(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
12 septembre 2014 (12.09.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/136078 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/IB2014/059492

(22) Date de dépôt international :
6 mars 2014 (06.03.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
13 52065 7 mars 2013 (07.03.2013) FR

(71) Déposant : **MOTEURS LEROY-SOMER** [FR/FR]; Boulevard Marcellin Leroy, CS 10015, F-16915 ANGOULEME Cedex 9 (FR).

(72) Inventeurs : **DROIT, Michel**; 11 rue de la font du Croc, F-16000 Angouleme (FR). **DUFAU, Stéphane**; 38 rue des Montbrunes, F-16000 Angouleme (FR). **PORCHER, Sébastien**; 16 Pas du Boula, F-33820 Saint Palais (FR). **GLUARD, Nicolas**; 3 rue du Rampeau, F-16330 Xambes (FR).

(74) Mandataire : **TANTY, François**; Nony, 3, rue de Penthièvre, F-75008 Paris (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, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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).

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : ROTATING ELECTRONIC MACHINE

(54) **Titre** : MACHINE ELECTRONIQUE TOURNANTE

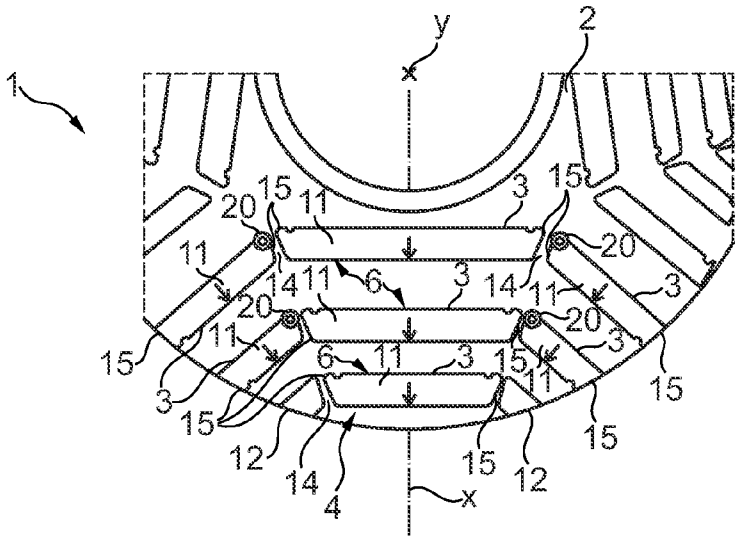


Fig. 1

(57) **Abstract** : The present invention concerns a rotating electrical machine, comprising: a magnetic mass (2), in particular a rotor, comprising first housings (3), a plurality of permanent magnets (11) inserted into the first housings (3), and shims (20), preferably deformable, inserted into the first housings (3) and/or into second housings (12) provided in the magnetic mass (2), the shims (20) being configured to wedge the magnets (11) in the first housings by plastic and/or elastic deformation.

(57) **Abrégé** : La présente invention concerne une machine électrique tournante, comportant : une masse magnétique (2), notamment rotorique, comportant des premiers logements (3), une pluralité d'aimants permanents (11) insérés dans les premiers logements (3), et des cales (20), de préférence déformables, insérées dans les premiers logements (3) et/ou dans des seconds logements (12) ménagés dans la masse magnétique (2), les cales (20) étant configurées pour provoquer, par déformation plastique et/ou élastique, le calage des aimants (11) dans les premiers logements.

WO 2014/136078 A2

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

Machine électronique tournante

La présente invention concerne le domaine des machines électriques tournantes et notamment celles comportant un rotor ou un stator à concentration de flux, et plus particulièrement mais non exclusivement celles comportant un rotor composé d'une masse magnétique étant elle-même un assemblage de tôles magnétiques minces découpées (de préférence d'épaisseur allant de 0.65 à 0.25 mm) et d'aimants permanents de formes géométriques diverses.

Les aimants permanents peuvent être disposés en surface, faisant directement face à l'entrefer ou, en variante, être disposés à l'intérieur de la masse magnétique, dans des logements de cette dernière, étant alors dits « enterrés ».

Dans ce cas, il est nécessaire d'assurer un blocage mécanique radial et/ou axial des aimants dans leur logement, ce blocage devant être suffisant afin d'éviter l'endommagement des aimants et permettre le bon fonctionnement de la machine. En effet, en cas de calage insuffisant, les aimants peuvent être soumis à des micro-déplacements, lesquels peuvent conduire à la destruction des aimants, à une dégradation des performances électriques et magnétiques de la machine et à un défaut d'équilibrage.

Pour fixer l'aimant dans son logement, plusieurs techniques sont aujourd'hui appliquées, telle que l'utilisation de colle, d'une forme spécifique d'aimant et de logement correspondant, par exemple l'utilisation d'aimants ayant une section transversale trapézoïdale, ou encore l'imprégnation de l'aimant dans son logement après sa mise en place.

Cependant, ces techniques présentent certains inconvénients. Leur mise en œuvre peut être délicate et coûteuse. Par exemple, un processus de collage des aimants dans leurs logements peut être contraignant en ce qui concerne les conditions de travail, peut poser un problème de durabilité dans le temps de l'assemblage pour certaines applications, et rend la récupération des aimants pratiquement impossible sans détérioration.

En ce qui concerne l'imprégnation, il s'agit d'un procédé long, très coûteux et encombrant en termes de mise en œuvre, compte-tenu de la nécessité d'utiliser des bacs à vernis et des fours. De plus, cela impose une contrainte thermique liée à la démagnétisation des aimants et rend également la récupération des aimants impossible sans détérioration.

Enfin, l'utilisation d'aimants ayant une forme spécifique n'est pas toujours possible dans la mesure où de telles formes peuvent compliquer la réalisation de la tôle magnétique et augmenter le coût des outils de découpe et ainsi le coût total de fabrication de la machine.

Dans la demande de brevet US 2006/0091752, on utilise des cales destinées à se déformer lors du fonctionnement, à haute vitesse, sous l'action de la force centrifuge.

Dans JP 2011-125115, le rotor comporte des languettes de support élastiques qui sont configurées pour ménager circonférentiellement des espaces de part et d'autre des aimants permanents.

La demande JP 2010-098853 porte sur un moteur à double stator dans lequel le rotor comporte des aimants permanents insérés dans des logements, entre des portions resserrées de la masse magnétique.

La demande JP 2007-037202 porte sur un rotor ayant des tôles d'extrémité comportant des projections pouvant être déformées plastiquement pour maintenir l'aimant permanent en position.

En outre, afin d'améliorer le coût et la performance des machines électriques, il peut être nécessaire d'augmenter la quantité des aimants, notamment lorsqu'il n'est pas possible d'améliorer leur qualité, ou de conserver les mêmes performances avec des aimants de moindre qualité et moins coûteux.

Une performance électromagnétique optimale est obtenue lorsqu'un aimant enterré est en contact parfait sur chacune de ses deux faces polaires avec la masse magnétique dans laquelle il est inséré, le passage du flux magnétique des aimants vers la masse magnétique étant maximisée. Par « *face polaire* » d'un aimant, on désigne une face de l'aimant qui est aimantée avec une polarité identique, formant ainsi le pôle Nord ou Sud de l'aimant.

Cependant, il existe en général un jeu entre les aimants et leurs logements dans la masse magnétique dans laquelle ils sont insérés, constituant ainsi un entrefer du point de vue magnétique qui induit nécessairement des pertes dans les performances électromagnétiques de la machine. Un tel jeu est lié aux contraintes de fabrication qui ne permettent pas, pour des coûts raisonnables, de respecter des dimensions très précises dans le découpage de la masse magnétique ou dans la conception des aimants. Un jeu peut également être dû au fait que, les aimants étant sensibles à la corrosion, il peut être

nécessaire de les recouvrir d'un revêtement protecteur induisant également une incertitude sur leurs dimensions.

En outre, les contraintes de montage nécessitent de conserver un certain jeu entre les aimants et les logements de la masse magnétique, de manière à faciliter l'insertion des aimants dans cette dernière, notamment lorsque la masse magnétique est formée d'un empilement de tôles magnétiques minces. En effet, dans ce cas, les parois de la masse magnétique peuvent ne pas être parfaitement rectilignes compte tenu du fait qu'elles sont constituées d'un empilement de tôles minces, ce qui peut nécessiter un jeu de montage encore plus important. On peut avoir de manière classique un intervalle de tolérance de 0,2 mm dans les dimensions des aimants, de sorte qu'il peut être nécessaire de prévoir un jeu minimal de 0,15 mm de part et d'autre des aimants pour le montage, en plus de la tolérance due à la conception de la masse magnétique. Au final, on peut obtenir de manière classique un jeu de l'ordre de 0,25 à 0.35 mm par aimant, ce qui est loin d'être négligeable par rapport aux entrefers usuels entre rotor et stator, couramment rencontrés sur les machines électriques de faible à moyenne puissance, qui sont de l'ordre de 0,5 mm à 1 mm.

Dans le cas où la machine comporte plusieurs aimants disposés en plusieurs rangées par pôle dans la masse magnétique, les jeux des aimants des différentes rangées s'additionnent et affaiblissent d'autant les performances magnétiques de la machine.

Il existe donc un besoin pour améliorer les performances magnétiques et réduire les coûts de fabrication et de montage des machines électriques tournantes.

L'invention a ainsi pour objet, selon l'un de ses aspects, une machine électrique tournante, comportant :

- une masse magnétique, notamment rotorique, comportant des premiers logements,
- une pluralité d'aimants permanents insérés dans les premiers logements, et
- des cales, de préférence déformables, insérées dans les premiers logements et/ou dans des seconds logements ménagés dans la masse magnétique,

les cales étant configurées pour provoquer, par déformation plastique et/ou élastique, le calage des aimants dans les premiers logements.

Par « *premier logement* », on entend un logement dans lequel est inséré au moins un aimant permanent. Comme on le verra plus loin, un premier logement peut être dépourvu de cales ou en comporter, par exemple une ou deux.

Par « *second logement* », on entend un logement dépourvu d'aimant permanent. Comme on le verra plus loin, un second logement peut être dépourvu de cales ou en comporter, par exemple une ou deux.

La présence des cales dans les logements de la masse magnétique, que ce soit dans les premiers ou les seconds logements, permet de bloquer les aimants permanents dans leurs premiers logements, que ce soit par la déformation des cales dans les premiers logements, par la déformation des cales dans les seconds logements, laquelle conduit à une déformation des premiers logements qui reçoivent les aimants et/ou par une déformation de la matière de la masse magnétique, par effet de coin lors de l'insertion des cales.

La masse magnétique est de préférence réalisée dans un matériau relativement déformable, de manière courante du fer doux, qui peut s'adapter facilement par déformation plastique pour épouser la forme de l'aimant et/ou des cales reçues dans le logement correspondant. Cette déformation peut avoir lieu dans le plan de chaque tôle magnétique, lorsque la masse magnétique comporte un paquet de tôles magnétiques.

L'utilisation d'une cale permet de garantir, de manière aisée, sûre et peu coûteuse, le maintien satisfaisant de l'aimant dans son logement après insertion de la cale et expansion éventuelle de la cale, par exemple dans ce logement, entre l'aimant et une paroi dudit logement.

La machine selon l'invention permet de s'affranchir des jeux de montage et de tolérer un jeu important lors de la fabrication des aimants et de la masse magnétique. Elle permet également d'éviter des problèmes de frottement lors de l'insertion des aimants dans leurs logements et de supprimer également une opération d'imprégnation du rotor ou de collage des aimants.

L'insertion des cales dans la machine peut être très rapide, ce qui permet des gains de productivité. En outre, l'outillage de pose de ces cales est simple et peu coûteux. Ainsi, l'utilisation des cales s'avère peu coûteuse et très facile à mettre en œuvre. De plus, les différentes familles de cales étant déjà industrialisées par ailleurs, cela permet de réduire les risques de qualité de développement et les essais en laboratoire.

Enfin, une telle utilisation permet également le démontage ultérieur des aimants, ce qui n'est pas possible en cas d'utilisation de colle ou d'imprégnation. La possibilité de démontage par enlèvement des cales permet un gain économique remarquable dans la mesure où les aimants qui sont des composants coûteux peuvent être récupérés, si nécessaire. Cela peut également faciliter le recyclage de la machine.

De préférence, les cales sont déformables.

Par « *déformable* », il faut comprendre que la cale est configurée pour pouvoir subir un changement de forme après son insertion dans le logement. La déformation peut être obtenue par une variation de l'une des dimensions, par exemple son diamètre, sa longueur, sa largeur, ou sa hauteur, et/ou un changement de sa forme, par exemple un aplatissement ou une élongation, ou encore un changement de courbure. Une dimension de la cale peut subir une variation d'au moins 10 %, voire 20 %, pour provoquer le blocage de l'aimant recherché.

Les cales peuvent avoir une forme de rivet, par exemple de rivet étagé ou de rivet sans étage, de rivet à rupture ou à frappe, de rivet d'insertion, une forme de goupille, étant par exemple une goupille élastique, une forme de cheville, étant par exemple une cheville expansive, ou encore une forme de ressort plat ou en épingle. Les cales peuvent encore être composées d'un noyau rigide cranté rotatif et d'une enveloppe expansible sous l'effet de la rotation du noyau, agencée pour éviter le retour du noyau en sens inverse au terme de sa rotation provoquant l'expansion de l'enveloppe. Les cales sont de préférence des rivets.

La tête du rivet ou de la cheville peut être de forme ronde, fraisée, cylindrique, plate, bombée. Dans une variante, la cale est dépourvue de tête.

La cale peut être pleine ou creuse. Elle peut être avec ou sans étage. Elle peut être à système de rupture, d'insertion forcée, de vissage, ou de coincement. La déformation de la cale dans son logement peut être irréversible ou non. Un exemple de déformation irréversible correspond à l'utilisation d'un rivet à rupture et un exemple de déformation réversible à l'utilisation d'une goupille élastique, qui tend en voulant reprendre par élasticité sa forme initiale à exercer la pression conduisant au blocage de l'aimant.

Les premiers logements peuvent comporter une butée permettant de retenir l'aimant dans son logement d'un côté, tandis qu'une cale déformable est insérée de l'autre côté du logement, l'aimant étant maintenu contre la butée par la pression exercée par la cale déformable.

Les cales sont de préférence en matériau(x) amagnétique(s), comme par exemple un acier amagnétique, de manière à ne pas parasiter le circuit du flux magnétique dans la masse magnétique. La cale déformable peut être réalisée dans un matériau

amagnétique choisi dans la liste suivante : aluminium, inox, plastique, cette liste n'étant pas limitative.

Au moins une cale déformable peut être insérée entre une paroi d'un premier logement et une face polaire de l'aimant correspondant ou entre une paroi du premier logement et une face non polaire de l'aimant. Une ou plusieurs cales peuvent être insérées le long d'une ou de deux faces de l'aimant perpendiculaires aux faces polaires de ce dernier, ou en variante le long d'une ou des deux faces polaires de l'aimant.

En variante ou additionnellement, des cales déformables peuvent être insérées dans des seconds logements dépourvus d'aimants permanents. Dans ce cas, les parois d'un premier logement logeant au moins un aimant peut subir une déformation lors de l'insertion de la cale. Des cales peuvent être insérées dans des seconds logements disposés entre deux logements consécutifs dans une rangée de premiers logements, des aimants permanents étant insérés dans au moins l'un de ces logements, voire dans les deux. En variante, des cales peuvent être insérées dans des seconds logements disposés entre deux logements de deux rangées de premiers logements différents.

Les cales sont insérées dans la masse magnétique de préférence parallèlement à l'axe de rotation de la machine.

La machine électrique peut être dépourvue de seconds logements et ne comporter que des premiers logements dans lesquels sont insérés des aimants permanents. Des cales peuvent être insérées dans certains ou dans tous les dits premiers logements. Au total, la masse magnétique peut comporter des aimants permanents insérés dans tout ou partie des premiers logements, par exemple dans au moins la moitié des logements, voire dans plus de deux tiers des logements, mieux encore dans tous les logements.

Les aimants sont disposés dans les premiers logements de manière à définir des pôles du rotor. Les logements peuvent être disposés en forme d'arc de cercle ou de V, en étant par exemple disposés symétriquement par rapport à un axe radial du pôle correspondant. Par « *axe radial du pôle* », on entend un axe du pôle orienté radialement, c'est-à-dire selon un rayon de la masse magnétique. Il peut s'agir d'un axe de symétrie pour le pôle. Cet axe radial peut intersecter le sommet du pôle.

Les logements peuvent être disposés en rangées de logements de manière à définir les pôles de la masse magnétique. Chaque pôle peut comporter au moins trois logements par pôle. Les logements peuvent être disposés en une ou plusieurs rangées par pôle. Chaque pôle peut comporter au moins deux rangées, voire au moins trois rangées.

La masse magnétique peut comporter des ponts de matière ménagés entre deux logements consécutifs dans une rangée de logements, afin d'améliorer la cohésion de la machine à l'encontre des efforts centrifuges. Les ponts de matière peuvent être orientés radialement.

Des ponts de matière peuvent être ménagés entre deux premiers logements dans lesquels sont insérés des aimants permanents, et/ou entre un premier logement et un second logement dépourvu d'aimant permanent, et/ou encore entre un logement, logeant ou non un aimant permanent, et l'entrefer de la machine ménagé entre le stator et le rotor.

Au moins un pont de matière peut être de forme générale incurvée. Un pont de matière de forme incurvée peut notamment être ménagé entre un premier logement dans lequel est inséré un aimant permanent et un second logement dépourvu d'aimant permanent, voire même éventuellement dépourvu de cale. La forme incurvée des ponts de matière peut permettre de bénéficier lors d'une déformation induite par une ou plusieurs cales une diminution suffisante du jeu entre les tôles et les aimants, sans déformation excessive des ponts.

De préférence, on insère toutes les cales d'une même série de logements consécutifs de manière simultanée, de manière à favoriser une insertion aisée.

Dans un exemple de réalisation, les logements d'une même rangée sont disposés selon une branche centrale et deux branches latérales situées de part et d'autre de la branche centrale, donnant par exemple une configuration en U, la branche centrale étant par exemple seule à comporter un ou plusieurs aimants permanents, les branches latérales ne logeant pas d'aimant permanent.

Pour un même pôle, les logements de ce pôle peuvent être disposés en une seule rangée. La concavité de la rangée peut être orientée vers le sommet du pôle, c'est à dire vers l'entrefer.

De préférence, pour un même pôle, les logements de ce pôle sont disposés en plusieurs rangées, chacune de concavité qui peut être orientée vers le sommet du pôle, notamment en rangées sensiblement concentriques. Par « *concentriques* », on entend que des axes médians des logements des rangées, pris dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor, se coupent en un même point. Cette disposition en plusieurs rangées concentriques permet d'améliorer la concentration du flux sans nécessairement avoir à augmenter la taille des logements ou la quantité d'aimants permanents nécessaires pour

obtenir un flux équivalent. Le nombre de rangées par pôle peut notamment être de deux, trois ou quatre.

Lorsque le rotor comporte pour un même pôle plusieurs rangées, ces dernières peuvent être de longueur décroissante lorsque l'on se déplace en direction de l'entrefer, la plus longue étant plus proche de l'axe de rotation et la plus courte du côté de l'entrefer. La longueur d'une rangée correspond à la longueur cumulée des logements de cette rangée.

Les premiers logements peuvent avoir, en section transversale, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe de rotation, une forme générale rectangulaire ou trapézoïdale, cette liste n'étant pas limitative.

Les aimants permanents peuvent être de forme générale rectangulaire. Compte-tenu de la forme des logements, la mise en place des aimants dans les logements peut laisser un espace libre dans le logement entre les aimants et les petits côtés du logement correspondant. L'espace libre est par exemple de forme générale triangulaire.

La masse magnétique est formée d'un empilement de tôles magnétiques, de préférence de tôles monoblocs, ou de secteurs de tôle(s) individuelle(s) enroulée(s) sur elle(s)-même(s) autour de l'axe de rotation. La masse magnétique peut être dépourvue de pièces polaires individuelles. Dans ce cas, les tôles magnétiques de la masse magnétique peuvent être déformées par l'action des cales dans leur plan, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine, autrement dit encore, dans un plan autre qu'un plan parallèle à l'axe de la machine. Les cales peuvent ne pas participer à la cohésion de la masse magnétique. Autrement dit, les cales peuvent ne pas servir à assembler entre eux des secteurs de la masse magnétique.

Lorsque la masse magnétique comporte un paquet de tôles monoblocs assemblées, le maintien en compression du paquet s'effectue par exemple à l'aide de tirants qui traversent dans le sens axial le paquet de tôle. Les cales peuvent ne pas assurer le maintien en compression des tôles du paquet.

Toutes les tôles de la masse magnétique sont de préférence identiques entre elles.

La masse magnétique peut être une masse rotorique. Le rotor peut comporter un nombre de pôles compris entre deux et douze, mieux entre quatre et huit.

Les aimants permanents peuvent être réalisés en ferrites ou avec des terres rares ou avec tout autre type de matériau magnétique. La disposition des logements permet

de concentrer le flux des aimants et d'obtenir, notamment avec des aimants en ferrites, des performances intéressantes.

La machine peut être à reluctance. Elle peut constituer un moteur synchrone.

La machine peut fonctionner à une vitesse périphérique nominale (vitesse tangentielle prise au diamètre extérieur du rotor) qui peut être supérieure ou égale à 100 mètres par seconde, la machine selon l'invention permettant un fonctionnement à des vitesses importantes si cela est souhaité.

La machine peut avoir une taille relativement élevée. Le diamètre du rotor peut être supérieur à 50 mm, mieux supérieur à 80 mm, étant par exemple compris entre 80 et 300 mm.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de réalisation non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique et partielle d'un rotor conforme à l'invention,
- la figure 2A représente un détail de réalisation du rotor de la figure 1,
- la figure 2B est une vue analogue à la figure 2A d'une variante de réalisation,
- les figures 3A à 3D, 4A à 4C, 5 et 6 sont des vues schématiques et partielles de variantes de réalisation d'un rotor conforme à l'invention, et
- les figures 7A à 7H illustrent des exemples de réalisation de cales.

Sur le dessin, les proportions relatives des différents éléments représentés n'ont pas toujours été respectées, dans un souci de clarté.

On a illustré aux figures 1 et 2 un rotor 1 de machine électrique tournante, comportant une masse magnétique rotorique 2 dans laquelle sont ménagés des premiers logements 3 de manière à définir les pôles 4 du rotor, chaque pôle ayant un axe radial X. Des aimants permanents 11 sont insérés dans chacun des premiers logements, leur direction d'aimantation étant illustrée par des flèches. Chaque aimant permanent 11 comporte deux faces polaires 11a, 11b, l'une aimantée Nord (N) et l'autre Sud (S).

Dans cet exemple, le rotor comporte sept premiers logements 3 par pôle, qui sont disposés en trois rangées concentriques 6 autour de chacun des pôles, la concavité des rangées étant orientée vers l'entrefer. Deux rangées 6 comportent trois premiers logements 3 disposés consécutivement dans la rangée, et une rangée 6, la plus proche de l'entrefer,

un seul premier logement 3. Les trois rangées 6 d'un même pôle sont de longueur décroissante lorsque l'on se déplace en direction de l'entrefer, la plus longue étant située du côté de l'axe de rotation X de la machine et la plus courte du côté de l'entrefer.

Les aimants permanents 11 sont dans cet exemple de forme générale rectangulaire en section transversale. Les premiers logements 3 sont de forme allongée. Ils comportent chacun deux petits côtés 9 et des grands côtés 10. La mise en place des aimants 11 dans les premiers logements 3 peut laisser un jeu entre les faces polaires 11a, 11b des aimants 11 et les parois du premier logement correspondant, définies par les grands côtés 10, ainsi que deux espaces libres 15 dans chaque logement entre l'aimant et les petits côtés 9 du logement correspondant. L'espace libre 15 peut être de forme générale triangulaire, comme illustré, ou d'une autre forme. Les petits côtés 9 d'un logement peuvent être rectilignes ou courbes.

La machine électrique comporte des cales déformables 20 insérées dans la masse magnétique, les cales 20 permettant de provoquer lors de leur insertion le calage d'un aimant 11 dans le premier logement 3 dans lequel il est présent, et d'améliorer le contact entre au moins une face polaire 11a, 11b d'un aimant 11 et une paroi correspondante du premier logement 3 définie par l'un de ses grands côtés 10.

Les premiers logements 3 comportent dans l'exemple décrit une butée 25 permettant de retenir l'aimant 11 dans son logement d'un côté, tandis qu'une cale déformable 20 est insérée de l'autre côté du logement, l'aimant étant maintenu contre la butée 25 par la pression exercée par la cale déformable 20.

Les espaces entre deux logements consécutifs d'une rangée 6 définissent des ponts de matière 14. Les ponts de matière 14 entre deux logements consécutifs d'une rangée 6 peuvent avoir une largeur, mesurée perpendiculairement à leur axe longitudinal, inférieure à 8 mm et supérieure à 0,5 mm.

Dans l'exemple illustré, quatre premiers logements 3 d'un pôle logent une cale 20. Les cales 20 sont insérées dans l'exemple considéré le long d'un coin de l'aimant 11, comme illustré à la figure 2A, ou le long d'un petit côté de l'aimant 11, comme illustré à la figure 2B.

Dans cet exemple, toutes les cales déformables 20 sont insérées dans des premiers logements 3 dans lesquels sont insérés des aimants permanents 11.

En variante, la machine électrique peut comporter des seconds logements 12 dépourvus d'aimants permanents dans lesquels sont insérées des cales déformables. A titre

d'exemple, on a illustré à la figure 3A des seconds logements 12 dépourvus d'aimants permanents, qui sont disposés entre deux premiers logements 3 de deux rangées 6 de logements différentes. Dans ce cas, la déformation des cales déformables 20 disposées dans les seconds logements 12 conduit à une déformation des premiers logements 3 qui reçoivent les aimants 11, comme on peut le voir sur la figure 3B. La paroi des premiers logements 3 vient se plaquer contre la face polaire 11a ou 11b correspondante de l'aimant 11 voisins.On peut également réaliser une déformation de 2 ou des 4 faces du logement 3, comme illustré aux figures 3C et 3D. Dans ce cas, la cale déformable 20 utilisée peut être une cheville expansible ou en variante un rivet, une goupille ou un ressort.

La machine peut, en variante ou additionnellement, comporter des seconds logements 12 disposés dans une rangée 6 de logements entre deux premiers logements 3, ou à l'extrémité d'une rangée, c'est-à-dire à proximité de l'entrefer. Ces logements 12 sont dans ce cas vides, c'est-à-dire dépourvus à la fois d'aimants et de cales, comme illustré sur la figure 1 pour la rangée 6 la plus proches de l'entrefer.

Les cales 20 peuvent avoir une forme cylindrique, comme illustré aux figures 4A à 4C. Sur cette figure, on a représenté une cale 20 insérée entre une paroi d'un premier logement 3 et la face polaire 11a de l'aimant 11 correspondant. La longueur de la cale 20 peut correspondre à la longueur de l'aimant 11, comme représenté à la figure 4A, ou lui être inférieure. On peut par exemple introduire dans le logement 3 une seule cale 20, disposée en position centrale par rapport à l'aimant 11, comme illustré à la figure 4B, ou en variante deux cales 20 consécutives, chacune disposées à proximité de l'une des extrémités de l'aimant 11, comme représenté à la figure 4C. Les cales de forme cylindrique 20 peuvent également être formées par l'assemblage de deux composants comme illustré à la figure 7G, l'un rigide 20a présentant une excentration, l'autre déformable 20b assurant la compression et le maintien de l'aimant 11 situé à proximité. La disposition de ces cales est par exemple identique à celle des figures 4A, 4B et 4C.

Des cales de ce type à noyau rigide et enveloppe déformable sont commercialisées par la société Alcoa Fastening Systems sous la dénomination self-locking Expander, dont l'une des références est reproduite en éclaté à la figure 7H.

En tournant le noyau 20a central, ou provoque une expansion de l'enveloppe de l'enveloppe externe 20b. Des crans sont prévus sur les surfaces coopérantes pour bloquer le noyau au terme de sa rotation.

Les cales 20 peuvent être formées par un ressort, ayant par exemple une forme de lame, comme illustré à la figure 5 ou d'épingle, comme illustré à la figure 6.

La cale déformable 20 peut avoir une forme de rivet, par exemple de rivet étagé, comme illustré à la figure 7A, ou sans étage, comme illustré à la figure 7B, de rivet à rupture, de rivet d'insertion, une forme de goupille, telle que par exemple une goupille élastique, comme illustré à la figure 7C, une forme de cheville, telle que par exemple une cheville expansive, comme illustré à la figure 7D, ou encore une forme de ressort, tel que par exemple un ressort à lame plié en Z, comme illustré à la figure 7E, ou un ressort plat comme illustré à la figure 7F.

La tête du rivet ou de la cheville peut être de forme ronde, fraisée, cylindrique, plate, bombée. La cale déformable peut encore être dépourvue de tête, comme illustré sur les figures 7C, 7E et 7F.

L'invention n'est pas limitée aux exemples illustrés. On peut notamment modifier la polarité du rotor sans sortir du cadre de la présente invention.

Le rotor peut coopérer avec tout type de stator, à bobinage distribué ou concentré.

La masse magnétique 2 peut présenter d'autres agencements des logements destinés à recevoir les aimants, au sein de la masse magnétique.

Les logements 3 et 12 peuvent s'étendre chacun selon un axe longitudinal qui peut être rectiligne, comme illustré précédemment, ou courbe.

Un même logement peut recevoir plusieurs cales.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (10), comportant :

- une masse magnétique (2), notamment rotorique, comportant des premiers logements (3),
- une pluralité d'aimants permanents (11) insérés dans les premiers logements (3), et
- des cales (20), de préférence déformables, insérées dans les premiers logements (3) et/ou dans des seconds logements (12) ménagés dans la masse magnétique (2),

les cales (20) étant configurées pour provoquer, par déformation plastique et/ou élastique, le calage des aimants (11) dans les premiers logements.

2. Machine électrique selon la revendication 1, dans laquelle les cales ont une forme de rivet, notamment de rivet étagé ou sans étage, de rivet à rupture ou à frappe, de rivet d'insertion, une forme de goupille, notamment de goupille élastique, une forme de cheville, notamment de cheville expansive, ou une forme de ressort plat ou en épingle ou composées d'un noyau rigide cranté rotatif et d'une enveloppe expansible sous l'effet de la rotation du noyau, agencée pour éviter le retour du noyau en sens inverse au terme de sa rotation provoquant l'expansion de l'enveloppe, les cales étant de préférence des rivets.

3. Machine électrique selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les cales (20) sont insérées dans les premiers logements (3).

4. Machine électrique selon la revendication 3, dans laquelle au moins une cale (20) est insérée entre une paroi d'un premier logement (3) et une face non polaire de l'aimant (11).

5. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle des cales (20) sont insérées dans des seconds logements (12), dépourvus d'aimants permanents.

6. Machine électrique selon la revendication précédente, dans laquelle des cales (20) sont insérées dans des seconds logements (12) disposés entre deux premiers logements (3) de deux rangées (6) de logements différentes.

7. Machine électrique selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle des cales (20) sont insérées dans des seconds logements (12) disposés entre deux premiers

logements (3) consécutifs dans une rangée (6) de logements, des aimants permanents (11) étant insérés dans au moins l'un de ces premiers logements (3), voire dans les deux.

8. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, étant dépourvue de second logement et ne comportant que les premiers logements (3) dans lesquels sont insérés les aimants permanents (11).

9. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les premiers logements (3) comportent une butée (25) permettant de retenir chaque aimant (11) dans son logement (3) d'un côté, tandis qu'une cale déformable (20) est insérée de l'autre côté du logement, l'aimant (11) étant maintenu contre la butée (25) par la pression exercée par la cale (20).

10. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, les logements (3, 12) étant disposés en rangées (6) de logements de manière à définir les pôles (4) de la masse magnétique (2).

11. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, la masse magnétique (2) comportant des ponts de matière (14) ménagés entre deux logements consécutifs dans une rangée (6) de logements.

12. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la masse magnétique (2) est formée d'un empilement de tôles magnétiques, notamment de tôles monoblocs.

13. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, la masse magnétique (2) étant une masse rotorique.

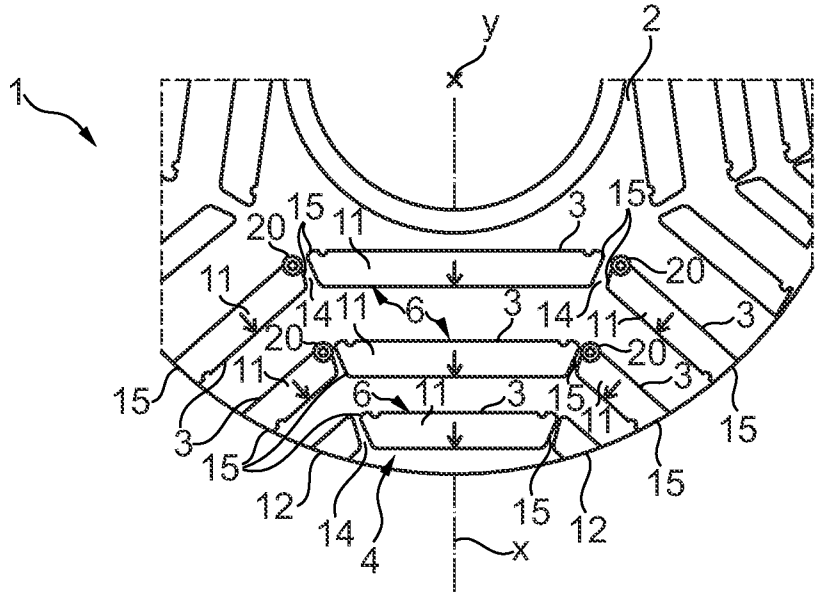


Fig. 1

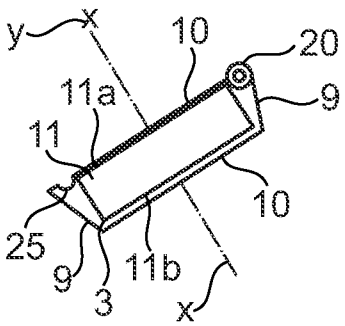


Fig. 2A

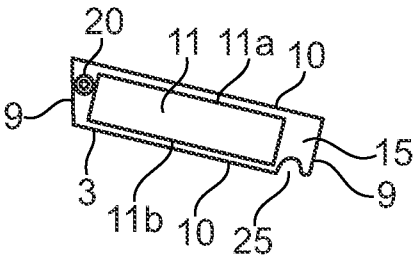


Fig. 2B

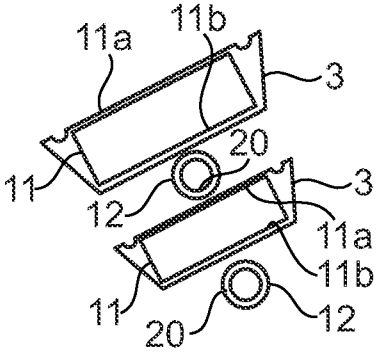


Fig. 3B

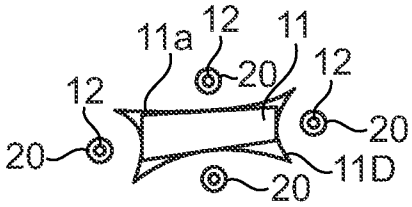


Fig. 3D

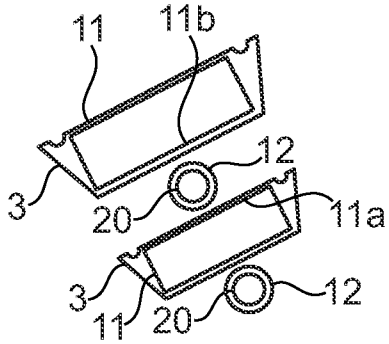


Fig. 3A

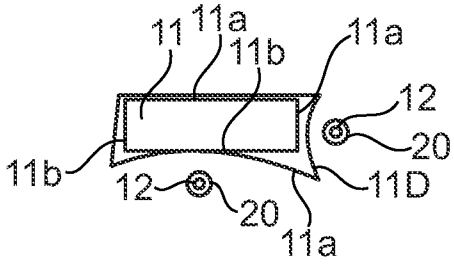


Fig. 3C

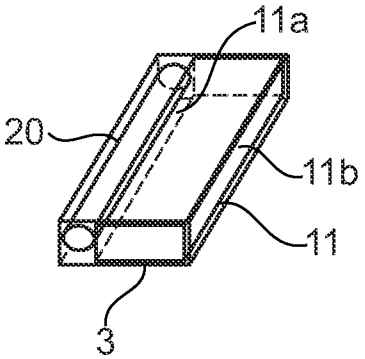


Fig. 4A

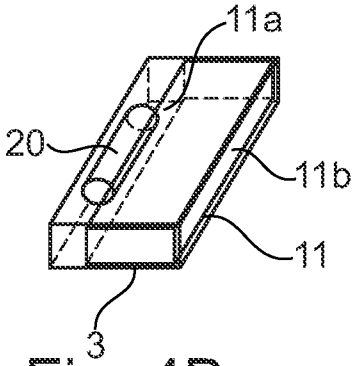


Fig. 4B

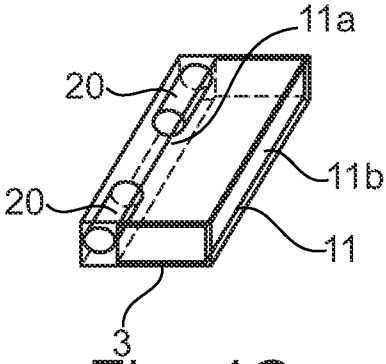


Fig. 4C

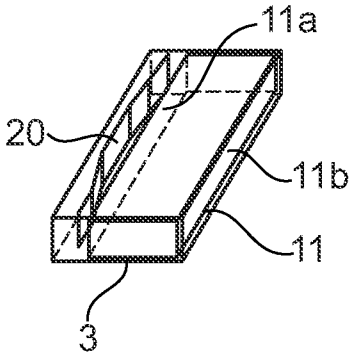


Fig. 5

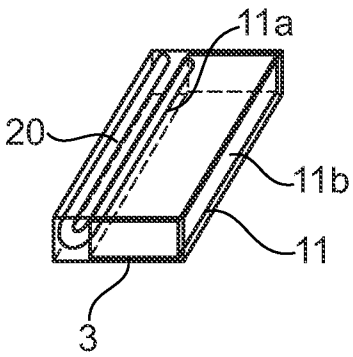


Fig. 6

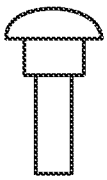


Fig. 7A

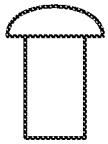


Fig. 7B



Fig. 7C

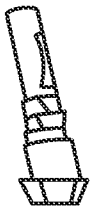


Fig. 7D

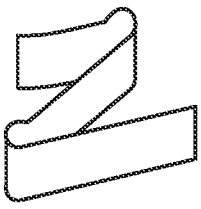


Fig. 7E

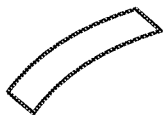


Fig. 7F

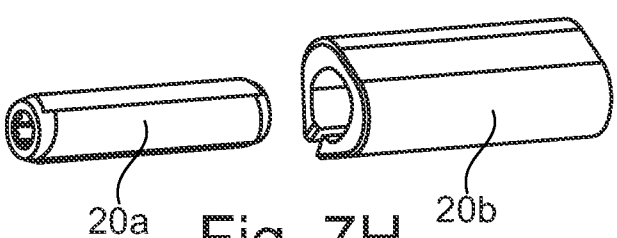


Fig. 7H

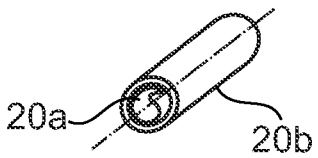


Fig. 7G