

(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  
23 mai 2013 (23.05.2013)

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2013/072892 A2**

- (51) Classification internationale des brevets : Non classée
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/IB2012/056502
- (22) Date de dépôt international : 16 novembre 2012 (16.11.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 1160511 18 novembre 2011 (18.11.2011) FR
- (71) Déposant : MOTEURS LEROY-SOMER [FR/FR]; Boulevard Marcellin Leroy, Cs10015, F-16000 Angoulême (FR).
- (72) Inventeurs : ELKELETIAN, Marc; 6 rue Pierre Loti, F-69330 Meyzieu (FR). BOMME, Edouard; 55 rue Jaboulay, F-69007 Lyon (FR).
- (74) Mandataire : TANTY, François; Nony, 3, rue de Penhièvre, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) Title : ROTOR OF A ROTARY ELECTRIC MACHINE WITH A PERMANENT MAGNET TYPE

(54) Titre : ROTOR DE MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE A AIMANTS PERMANENTS

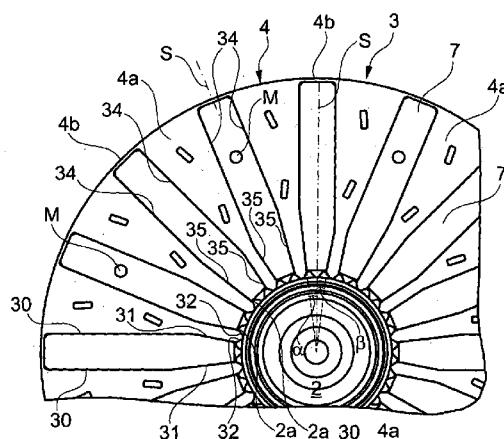


Fig. 3

(57) Abstract : The present invention relates to a rotor of a rotary electrical machine with flux concentration, comprising: - a shaft (2) extending along an axis of rotation of the rotor, and - a rotor mass (3) fitted onto the shaft, having a central opening for fitting it onto the shaft, and comprising: - permanent magnets (7) fitted into the housings opening radially onto the central opening (5), - a stack of magnetic laminations (4), at least one of the magnetic laminations being of a single piece, the stack defining the housings (18) in which the permanent magnets are fitted.

(57) Abrégé : La présente invention est relative à un rotor de machine électrique tournante à concentration de flux, comportant: -un arbre (2) s'étendant selon un axe de rotation du rotor, et -une masse rotorique (3) disposée sur l'arbre, présentant une ouverture centrale pour son montage sur l'arbre, et comportant: -des aimants permanents (7) disposés dans des logements débouchant radialement sur l'ouverture centrale (4), -un empilement de couches de tôle magnétique (4), une couche de tôle magnétique au moins étant d'un seul tenant, l'empilement définissant les logements (18) dans lesquels sont disposés les aimants permanents.



WO 2013/072892 A2

## **ROTOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE A AIMANTS PERMANENTS**

La présente invention concerne les machines électriques tournantes, notamment les machines synchrones, dont les moteurs, et plus particulièrement les rotors de telles machines. L'invention s'intéresse aux rotors à aimants permanents et à concentration de flux. Les rotors à concentration de flux comportent une masse rotorique dans laquelle sont logés des aimants permanents, ces derniers étant engagés dans des logements orientés le plus souvent radialement.

Pour que les pertes de flux magnétique dans de tels rotors soient réduites, le flux magnétique des aimants permanents doit se reboucler au niveau du stator à travers l'entrefer et non au niveau du rotor, notamment de son arbre.

Pour ce faire, il existe plusieurs solutions connues présentant chacune des inconvénients.

Il existe notamment des rotors comportant un moyeu amagnétique sur lequel sont rapportés des pièces polaires entre lesquelles sont insérés les aimants permanents, comme décrit par exemple dans les demandes de brevet EP 1 152 516 et EP 1 249 919. Dans ces demandes, les pôles magnétiques, situés de part et d'autre des aimants, sont totalement séparés magnétiquement et constituent en outre des pièces séparées. Une telle configuration peut compliquer la mise en place des pôles magnétiques et leur maintien sur le moyeu.

Dans la demande EP 0 013 157, les pièces polaires sont également des pièces séparées.

Dans le brevet US 5 452 590, les pièces polaires sont fixées sur le moyeu par des vis ou y sont retenues par des extensions de forme trapézoïdale.

Le brevet US 5 684 352 enseigne de relier les pôles magnétiques à leurs extrémités inférieures et supérieures par des régions ayant subi un traitement rendant localement la tôle amagnétique. Cette solution implique la mise en œuvre d'un traitement thermique relativement coûteux.

La demande de brevet DE 10 200 003228 porte sur un rotor de machine électronique tournante comportant des aimants permanents disposés dans des logements ouverts vers l'intérieur du rotor, mais sans que les moyens d'entraînement en rotation de la masse rotorique soient décrits. Il en est de même de la demande de brevet EP 1 420 499. Il existe également des solutions consistant à réaliser un ou plusieurs évidements dans le

rotor afin de limiter les pertes de flux magnétique. Les demandes US 2007/0252469 et WO 2009/153511 décrivent des solutions de ce type.

Dans la demande WO 2009/153511, les pièces polaires sont reliées au moyeu du rotor par des ponts de matière, notamment par deux ponts de matière au pied de chaque aimant de part et d'autre de celui-ci, et les aimants sont bloqués entre les pièces polaires par centrifugation. La présence de ponts de matière au pied des aimants permanents a un impact négatif sur la puissance massique de la machine et le calage des aimants entre les pièces polaires n'est pas nécessairement optimal.

La présence d'acier magnétique sous les aimants, provenant soit de l'arbre réalisé dans un acier magnétique, soit de la masse rotorique réalisée par un empilement de tôles magnétiques, peut générer des fuites de flux magnétique qui peuvent être importantes et détériorer les caractéristiques électromagnétiques de la machine. Les pertes de flux peuvent avoir lieu sur une part importante de la hauteur de l'aimant mesurée radialement, jusqu'à 25 % par exemple.

Un objet de l'invention est de permettre de diminuer, voire de supprimer, les fuites de flux, notamment au pied des aimants.

Il existe ainsi un besoin pour perfectionner encore les rotors à concentration de flux, notamment afin de réduire leur coût de fabrication tout en bénéficiant de performances électriques et mécaniques satisfaisantes.

La présente invention vise à répondre à ce besoin et à remédier à tout ou partie des inconvénients mentionnés ci-dessus.

L'invention a pour objet, selon l'un de ses aspects, un rotor de machine électrique tournante à concentration de flux, comportant :

- un arbre s'étendant selon un axe de rotation du rotor, et
- une masse rotorique disposée sur l'arbre, présentant une ouverture centrale pour son montage sur l'arbre, et comportant :

- des aimants permanents disposés dans des logements débouchant radialement sur l'ouverture centrale, et

- un empilement de couches de tôle magnétique, une couche de tôle magnétique au moins étant notamment d'un seul tenant, l'empilement définissant les logements dans lesquels sont disposés les aimants permanents.

Une telle configuration permet de minimiser, voire de supprimer, les fuites magnétiques au pied des aimants, propres à l'empilement, grâce à l'absence de matière

magnétique entre les aimants et l'arbre. Cette absence n'est pas préjudiciable à la cohésion de la masse rotorique, grâce au fait qu'au moins l'une des couches est d'un seul tenant.

Une couche de tôle magnétique, voire toutes les couches de tôle magnétique, peuvent être d'un seul tenant.

La masse rotorique est avantageusement formée entièrement par un assemblage de tôles rotoriques chacune monobloc ou par un enroulement d'une bande de secteurs. Ainsi, le rotor est dépourvu de pièces polaires rapportées, et la construction du rotor s'en trouve simplifiée.

L'empilement de couches de tôle magnétique peut comporter un empilement de tôles magnétiques, chacune d'un seul tenant, chaque tôle formant une couche de l'empilement.

En variante, une couche de tôle magnétique peut être formée de plusieurs secteurs indépendants, disposés en alternance avec les aimants et maintenus entre eux par une frette extérieure.

En variante encore, l'empilement de couches de tôle magnétique peut comporter une ou plusieurs tôle(s) magnétique(s) enroulée(s) sur elle(s)-même(s), chaque tôle pouvant former plusieurs couches de l'empilement, selon le nombre de tours sur lesquels elle est enroulée sur elle-même.

Une tôle peut comporter une succession de secteurs reliés par des ponts de matière. Les ponts de matière peuvent former le fond d'un logement d'un aimant permanent, du côté de l'entrefer.

Une tôle peut comporter un nombre de secteurs égal au nombre de pôles du rotor. En variante, une tôle peut comporter un nombre de secteurs supérieur au nombre de pôles du rotor, par exemple un multiple du nombre de pôles du rotor, deux secteurs d'une même tôle pouvant venir se superposer l'un sur l'autre lorsque la tôle est enroulée pour former la masse rotorique.

Chaque tôle rotorique est par exemple découpée dans une feuille d'acier magnétique, par exemple de l'acier de 0,1 à 1,5 mm d'épaisseur. Les tôles peuvent être revêtues d'un vernis isolant électrique sur leurs faces opposées avant leur assemblage au sein de l'empilement. L'isolation peut encore être obtenue par un traitement thermique des tôles.

La ou les tôle(s) sont ouvertes vers l'arbre du rotor. Chacune des tôles peut définir au moins deux logements pour les aimants permanents, notamment au moins trois, mieux un nombre de logement égal au nombre de pôles du rotor, voire plus. Au moins l'un

des logements est de forme oblongue, allongé de préférence selon une direction radiale. De préférence, tous les logements sont de forme oblongue, allongés selon une direction radiale. Les logements peuvent avoir un axe de plus grande dimension qui coïncide avec un rayon du rotor, ou non. L'axe de plus grande dimension peut être parallèle à un rayon.

De tels logements englobent les logements pour lesquels la plus grande dimension radiale du logement est supérieure à la plus grande dimension circonférentielle du logement, mesuré entre deux points à une même distance du centre, le long d'un segment passant par ces points et perpendiculaire à un rayon bissecteur.

La répartition des logements est avantageusement régulière et symétrique, facilitant la découpe de la tôle rotorique et la stabilité mécanique après découpe quand la masse rotorique est constituée d'une superposition de tôles rotoriques.

Le nombre de logements et d'aimants dépend de la polarité du rotor. La masse rotorique peut comporter un nombre quelconque de paires de logements, par exemple 6 ou 8 logements.

Les logements peuvent avoir une dimension longitudinale, notamment radiale, supérieure ou égale à celle des aimants permanents reçus à l'intérieur de ces logements. Cela peut autoriser des tolérances de fabrication plus larges de la masse rotorique et des aimants et peut permettre, le cas échéant, un coincement des aimants dans les logements par centrifugation.

Les aimants peuvent être enterrés dans la masse rotorique. Autrement dit, les aimants sont recouverts par les couches de tôles magnétiques au niveau de l'entrefer. La surface du rotor au niveau de l'entrefer peut être entièrement définie par le bord des couches de tôles magnétiques et non par les aimants. Les logements ne débouchent alors pas radialement vers l'extérieur.

L'arbre peut être réalisé dans un matériau amagnétique, par exemple de l'inox amagnétique, de l'aluminium ou du plastique, ce qui permet avantageusement de diminuer encore les fuites magnétiques et d'améliorer les performances électromagnétiques du rotor. L'arbre peut comporter un manchon amagnétique en contact avec la masse rotorique, le manchon étant monté sur un axe, magnétique ou non, de préférence amagnétique.

En variante, l'arbre peut être dépourvu de pièce rapportée. Il peut être entièrement amagnétique. Autrement dit, le rotor peut être dépourvu de pièce rapportée entre la masse rotorique et l'arbre.

L'arbre peut comporter des moyens de transmission de couple pour l'entraînement en rotation de la masse rotorique, par exemple des cannelures à sa périphérie, ou encore des méplats en contact avec des plats correspondants ménagés sur la masse rotorique. La réalisation des cannelures peut avantageusement ne nécessiter que peu de précision, tout en fournissant un résultat satisfaisant quant au montage et à l'entraînement de la masse rotorique.

L'arbre peut comporter des cannelures à sa périphérie, lesquelles peuvent pénétrer dans des encoches de forme correspondante ménagées dans la masse rotorique.

En variante, l'arbre peut comporter des encoches pour recevoir des cannelures de forme correspondante formées dans la masse rotorique.

Le profil d'une cannelure peut être en section transversale en développante de cercle, ce qui peut faciliter le centrage de l'arbre par rapport à la masse rotorique, et une excellente transmission de couple. Bien entendu, le profil des cannelures peut être autre et le centrage se faire autrement. Les cannelures peuvent être par exemple réalisées par déformation à froid, notamment par roulage au moyen de molettes, ou encore par taillage, ou par brochage, ou encore par un autre procédé.

Les cannelures peuvent s'étendre sur une portion seulement de la longueur de l'arbre, et notamment sur tout ou partie de la longueur du rotor. Les cannelures peuvent s'étendre sur plusieurs portions de la longueur de l'arbre, séparées par une ou plusieurs portions sans cannelures, par exemple deux portions cannelées situées chacune à une extrémité de la masse rotorique. La longueur de la ou des zone(s) cannelée(s) peut être choisie de manière à être suffisante pour permettre la transmission de couple, tout en permettant de limiter les difficultés de fabrication de ces cannelures.

Le nombre de cannelures peut être égal au nombre de pôles du rotor, ou être un multiple du nombre de pôles du rotor, par exemple le double.

Dans un exemple de réalisation, les cannelures s'étendent radialement en-deçà des aimants permanents. Autrement dit, les aimants permanents sont plus éloignés de l'axe de rotation que le sommet des cannelures. Les cannelures coopèrent ainsi avec une portion de tôle qui n'est pas radialement au même niveau qu'un ou plusieurs aimants.

En variante, les cannelures font saillie dans l'empilement entre deux aimants permanents consécutifs. Autrement dit, les cannelures s'étendent radialement au moins partiellement entre les aimants permanents.

Lorsque l'on se déplace depuis l'axe de rotation jusqu'à un aimant selon une direction radiale, on peut ne pas rencontrer de matériau magnétique.

Les aimants permanents peuvent présenter chacun, en section transversale, une forme non entièrement rectangulaire et non entièrement trapézoïdale. Les aimants peuvent par exemple présenter une forme à la fois partiellement rectangulaire et partiellement trapézoïdale. Un aimant peut par exemple comporter en section transversale deux bords qui sont parallèles l'un à l'autre sur une première portion de la section transversale de l'aimant, et deux bords convergeant l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation sur une deuxième portion de la section transversale de l'aimant.

Cette deuxième portion peut être plus proche de l'axe de rotation que la première portion. Les aimants permanents ont ainsi une forme effilée à leur extrémité la plus proche de l'axe de rotation, ce qui permet plus facilement de conserver à proximité de l'arbre une largeur de la tôle entre les aimants suffisante, notamment pour la solidité du rotor, tout en bénéficiant d'aimants ayant une dimension radiale importante et donc d'une masse rotorique ayant une étendue radiale importante, avec un arbre ayant un diamètre relativement peu important.

La masse rotorique et les aimants peuvent être configurés pour ne permettre la mise en place des aimants dans l'empilement de couches de tôle magnétique que dans un seul sens, de manière à jouer le rôle de détrompeur lors du montage et éviter de fixer un aimant avec une polarité inversée par rapport à celle qui convient. Le détrompage peut être obtenu de diverses façons. Les tôles peuvent être légèrement décalées les unes par rapport aux autres dans l'empilement, un aimant présentant une dissymétrie correspondante, de manière à n'autoriser l'insertion d'un aimant dans l'empilement que dans un seul sens.

Le détrompage peut être obtenu grâce à la configuration de l'empilement et des aimants, comme expliqué ci-dessus, ou en variante grâce à l'usage d'un détrompeur rapporté sur l'aimant ou sur l'empilement.

La masse rotorique peut par exemple comporter un détrompeur rapporté, fixé à l'empilement de tôle avant la mise en place des aimants. En variante ou additionnellement, le détrompeur est par exemple intégré à une enveloppe magnétique des aimants permanents, présente sur ces derniers avant leur mise en place dans l'empilement.

Le détrompage peut avantageusement être obtenu grâce à une forme particulière des aimants. Un aimant permanent peut être asymétrique par rapport à un plan médian et être par exemple asymétrique par rapport à un rayon du rotor le coupant en son milieu, une fois en place sur celui-ci. De même, un logement peut être asymétrique par rapport à un plan médian. Un tel plan peut s'étendre à la fois longitudinalement et radialement. Une telle configuration permet de n'autoriser lors de la mise en place des

aimants dans leur logement qu'un seul sens de montage, et donc de jouer le rôle de détrompeur mécanique.

Du fait de la dissymétrie, chacun des deux bords d'un aimant permanent qui sont convergents l'un vers l'autre peuvent former respectivement avec un rayon du rotor coupant l'aimant correspondant en son milieu un premier angle et un deuxième angle, les premier et deuxième angles étant différents.

Deux aimants consécutifs peuvent être placés de manière symétrique l'un de l'autre par rapport à un plan passant entre eux, ce plan s'étendant à la fois radialement et longitudinalement, c'est-à-dire selon l'axe de rotation du rotor, par exemple par rapport à un rayon du rotor passant entre eux. Ainsi, deux aimants consécutifs sont mis en place de manière inversée dans l'empilement. Dans ce cas, deux logements consécutifs peuvent également être symétriques l'un de l'autre par rapport à un plan contenant un rayon du rotor et passant entre eux.

Au moins un logement peut présenter une première portion qui est délimitée latéralement par des bords opposés parallèles l'un à l'autre. Au moins un logement peut présenter une deuxième portion qui est délimitée latéralement par des bords opposés convergents l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation.

Un bord convergent d'un logement et un bord convergent consécutif du logement consécutif peuvent former avec un rayon du rotor passant en leur milieu deux angles égaux. La portion de tôle définie par les deux logements consécutifs comporte alors des bords formant avec des rayons respectifs du rotor coupant la portion de tôle en son milieu deux angles égaux. Les deux bords consécutifs peuvent dans un exemple de réalisation être parallèles. Tous les deux bords consécutifs des tôles peuvent être parallèles deux à deux.

En variante, compte tenu de la forme asymétrique des aimants permanents et des logements, les deux bords d'une portion de tôle sur deux peuvent être parallèles entre eux lorsque l'on se déplace autour de l'axe de rotation du rotor, tandis que les bords des autres portions de tôle sont convergents en direction de l'axe de rotation.

Au moins un logement peut présenter une troisième portion délimitée par des bords opposés convergents qui peuvent coopérer avec l'arbre pour permettre l'entraînement de la masse rotorique. Les bords opposés de la troisième portion peuvent être ou non rectilignes. Ils peuvent par exemple être courbes, de forme correspondant au moins partiellement à la forme des cannelures.

Au moins un aimant permanent peut comporter une marque permettant de différencier l'une de l'autre ses deux faces d'extrémités longitudinales. Il peut s'agir par exemple d'un signe coloré. Cette marque peut aider l'opérateur à orienter correctement l'aimant lors de son insertion dans le logement correspondant.

Tous les aimants permanents peuvent comporter une marque permettant de différencier l'une de l'autre les deux faces d'extrémités longitudinales d'un aimant. Ces marques peuvent permettre un contrôle visuel aisé et rapide de la mise en place correcte des aimants dans leur logement après le montage. Par exemple, lorsque l'on observe le rotor selon son axe de rotation par l'une de ses extrémités, on peut constater la présence de la marque sur tous les aimants d'un côté, et aucune marque de l'autre côté. En variante, notamment dans le cas où deux logements consécutifs sont différents et symétriques l'un par rapport à l'autre, on peut constater la présence d'une marque sur un aimant sur deux, et il en est de même lorsque l'on observe le rotor par l'autre côté.

Le rotor peut être monté en porte à faux ou non.

La masse rotorique peut comporter un ou plusieurs trous pour alléger le rotor, permettre son équilibrage ou pour l'assemblage des tôles rotoriques la constituant. Des trous peuvent permettre le passage de tirants maintenant solidaires entre elles les tôles.

Les couches de tôles peuvent être encliquetées les unes sur les autres.

Les logements peuvent être remplis au moins partiellement, par une matière synthétique non magnétique. Cette matière peut bloquer en place les aimants dans les logements et/ou augmenter la cohésion du paquet de tôles.

La masse rotorique peut comporter, le cas échéant, un ou plusieurs reliefs contribuant au bon positionnement des aimants, notamment dans la direction radiale.

La masse rotorique peut présenter un contour extérieur qui est circulaire ou multilobé, une forme multilobée pouvant être utile par exemple pour réduire les ondulations de couple ou les harmoniques de courant ou de tension.

Le rotor peut recevoir une frette extérieure, qui entoure le paquet de tôles. Cela peut permettre de réduire la largeur du pont de matière reliant deux secteurs consécutifs.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un rotor de machine électrique tournante à concentration de flux, comportant :

- un arbre s'étendant selon un axe de rotation du rotor, et
- une masse rotorique disposée sur l'arbre, définissant une ouverture centrale

pour son montage sur l'arbre, et comportant :

- des aimants permanents, et

- un empilement de couches de tôle magnétique définissant des logements dans lesquels sont disposés les aimants permanents, les aimants permanents présentant en section transversale deux bords radiaux qui sont convergents l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation, sur une portion de la section transversale de l'aimant.

Les aimants permanents ont ainsi une forme effilée à leur extrémité la plus proche de l'axe de rotation, ce qui permet de conserver une largeur de la tôle entre les aimants suffisante, notamment pour la solidité du rotor, tout en bénéficiant d'aimants ayant une dimension radiale relativement importante.

Chacun des deux bords radiaux d'un aimant permanent qui sont convergents l'un vers l'autre peut former respectivement avec un rayon du rotor coupant l'aimant correspondant en son milieu un premier angle et un deuxième angle, les premier et deuxième angles étant différents. Autrement dit, un aimant permanent est asymétrique par rapport à un rayon du rotor le coupant en son milieu et par rapport à un plan médian. De même, un logement est asymétrique par rapport à un rayon du rotor le coupant en son milieu et par rapport à un plan médian. Une telle configuration permet de n'autoriser lors de la mise en place des aimants dans leur logement qu'un seul sens de montage, et donc de jouer le rôle de détrompeur.

Les logements peuvent déboucher radialement sur l'ouverture centrale.

Le rotor ainsi défini peut également comporter une ou plusieurs des caractéristiques mentionnées précédemment.

L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante, tel qu'un moteur synchrone ou une génératrice synchrone, comportant l'un des rotors tels que définis précédemment.

Cette machine peut comporter un stator à bobinage concentré ou réparti.

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 en perspective, schématique et partielle, d'un exemple de rotor réalisé conformément à l'invention,
- la figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, de l'arbre du rotor de la figure 1,
- la figure 3 représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, le rotor de la figure 1,

- la figure 4 représente isolément et de face une tôle magnétique,
  - la figure 5 représente un détail de réalisation de la figure 4,
  - la figure 6 représente un détail de réalisation de la figure 3, et
  - la figure 7 est une vue analogue à la figure 6 illustrant une variante de réalisation, et
- les figures 7a et 7b sont des vues analogues à la figure 7 de variantes de réalisation.

Le rotor 1 représenté à la figure 1 comporte une masse magnétique rotorique 3 s'étendant axialement selon l'axe de rotation X du rotor, cette masse rotorique étant par exemple formée par un paquet de tôles magnétiques 4 empilées selon l'axe X, les tôles étant par exemple identiques et superposées exactement. Elles peuvent être maintenues entre elles par clipsage, par des rivets, des soudures ou toute autre technique. En variante, la masse rotorique peut comporter au moins une tôle magnétique enroulée sur elle-même. Une tôle comporte une succession de secteurs 4a reliés par des ponts de matière 4b, les ponts de matière pouvant former le fond d'un logement d'un aimant permanent. Les tôles magnétiques sont de préférence en acier magnétique. Toutes les nuances d'acier magnétique peuvent être utilisées.

La masse rotorique 3 est montée sur un arbre 2 qui, dans l'exemple considéré, est réalisé dans un matériau amagnétique, par exemple en inox amagnétique ou en aluminium. Le matériau peut par exemple être de l'inox amagnétique de type 304.

La masse rotorique 3 comporte une ouverture centrale 5 pour le montage sur l'arbre 2. La fixation de la masse rotorique 3 sur l'arbre 2 peut se faire au moyen d'un système de blocage axial, par exemple avec d'un côté une butée 2b venue de matière et de l'autre côté une rondelle d'arrêt dentelée 6. L'assemblage peut être réalisé à froid ou à chaud.

La transmission du couple est obtenue par des cannelures 2a disposées à la périphérie de l'arbre 2. Le profil d'une cannelure peut être en section transversale en développante de cercle. Les cannelures peuvent s'étendre sur une ou plusieurs portions seulement de la longueur de l'arbre, comme illustré sur la figure 2, où les cannelures s'étendent sur deux portions de la longueur de l'arbre séparées par une portion sans cannelures, situées chacune à une extrémité de la masse rotorique.

Les dégagements 2c obtenus de part et d'autre des portions cannelées peuvent permettre de recevoir d'éventuels copeaux qui seraient formés lors de la mise en place de

la masse rotorique 3 sur l'arbre 2, et de ne pas perturber le bon positionnement axial de l'ensemble.

Il est nécessaire de garantir un bon centrage entre l'arbre 2 et la masse rotorique 3 et de ne pas générer de « faux-rond ». A cet effet, on peut assurer lors du montage un serrage suffisant entre les cannelures de l'arbre et la masse rotorique, à savoir un jeu au minimum nul, la raideur de la masse rotorique étant de préférence choisie pour que cette dernière puisse se déformer lors du montage sur l'arbre cannelé.

Le rotor 1 comporte une pluralité d'aimants permanents 7 disposés dans des logements correspondants 8 de la masse magnétique rotorique 3, de manière à ce que deux aimants consécutifs 7 présentent des mêmes polarités sur leurs faces en regard. Les aimants peuvent par exemple être réalisés en ferrite ou en variante en terres rares, par exemple de type néodyme ou autre.

Le rotor 1 est disposé à l'intérieur d'un stator non représenté, qui comporte par exemple un bobinage concentré ou réparti. Ce stator permet de générer un champ magnétique tournant d'entraînement du rotor en rotation, dans le cadre d'un moteur synchrone, et dans le cas d'un alternateur, la rotation du rotor induit une force électromotrice dans les bobinages du stator.

Dans un mode de réalisation de l'invention, comme illustré aux figures 3 à 6, les logements 8 ne débouchent pas sur l'extérieur de la tôle rotorique. Les logements 8 peuvent notamment être séparés de la périphérie de la tôle rotorique par le pont de matière 4b formé dans la tôle, d'une épaisseur  $e$  comprise de préférence entre 0,1 et 3 mm.

Les aimants peuvent être configurés de manière à assurer un détrompage lors de leur mise en place dans la masse rotorique.

A cet effet, ils peuvent notamment être asymétriques par rapport à un plan médian les coupant en leur milieu. Ils peuvent par exemple présenter chacun, en section transversale, une forme non entièrement rectangulaire et non entièrement trapézoïdale.

En variante, les aimants permanents peuvent être symétriques par rapport à un plan les coupant en leur milieu, étant notamment de forme rectangulaire, comme illustré à la figure 7a, ou rectangulaire avec une extrémité affinée de manière symétrique par rapport à un plan médian les coupant en leur milieu, comme illustré à la figure 7b.

Les secteurs 4a et les logements 8 ont une forme correspondant à celle des aimants, et la forme des secteurs 4a vers leur extrémité libre la plus proche de l'arbre correspond à la forme des cannelures 2a, comme illustré sur la figure 5. Chaque logement 8 peut présenter une dimension radiale  $l$  supérieure à celle des aimants correspondants.

Plus particulièrement, chaque logement 8, comme illustré aux figures 3 à 6, peut comporter une portion principale 8a dont la dimension radiale correspond à celle de l'aimant 7 associé, et une portion d'extrémité 8b radialement intérieure à l'aimant 7, comme visible sur la figure 6.

La portion principale 8a d'un logement a par exemple une forme qui correspond sensiblement à celle de l'aimant 7, en section transversale. Dans l'exemple illustré, un aimant 7 présente en section transversale deux bords radiaux 34 qui sont parallèles l'un à l'autre sur une première portion 7a de la section transversale de l'aimant, et deux bords radiaux 35 convergeant l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation sur une deuxième portion 7b de la section transversale de l'aimant, et le logement 8 présente sur la portion principale 8a des bords opposés 30 de forme correspondante, parallèles l'un à l'autre le long de la première portion 7a et des bords opposés 31 convergents le long de la deuxième portion 7b de l'aimant.

Chacun des deux bords radiaux 35 de l'aimant permanent qui sont convergents l'un vers l'autre dans la deuxième portion 7b forme respectivement avec un rayon du rotor coupant l'aimant correspondant en son milieu un premier angle  $\alpha$  et un deuxième angle  $\beta$ , les premier et deuxième angles étant différents, comme on peut le voir sur la figure 3. Les aimants sont ainsi asymétriques chacun par rapport à un plan médian respectif S. Deux aimants consécutifs sont placés de manière symétrique l'un de l'autre par rapport à un plan P passant entre eux, comme illustré sur la figure 4. Les plans P et S sont des plans s'étendant à la fois radialement et longitudinalement. Ainsi, deux aimants consécutifs sont mis en place de manière inversée dans les logements des tôles.

De même, deux logements 8 consécutifs sont symétriques l'un de l'autre par rapport au plan P passant entre eux. Compte tenu de la forme asymétrique des aimants permanents 7 et des logements 8, les deux bords consécutifs 31 de deux logements consécutifs sur la deuxième portion 7b des aimants sont dans l'exemple de réalisation illustré parallèles entre eux une fois sur deux lorsque l'on se déplace autour de l'axe de rotation du rotor et définissent une portion de tôle d'extrémité 4c' du secteur 4a ayant des bords parallèles.

En outre, un bord convergent 31 d'un logement et un bord convergent consécutif 31 du logement consécutif peuvent former avec un plan radial du rotor passant en leur milieu deux angles égaux. La portion de tôle 4c" définie par les deux logements consécutifs comporte ainsi des bords 31 formant avec un rayon du rotor la coupant en son milieu chacun un angle  $\gamma$ , les deux angles  $\gamma$  étant égaux, les deux bords étant donc

convergenents en direction de l'axe de rotation. Ainsi, des extrémités de secteurs 4c' à bords 31 parallèles alternent avec des extrémités de secteurs 4c" à bords 31 convergenents lorsque l'on se déplace autour de l'axe de rotation du rotor, comme on peut le voir sur la figure 6.

Le logement 8 présente en outre une portion d'extrémité 8b qui est délimitée latéralement par des bords opposés convergenents 32 l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation. Les bords opposés 32 peuvent être rectilignes ou non. Ils peuvent par exemple être courbes. Dans l'exemple décrit, les bords 32 ont la forme d'une développante de cercle, de telle sorte que le profil de la tôle corresponde au profil de la cannelure 2a correspondante. Les bords 32 débouchent dans l'ouverture centrale du rotor. Ces bords opposés convergenents 32 de la deuxième portion coopèrent avec l'arbre pour permettre l'entraînement de la masse rotorique.

Dans l'exemple de réalisation illustré à la figure 6, les cannelures 2a s'étendent radialement en-deçà des aimants permanents. Autrement dit, les aimants permanents s'étendent radialement au-delà des cannelures. Les cannelures 2a coopèrent ainsi avec une portion de tôle qui n'est pas radialement adjacente à un ou plusieurs aimants.

En variante, comme illustré à la figure 7, les cannelures 2a peuvent faire saillie dans l'empilement entre deux aimants permanents consécutifs. Autrement dit, les cannelures s'étendent radialement au moins partiellement entre les aimants permanents. Le cas échéant, les cannelures peuvent venir directement au contact des aimants.

La masse rotorique peut être configurée pour ne permettre la mise en place des aimants dans l'empilement de couches de tôle magnétique que dans un seul sens, de manière à jouer le rôle de détrompeur lors du montage.

Tous les aimants permanents peuvent comporter une marque M permettant de différencier l'une de l'autre les deux faces d'extrémité longitudinale d'un aimant. Par exemple, comme illustré sur la figure 3, lorsque l'on observe le rotor selon son axe de rotation par l'une de ses extrémités, on constate la présence de la marque sur un aimant sur deux, et il en est de même lorsque l'on observe le rotor par l'autre côté. Ce résultat est dû au fait que dans l'exemple décrit deux logements consécutifs sont différents et symétriques l'un par rapport à l'autre.

Une matière synthétique peut être injectée dans les logements 8, de façon à bloquer les aimants dans les logements 8 et/ou assurer la cohésion du paquet de tôle. La matière utilisée est par exemple une résine époxy ou une matière thermoplastique. Le

blocage des aimants 7 peut également s'effectuer par serrage sous l'action de la force centrifuge.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits.

On peut par exemple réaliser les tôles avec des trous pour permettre le passage de tirants d'assemblage des tôles de la masse rotorique.

L'expression « comportant un » doit être comprise comme étant synonyme de « comportant au moins un ».

## REVENDICATIONS

1. Rotor de machine électrique tournante à concentration de flux, comportant :

- un arbre (2) s'étendant selon un axe de rotation du rotor, et
- une masse rotorique (3) disposée sur l'arbre, présentant une ouverture centrale (5) pour son montage sur l'arbre, et comportant :

- des aimants permanents (7) disposés dans des logements (18) débouchant radialement sur l'ouverture centrale (4),

- un empilement de couches de tôle magnétique (4), une couche de tôle magnétique au moins étant d'un seul tenant, l'empilement définissant les logements (18) dans lesquels sont disposés les aimants permanents,

l'arbre (2) comportant des moyens de transmission de couple pour l'entraînement en rotation de la masse rotorique.

2. Rotor selon la revendication précédente, dans lequel les aimants (7) sont enterrés dans la masse rotorique (13).

3. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'arbre est réalisé dans un matériau amagnétique.

4. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'arbre (2) comporte des cannelures (2a) à sa périphérie.

5. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'empilement de couches de tôle magnétique comporte un empilement de tôles magnétiques, chacune d'un seul tenant, chaque tôle formant une couche de l'empilement.

6. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'empilement de couches de tôle magnétique comporte une ou plusieurs tôle(s) magnétique(s) enroulée(s) sur elle(s)-même(s).

7. Rotor selon l'une des revendications 5 et 6, dans lequel une tôle comporte une succession de secteurs reliés par des ponts de matière (4b), les ponts de matière pouvant former le fond d'un logement d'un aimant permanent (7).

8. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lorsque l'on se déplace depuis l'axe de rotation jusqu'à un aimant selon une direction radiale, on ne rencontre pas de matériau magnétique.

9. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les aimants permanents (7) présentent chacun, en section transversale, une forme non entièrement rectangulaire et non entièrement trapézoïdale.

10. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les aimants permanents (7) comportent en section transversale deux bords radiaux qui sont convergents l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation sur une portion de la section transversale de l'aimant.

11. Rotor selon la revendication précédente, dans lequel un aimant permanent (7) est asymétrique par rapport à un plan médian (S).

12. Rotor selon la revendication précédente, dans lequel chacun des deux bords radiaux (35) d'un aimant permanent qui sont convergents l'un vers l'autre forment respectivement avec un rayon du rotor coupant l'aimant correspondant en son milieu un premier angle ( $\alpha$ ) et un deuxième angle ( $\beta$ ), les premier ( $\alpha$ ) et deuxième angles ( $\beta$ ) étant différents.

13. Rotor selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel deux aimants consécutifs (7) sont placés de manière symétrique l'un de l'autre par rapport à un plan médian du rotor passant entre eux.

14. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un logement (18) présente une première portion qui est délimitée latéralement par des bords opposés (30) parallèles l'un à l'autre.

15. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un logement (18) présente une deuxième portion qui est délimitée latéralement par des bords opposés (31) convergents l'un vers l'autre en direction de l'axe de rotation.

16. Rotor selon la revendication précédente, dans lequel un bord convergent (31) d'un logement (8) et un bord convergent (31) consécutif du logement (8) consécutif forment avec un rayon du rotor passant en leur milieu deux angles égaux ( $\gamma$ ).

17. Machine électrique tournante comportant un rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes.

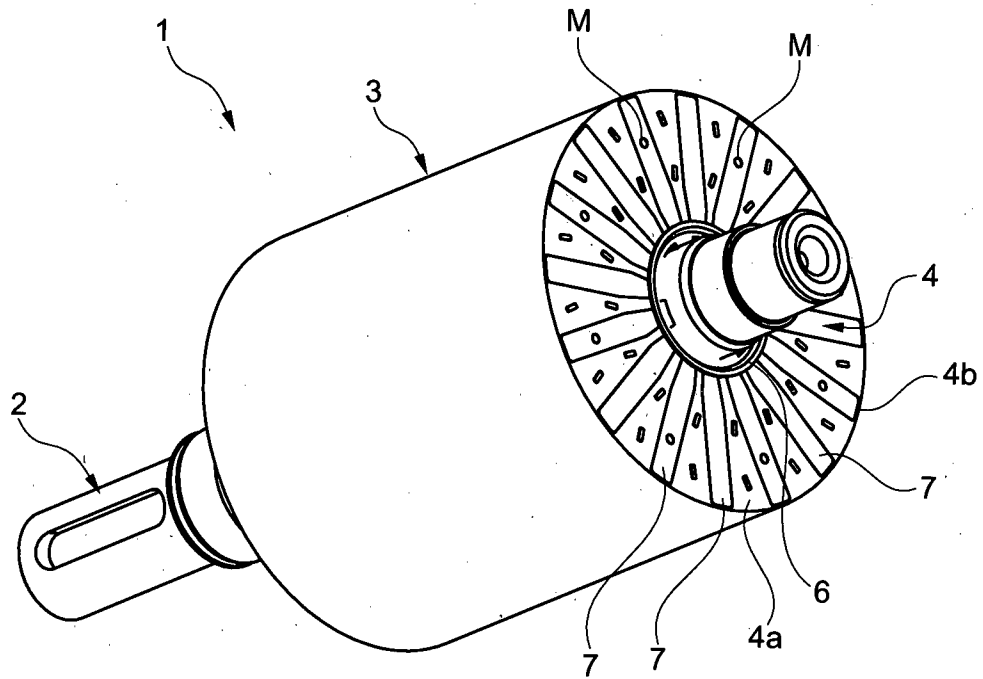


Fig. 1

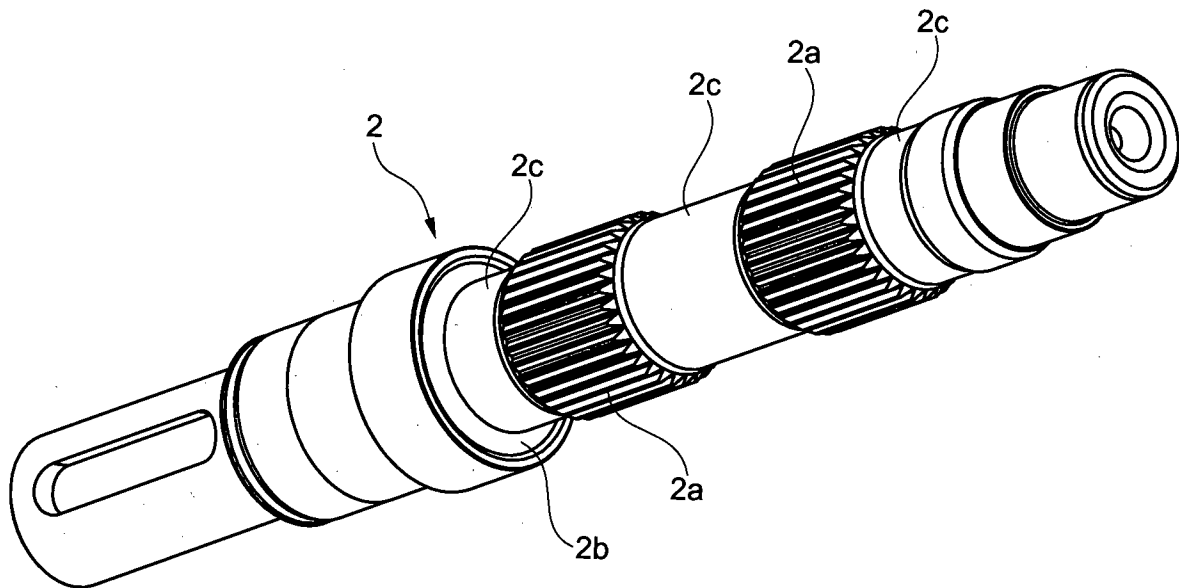
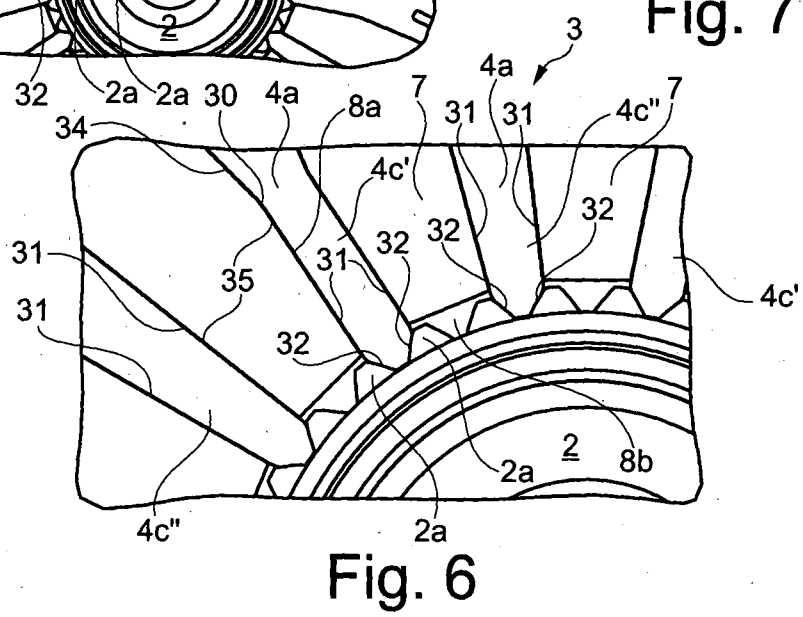
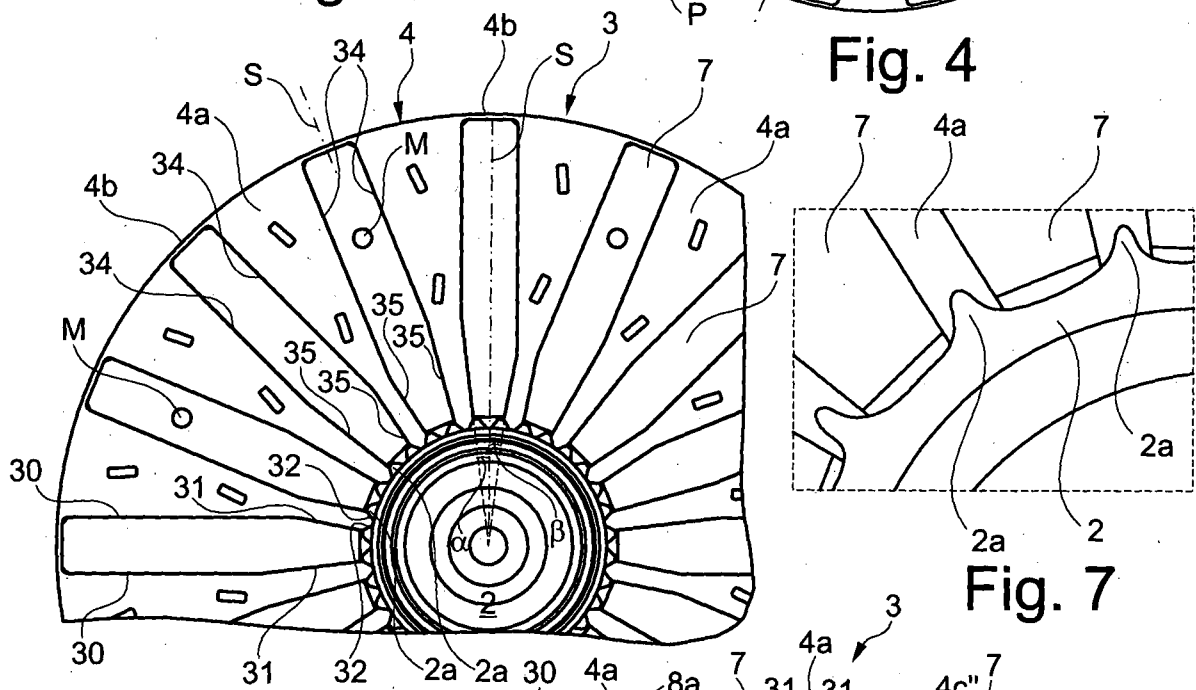
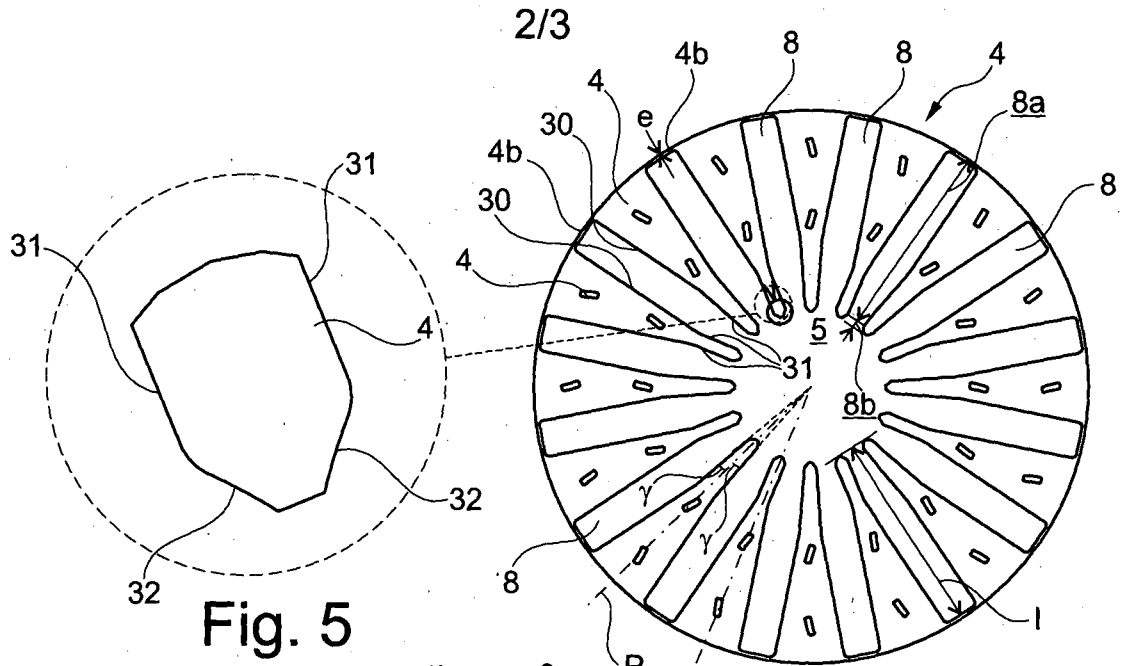


Fig. 2



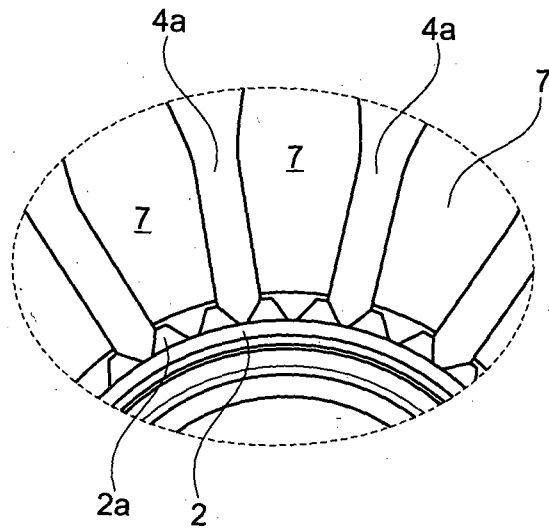


Fig. 7a

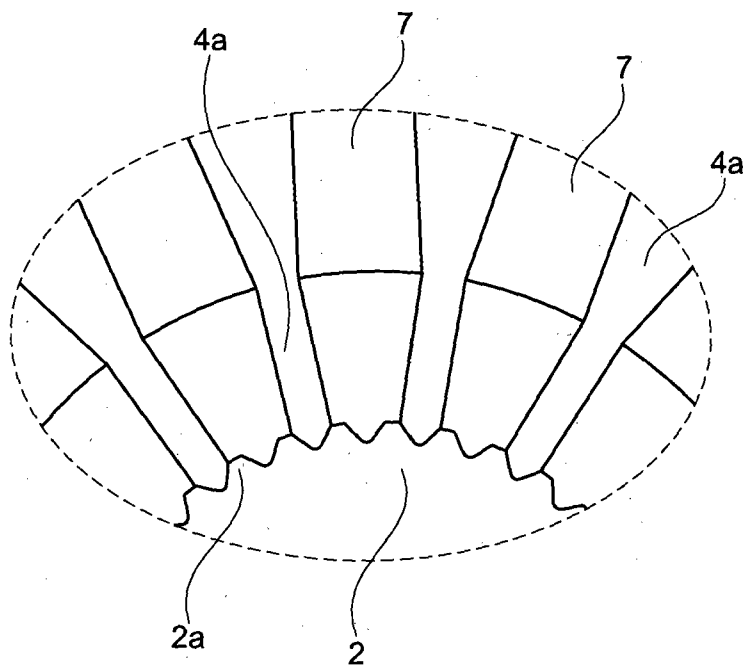


Fig. 7b