

(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
10 novembre 2016 (10.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/177970 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/27 (2006.01) H02K 15/03 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051050

(22) Date de dépôt international :
4 mai 2016 (04.05.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1554140 7 mai 2015 (07.05.2015) FR

(71) Déposant : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
MOTEUR [FR/FR]; 2 rue André Bouille, 94046 Creteil
Cedex (FR).

(72) Inventeurs : WALME, Benoit; 17 rue des Petits Prés,
78810 Feucherolles (FR). RAKOTOVAO, Mamy; 80
Avenue Maximilien Robespierre, 94400 Vitry Sur Seine
(FR). KIM, Nam-Gook; 7 rue du Maréchal Leclerc, 94410
Saint-maurice (FR). KUPPUSAMY, Venkatesan; No-18,
Othai street, Kurinjipadi, Cuddalore District, INDIA, Tamil
Nadu 607302 (IN).

(74) Mandataire : CONDEMIN, Olivier; Valeo Equipe-
ments Electriques Moteur, 2, rue André Bouille, 94046 Cre-
teil Cedex (FR).

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : IMPROVED ROTOR FOR A ROTATING ELECTRICAL MACHINE, COMPRISING AT LEAST ONE MAGNET CLAMPING ELEMENT

(54) Titre : ROTOR AMELIORE DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE COMPORTANT AU MOINS UN ELEMENT DE PLAQUAGE D'AIMANT

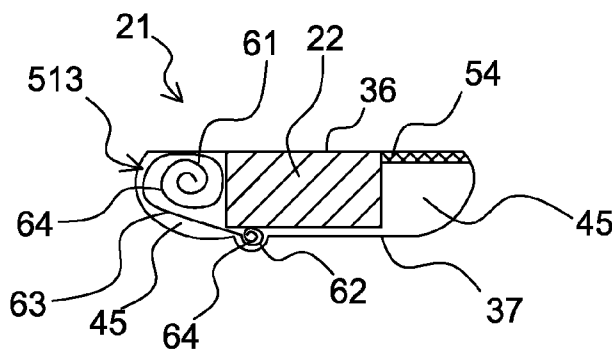


Fig.8b

(57) Abstract : The invention relates primarily to a permanent-magnet rotor (10), particularly for a rotating electrical machine, for example for an electric turbocharger. The rotor comprises: a rotor body (11) defining a plurality of cavities (21); and a set of permanent magnets (22), in particular having radial magnetisation, housed in the cavities (21), each cavity (21) comprising a first space (45) provided at one orthoradial end of the cavity (21) and a second space (45) provided at another orthoradial end of the cavity (21). The cavity (21) comprises an end-stop (54) for orthoradially maintaining a corresponding permanent magnet (22) in place, disposed on the side of the first space (45). The rotor is characterised in that each cavity (21) comprises at least one clamping element (513) that pushes a corresponding permanent magnet (22) against the end-stop (54), said clamping element (513) being disposed in the second space (45).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2016/177970 A1



(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))

L'invention porte principalement sur un rotor (10) à aimants permanents, notamment pour machine électrique tournante, par exemple pour un turbo-chargeur électrique, comportant: -un corps de rotor (11) définissant une pluralité de cavités (21), -un ensemble d'aimants permanents (22), notamment à aimantation radiale, logés dans lesdites cavités (21), chaque cavité (21) comportant un premier espace (45) ménagé à une extrémité orthoradiale de la cavité (21) et un deuxième espace (45) ménagé à une autre extrémité orthoradiale de la cavité (21), la cavité (21) comportant une butée (54) de maintien orthoradial d'un aimant permanent (22) correspondant, disposée du côté du premier espace (45), caractérisé en ce que chaque cavité (21) comporte au moins un élément de plaquage (513) pour le plaquage d'un aimant permanent (22) correspondant, contre la butée (54), l'élément de plaquage (513) étant disposé dans le deuxième espace (45).

ROTOR AMELIORE DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE COMPORTANT AU MOINS UN ELEMENT DE PLAQUAGE D'AIMANT

L'invention porte sur un rotor amélioré de machine électrique tournante muni d'au moins un élément de plaquage d'un aimant à l'intérieur d'une cavité correspondante.

De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor peut être solidaire d'un arbre menant et/ou mené et peut 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.

Le stator est monté dans un carter configuré pour porter à rotation l'arbre par exemple par l'intermédiaire de roulements. 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. Dans un bobinage de type ondulé réparti, les enroulements sont obtenus par exemple à partir d'un fil continu recouvert d'émail ou à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles reliées entre elles par soudage. Alternativement, dans un bobinage de type "concentrique", les enroulements de phase sont constitués par des bobines fermées sur elles-mêmes qui sont enroulées autour des dents du stator. La protection entre le paquet de tôles et le fil de bobinage est assurée soit par un isolant de type papier, soit par du plastique par surmoulage ou au moyen d'une pièce rapportée. Ces enroulements sont des enroulements polyphasés connectés en étoile ou en triangle dont les sorties sont reliées à une électronique de commande.

Par ailleurs, 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 rotor de part en part, ou grâce à des agrafes ou des boutons, ou encore par soudure laser ou par collage des feuilles entre elles. Le rotor comporte des pôles formés par des aimants permanents logés dans des cavités ménagées dans le corps de rotor.

On connaît des machines électriques tournantes accouplées à un arbre d'un turbocompresseur électrique. Ce turbocompresseur électrique permet de compenser au moins en partie la perte de puissance des moteurs thermiques de cylindrée réduite utilisés sur de nombreux véhicules automobiles pour en
5 diminuer la consommation et les émissions de particules polluantes (principe dit de "downsizing" en anglais).

A cet effet, le turbocompresseur électrique, disposé sur le conduit d'admission en amont ou en aval du moteur thermique, comprend une turbine pour permettre de comprimer l'air afin d'optimiser le remplissage des
10 cylindres du moteur thermique. La machine électrique est activée pour entraîner la turbine afin de minimiser le temps de réponse en couple, notamment lors des phases transitoires à l'accélération, ou en phase de redémarrage automatique du moteur thermique après une mise en veille (fonctionnement "stop and start" en anglais).

15 Compte tenu de la vitesse de rotation élevée du rotor (de l'ordre 70000 tours/min dans certaines situations de vie) qui génère des efforts centrifuges très importants sur les aimants, il est difficile de maintenir en position les aimants permanents à l'intérieur des cavités du corps de rotor.

Selon un aspect, l'invention vise à remédier efficacement à cet inconvénient en proposant un rotor à aimants permanents, notamment pour machine
20 électrique tournante, par exemple pour un turbo-chargeur électrique, comportant:

- un corps de rotor définissant une pluralité de cavités,
- un ensemble d'aimants permanents, notamment à aimantation radiale,
25 logés dans lesdites cavités,

caractérisé en ce que :

au moins une cavité dudit corps de rotor comporte au moins un élément de plaquage pour le plaquage d'un aimant permanent correspondant contre une face interne de ladite cavité dudit corps de rotor.

30 L'invention permet ainsi, du fait de la mise en position de l'élément de plaquage à l'intérieur de la cavité, de maintenir efficacement en position les aimants à l'intérieur des cavités en cas de vitesse de rotation élevée du rotor, et lors des phases d'accélération et de décélération.

Selon une réalisation, le rotor est un rotor interne.

Selon une réalisation, ledit corps de rotor présente une périphérie externe délimitée par une face cylindrique.

5 Selon une réalisation, les aimants présentent une section transversale rectangulaire sensiblement constante.

Selon une réalisation, les aimants sont disposés de sorte que leur plus grande face latérale est parallèle à un plan perpendiculaire à un rayon du corps de rotor.

10 Une telle disposition des aimants est tout particulièrement appropriée pour des machines électriques tournantes équipées d'un rotor apte à tourner à des vitesses élevées, par exemple de 5000 à 70000 tours/min. Une telle disposition permet en outre de limiter les vibrations et le bruit de la machine et d'optimiser le flux électromagnétique.

15 Selon une réalisation, le rotor comporte un unique aimant permanent par cavité.

Selon une réalisation, l'élément de plaquage est réalisé au moins partiellement, de préférence totalement, en matériau magnétique.

Ceci permet d'augmenter les performances électromagnétiques de la machine.

20 L'élément de plaquage peut être agencé de sorte qu'il se trouve dans le passage du flux magnétique généré par l'aimant permanent correspondant.

25 Selon une réalisation, l'élément de plaquage est constitué par un ressort, notamment spirale, logé au moins partiellement dans un espace positionné du côté d'une des extrémités orthoradiales d'un aimant permanent correspondant.

Selon une réalisation, la cavité comporte au moins un espace ménagé dans une extrémité orthoradiale. Cela permet de réduire les fuites magnétiques d'une machine équipée d'un tel rotor.

Selon une réalisation, une portion dudit ressort est en appui contre un aimant permanent correspondant, notamment contre une face de l'aimant dirigée vers un axe de rotation dudit rotor, pour appliquer une force sur l'aimant, dans une direction radiale. Une telle configuration permet un maintien radial
5 de l'aimant.

Selon une réalisation, ledit ressort comporte deux portions enroulées reliées entre elles par un bras.

Selon une réalisation, ledit ressort est agencé pour centrer un aimant permanent correspondant par rapport à des espaces situés de part et d'autre
10 dudit aimant permanent. Selon une réalisation, le ressort est agencé pour appliquer une force sur l'aimant, dans une direction orthoradiale.

Selon une réalisation, chaque portion enroulée comporte au moins une spire qui est complète ou incomplète.

Selon une réalisation, ledit rotor comporte un décrochement, notamment
15 distinct d'un espace, apte à recevoir une des portions enroulées.

Selon une réalisation, une des portions enroulées dudit ressort épouse la forme d'un espace situé du côté d'une face d'extrémité orthoradiale d'un aimant permanent correspondant.

Selon une réalisation, un aimant permanent et un espace correspondant sont
20 agencés de façon à permettre le passage libre du bras entre ledit aimant permanent et ledit corps de rotor. Ainsi, on obtient un blocage de l'aimant dans les deux axes avec une seule pièce.

Selon une réalisation, ledit rotor comporte, dans chaque cavité, un ressort unique, de longueur sensiblement égale à une hauteur d'un aimant
25 permanent correspondant. Une telle configuration améliore la résistance à la centrifugation et aux variations de vitesse.

Selon une réalisation, ledit ressort exerce un effort dans une zone d'appui couvrant sensiblement la totalité d'une hauteur d'un aimant permanent correspondant.

Selon une réalisation, ledit ressort présente une zone d'appui couvrant une partie d'une hauteur d'un aimant permanent correspondant.

Selon une réalisation, plusieurs ressorts sont insérés au moins partiellement à l'intérieur d'un espace.

- 5 Selon une réalisation, chaque ressort présente une zone d'appui couvrant une partie d'une hauteur d'un aimant permanent correspondant, en particulier au niveau de chaque extrémité axiale dudit aimant permanent correspondant.

- 10 Selon une réalisation, au moins un ressort est situé respectivement à chaque extrémité orthoradiale d'un aimant permanent correspondant.

- 15 Selon une réalisation, ledit ressort est réalisé dans un matériau amagnétique. Cela est rendu possible par le fait que le ressort ne se trouve pas dans le chemin principal du flux magnétique généré par l'aimant. Les spires sur l'axe orthoradial peuvent être amagnétiques, mais les spires sur l'axe radial sont de préférence magnétiques.

Selon une réalisation, ledit ressort est réalisé dans un matériau magnétique.

Selon une réalisation, ledit ressort est réalisé dans un matériau bi-matière, notamment magnétique et amagnétique.

- 20 Selon une réalisation, ledit rotor comporte au moins une butée de maintien orthoradiale d'un aimant permanent.

Selon une réalisation, la butée de maintien orthoradiale est fixe par rapport au rotor. Ceci permet un positionnement prédéterminé des aimants permanents dans le sens orthoradial.

- 25 Selon une réalisation, la butée de maintien orthoradiale est issue de matière avec le corps de rotor.

Selon une réalisation, la butée de maintien orthoradial est disposée de sorte à venir en contact avec une face de l'aimant parallèle à un plan contenant l'axe dans lequel s'étend le corps de rotor.

Selon une réalisation, le rotor comporte une unique butée de maintien orthoradial par cavité.

Selon une réalisation, on utilise, pour chaque cavité, une butée et un ressort unique du côté opposé.

- 5 Alternativement, plusieurs ressorts sont positionnés du même côté dans un espace correspondant.

Selon une réalisation, ledit élément de plaquage est distinct du corps de rotor.

- 10 Selon une réalisation, des espaces positionnés au niveau de faces d'extrémités orthoradiales de chaque aimant permanent sont remplis d'un matériau de remplissage tel qu'une colle et/ou une résine.

Selon un aspect, l'invention concerne également un rotor à aimants permanents, notamment pour machine électrique tournante, par exemple pour un turbo-chargeur électrique, comportant :

- 15 - un corps de rotor définissant une pluralité de cavités,
- un ensemble d'aimants permanents, notamment à aimantation radiale, logés dans lesdites cavités, chaque cavité comportant un premier espace ménagé à une extrémité orthoradiale de la cavité et un deuxième espace ménagé à une autre extrémité orthoradiale de la cavité,
20 la cavité comportant une butée de maintien orthoradial d'un aimant permanent correspondant, disposée du côté du premier espace, caractérisé en ce que chaque cavité comporte au moins un élément de plaquage pour le plaquage d'un aimant permanent correspondant, contre la butée, l'élément de plaquage étant disposé dans le deuxième espace.

- 25 L'invention permet ainsi de maintenir efficacement en position les aimants à l'intérieur des cavités en cas de vitesse de rotation élevée du rotor, et lors des phases d'accélération et de décélération et de minimiser l'entrefer entre chaque aimant permanent et le corps de rotor.

Selon une réalisation, l'élément de plaquage est constitué par un ressort, notamment spirale.

Selon une réalisation, le ressort comporte deux portions enroulées reliées entre elles par un bras.

- 5 En variante, l'élément de plaquage est constitué par une goupille élastique.

Selon une réalisation, ladite goupille présente une section en forme d'anneau fendu.

Selon une réalisation, l'élément de plaquage épouse la forme du deuxième espace.

- 10 Selon une réalisation, une des portions enroulées du ressort épouse la forme d'une face interne du deuxième espace.

Selon une réalisation, l'élément de plaquage est en matériau amagnétique.

- 15 Selon une réalisation, ledit rotor comporte, dans chaque cavité, un élément de plaquage unique, de longueur sensiblement égale à une hauteur d'un aimant permanent correspondant. Une telle configuration améliore la résistance à la centrifugation et aux variations de vitesse.

Les caractéristiques décrites précédemment sont applicables seules ou en combinaison à cet aspect de l'invention.

- 20 Selon un aspect, l'invention concerne également un procédé de fabrication d'un rotor de machine électrique tournante, caractérisé en ce que ledit procédé comporte:

- une étape de réalisation d'un corps de rotor définissant une pluralité de cavités,
- une étape d'insertion, notamment simultanée, d'un aimant permanent et
- 25 d'un élément de plaquage comprimé à l'intérieur de chaque cavité, et
- une étape de relâchement de l'élément de plaquage de telle façon que l'élément de plaquage assure un plaquage de l'aimant permanent contre une face interne du corps délimitant la cavité correspondante.

Selon un aspect, l'invention a également pour objet une machine électrique tournante comportant un stator bobiné et un rotor tel que précédemment défini.

5 Selon une réalisation, ladite machine comporte un rotor muni de quatre aimants permanents.

Selon une réalisation, ledit corps de rotor présente une périphérie externe délimitée par une face cylindrique de diamètre externe compris entre 20 mm et 50 mm, notamment compris entre 24 mm et 34 mm, et de préférence de l'ordre de 28 mm.

10 Selon une réalisation, ladite machine présente un temps de réponse compris entre 100 ms et 600 ms, notamment compris entre 200 ms et 400 ms, par exemple étant de l'ordre de 250 ms pour passer de 5000 à 70000 tours/min.

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
15 titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1 est une vue en coupe d'un turbocompresseur comportant une machine électrique tournante selon la présente invention;

La figure 2 montre une vue en perspective du rotor de la machine électrique tournante selon la présente invention;

20 La figure 3 est une vue en coupe transversale du rotor de la machine électrique tournante selon la présente invention;

La figure 4 est une vue en perspective d'un aimant permanent destiné à être inséré à l'intérieur d'une cavité du rotor selon la présente invention;

25 La figure 5 montre une vue en coupe partielle illustrant une variante de réalisation du rotor de la machine électrique selon la présente invention.

La figure 6a est une vue en perspective du rotor selon la présente invention illustrant l'utilisation d'un premier mode de réalisation d'un élément de plaquage des aimants constitué par une lame ressort;

La figure 6b est une vue en perspective d'un ensemble formé par un aimant et une lame ressort correspondant positionné à l'intérieur d'une cavité du rotor de la figure 6a;

La figure 7a est une vue en perspective du rotor selon la présente invention illustrant l'utilisation d'un deuxième mode de réalisation d'un élément de
5 plaquage des aimants constitué par une goupille élastique;

Les figures 7b et 7c montrent respectivement des vues en perspective du corps du rotor et d'une goupille utilisés pour la réalisation du rotor de la figure 7a;

10 La figure 8a est une vue en perspective du rotor selon la présente invention illustrant l'utilisation d'un troisième mode de réalisation d'un élément de plaquage des aimants constitué par un ressort à spirales;

La figure 8b est une vue de dessus d'une cavité du rotor illustrant l'utilisation d'un ressort en spirales utilisé en combinaison avec une butée de maintien
15 orthoradiale de l'aimant;

Les figures 8c et 8d sont des vues de dessus d'une cavité du rotor illustrant l'utilisation de ressort à spirales comportant des spires incomplètes;

La figure 9a est une vue en perspective du rotor selon la présente invention illustrant l'utilisation d'un quatrième mode de réalisation d'un élément de
20 plaquage des aimants constitué par un ressort incurvé;

La figure 9b est une vue en perspective d'un ressort incurvé utilisé pour la réalisation du rotor de la figure 9a;

La figure 10a est une vue en perspective du rotor selon la présente invention illustrant l'utilisation d'un cinquième mode de réalisation d'un élément de
25 plaquage des aimants constitué par un ressort en forme de V;

La figure 10b est une vue en perspective d'un ressort en forme de V utilisé pour la réalisation du rotor de la figure 10a;

La figure 11 est une vue partielle de dessus de la machine électrique tournante illustrant les différents entrefers en présence.

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

La figure 1 montre un turbocompresseur 1, dit turbo-chargeur électrique, comportant une turbine 2 munie d'ailettes 3 apte à aspirer, via une entrée 4, de l'air non-comprimé issu d'une source d'air (non représentée) et à refouler de l'air comprimé via la sortie 5 après passage dans une volute référencée 6. La sortie 5 pourra être reliée à un répartiteur d'admission (non représenté) situé en amont ou en aval du moteur thermique afin d'optimiser le remplissage des cylindres du moteur thermique. En l'occurrence, l'aspiration de l'air est réalisée suivant une direction axiale, c'est-à-dire suivant l'axe de la turbine 2, et le refoulement est réalisé suivant une direction radiale perpendiculaire à l'axe de la turbine 2. En variante, l'aspiration est radiale tandis que le refoulement est axial. Alternativement, l'aspiration et le refoulement sont réalisés suivant une même direction par rapport à l'axe de la turbine (axiale ou radiale).

A cet effet, la turbine 2 est entraînée par une machine électrique 7 montée à l'intérieur du carter 8. Cette machine électrique 7 comporte un stator 9, qui pourra être polyphasé, entourant un rotor 10 avec présence d'un entrefer. Ce stator 9 est monté dans le carter 8 configuré pour porter à rotation un arbre 19 par l'intermédiaire de roulements 20. L'arbre 19 est lié en rotation avec la turbine 2 ainsi qu'avec le rotor 10. Le stator 9 est de préférence monté dans le carter 8 par frettage.

Afin de minimiser l'inertie de la turbine 2 lors d'une demande d'accélération de la part du conducteur, la machine électrique 7 présente un temps de réponse court compris entre 100 ms et 600 ms, notamment compris entre 200 ms et 400 ms, par exemple étant de l'ordre de 250 ms pour passer de 5000 à 70000 tours/min. De préférence, la tension d'utilisation est de 12 V et un courant en régime permanent est de l'ordre de 150 A. De préférence, la machine électrique 7 est apte à fournir un pic de courant, c'est-à-dire un courant délivré sur une durée continue inférieure à 3 secondes, compris entre 150 A et 300 A, notamment entre 180 A et 220 A. En variante, la machine électrique 7 est apte à fonctionner en mode alternateur, ou est une machine électrique de type réversible.

Plus précisément, le stator 9 comporte un corps 91 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 d'un bobinage 92. Dans un bobinage de type ondulé réparti, les enroulements sont obtenus par exemple à partir d'un fil continu recouvert d'émail ou à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles en forme de U dont les extrémités libres sont reliées entre elles par soudage. Alternativement, dans un bobinage de type "concentrique", les enroulements de phase sont constitués par des bobines fermées sur elles-mêmes qui sont enroulées autour des dents du stator 9. La protection entre le paquet de tôles et le fil de bobinage est assurée soit par un isolant de type papier, soit par du plastique par surmoulage ou au moyen d'une pièce rapportée. Ces enroulements sont des enroulements polyphasés connectés en étoile ou en triangle dont les sorties sont reliées à une électronique de commande.

Par ailleurs, le rotor 10 d'axe de rotation X montré en détails sur la figure 2 est à aimants permanents. Le rotor 10 comporte un corps de rotor 11 formé ici par un empilement de tôles s'étendant dans un plan radial perpendiculaire à l'axe X afin de diminuer les courants de Foucault. Ce corps de rotor 11 est réalisé en matière ferromagnétique. Les tôles sont maintenues par des moyens de fixation 14, par exemple des rivets, traversant axialement de part en part l'empilement des tôles, ou avec des agrafes ou encore au moyen de boutons, ou encore par soudure ou collage des tôles pour formation d'un ensemble manipulable et transportable.

A cet effet, une pluralité de trous de fixation 13 sont réalisés dans le corps de rotor 11 pour autoriser chacun le passage d'un moyen de fixation 14 des tôles du corps de rotor 11. En l'occurrence, les trous de fixation 13 sont de préférence traversants, c'est-à-dire qu'ils débouchent axialement sur chacune des extrémités axiales 17, 18 du corps de rotor 11, en sorte qu'il est possible de faire passer à l'intérieur de chaque trou 13 une tige 14 munie d'une tête 141 à une de ses extrémités et dont l'autre extrémité sera déformée par exemple par un procédé de bouterollage afin d'assurer le maintien axial du paquet de tôles. En variante, la tige 14 est dépourvue de tête 141 et les deux extrémités sont alors déformées par un procédé de bouterollage ou par frappe. En variante, les trous 13 pourront présenter une

section de forme carrée, rectangulaire, ou toute autre forme adaptée au passage des moyens de fixation 14.

Le corps de rotor 11 peut être lié en rotation à l'arbre 19 de différentes manières, par exemple par emmanchement en force de l'arbre 19 cannelé à l'intérieur de l'ouverture centrale 12 du rotor 10, ou à l'aide d'un dispositif à clavette.

Le corps de rotor 11 présente une périphérie interne 15 délimitant l'ouverture cylindrique centrale 12 ayant un diamètre interne D1 par exemple de l'ordre de 10mm, et une périphérie externe 16 délimitée par une face cylindrique de diamètre externe D2 compris entre 20 mm et 50 mm, notamment compris entre 24 mm et 34 mm, et de préférence de l'ordre de 28 mm. Le corps de rotor 11 présente également deux faces d'extrémité axiale 17, 18 de forme annulaire s'étendant entre la périphérie interne 15 et la périphérie externe 16.

Par ailleurs, un diamètre externe du stator 9 est compris entre 35 mm et 80 mm, notamment entre 45 mm et 55 mm, par exemple entre 48 mm et 52 mm.

Le rotor 10 comporte une pluralité de cavités 21 dans chacune desquelles est logé un aimant permanent 22. Chaque cavité 21 traverse axialement le corps de rotor 11 de part en part, c'est-à-dire d'une face d'extrémité axiale 17, 18 à l'autre. En variante, les cavités 21 peuvent comporter un fond pour le maintien axial de l'aimant, sur une extrémité axiale du corps de rotor.

Deux cavités 21 voisines sont séparées par un bras 25 issu d'une âme 26 du rotor 10, en sorte qu'il existe une alternance de cavités 21 et de bras 25 lorsque l'on suit une circonférence du rotor 10. Le corps de rotor 11 comporte également des parois polaires 31 situées chacune entre deux bras 25 adjacents. Chaque paroi polaire 31 s'étend entre une face interne 36 en contact avec un aimant permanent 22 et la périphérie externe du rotor 10. En outre, chaque bras 25 est raccordé à une paroi polaire 31 correspondante par l'intermédiaire d'un pont 32.

Ainsi, comme on peut le voir sur la figure 3, les cavités 21 sont délimitées chacune par deux faces 35 de deux bras 25 adjacents tournées l'une vers l'autre, une face interne 36 plate d'une paroi polaire 31 s'étendant suivant

une direction orthoradiale, une face 37 plate ménagée dans l'âme 26 parallèle à la face 36, et les faces internes 38 de deux ponts 32. Les jonctions entre les faces 35 et 38 pourront être arrondies afin de faciliter la fabrication des pièces.

5 Dans le cas présent, comme cela est bien visible sur la figure 4, les aimants permanents 22 ont une forme de parallélépipède rectangle dont les angles sont légèrement biseautés. Les aimants 22 présentent ainsi une section transversale rectangulaire sensiblement constante. Les aimants 22 sont à aimantation radiale, c'est-à-dire que les deux faces 41, 42 parallèles l'une
10 par rapport à l'autre ayant une orientation orthoradiale sont magnétisées de manière à pouvoir générer un flux magnétique suivant une orientation radiale M par rapport à l'axe X. Parmi ces faces 41, 42 parallèles, on distingue la face interne 41 située du côté de l'axe X du rotor 10 et la face externe 42 située du côté de la périphérie externe 16 du rotor 10.

15 Comme cela est bien visible sur les figures 3 et 5 où les lettres N et S correspondent respectivement aux pôles Nord et Sud, les aimants 22 situés dans deux cavités 21 consécutives sont de polarités alternées. Ainsi, d'une cavité 21 à l'autre; les faces internes 41 des aimants 22 en appui contre la face plate 37 ménagée dans l'âme 26 présentent une polarité alternée, et les
20 faces externes 42 des aimants 22 en contact avec la face interne 36 de la paroi polaire 31 correspondante présentent une polarité alternée.

Les faces internes 41 et externes 42 de chaque aimant 22 sont en l'occurrence planes, comme les autres faces de chaque aimant 22. En variante, comme cela a été représenté sur la figure 5, la face externe 42 de
25 chaque aimant 22 est courbée, tandis que la face interne 41 de l'aimant 22 est plate, ou inversement. La face interne 36 de la paroi polaire 31 présente alors une forme courbe correspondante. On améliore ainsi le maintien de l'aimant 22 à l'intérieur d'une cavité 21. Alternativement, les deux faces latérales 41 et 42 sont courbées dans le même sens (cf. trait pointillé 50), en
30 sorte que chaque aimant 22 présente globalement une forme de tuile.

Par ailleurs, les aimants 22 ne remplissent pas complètement les cavités 21, de telle façon qu'il existe deux espaces vides 45 de part et d'autre de l'aimant 22 suivant une direction orthoradiale. Ces espaces sont délimitées par des

faces d'extrémités orthoradiales des aimants 22 et les faces de la cavité 21 en vis-à-vis. Ces espaces 45 s'étendent longitudinalement suivant les faces d'extrémités orthoradiales des aimants 22. Le volume d'air délimité par l'ensemble des espaces 45 du rotor 10 permet de réduire l'inertie du rotor 10.

- 5 Les aimants 22 sont de préférence réalisés en terre rare afin de maximiser la puissance magnétique de la machine 7. En variante, ils pourront toutefois être réalisés en ferrite selon les applications et la puissance recherchée de la machine électrique 7. Alternativement, les aimants 22 peuvent être de nuances différentes pour réduire les coûts. Par exemple, on alterne dans les
- 10 cavités 21 l'utilisation d'un aimant en terre rare et d'un aimant en ferrite moins puissant mais moins coûteux. Certaines cavités 21 pourront également être laissées vides en fonction de la puissance recherchée de la machine électrique 7. Par exemple, deux cavités 21 diamétralement opposés peuvent être vides. Le nombre de cavités 21 est de préférence, comme cela
- 15 est représenté, égal à quatre tout comme le nombre d'aimants 22 associés. Il est toutefois possible d'augmenter le nombre de cavités 21 et d'aimants 22 en fonction de l'application. Par ailleurs, un aimant permanent 22 unique est de préférence inséré à l'intérieur de chaque cavité 21. En variante, on pourra utiliser plusieurs aimants 22 empilés l'un sur l'autre à l'intérieur d'une même
- 20 cavité 21. On pourra par exemple utiliser deux aimants permanents 22 empilés axialement ou orthoradialement l'un sur l'autre qui pourront le cas échéant être de nuances différentes.

- En outre, des éléments de plaquage 51 sont intercalés entre le corps de rotor 11 et chaque aimant 22, pour assurer le maintien de chaque aimant
- 25 permanent 22 à l'intérieur de la cavité 21 correspondante. Chaque élément de plaquage 51 est agencé, de sorte que l'élément de plaquage 51 se trouve dans le passage du flux magnétique radial généré par l'aimant 22 correspondant. Chaque élément de plaquage 51 assure un plaquage de l'aimant 22 contre la face interne 36 de chaque cavité 21 par application d'un
- 30 effort de direction radiale. En variante, les éléments de plaquage 51 pourraient être positionnés du côté opposé de l'aimant 22 de manière à assurer un plaquage de l'aimant 22 contre la face interne opposée 36.

Dans le mode de réalisation des figures 6a et 6b, l'élément de plaquage 51 est constitué par une lame ressort 511 incurvée. Un creux 55 de la lame 511 incurvée est dirigé du côté d'un arbre du rotor 10. Lorsque la lame 511, qui est rapportée par rapport au corps de rotor 11, est positionnée entre le corps
5 11 et l'aimant 22, la hauteur du creux 55 diminue par déformation élastique en sorte que la lame 511 est dans un état comprimé. Par réaction, la lame 511 applique alors un effort radial contre l'aimant 22 correspondant de manière à le plaquer contre la face interne 36.

Dans l'exemple de réalisation, les bords de la lame 511 coïncident
10 sensiblement avec les bords de l'aimant 22 comme cela est bien visible en figure 6b. Cela permet de limiter au maximum le volume d'air qui perturbe la propagation du flux magnétique.

Dans tous les cas, la lame ressort 511 a une surface au moins égale à 40%,
notamment au moins égale à 60%, par exemple au moins égale à 80% de la
15 surface de l'aimant 22 contre lequel la lame vient en vis-à-vis.

La lame ressort 511 comprend des pattes de maintien axial 52 de l'aimant
22. Suivant chacun de ses bords d'extrémité axial, la lame 511 comporte
ainsi au moins une patte 52 repliée de manière à venir en appui contre une
face d'extrémité axiale de l'aimant 22 et au moins une patte 52 destinée à
20 venir en appui contre une face d'extrémité du corps de rotor 11.

En l'occurrence, la lame 511 comprend à chacun de ses bords d'extrémité
axiaux deux pattes centrales 52 repliées de manière à venir en contact
contre une face d'extrémité d'un aimant 22 correspondant, ainsi que deux
pattes extrêmes 52 repliées de manière à venir en contact contre une face
25 d'extrémité du corps de rotor 11. En variante, la disposition des pattes 52
plaquées sur la face de l'aimant 22 et le rotor 10 est inversée. Le nombre et
la disposition des pattes 52 le long des bords de la lame 511 pourront bien
entendu être adaptés en fonction de l'application, et en particulier de la taille
de l'aimant 22 à maintenir dans la cavité 21. Une telle configuration du
30 ressort 511 permet ainsi de supprimer les flasques de maintien axial des
aimants 22 à l'intérieur des cavités 21.

La lame 511 pourra également comporter, le cas échéant, des pattes 53 de maintien latéral d'un aimant 22 correspondant (cf. figure 6b). Cela permet de garantir un centrage de l'aimant 22 dans la cavité 21 par rapport aux espaces 45. Alternativement ou en complément des pattes 52, 53, le rotor 10
5 pourra également comporter au moins une butée 54 de maintien orthoradiale de chaque aimant de l'ensemble d'aimants 22 de manière à le centrer par rapport aux espaces 45, comme illustré en figure 8b. La butée 54 pourra être formée par un épaulement longitudinal réalisé dans le corps de rotor 11.

Comme cela est visible sur la figure 11, la machine comporte un entrefer
10 total E_{tot} , mesuré le long d'un rayon $R1$ de la machine coupant un aimant permanent 22, l'entrefer total étant la somme d'un premier entrefer $E1$ entre le stator 80 et le rotor 10 et d'un deuxième entrefer $E2$ entre une paroi de la cavité 21 et une face de l'aimant permanent 22 correspondant.

L'entrefer total E_{tot} est de préférence compris entre 0,1 et 0,6 mm, par
15 exemple sensiblement égal à 0,3 mm. Chaque aimant permanent 22 présente une épaisseur moyenne d'environ 2 à 5 mm, par exemple sensiblement égal à 3 mm.

Un ratio entre la plus petite épaisseur E d'un aimant 22 et la largeur
20 maximale de l'entrefer total E_{tot} est compris entre 3 et 50, notamment entre 10 et 15.

La lame 511 est réalisée de préférence au moins partiellement, de préférence totalement, en matériau magnétique tel que le fer ou une nuance d'aciers afin de permettre la transmission du flux magnétique radial dans le chemin duquel se trouve la lame 511.

25 Dans le cas présent, la lame 511 exerce un effort dans une zone d'appui couvrant sensiblement la totalité de la hauteur H de l'aimant 22 mesurée suivant une direction axiale. Plus généralement, la lame 511 exerce une force dans une zone d'appui sur au moins 10% de la hauteur H de l'aimant permanent 22. Dans une variante de réalisation, on utilise une pluralité de
30 lames 511 exerçant chacun une zone d'appui sur une partie de la hauteur d'un aimant permanent 22 correspondant. Les espaces 45 positionnés au niveau des faces extrémités orthoradiales de chaque aimant 22 pourront si

besoin être remplis d'un matériau de remplissage, tel que de la colle et/ou de la résine, ou tout autre matériau adapté.

Dans le mode de réalisation des figures 7a à 7c, l'élément de plaquage 51 est constitué par une goupille 512. La goupille 512 présente une forme annulaire allongée suivant une direction axiale. La goupille 512 est munie d'une fente 57 longitudinale traversant une paroi 58 annulaire de part en part pour lui conférer son élasticité. La goupille 512 présente ainsi une section en forme d'anneau fendu. Les extrémités 59 de la goupille 512 bien visibles sur la figure 7c sont de préférence biseautées. En l'occurrence, la goupille 512 est montée comprimée dans un décrochement 60 réalisé dans le paquet de tôle ayant une forme complémentaire de la goupille 512 (cf. figure 7a et 7b). Le décrochement 60 délimite ainsi une forme de portion de cylindre. Dans l'état comprimé, les extrémités libres de l'anneau délimité par la goupille 512 sont rapprochées l'une de l'autre, de telle façon que la goupille 512 exerce par réaction un effort radial sur l'aimant 22 de manière à plaquer l'aimant 22 contre la face interne 36.

Dans chaque cavité 21, le rotor 10 comporte ici une goupille 512 unique qui présente une longueur sensiblement égale à la hauteur H de l'aimant 22. La goupille 512 exerce ainsi un effort dans une zone d'appui couvrant la totalité de la hauteur H de l'aimant 22, ce qui permet d'homogénéiser l'effort d'appui sur l'aimant 22. La zone d'appui est sensiblement linéaire, dans la mesure où elle correspond à l'intersection entre un plan (la face plane 36 de l'aimant 22) et un cylindre (correspondant à la périphérie externe de la goupille 512).

En variante, plusieurs goupilles 512 sont insérées à l'intérieur de chaque cavité 21. Chaque goupille 512 pourra alors présenter une zone d'appui couvrant une partie de la hauteur H' d'un aimant permanent 22 correspondant, en particulier au niveau de chaque extrémité axiale de l'aimant 22 (cf. figure 7b). Chaque goupille 512 présente de préférence une zone d'appui couvrant au moins 10%, notamment 50%, de la hauteur de l'aimant 22. Deux goupilles 512 au moins pourront être alignées sensiblement suivant un même axe.

Alternativement, une goupille 512 est située respectivement à chaque extrémité orthoradiale de l'aimant 22, comme dans le cas de l'utilisation des

ressorts à spirales 513 (cf. figure 8a). Plusieurs goupilles 512 pourront également être positionnées à chaque extrémité orthoradiale de l'aimant 22. De telle configuration permettent d'éviter la perturbation du flux dans la partie centrale de l'aimant 22.

- 5 Un ratio entre une hauteur L1 d'un décrochement 60 mesuré suivant l'axe radial par rapport au diamètre extérieur L2 d'une goupille 512 correspondante est compris entre 0,4 et 0,7, notamment entre 0,5 et 0,6. Un tel ratio permet d'optimiser le compromis entre l'effort de poussée appliqué par la goupille 512 sur l'aimant 22 et la limitation de la lame d'air (entre la
- 10 face 37 et la face en vis-à-vis de l'aimant 22) perturbant la propagation du flux dans le rotor 10. La goupille 512 est par ailleurs réalisée au moins partiellement, de préférence totalement dans un matériau magnétique afin de ne pas perturber la transmission du flux magnétique d'orientation radiale généré par l'aimant 22 correspondant. Dans l'exemple représenté, le
- 15 diamètre d'une goupille 512 est compris entre 1 et 2,5 mm, et est par exemple de l'ordre de 1,5 mm.

Dans le mode de réalisation des figures 8a à 8d, l'élément de plaquage 51 est constitué par au moins un ressort à spirales 513 logé au moins partiellement dans un espace 45 positionné du côté d'une des extrémités

20 orthoradiales de l'aimant 22. Le ressort 513 applique une force ayant une direction sensiblement radiale sur l'aimant 22 correspondant de manière à plaquer l'aimant 22 correspondant contre la face interne 36. A cet effet, une portion du ressort 513 est en appui contre l'aimant 22.

Plus précisément, deux ressorts 513 sont positionnés de part et d'autre de

25 l'aimant 22 suivant une direction orthoradiale. Une telle configuration permet ainsi de réduire les fuites magnétiques de la machine. Chaque ressort 513, qui est rapporté par rapport au corps de rotor 11, comporte une première 61 et une deuxième 62 portions enroulées reliées entre elles par un bras 63, comme cela est visible sur les figures 8a et 8b. Dans l'exemple représenté,

30 chaque portion enroulée 61, 62 comporte une pluralité de spires 64. En variante, chaque portion enroulée 61, 62 comporte au moins une spire 64 qui pourra être complète ou incomplète. Les figures 8a et 8b illustrent ainsi des

ressorts 513 munis de portions 61, 62 formées par des spires 64 incomplètes ayant des sens d'enroulement inversés.

La première portion enroulée 61 est positionnée à l'intérieur d'un des espaces 45, de manière à épouser la forme de l'espace 45. La deuxième
5 portion enroulée 62 est positionnée à l'intérieur d'un décrochement 60 de forme correspondante ménagé dans le corps de rotor 11. Le décrochement 60 présente ainsi une forme de portion de cylindre.

L'aimant 22 et l'espace 45 correspondant sont agencés de façon à permettre le passage libre du bras 63 entre l'aimant 22 et le corps de rotor 11. Comme
10 cela est illustré sur la figure 8a, le fait de positionner une portion enroulée 61 d'un ressort 513 dans chaque espace 45 permet de garantir le centrage de l'aimant 22 par rapport à ces espaces 45.

Dans l'état comprimé, les portions enroulées 61, 62 sont écartées angulairement l'une de l'autre par rapport à leur position dans l'état de repos
15 du ressort 513, de telle façon que la portion enroulée 62 exerce par réaction, suivant une zone d'appui, un effort ayant une direction sensiblement radial sur l'aimant 22 de manière à le plaquer contre la face interne 36. La zone d'appui du ressort 513 contre l'aimant 22 est linéaire dans la mesure où elle correspond à l'intersection entre la face interne plane 36 et la portion
20 enroulée 62 de forme globalement cylindrique. Cette zone d'appui couvre en l'occurrence sensiblement la totalité de la hauteur H de l'aimant 22.

Alternativement, plusieurs ressorts 513 sont insérés à l'intérieur de chaque espace 45. Chaque ressort 513 présente une zone d'appui couvrant une
25 partie de la hauteur H' d'un aimant permanent 22, en particulier au niveau de chaque extrémité axiale de l'aimant 22.

Dans le mode de réalisation montré sur la figure 8b, on utilise dans chaque cavité 21 un ressort 513 unique et une butée 54 sous forme d'un épaulement longitudinal réalisé dans le corps de rotor 11 pour assurer un maintien
30 orthoradial de l'aimant 22 correspondant. Les espaces 45 pourront si besoin être remplis de colle et/ou de résine.

Etant donné que les ressorts 513 sont positionnés en appui contre les extrémités orthoradiales de l'aimant 22, les ressorts 513 perturbent peu le flux magnétique central généré par l'aimant 22. En conséquence, les ressorts 513 peuvent être réalisés dans un matériau amagnétique. En variante, les
5 ressorts 513 sont réalisés dans un matériau magnétique. En variante, chaque ressort 513 est réalisé dans un matériau bi-matière, c'est-à-dire que la portion enroulée 61 située dans un espace 45 est réalisée en matériau amagnétique et la portion enroulée 62 située en appui contre l'aimant 22 est réalisée dans un matériau magnétique afin de minimiser les perturbations
10 magnétiques.

Dans le mode de réalisation des figures 9a et 9b, pour assurer un maintien des aimants 22 à l'intérieur des cavités 21, le rotor 10 comporte, dans chaque cavité 21, un ressort 514 monté comprimé par écrasement suivant sa hauteur entre le corps de rotor 11 et les aimants permanents 22. Chaque
15 ressort 514 exerce ainsi par déformation un effort radial sur les aimants 22 de l'intérieur vers l'extérieur du rotor 10. A cet effet, chaque ressort 514 est positionné dans un décrochement 60 longitudinal. Ce décrochement 60 de section rectangulaire est prévu afin de minimiser la lame d'air entre l'aimant 22 et la face interne 37 en vis-à-vis de l'aimant 22. Comme cela est bien
20 visible sur la figure 9b, chaque ressort 514, réalisé par exemple en acier inoxydable, comporte une portion arrondie centrale 67, et deux portions arrondies d'extrémité 68 situées de part et d'autre de la portion centrale 67. La portion centrale 67 et les portions d'extrémité 68 présentent des courbures inversées. Le rayon de courbure de la portion centrale 67 est
25 supérieur au rayon de courbure des portions d'extrémité 68. Ce ressort 514 rattrape ainsi les jeux de sorte que les tolérances de fabrication peuvent être grandes. Chaque ressort 514 présente de préférence une extrémité biseautée 69 pour faciliter l'insertion dans la cavité 21. Chaque ressort 514 comporte en outre une fente 70 le long de l'extrémité biseautée 69 pour
30 réduire la rigidité de l'extrémité biseautée.

Dans le cas présent, chaque ressort 514 exerce un effort dans une zone d'appui couvrant sensiblement la totalité de la hauteur H de l'aimant 22. Dans une variante de réalisation, on utilise une pluralité de ressorts 514 exerçant chacun une zone d'appui sur une partie de la hauteur d'un aimant

permanent 22 correspondant. Chaque ressort 514 exerce alors une force dans une zone d'appui sur au moins 10% de la hauteur H de l'aimant permanent 22.

5 Dans le mode de réalisation des figures 10a et 10b, les éléments de plaquage 51 sont constitués chacun par un ressort 515 comportant deux plaquettes 73 de forme rectangulaire reliées entre elles par un de leur bord d'extrémité commun 77 et inclinées l'une par rapport à l'autre de manière à présente une forme de V. Chaque ressort 515 exerce par déformation un effort radial sur les aimants 22 de l'intérieur vers l'extérieur du rotor 10. A cet effet, chaque ressort 515 est positionné dans un décrochement 60 longitudinal du paquet de tôle prévu afin de minimiser la lame d'air entre l'aimant 22 et la face interne 36 en vis-à-vis de l'aimant 22 du côté de l'arbre. En outre, les extrémités libres du ressort 515 étant rapprochées l'une de l'autre, le ressort 515 exerce par réaction un effort radial contre l'aimant de manière à le plaquer contre la face interne 36. Comme cela est bien visible sur la figure 10b, chaque ressort 515, comporte deux retours 74 situés chacun du côté d'un bord d'une des extrémités libres d'une plaquette 73 correspondante. Les retours 74 formant un angle par rapport à la plaquette 73 correspondante sont destinés à venir chacun en appui respectivement contre une face du rotor 10 et contre une face d'extrémité axiale de l'aimant 22. Le ressort 515 pourra être réalisé par exemple dans un matériau magnétique afin de ne pas perturber le flux magnétique circulant dans le rotor 10. Alternativement, le ressort 515 est réalisé dans un matériau amagnétique.

25 Dans le cas présent, chaque ressort 515 exerce un effort dans une zone d'appui sensiblement plane couvrant sensiblement la totalité de la hauteur H de l'aimant 22. Dans une variante de réalisation, on utilise une pluralité de ressorts 515 exerçant chacun une zone d'appui sur une partie de la hauteur H d'un aimant permanent 22 correspondant. Chaque ressort 515 exerce alors une force dans une zone d'appui sur au moins 10% de la hauteur H de l'aimant permanent 22.

On décrit ci-après le procédé de fabrication d'un rotor 10 de machine électrique tournante qui consiste à réaliser le corps de rotor 11 définissant

une pluralité de cavités 21, puis à insérer de préférence simultanément un aimant permanent 22 et un élément de plaquage 51, 511, 512, 513, 514, 515 comprimé à l'intérieur de chaque cavité 21. L'élément de plaquage 51 est ensuite relâché, de telle façon que l'élément de plaquage 51 assure un
5 plaquage de l'aimant permanent 22 contre la face interne 36 du corps délimitant en partie la cavité 21.

Le corps de rotor 11 pourra également comporter deux flasques de maintien (non représentées) plaqués de part et d'autre du rotor 10 sur ses faces d'extrémité axiale. Ces flasques de maintien assurent une retenue axiale des
10 aimants 22 à l'intérieur des cavités 21 et servent également à équilibrer le rotor 10. Les flasques sont en matière amagnétique, par exemple en aluminium.

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
15 en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

REVENDICATIONS

1. Rotor (10) à aimants permanents, notamment pour machine électrique tournante, par exemple pour un turbo-chargeur électrique, comportant:

- un corps de rotor (11) définissant une pluralité de cavités (21),
 - un ensemble d'aimants permanents (22), notamment à aimantation radiale, logés dans lesdites cavités (21), chaque cavité (21) comportant un premier espace (45) ménagé à une extrémité orthoradiale de la cavité (21) et un deuxième espace (45) ménagé à une autre extrémité orthoradiale de la cavité (21),
- la cavité (21) comportant une butée (54) de maintien orthoradial d'un aimant permanent (22) correspondant, disposée du côté du premier espace (45), caractérisé en ce que chaque cavité (21) comporte au moins un élément de plaquage (513) pour le plaquage d'un aimant permanent (22) correspondant, contre la butée (54), l'élément de plaquage (513) étant disposé dans le deuxième espace (45).

2. Rotor selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément de plaquage (513) est constitué par un ressort (513), notamment spirale.

3. Rotor selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une portion dudit ressort (513) est en appui contre un aimant permanent (22) correspondant, notamment contre une face de l'aimant (22) dirigée vers un axe de rotation dudit rotor (10), pour appliquer une force sur l'aimant (10), dans une direction radiale.

4. Rotor selon l'une quelconque des revendications 2 à 3, caractérisé en ce que ledit ressort (513) comporte deux portions enroulées (61, 62) reliées entre elles par un bras (63).

5. Rotor selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque portion enroulée (61, 62) comporte au moins une spire (64) qui est complète ou incomplète.

6. Rotor selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que ledit rotor (10) comporte un décrochement (60), notamment distinct d'un espace (45), apte à recevoir une des portions enroulées (62).

5 7. Rotor selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'une des portions enroulées (61) dudit ressort (513) épouse la forme d'une face interne du deuxième espace (45).

8. Rotor selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé en ce qu'un aimant permanent (22) et un espace (45) correspondant sont agencés de façon à permettre le passage libre du bras entre ledit aimant
10 permanent (22) et ledit corps de rotor (11).

9. Rotor selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que ledit rotor (10) comporte, dans chaque cavité (21), un ressort (513) unique, de longueur sensiblement égale à une hauteur (H) d'un aimant permanent (22) correspondant.

15 10. Rotor selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément de plaquage (513) est constitué par une goupille élastique (512).

11. Rotor selon la revendication 10, caractérisé en ce que la goupille élastique (512) présente une section en forme d'anneau fendu.

20 12. Procédé de fabrication d'un rotor (10) de machine électrique tournante, caractérisé en ce que ledit procédé comporte:

- une étape de réalisation d'un corps de rotor (11) définissant une pluralité de cavités (21),
- une étape d'insertion, notamment simultanée, d'un aimant permanent (22) et d'un élément de plaquage comprimé à l'intérieur de chaque cavité
25 (21), et
- une étape de relâchement de l'élément de plaquage de telle façon que l'élément de plaquage assure un plaquage de l'aimant permanent (22) contre une face interne (36) du corps délimitant la cavité (21) correspondante.

30 13. Machine électrique tournante comportant un stator bobiné et un rotor (10) tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

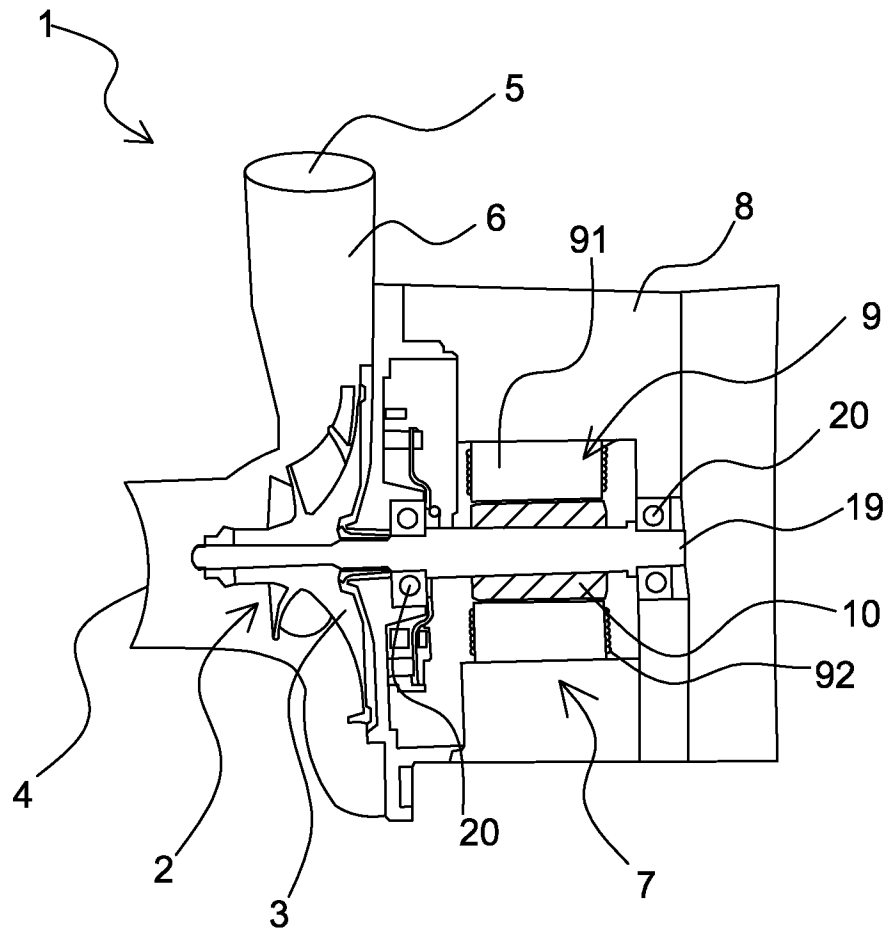


Fig.1

2/9

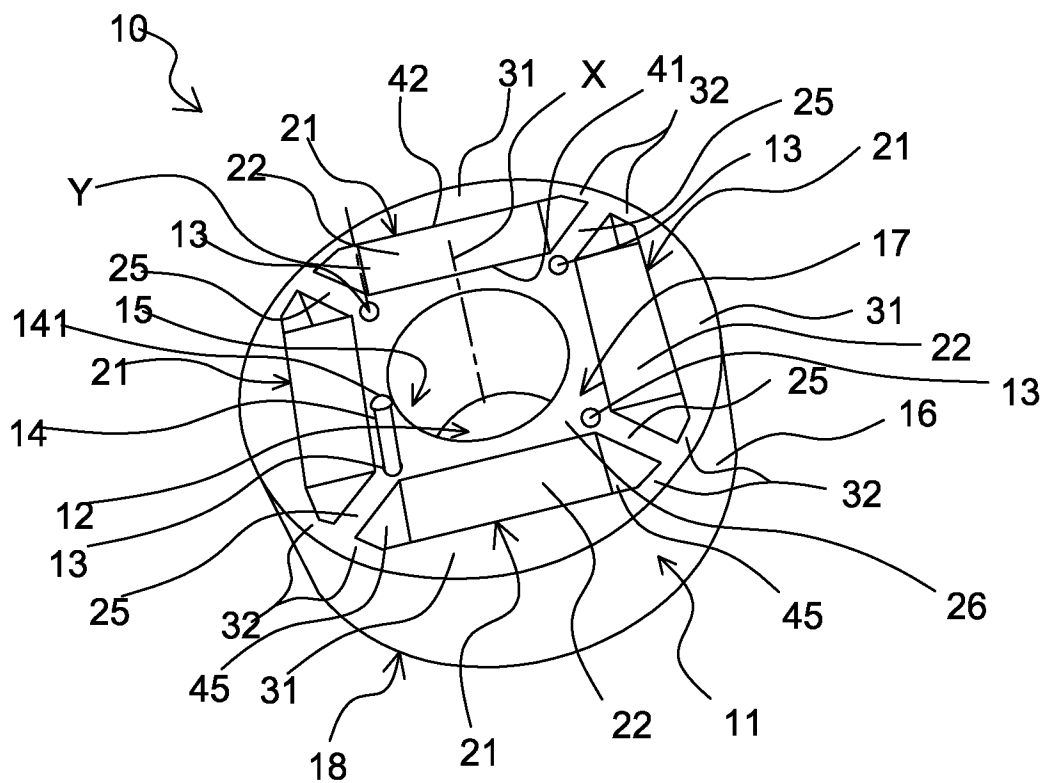


Fig.2

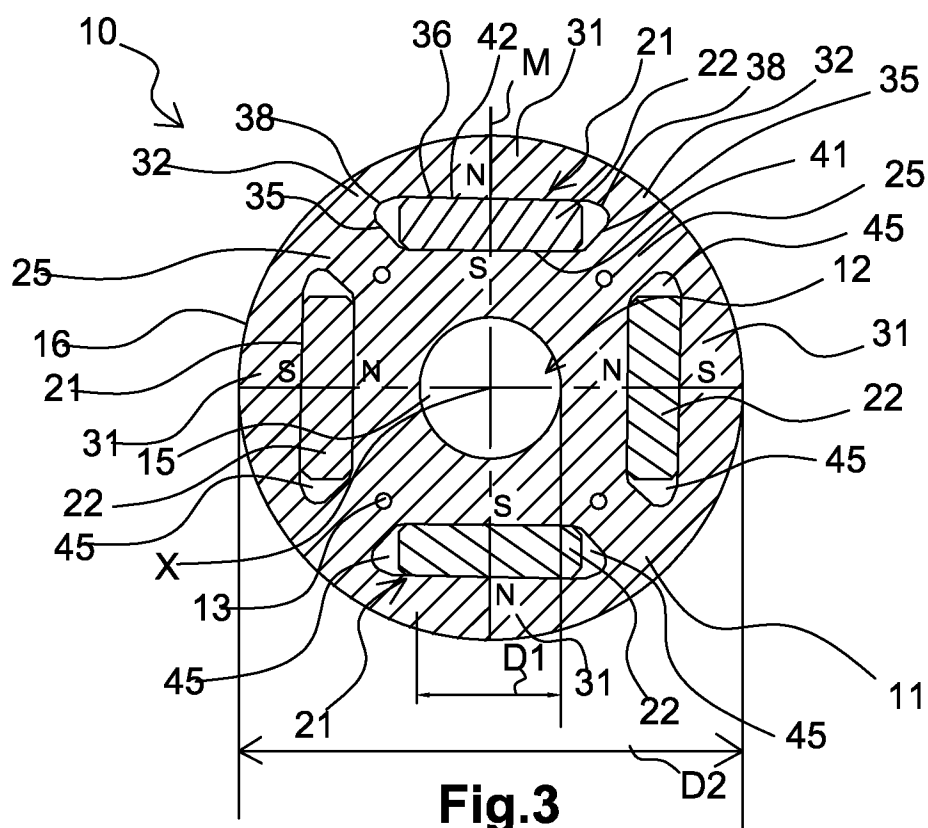


Fig.3

3/9

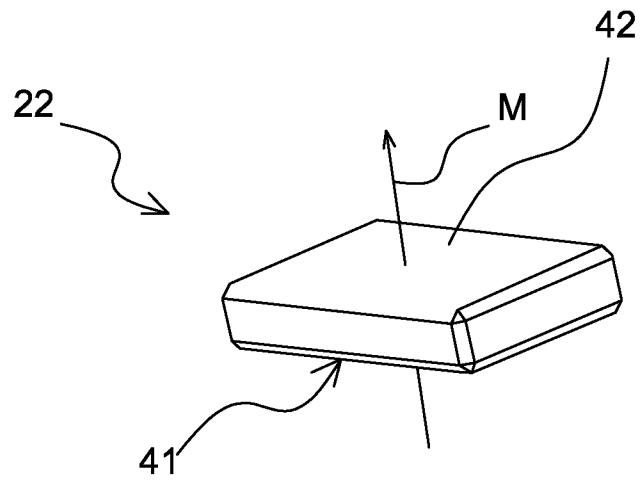


Fig.4

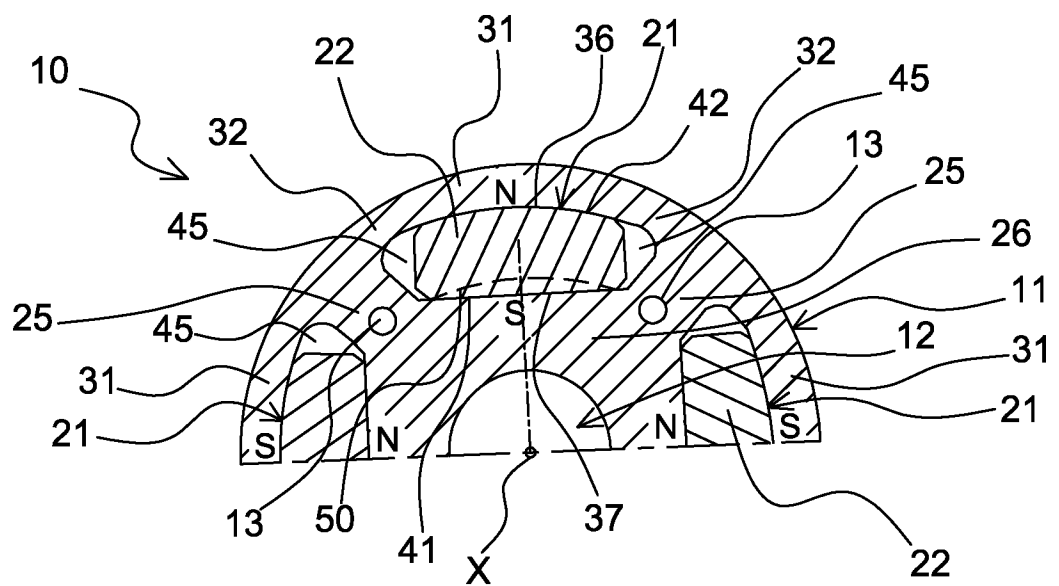


Fig.5

4/9

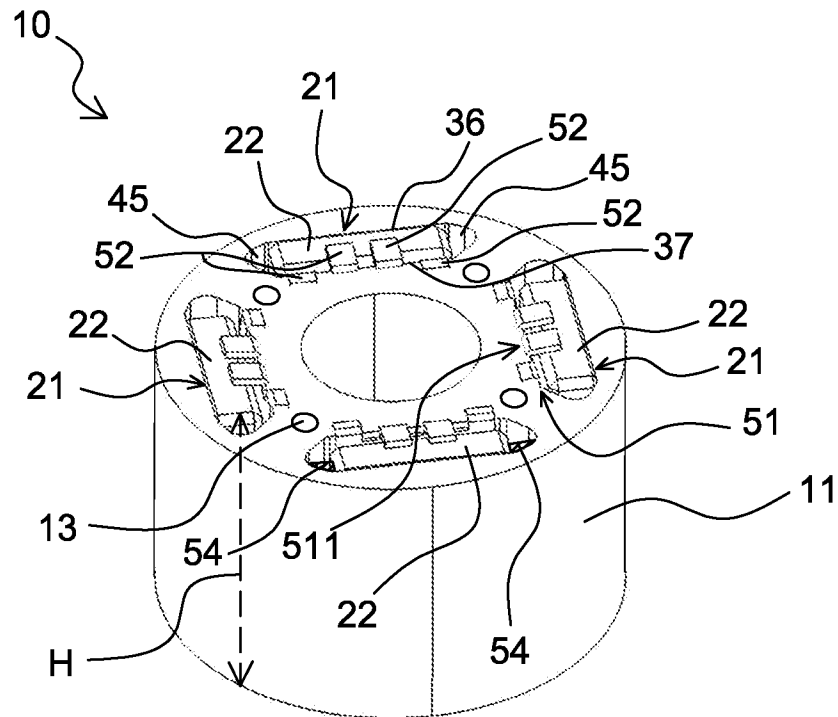


Fig.6a

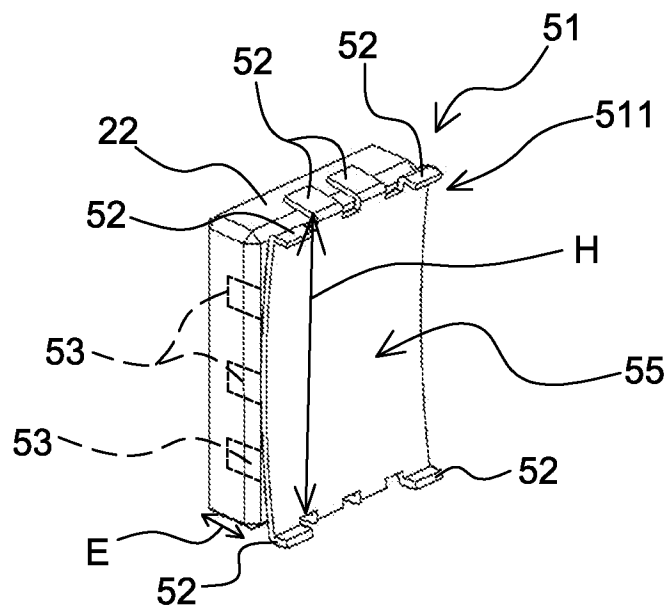


Fig.6b

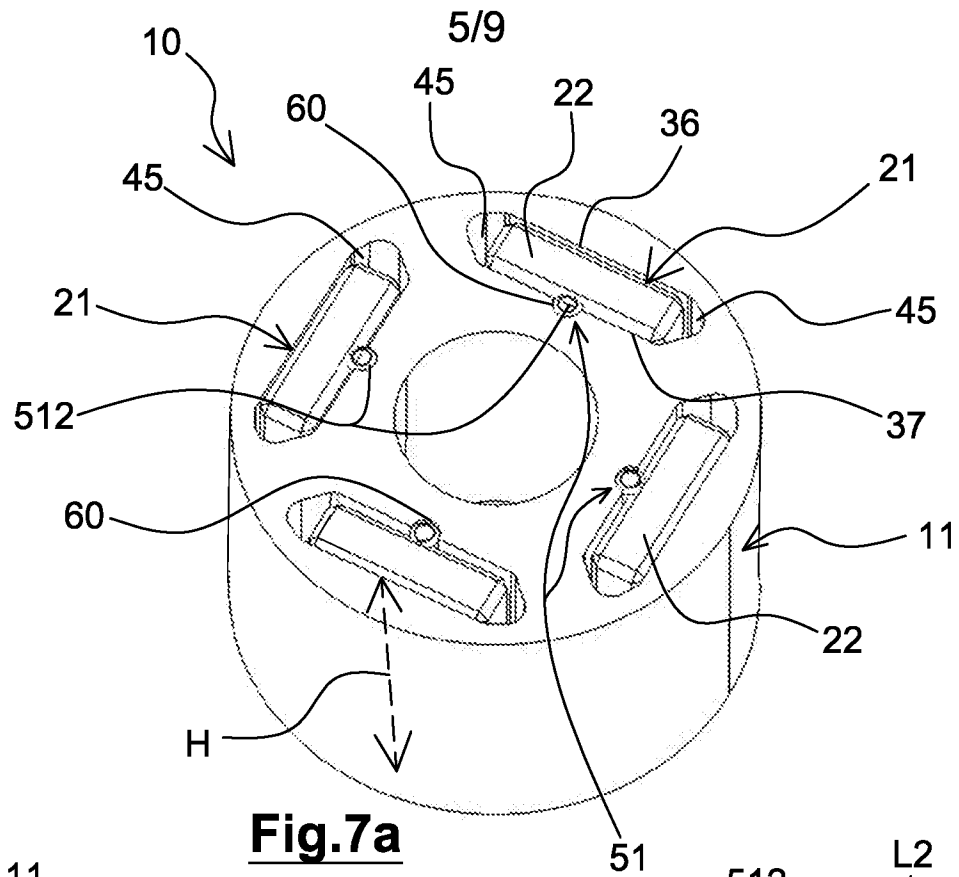


Fig. 7a

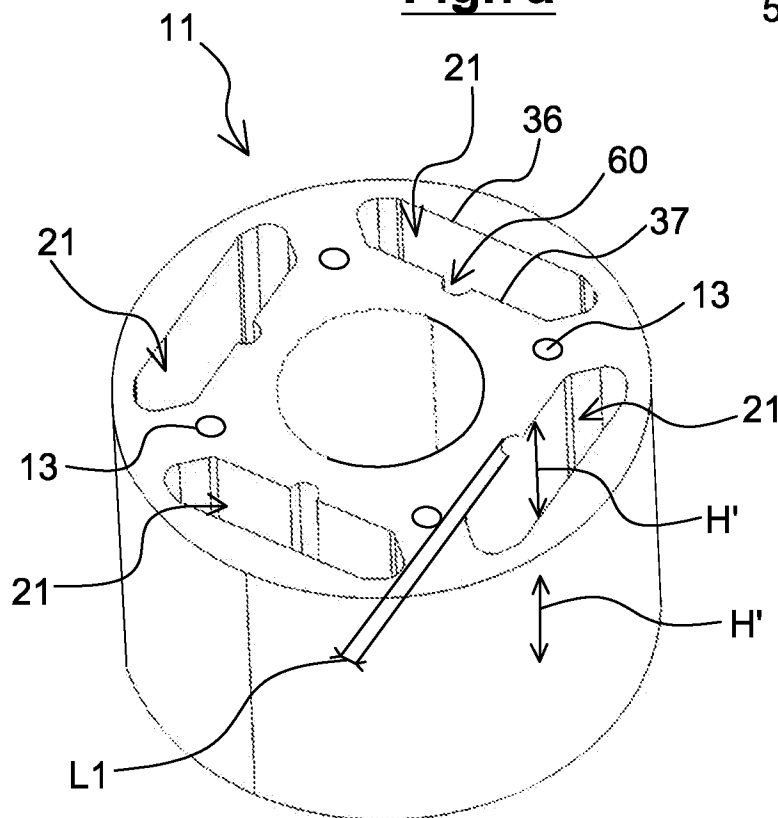


Fig. 7b

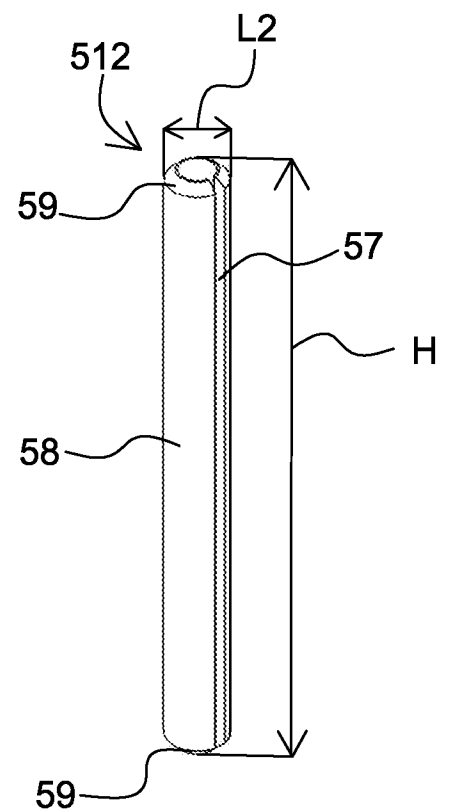


Fig. 7c

6/9

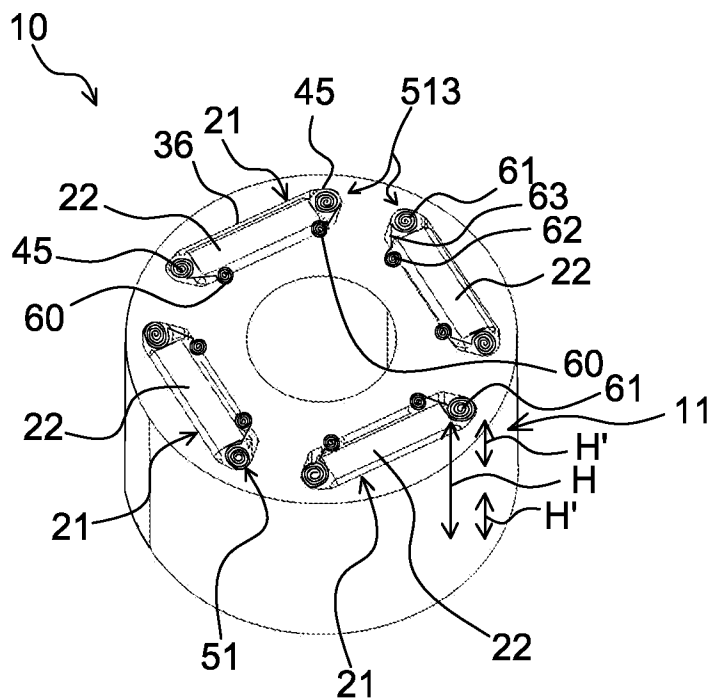


Fig. 8a

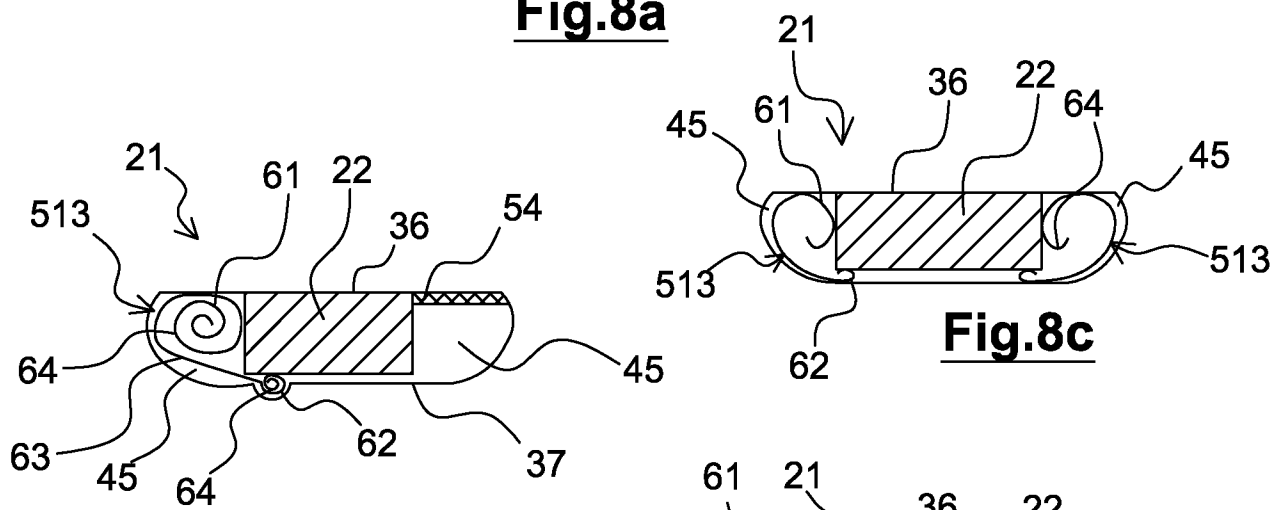


Fig. 8b

Fig. 8c

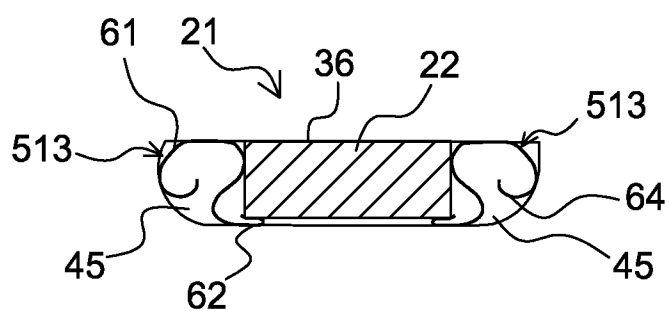


Fig. 8d

7/9

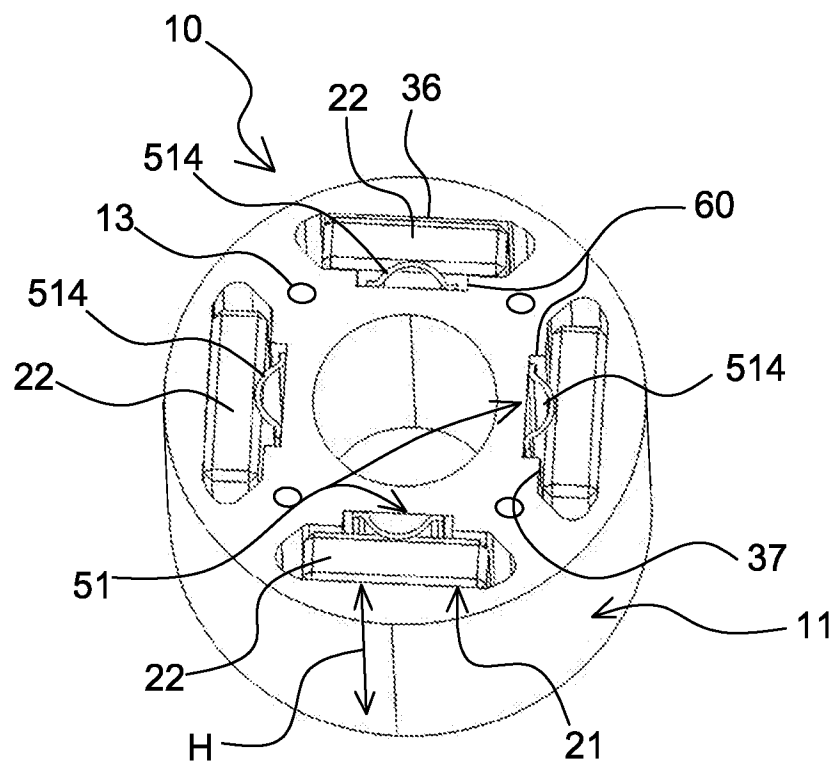


Fig.9a

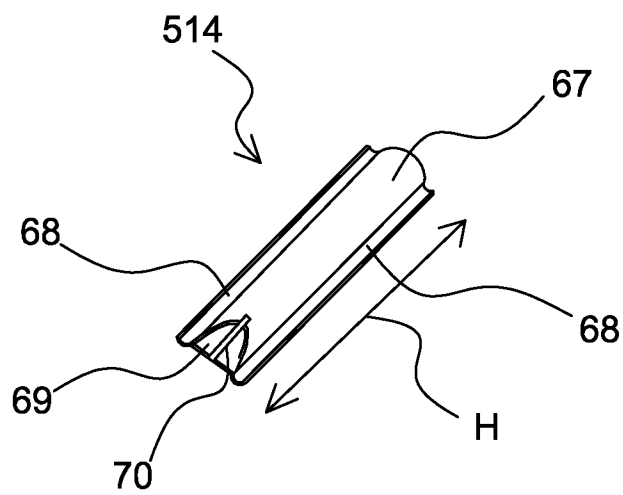


Fig.9b

8/9

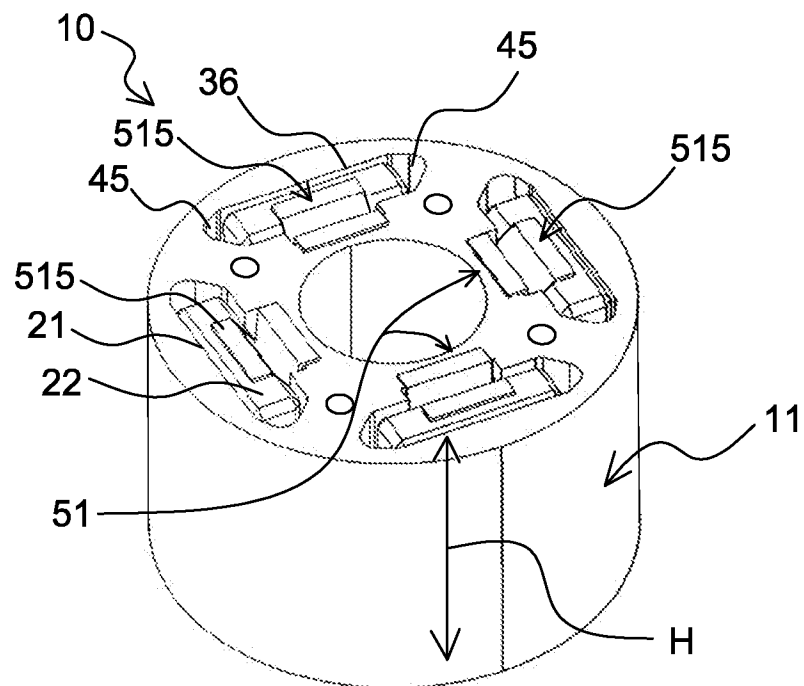


Fig.10a

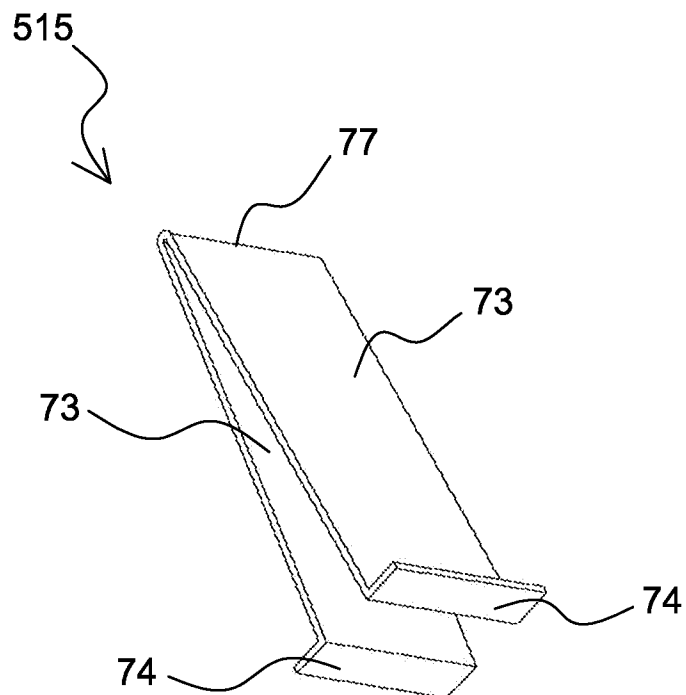


Fig.10b

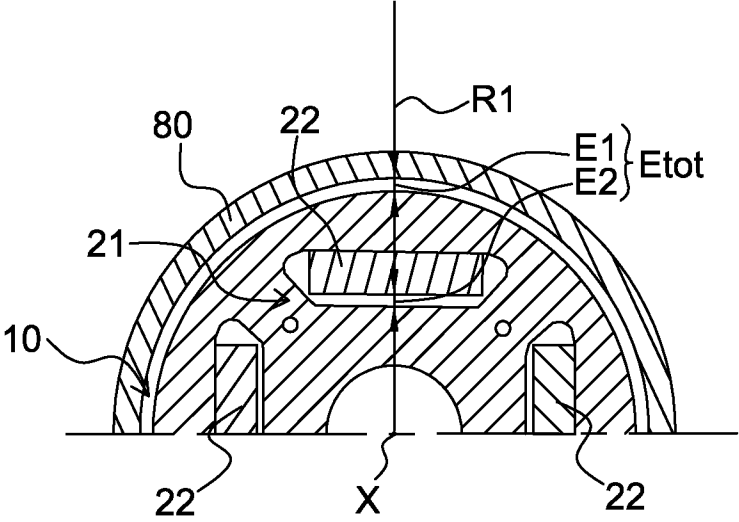


Fig.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K1/27 H02K15/03
 ADD.

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	JP 2010 233413 A (AISIN SEIKI) 14 October 2010 (2010-10-14)	12
Y	paragraph [0028]; figures 1,2 -----	3-8
X	JP 2000 341920 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 8 December 2000 (2000-12-08) abstract; figure 1 -----	1-4, 11, 13, 14
X	JP 2010 183772 A (TOYO ELECTRIC MFG CO LTD) 19 August 2010 (2010-08-19) paragraph [0006]; figures 2,5 -----	1,2, 12-14
A	DE 10 2010 062393 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 June 2012 (2012-06-06) claim 1; figures 5,9 -----	1
	-/-	



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

5 July 2016

Date of mailing of the international search report

11/07/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roy, Christophe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051050

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012 249416 A (TOYOTA BOSHOKU CORP) 13 December 2012 (2012-12-13) paragraph [0013]; figures 1,9,10 -----	1,2,10, 13,14
X	JP 2004 120829 A (TOSHIBA CORP) 15 April 2004 (2004-04-15) abstract; figures 1,2 -----	1,2,4, 10,13,14
X	JP 2004 328963 A (NISSAN MOTOR) 18 November 2004 (2004-11-18) abstract; figures 2,7,8 -----	12 1
X	JP 2014 003785 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 9 January 2014 (2014-01-09) paragraph [0027]; figures 2,8,10,11 -----	1,2,9-13 3-8
X	WO 2014/136078 A2 (LEROY SOMER MOTEURS [FR]) 12 September 2014 (2014-09-12) claims 1,2; figures 1,2B,5,6 -----	1,2,9, 10,13
X	EP 2 115 855 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11 November 2009 (2009-11-11) page 9, lines 34-38; figures 2,3 -----	1,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051050

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2010233413 A	14-10-2010	JP 5402154 B2 JP 2010233413 A	29-01-2014 14-10-2010
JP 2000341920 A	08-12-2000	NONE	
JP 2010183772 A	19-08-2010	NONE	
DE 102010062393 A1	06-06-2012	NONE	
JP 2012249416 A	13-12-2012	NONE	
JP 2004120829 A	15-04-2004	NONE	
JP 2004328963 A	18-11-2004	NONE	
JP 2014003785 A	09-01-2014	NONE	
WO 2014136078 A2	12-09-2014	CN 105103413 A EP 2965404 A2 FR 3003101 A1 US 2016013690 A1 WO 2014136078 A2	25-11-2015 13-01-2016 12-09-2014 14-01-2016 12-09-2014
EP 2115855 A1	11-11-2009	DE 102007029719 A1 EP 2115855 A1 WO 2008092748 A1	07-08-2008 11-11-2009 07-08-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051050

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/27 H02K15/03 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	JP 2010 233413 A (AISIN SEIKI) 14 octobre 2010 (2010-10-14)	12
Y	alinéa [0028]; figures 1,2 -----	3-8
X	JP 2000 341920 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 8 décembre 2000 (2000-12-08) abrégé; figure 1 -----	1-4, 11, 13, 14
X	JP 2010 183772 A (TOYO ELECTRIC MFG CO LTD) 19 août 2010 (2010-08-19) alinéa [0006]; figures 2,5 -----	1,2, 12-14
A	DE 10 2010 062393 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 juin 2012 (2012-06-06) revendication 1; figures 5,9 -----	1
-/-		
☒ 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
5 juillet 2016		11/07/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Roy, Christophe

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	JP 2012 249416 A (TOYOTA BOSHOKU CORP) 13 décembre 2012 (2012-12-13) alinéa [0013]; figures 1,9,10 -----	1,2,10, 13,14
X	JP 2004 120829 A (TOSHIBA CORP) 15 avril 2004 (2004-04-15) abrégé; figures 1,2 -----	1,2,4, 10,13,14
X	JP 2004 328963 A (NISSAN MOTOR) 18 novembre 2004 (2004-11-18) abrégé; figures 2,7,8 -----	12
A		1
X	JP 2014 003785 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 9 janvier 2014 (2014-01-09) alinéa [0027]; figures 2,8,10,11 -----	1,2,9-13
Y		3-8
X	WO 2014/136078 A2 (LEROY SOMER MOTEURS [FR]) 12 septembre 2014 (2014-09-12) revendications 1,2; figures 1,2B,5,6 -----	1,2,9, 10,13
X	EP 2 115 855 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11 novembre 2009 (2009-11-11) page 9, lignes 34-38; figures 2,3 -----	1,13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051050

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2010233413 A	14-10-2010	JP 5402154 B2 JP 2010233413 A	29-01-2014 14-10-2010
JP 2000341920 A	08-12-2000	AUCUN	
JP 2010183772 A	19-08-2010	AUCUN	
DE 102010062393 A1	06-06-2012	AUCUN	
JP 2012249416 A	13-12-2012	AUCUN	
JP 2004120829 A	15-04-2004	AUCUN	
JP 2004328963 A	18-11-2004	AUCUN	
JP 2014003785 A	09-01-2014	AUCUN	
WO 2014136078 A2	12-09-2014	CN 105103413 A EP 2965404 A2 FR 3003101 A1 US 2016013690 A1 WO 2014136078 A2	25-11-2015 13-01-2016 12-09-2014 14-01-2016 12-09-2014
EP 2115855 A1	11-11-2009	DE 102007029719 A1 EP 2115855 A1 WO 2008092748 A1	07-08-2008 11-11-2009 07-08-2008