 2019
				US	2016049844	A1	18 February 2016
				US	2017207686	A1	20 July 2017
				WO	2014148602	A1	25 September 2014
EP	0312290	A2	19 April 1989	DE	3879854	D1	06 May 1993
				DE	3879854	T2	12 August 1993
				EP	0312290	A2	19 April 1989
				ES	2058305	T3	01 November 1994
				JP	H027862	A	11 January 1990
				US	4899074	A	06 February 1990

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050943

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/17 H02K23/04 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) H02K		
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	FR 2 617 343 A1 (VALEO [FR]) 30 décembre 1988 (1988-12-30) page 1, ligne 19 - ligne 26; figures 2,4,7 page 2, ligne 29 - ligne 32 page 5, ligne 16 - ligne 25 page 6, ligne 29 - ligne 36 -----	1-3,5-9, 11-14
X	DE 10 2009 046902 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 mai 2011 (2011-05-26) alinéas [0012], [0013], [0025]; figures 1,2 -----	1-14
X	EP 2 978 109 A1 (MITSUBA CORP [JP]) 27 janvier 2016 (2016-01-27) figures 1,15 ----- -/-	1-3, 5-10, 12-14
☒ 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 29 août 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/09/2019
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 Kovacsovics, Martin

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 312 290 A2 (MAGNETI MARELLI ELECTRICAL [GB]) 19 avril 1989 (1989-04-19) figures 5,7,8 -----	7-9, 12-14

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/050943

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2617343	A1	30-12-1988	AUCUN	
DE 102009046902	A1	26-05-2011	CN 102075018 A DE 102009046902 A1	25-05-2011 26-05-2011
EP 2978109	A1	27-01-2016	BR 112015024313 A2 CN 105052017 A CN 107846127 A EP 2978109 A1 EP 3410581 A1 ES 2699987 T3 US 2016049844 A1 US 2017207686 A1 WO 2014148602 A1	18-07-2017 11-11-2015 27-03-2018 27-01-2016 05-12-2018 13-02-2019 18-02-2016 20-07-2017 25-09-2014
EP 0312290	A2	19-04-1989	DE 3879854 D1 DE 3879854 T2 EP 0312290 A2 ES 2058305 T3 JP H027862 A US 4899074 A	06-05-1993 12-08-1993 19-04-1989 01-11-1994 11-01-1990 06-02-1990