

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2019/206830 A1**

(43) Date de la publication internationale  
31 octobre 2019 (31.10.2019)

(51) Classification internationale des brevets :

H02K 1/16 (2006.01) H02K 3/18 (2006.01)  
H02K 1/24 (2006.01) H02K 15/06 (2006.01)

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

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/060223

(72) Inventeur : SAINT-MICHEL, Jacques ; 7 rue Truffière, 16000 ANGOULEME (FR).

(22) Date de dépôt international :

19 avril 2019 (19.04.2019)

(74) Mandataire : TANTY, François ; CABINET NONY, 11 rue Saint-Georges, 75009 PARIS (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1853552 23 avril 2018 (23.04.2018) FR

(54) Title: ROTOR FOR A ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : ROTOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

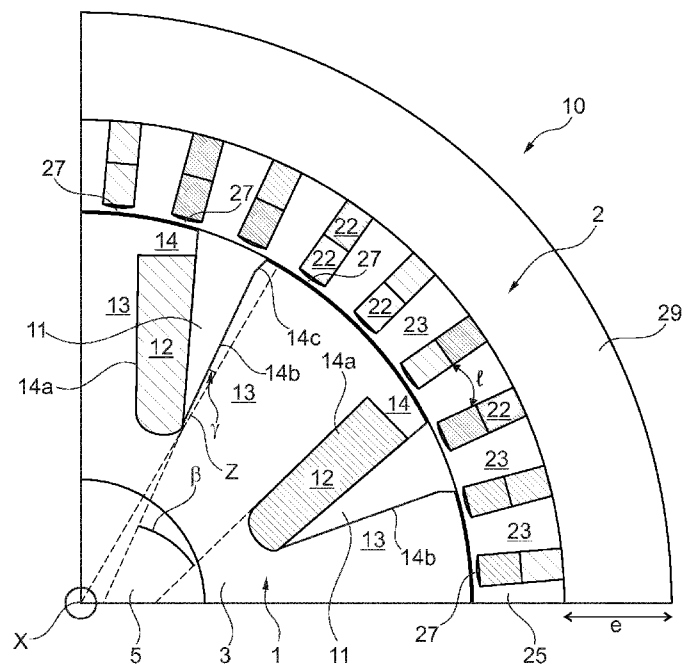


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a rotor for an electrical machine, rotating about an axis of rotation (X), the rotor including: - salient poles (13) forming notches (11) therebetween, the salient poles each having a generally asymmetric shape in relation to a radial median plane containing the axis of rotation (X) of the machine; and - coils (12), each coil (12) being provided on a corresponding salient pole (13), in the notches adjacent to this salient pole.

(57) Abrégé : Rotor de machine électrique, tournant autour d'un axe de rotation (X), le rotor comportant : - des pôles saillants (13) ménageant entre eux des encoches (11), les pôles saillants étant chacun de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial médian contenant l'axe de rotation (X) de la machine, - des bobines (12), chaque bobine (12) étant disposée sur un pôle saillant (13)



WO 2019/206830 A1

PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

## ROTOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

La présente invention concerne le domaine des machines électriques tournantes, notamment des machines synchrones, et plus particulièrement les rotors de telles machines. L'invention s'intéresse plus particulièrement aux rotors à pôles saillants ménageant entre eux des encoches dans lesquelles sont reçues des bobines.

Il est connu de réaliser un rotor à pôles saillants, dans lequel les pôles saillants sont symétriques par rapport à un axe radial du pôle. Les pôles peuvent comporter chacun deux épanouissements polaires symétriques, disposés de part et d'autre du pôle vers son extrémité libre. La présence de tels épanouissements polaires rend plus difficile le bobinage sur le pôle et quasiment impossible l'insertion de bobines déjà fabriquées.

Il existe donc un besoin pour bénéficier d'un rotor de machine électrique tournante permettant une mise en place aisée des bobines dans les encoches, tout en assurant de bonnes performances électromagnétiques.

L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, grâce à un rotor de machine électrique, tournant autour d'un axe de rotation X, le rotor comportant :

- des pôles saillants ménageant entre eux des encoches, les pôles saillants étant chacun de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial médian contenant l'axe de rotation X de la machine,

- des bobines, chaque bobine étant disposée sur un pôle saillant correspondant, dans les encoches adjacentes à ce pôle saillant.

Par « *dissymétrique* », on entend que le pôle saillant n'est symétrique par rapport à aucun plan radial contenant l'axe de rotation de la machine. De préférence, tous les pôles saillants sont de forme générale dissymétrique.

Le plan radial considéré peut être un plan médian pour le pôle correspondant. Le plan médian peut passer par le milieu de la surface du pôle au niveau de l'entrefer et/ou par le milieu du pôle au niveau de son rattachement à la masse rotorique.

L'enveloppe convexe de chacun des pôles peut avoir un plan de symétrie lorsqu'observée en section transversale, perpendiculairement à l'axe de rotation.

Par « *enveloppe convexe* », on entend la forme convexe la plus petite dans laquelle le pôle est inscrit. L'enveloppe convexe est la ligne fermée tendue qui suit le contour du pôle, en reliant les contours convexes du pôle entre eux. L'enveloppe convexe

est la ligne fermée de longueur minimale, qui se superpose aux portions convexes ou rectilignes du périmètre du pôle et suit des cordes rejoignant chaque fois deux portions convexes ou rectilignes séparées par une portion concave (vu de l'extérieur). Une enveloppe convexe correspond à la région qui serait délimitée par un élastique tendu qui s'appuierait exclusivement sur le périmètre du pôle.

Le pôle saillant peut s'étendre selon un axe radial du pôle, lequel peut être contenu dans le plan radial mentionné ci-dessus. Par « *axe radial du pôle* », on désigne un axe Y du pôle orienté radialement, c'est-à-dire selon un rayon du rotor. Dans l'invention, il ne s'agit pas d'un axe de symétrie pour le pôle. Cet axe radial peut intersecter le sommet du pôle. Il peut s'agir d'un axe médian.

Grâce à l'invention, le noyau du pôle saillant peut être plus large qu'un noyau de pôle symétrique, de sorte que la saturation y est moins rapidement atteinte. Par « *noyau* », on désigne la partie du pôle autre que les épanouissements polaires.

Le rotor selon l'invention permet d'obtenir une machine ayant des performances électromagnétiques, une compacité et un coût amélioré.

Chaque pôle saillant peut comporter un épanouissement polaire latéral, notamment sur une première face latérale du pôle saillant, lorsque le rotor est observé selon l'axe de rotation X. L'épanouissement polaire latéral sur le pôle saillant permet d'augmenter la largeur du pôle saillant vers son extrémité libre, de sorte que l'on a plus de flux dans les pôles, et on obtient ainsi une puissance plus élevée. On peut également minimiser le risque de saturation dans les pôles saillants. L'épanouissement polaire latéral peut être situé vers l'extrémité libre du pôle saillant et de la première face latérale. L'épanouissement polaire latéral peut être situé à l'avant du pôle ou à l'arrière du pôle. On définit l'avant et l'arrière d'un pôle par rapport au sens de rotation du rotor. Chaque pôle saillant comporte une face latérale avant et une face latérale arrière.

Chaque pôle saillant peut comporter au moins une face latérale dépourvue d'épanouissement polaire

L'épanouissement polaire latéral est situé de préférence sur la face arrière, la première face latérale étant la face arrière du pôle, lorsque le rotor est destiné à être inclus dans une machine électrique tournante utilisée comme moteur. Pour un moteur, le rotor tourne de préférence dans le sens trigonométrique. Ainsi, la circulation du flux est décalée

vers l'avant du pôle. Dans ce cas, la première face latérale est la face latérale arrière du pôle saillant.

L'épanouissement polaire latéral est situé de préférence sur la face avant, la première face latérale étant la face avant du pôle, lorsque le rotor est destiné à être inclus dans une machine électrique tournante utilisée comme générateur. Pour un générateur, le rotor tourne de préférence dans le sens horaire. Ainsi, la circulation du flux est décalée vers l'arrière du pôle. Dans ce cas, la première face latérale est la face latérale avant du pôle saillant. Une telle configuration présente l'avantage de diminuer le couple de freinage lorsque l'on fonctionne en mode générateur, ce qui peut être particulièrement avantageux dans la traction automobile.

Dans le cas où le rotor comporte plusieurs pôles saillants, les épanouissements polaires latéraux des pôles saillants peuvent être tous situés sur la même face latérale. Par exemple, les épanouissements polaires latéraux des pôles saillants du rotor sont tous situés sur la face latérale avant du pôle saillant correspondant. En variante, les épanouissements polaires latéraux des pôles saillants du rotor sont tous situés sur la face latérale arrière du pôle saillant correspondant.

Chaque pôle saillant peut comporter une deuxième face latérale opposée à la première face latérale, cette deuxième face latérale étant dépourvue d'épanouissement polaire. Le bobinage est facilité, et l'insertion des bobines sur les pôles est plus aisée, grâce à l'absence d'épanouissement polaire d'un côté du pôle saillant.

En variante, chaque pôle saillant peut comporter un deuxième épanouissement polaire, de forme autre que celle de l'épanouissement polaire latéral situé sur la première face latérale du pôle saillant. Le deuxième épanouissement polaire peut être plus petit que le premier épanouissement polaire. Ainsi, les pôles saillants peuvent être plus large que s'ils comportaient deux épanouissements polaires de même taille, notamment au niveau de leur noyau.

La deuxième face latérale peut s'étendre dans un plan Z radial ou faisant un angle  $\gamma$  avec un plan radial passant par sa base, notamment par le point d'intersection du fond de l'encoche adjacente audit pôle saillant avec la deuxième face latérale.

Une telle configuration permet de maximiser la largeur du pôle saillant à sa base, tout en permettant le logement des bobines.

Les encoches sont ouvertes radialement vers l'extérieur et vers l'entrefer. Le rotor est un rotor intérieur, destiné à être reçu dans un stator extérieur.

La deuxième face latérale peut faire un angle  $\beta$  avec la première face latérale. Cet angle  $\beta$  peut être non nul. Les première et deuxième faces latérales ne sont alors pas  
5 parallèles entre elles.

Les bobines peuvent avoir été insérées sur les pôles saillants correspondants après leur bobinage. Les bobines peuvent être préparées à part. Dans l'invention, le rotor n'est pas bobiné directement sur dent. Le rotor selon l'invention est de préférence un rotor à bobinage concentré, c'est-à-dire que chaque bobine du rotor s'étend dans deux encoches  
10 consécutives autour d'un seul pôle saillant du rotor.

Une bobine, mieux toutes les bobines, peuvent comporter des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées respectivement à des distances  $d1$  et  $d2$  de l'axe de rotation  $X$ . Les distances  $d1$  et  $d2$  peuvent être égales ou différentes.

15 La première portion d'une bobine est celle qui est placée dans une première encoche et la deuxième portion est celle qui est placée dans une deuxième encoche, adjacente à la première.

Lorsque les distances  $d1$  et  $d2$  sont différentes, la bobine est dite « déformée », ses première et deuxième portions étant reliées par une portion de bobine qui peut  
20 présenter une inflexion.

En variante, une bobine peut comporter des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées à une même distance  $d1$  de l'axe de rotation  $X$ . Une autre bobine peut comporter des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et  
25 deuxième portions étant situées à une même distance  $d2$  de l'axe de rotation  $X$ . Ainsi, deux bobines différentes, notamment deux bobines adjacentes, peuvent comporter des première et deuxième portions situées respectivement à des distances  $d1$  et  $d2$  de l'axe de rotation  $X$ , qui sont différentes. Dans un mode de réalisation, le rotor comporte une alternance de bobines dont les première et deuxième portions sont situées à une même distance  $d1$  de  
30 l'axe de rotation  $X$ , et de bobines dont les première et deuxième portions sont situées à une même distance  $d2$  de l'axe de rotation  $X$ .

Une bobine, mieux toutes les bobines, peuvent être maintenues sur le pôle saillant correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire.

Dans un premier mode de réalisation, une bobine peut être maintenue sur le pôle saillant correspondant par les deux bobines adjacentes.

5 Dans un deuxième mode de réalisation, une bobine peut être maintenue sur le pôle saillant correspondant par deux épanouissements polaires des deux pôles saillants adjacents.

Dans un troisième mode de réalisation, une bobine peut être maintenue sur le pôle saillant correspondant d'un côté par une bobine adjacente et de l'autre par un épanouissement polaire du pôle saillant correspondant.

Dans un quatrième mode de réalisation, une bobine peut être maintenue sur le pôle saillant correspondant d'un côté par une bobine adjacente et de l'autre par un épanouissement polaire du pôle saillant adjacent.

Par « *bobine adjacente* », on désigne la bobine disposée sur le pôle saillant adjacent au pôle saillant correspondant à la bobine considérée. Les deux bobines adjacentes s'étendent en partie dans une même encoche. Ladite encoche est ménagée entre les deux pôles saillants portant les deux bobines adjacentes considérées.

L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un rotor de machine électrique, tournant autour d'un axe de rotation X, le rotor comportant :

- des pôles saillants ménageant entre eux des encoches, les pôles saillants pouvant être chacun par exemple de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial contenant l'axe de rotation X de la machine, mieux tous les pôles saillants pouvant être de forme générale dissymétrique,

25 - des bobines, chaque bobine étant disposée sur un pôle saillant correspondant, dans les encoches adjacentes audit pôle saillant, rotor dans lequel au moins une bobine comporte des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées respectivement à des distances d1 et d2 de l'axe de rotation X, les distances d1 et d2 étant différentes.

30 Dans un exemple de réalisation, toutes les bobines du rotor comportent des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et

deuxième portions étant situées respectivement à des distances  $d_1$  et  $d_2$  de l'axe de rotation X, les distances  $d_1$  et  $d_2$  étant différentes.

#### Masse rotorique et arbre

Le rotor peut comporter un arbre s'étendant selon l'axe de rotation, sur lequel  
5 est disposée une masse magnétique rotorique comportant les pôles saillants.

L'arbre peut être réalisé dans un matériau magnétique, ce qui permet  
avantageusement de diminuer le risque de saturation dans la masse rotorique et d'améliorer  
les performances électromagnétiques du rotor.

En variante, le rotor comporte un arbre amagnétique sur lequel est disposée la  
10 masse rotorique. L'arbre peut être réalisé au moins en partie dans un matériau de la liste  
suivante, qui n'est pas limitative : acier, inox, titane ou tout autre matériau amagnétique

La masse rotorique peut dans un mode de réalisation être disposée directement  
sur l'arbre amagnétique, par exemple sans jante intermédiaire. En variante, notamment  
dans le cas où l'arbre n'est pas amagnétique, le rotor peut comporter une jante entourant  
15 l'arbre du rotor et venant prendre appui sur ce dernier.

La masse rotorique s'étend selon l'axe de rotation et elle est disposée autour de  
l'arbre. L'arbre peut comporter des moyens de transmission de couple à la masse rotorique.

La masse rotorique peut être formée d'un empilement de tôles magnétiques.  
Chaque tôle magnétique peut être d'un seul tenant. Une tôle peut comporter une succession  
20 de secteurs reliés par des ponts de matière tangentiels.

Les pôles peuvent être d'un seul tenant avec le reste de la masse rotorique, ou  
rattachés sur celle-ci.

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  
25 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.

En variante, la masse rotorique peut comporter une pluralité de pièces polaires  
assemblées sur l'arbre du rotor, lequel est dans ce cas de préférence amagnétique.  
30 L'assemblage peut être effectué par des queues d'aronde sur un arbre de la machine, ou en  
variante au moyen de tirants. Chaque pièce polaire peut comporter un empilement de tôles  
magnétiques.

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 tôles peuvent être découpées dans un outil à la suite les unes des autres.

5 Elles peuvent être empilées et clipsées ou collées dans l'outil, en paquets complets ou sous-paquets. Les tôles peuvent être encliquetées les unes sur les autres. En variante, le paquet de tôles peut être empilé et soudé en dehors de l'outil.

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 être monté en porte à faux ou non, par rapport aux roulements utilisés pour guider l'arbre.

Le rotor peut être réalisé en plusieurs tronçons alignés suivant la direction axiale, par exemple au moins deux tronçons. Chacun des tronçons peut être décalé angulairement par rapport aux morceaux adjacents (« *step skew* » en anglais).

Les encoches peuvent être droites ou hélicoïdales.

#### Bobines du rotor

Les bobines du rotor sont disposées dans les encoches de manière concentrée. Par « *concentré* », on comprend que chaque bobine est enroulée autour d'un seul pôle saillant du rotor.

Les bobines comportent des conducteurs électriques. Les conducteurs électriques peuvent être en section transversale de forme circulaire, ou aplatie, ou sensiblement polygonale, notamment rectangulaire.

Lorsque les conducteurs sont de section transversale circulaire, ils peuvent être disposés dans l'encoche selon un empilement hexagonal. Lorsque les conducteurs sont de section transversale aplatie, ils peuvent être disposés dans l'encoche en une ou plusieurs rangées, notamment en une rangée unique, étant adjacents les uns aux autres par leurs grands côtés, autrement appelé le plat. L'optimisation de l'empilement peut permettre de disposer dans les encoches une plus grande quantité de conducteurs électriques, et parallèlement de diminuer la surface utile de l'encoche, donc d'obtenir ainsi un rotor de plus grande puissance, à volume constant. Une bobine peut contenir une ou plusieurs rangées de conducteurs électriques, par exemple une, deux, trois ou quatre rangées.

Les conducteurs électriques dans les encoches peuvent être sensiblement rectangulaires en section transversale. De préférence, les conducteurs électriques peuvent être de section transversale aplatie, avec un grand axe parallèle à la face de la dent. Les conducteurs électriques peuvent ainsi être bobinés sur plat.

5 Les conducteurs électriques d'une bobine peuvent être bobinés sur chant ou sur plat. Par « *chant* », on entend la face étroite du conducteur électrique de la bobine, par opposition à « *plat* ». Une bobine bobinée sur chant est une bobine dont le conducteur électrique, de section transversale rectangulaire, comportant une direction d'élongation, est enroulé perpendiculairement à cette direction d'élongation. Le conducteur électrique est  
10 ainsi bobiné autour d'un axe de bobinage de préférence parallèle à la direction d'élongation de sa section transversale.

Les bobines peuvent être disposées en une grappe de plusieurs bobines. Autrement dit, un même conducteur électrique forme plusieurs bobines reliées entre elles. [

Les bobines peuvent être bobinées seules ou en grappe, puis déformées.

15 Les conducteurs électriques peuvent être disposés de manière aléatoire dans les encoches ou de manière rangée. De préférence, les conducteurs électriques sont rangés dans les encoches. Par « *rangés* », on entend que les conducteurs ne sont pas disposés dans les encoches en vrac mais de manière ordonnée. Ils sont empilés dans les encoches de manière non aléatoire, étant par exemple disposés en rangées de conducteurs électriques  
20 alignés. L'empilement des conducteurs électriques est par exemple un empilement selon un réseau hexagonal dans le cas de conducteurs électriques de section transversale circulaire ou un empilement selon une ou plusieurs rangées dans le cas de conducteurs électriques de section transversale rectangulaire.

Les conducteurs électriques sont préférentiellement en métal, notamment  
25 cuivre ou aluminium.

Les conducteurs électriques sont isolés par un revêtement de surface. Ils peuvent être émaillés. L'émail peut être thermodurcissable. Les conducteurs électriques peuvent être émaillés et guipés. Le guipage consiste à entourer le conducteur électrique d'un ruban isolant de fibres de verre, afin de lui conférer une protection mécanique, ce qui  
30 peut notamment être avantageux pour les machines de taille importante.

Les bobines peuvent avoir une forme permettant de favoriser les échanges thermique avec un fluide de refroidissement. Par exemple, une bobine peut avoir un

chignon asymétrique. Un chignon de bobine est dit asymétrique s'il est asymétrique par l'un au moins de sa longueur, angle par rapport à l'axe de rotation, forme, cette liste n'étant pas limitative.

5 Afin de favoriser le refroidissement de la bobine, celle-ci peut comporter une ou plusieurs ouvertures axiales.

Les entrée et sortie de chaque bobine peuvent être situées de part et d'autre de la bobine ou du même côté. Les connexions sont de préférence situées en partie basse des bobines, au plus près de l'arbre, ce qui permet d'améliorer la tenue mécanique en rotation. Dans ce cas, il faut un nombre pair de couches de conducteurs dans la bobine.

10 Variante entrée et sortie en haut et en bas respectivement

De préférence, les bobines sont séparées des parois de l'encoche par un isolant, notamment par au moins une feuille d'isolant.

Les bobines sont recouvertes d'un isolant avant leur installation sur la masse rotorique.

15 L'isolant peut être de type Nomex™, à base de fibres d'aramide, ou triplexé, comportant un empilement de couches tel que par exemple une couche de Nomex™, une couche de Mylar™, puis une couche de Nomex™. L'isolant peut être encollé ou non.

Les bobines recouvertes d'isolant peuvent être ensuite imprégnées avec une résine ou un vernis, en particulier avant leur insertion sur les pôles saillants.

20 Les bobines peuvent être imprégnées chacune individuellement, ou le rotor complet peut être imprégné.

L'imprégnation peut être fait en trempé ou en VPI (« *Vacuum Pressure Impregnation* » en anglais).

25 Les têtes de chignon peuvent dans une variante de réalisation subir un ficelage mécanique, par exemple avec un ruban de Dacron™ (polyamide).

30 Les bobines peuvent être calées dans les encoches, afin de les bloquer en position dans le pôle. On peut à cet effet utiliser des cales, par exemple des cales vissées ou clipsées dans les encoches. Les cales peuvent être réalisées en aluminium ou en plastique et avoir différentes formes. Les cales peuvent avoir un rôle de dissipateur pour améliorer les échanges thermiques avec le fluide de refroidissement. Les cales peuvent être aménagées pour laisser passer des canaux de circulation du fluide de refroidissement. Le fluide de refroidissement peut être de l'air, de l'eau, de l'huile.

### Machine et stator

L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante, comportant un rotor tel que défini précédemment. La machine peut être utilisée comme moteur ou comme générateur. La machine peut être à reluctance. Elle peut constituer un moteur  
5 synchrone ou en variante un générateur synchrone. En variante encore, elle constitue une machine asynchrone.

La machine comporte un stator. Ce dernier comporte des dents définissant entre elles des encoches. Ces encoches peuvent être fermées vers l'entrefer.

Dans un mode de réalisation, le stator peut comporter une culasse d'un seul  
10 tenant portant les dents. Les encoches peuvent être fermées, aussi bien vers la culasse que vers l'entrefer.

Dans une variante de réalisation, le stator comporte une couronne dentelée comportant des dents définissant entre elles des encoches ouvertes radialement vers l'extérieur, et une culasse rapportée sur la couronne dentelée.

15 Le stator peut comporter des bobinages disposés de manière répartie dans les encoches, ayant notamment des conducteurs électriques disposés de manière rangée dans les encoches.

Par « *réparti* », on entend qu'au moins l'un des bobinages passe successivement dans deux encoches non adjacentes.

20 Par « *culasse rapportée* », il faut comprendre que la culasse n'est pas réalisée d'un seul tenant avec la couronne dentelée mais fixée à cette dernière au cours de la fabrication du stator.

Les conducteurs électriques peuvent ne pas être disposés dans les encoches en vrac mais de manière ordonnée. Ils sont empilés dans les encoches de manière non  
25 aléatoire, étant par exemple disposés en rangées de conducteurs électriques alignés. L'empilement des conducteurs électriques est par exemple un empilement selon un réseau hexagonal dans le cas de conducteurs électriques de section transversale circulaire.

L'installation des bobinages peut être facilitée d'une part en ce que l'accès à l'intérieur des encoches est plus aisé, s'agissant d'encoches ouvertes plus largement et en  
30 direction de l'extérieur plutôt que vers l'entrefer, et d'autre part en ce que l'espace disponible autour de la couronne dentelée, pour les outillages nécessaires voire même pour une machine à bobiner, est bien plus important que l'espace disponible dans l'alésage du

stator. Par ailleurs, l'opération de bobinage est relativement peu coûteuse, dans la mesure où elle peut être effectuée de manière analogue au bobinage d'un rotor d'une machine à courant continu ou asynchrone à rotor bobiné.

La couronne dentelée est formée de l'ensemble des dents du stator réunies à leur base du côté de l'entrefer. Les dents sont réunies par des ponts tangentiels.

Au moins une encoche peut être fermée du côté de l'entrefer par un pont tangentiel reliant entre elles deux dents consécutives de la couronne dentelée, mieux toutes les encoches peuvent être fermées du côté de l'entrefer chacune par un pont tangentiel reliant entre elles deux dents consécutives de la couronne dentelée. Le ou les ponts tangentiels sont de largeur constante. En variante, le ou les ponts tangentiels sont de largeur décroissante puis croissante.

Au moins une encoche peut être à bords radiaux parallèles entre eux, mieux toutes les encoches.

Au moins une encoche peut être en section transversale, perpendiculairement à l'axe de rotation, de forme choisie dans la liste suivante : rectangulaire, hexagonale, cette liste n'étant pas limitative. De préférence, au moins une encoche est en section transversale à fond se rétrécissant en direction de l'entrefer, notamment de forme hexagonale. De préférence, la forme de l'encoche correspond à la forme de l'empilement des conducteurs électriques disposés dans cette dernière, ce qui peut être le cas notamment lorsque l'encoche est de section transversale hexagonale. En outre, les ponts tangentiels sont dans ce cas de largeur non constante, diminuant puis augmentant linéairement. Une telle configuration des ponts tangentiels permet de minimiser les harmoniques, d'obtenir plus de couple par désaturation des dents et de la culasse, et d'améliorer les transferts thermiques.

Au moins une dent, mieux toutes les dents, peuvent être de forme générale trapézoïdale en section transversale.

Les conducteurs électriques dans les encoches peuvent être en section transversale de forme circulaire, ou polygonale, notamment rectangulaire, cette liste n'étant pas limitative. Lorsque les conducteurs sont de section transversale circulaire, ils peuvent être disposés dans l'encoche selon un empilement hexagonal. Lorsque les conducteurs sont de section transversale rectangulaire, ils peuvent être disposés dans l'encoche en une rangée unique, étant adjacents les uns aux autres par leurs grands côtés. L'optimisation de l'empilement peut permettre de disposer dans les encoches une plus

grande quantité de conducteurs électriques, et parallèlement de diminuer la surface utile de l'encoche, donc d'obtenir ainsi un stator de plus grande puissance, à volume constant.

La couronne dentelée peut être réalisée par enroulement en hélice d'une bande rectiligne de dents reliées par des ponts tangentiels, les dents de la bande rectiligne ménageant entre elles des encoches qui ont des bords convergents, les bords des encoches devenant sensiblement parallèles entre eux lorsque la bande est enroulée sur elle-même pour former la couronne dentelée. La bande peut en variante être formée de secteurs comportant chacun plusieurs dents, les secteurs étant reliés par des ponts de matière, ces secteurs étant découpés dans une bande de tôle rectiligne.

La culasse peut également être réalisée de manière similaire, soit en enroulant directement en hélice une bande de tôle si sa largeur le permet, soit en formant dans ladite bande de tôle des fentes adaptées lors de la découpe, de manière à faciliter cet enroulement.

La culasse peut être rapportée sur la couronne dentelée après l'installation des bobinages dans les encoches.

Dans une variante de réalisation, le stator est à bobinage concentré. Le stator peut comporter des dents et des bobines disposées sur les dents. Le stator peut ainsi être bobiné sur dents, autrement dit à bobinage non réparti.

Les dents du stator peuvent comporter des épanouissements polaires. En variante, les dents du stator sont dépourvues d'épanouissements polaires.

Le stator peut comporter une carcasse extérieure entourant la culasse.

Les dents du stator peuvent être réalisées avec un empilage de tôles magnétiques, recouvertes chacune d'un vernis isolant, afin de limiter les pertes par courants induits.

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. Ainsi, la machine selon l'invention permet un fonctionnement à des vitesses importantes si cela est souhaité.

La machine électrique tournante selon l'invention peut avoir un diamètre extérieur par exemple compris entre 100 et 500 mm, mieux entre 120 et 400 mm, étant par exemple de l'ordre de 200 mm. Le diamètre intérieur est par exemple inférieur ou égal à 300 mm, étant notamment compris entre 60 mm et 180 mm.

La puissance de la machine peut être comprise entre 1 et 300 kW, étant par exemple de l'ordre de 100 kW, cette valeur n'étant nullement limitative.

La machine peut comporter un seul rotor intérieur ou, en variante, un seul rotor extérieur, ou en variante encore un rotor intérieur et un rotor extérieur, disposés radialement de part et d'autre du stator et accouplés en rotation.

Le nombre d'encoches par pôle et par phase peut être entier ou fractionnaire.

Le nombre de pôles  $P$  au rotor est par exemple compris entre 4 et 48, étant par exemple de 4, 6, 8, 10 ou 12, et le nombre de dents  $S$  au stator est par exemple compris entre 6 et 48.

#### 10 **Procédé de fabrication**

L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un procédé de fabrication d'un rotor tel que défini plus haut, comportant les étapes suivantes :

a) préparer une bobine sur un noyau, ladite bobine comportant des première et deuxième portions destinées à être reçues dans des encoches du rotor,

b) insérer une première portion de la bobine dans une première encoche adjacente à la première face latérale d'un pôle saillant, ladite première face latérale comportant un épanouissement polaire latéral,

c) insérer une deuxième portion de la bobine dans une deuxième encoche adjacente à la deuxième face latérale dudit pôle saillant.

Une bobine peut comporter ainsi des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes. Les première et deuxième portions sont insérées de manière à être situées respectivement à des distances  $d_1$  et  $d_2$  de l'axe de rotation  $X$ , les distances  $d_1$  et  $d_2$  étant égales ou différentes.

Chaque bobine peut être formée d'au moins un fil de section transversale rectangulaire enroulé sur lui-même, notamment sur chant ou sur plat. Le fil est de préférence enroulé de manière jointive.

Dans un mode de réalisation, on maintient une bobine sur le pôle saillant correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire. On peut maintenir la première portion de la bobine sous l'épanouissement polaire du pôle saillant correspondant portant la bobine ou sous une deuxième bobine insérée ultérieurement. En variante, on peut maintenir la deuxième portion de la bobine sous l'épanouissement polaire

d'un pôle saillant adjacent au pôle saillant portant la bobine ou sous une deuxième bobine insérée ultérieurement.

On peut déformer la bobine lors de son insertion. On peut déformer la bobine de manière à obtenir une bobine comportant des première et deuxième portions, destinées à être reçues dans deux encoches adjacentes, qui sont situées respectivement à des distances  $d_1$  et  $d_2$  de l'axe de rotation X, les distances  $d_1$  et  $d_2$  étant différentes. Les première et deuxième portions sont alors reliées par une portion de bobine qui peut présenter une inflexion.

On peut décaler la bobine lors de son insertion, notamment circonférentiellement, de manière à maintenir celle-ci sous un épanouissement polaire. Dans un mode de réalisation, on décale la bobine pour maintenir sa première portion sous l'épanouissement polaire du pôle saillant correspondant portant la bobine. Dans un autre mode de réalisation, on décale la bobine pour maintenir sa deuxième portion sous l'épanouissement polaire d'un pôle saillant adjacent au pôle saillant portant la bobine.

Dans un mode de réalisation, les bobines sont insérées sur les pôles saillants du rotor individuellement.

En variante, elles sont insérées toutes à la fois. L'invention ainsi pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un procédé de fabrication d'un rotor, notamment tel que défini plus haut, comportant les étapes suivantes :

i) on insert les premières portions de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes, puis

ii) on insert les deuxièmes portions de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes,

iii) on décale les bobines circonférentiellement, notamment de manière à maintenir une bobine sur le pôle saillant correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire.

### **Description détaillée**

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

- la figure 1 est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'une machine électrique tournante conforme à l'invention,

- les figures 2a et 2b sont des vues en coupe transversale de la machine de la figure 1, montrant respectivement l'induction et les lignes de flux dans la machine,

- les figures 3a à 3c sont des vues analogue à la figure 1 de variantes de positionnement des bobines sur les pôles saillants,

5 - la figure 4 est une vue analogue à la figure 1 d'une variante de réalisation de stator,

- la figure 5 est une vue en perspective, schématique et partielle, d'une variante de machine, et

- la figure 6 est une vue analogue à la figure 1 d'une variante de réalisation.

10 On a illustré à la figure 1 une machine électrique tournante 10, comportant un rotor 1 intérieur et un stator 2 extérieur. Le stator permet de générer un champ magnétique tournant d'entraînement du rotor 1 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.

15 Le stator 2 comporte des bobinages 22, comme illustré, lesquels sont disposés dans des encoches 21 ménagées entre des dents 23 d'une couronne dentelée 25. En outre, le stator comporte une culasse 29 rapportée sur la couronne dentelée 25. Le stator comporte encore une carcasse extérieure entourant la culasse, non représentée.

20 Les bobinages 22 sont disposés de manière répartie dans les encoches 21 et ont des conducteurs électriques disposés de manière rangée dans les encoches 21.

Les encoches 21 sont dans l'exemple décrit à bords radiaux parallèles entre eux, et sont en section transversale de forme générale rectangulaire.

25 Les encoches 21 sont fermées vers l'entrefer par des ponts tangentiels 27 reliant entre elles deux dents consécutives de la couronne dentelée 25. Les ponts tangentiels 27 sont de largeur non constante, diminuant puis augmentant.

La couronne dentelée 25 est réalisée par enroulement en hélice d'une bande de dents reliées par des ponts tangentiels 27. Les dents 23 de la bande ménagent entre elles les encoches 21 qui ont des bords convergents, les bords des encoches étant parallèles entre eux lorsque la bande est enroulée sur elle-même pour former la couronne dentelée.

30 Chaque encoche 21 comporte deux bobinages empilés, donc deux étages de bobinage.

L'épaisseur  $e$  de la culasse peut être relativement importante, par rapport aux machines connues. Il en est de même de la largeur  $l$  des dents.-On peut ainsi obtenir une réduction importante de la consommation de champ électrique (ou ampère-tours) au stator, ou encore une augmentation significative du flux parcourant le stator.

5 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 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, par des tirants, des soudures ou toute autre technique. Les  
10 tôles magnétiques sont de préférence en acier magnétique. Toutes les nuances d'acier magnétique peuvent être utilisées.

La masse rotorique 3 comporte une ouverture centrale pour le montage sur un arbre 5. L'arbre peut, dans l'exemple considéré, être réalisé dans un matériau amagnétique, par exemple en inox amagnétique ou en aluminium, ou au contraire être magnétique.

15 Conformément à l'invention, le rotor 1 comporte des pôles saillants 13 ménageant entre eux des encoches 11. Le rotor 1 comportent en outre des bobines 12, chaque bobine étant disposée sur un pôle saillant 13 correspondant, dans les encoches 11 adjacentes audit pôle saillant.

Les pôles saillants 13 sont de forme générale dissymétrique par rapport à un  
20 plan radial médian contenant l'axe de rotation X de la machine. Les pôles saillants 13 comportent chacun un épanouissement polaire latéral 14, situé sur une première face latérale 14a du pôle saillant, lorsque le rotor est observé selon l'axe de rotation X, vers l'extrémité libre du pôle saillant. Dans l'exemple décrit, l'épanouissement polaire latéral est situé sur la face latérale arrière du pôle saillant. Les pôles saillants comportent une  
25 deuxième face latérale 14b opposée à la première face latérale 14a, laquelle est dépourvue d'épanouissement polaire, et peut présenter à son extrémité un chanfrein 14c facilitant l'insertion des bobines.

La circulation du flux est dans cet exemple décalée vers l'avant du sens de rotation du rotor, comme illustré sur les figures 2a et 2b. La saturation dans le pôle saillant  
30 est moins rapidement atteinte.

La deuxième face latérale 14b s'étend dans un plan faisant un angle  $\gamma$  avec un plan radial Z.

La deuxième face latérale 14b fait un angle  $\beta$  avec la première face latérale 14a. Cet angle  $\beta$  est non nul. Les première et deuxième faces latérales ne sont pas parallèles entre elles.

5 On va maintenant décrire en référence aux figures 3a à 3c le positionnement des bobines dans les encoches 11.

Chaque bobine 12 comporte des première 12a et deuxième 12b portions reçues respectivement dans deux encoches adjacentes 11.

Ces première et deuxième portions 12a et 12b peuvent être situées respectivement à des distances  $d_1$  et  $d_2$  de l'axe de rotation X qui sont différentes, comme  
10 illustré aux figures 3a et 3b. Lorsque les distances  $d_1$  et  $d_2$  sont différentes, la bobine est déformée, ses première et deuxième portions étant reliées par une portion de bobine courbe. Dans l'exemple de la figure 3a, la bobine est maintenue sur le pôle saillant correspondant d'un côté par une bobine adjacente et de l'autre par un épanouissement polaire 14 du pôle saillant adjacent. Dans l'exemple de la figure 3b, la bobine est  
15 maintenue sur le pôle saillant correspondant d'un côté par une bobine adjacente et de l'autre par un épanouissement polaire 14 du pôle saillant correspondant.

En variante, la bobine comporte des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées à une même distance  $d_1$  de l'axe de rotation X. Cette bobine est maintenue sur le pôle saillant  
20 correspondant par les deux bobines adjacentes.

Une autre bobine comporte des première et deuxième portions reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées à une même distance  $d_2$  de l'axe de rotation X. Cette bobine est maintenue sur le pôle saillant correspondant par deux épanouissements polaires des deux pôles saillants adjacents.

25 Ainsi, le rotor comporte une alternance de bobines dont les première et deuxième portions sont situées à une même distance  $d_1$  de l'axe de rotation X, et de bobines dont les première et deuxième portions sont situées à une même distance  $d_2$  de l'axe de rotation X.

Toutes les bobines sont de cette manière maintenues sur le pôle saillant  
30 correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire.

Dans la variante de réalisation illustrée à la figure 4, le stator diffère de celui de la figure 1 par la forme des encoches 21 ménagées entre les dents 23 du stator. Celles-ci

sont de forme générale hexagonale, étant en pointe de diamant. Les conducteurs électriques dans ces encoches sont de forme circulaire en section transversale. L'arrangement de ces derniers est un arrangement hexagonal, En outre, dans cet exemple, la culasse 29 est équipée de nervures longitudinales semi-circulaires 31 destinées à loger des conduits 30 de circulation d'un liquide de refroidissement.

Les bobines du rotor peuvent comporter une pluralité de spires. Les spires d'une bobine peuvent être décalées, comme illustré sur la figure 5, ce qui peut permettre de favoriser leur refroidissement. Le refroidissement peut également être favorisé par l'espace ménagé dans les bobines et entre les bobines, dans les encoches.

Par ailleurs, la machine peut comporter un ventilateur 40 disposé sur l'arbre au niveau des têtes de bobines, de façon à encore favoriser leur refroidissement.

Dans l'exemple de la figure 1, le nombre de pôles au rotor est de 8. On ne sort pas du cadre de la présente invention si ce nombre est différent. La machine peut par exemple comporter 6 pôles saillants au rotor, comme illustré à la figure 6.

Le rotor est obtenu au moyen du procédé de fabrication qui va maintenant être décrit en détails.

Dans une étape préparatoire, on prépare les bobines sur des noyaux. Chaque bobine comporte des première et deuxième portions destinées à être reçues dans des encoches de rotor.

Puis on insère la première portion de la bobine dans une première encoche adjacente à la première face latérale d'un pôle saillant, cette première face latérale comportant l'épanouissement polaire latéral.

Enfin on insère la deuxième portion de la bobine dans une deuxième encoche adjacente à la deuxième face latérale du pôle saillant.

En particulier, on insère les premières portions de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes, puis on insère les deuxièmes portions de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes.

Enfin on décale les bobines circonférentiellement, notamment de manière à maintenir une bobine sur le pôle saillant correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire.

L'ensemble obtenu peut être imprégné avant d'être inséré dans le stator préparé par ailleurs.

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

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

## REVENDICATIONS

1. Machine électrique (10) comportant un rotor (1), tournant autour d'un axe de rotation (X), le rotor comportant :

- 5                   - des pôles saillants (13) ménageant entre eux des encoches (11), les pôles saillants étant chacun de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial médian contenant l'axe de rotation (X) de la machine,
- des bobines (12), chaque bobine (12) étant disposée sur un pôle saillant (13) correspondant, dans les encoches adjacentes à ce pôle saillant,
- 10 et un stator (2) comportant des dents définissant entre elles des encoches.

2. Machine électrique selon la revendication précédente, dans lequel chaque pôle saillant comporte un épanouissement polaire latéral (14), notamment sur une première face latérale (14a) du pôle saillant, lorsque le rotor est observé selon l'axe de rotation (X).

3. Machine électrique selon la revendication précédente, ledit pôle saillant  
15 comportant une deuxième face latérale (14b) opposée à la première face latérale (14a), laquelle est dépourvue d'épanouissement polaire.

4. Machine électrique selon la revendication précédente, la deuxième face latérale (14b) s'étendant dans un plan (Z) radial ou faisant un angle ( $\gamma$ ) avec un plan radial (Z) passant par sa base.

- 20                   5. Machine électrique selon l'une des deux revendications précédentes, la deuxième face latérale (14b) faisant un angle non nul ( $\beta$ ) avec la première face latérale.

6. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, les bobines (12) ayant été insérées sur les pôles saillants (13) correspondants après leur bobinage.

- 25                   7. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une bobine (12) comporte des première et deuxième portions (12a, 12b) reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions étant situées respectivement à des distances ( $d_1$ ,  $d_2$ ) de l'axe de rotation (X), les distances ( $d_1$ ,  $d_2$ ) étant égales ou différentes.

- 30                   8. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une bobine (12) est maintenue sur le pôle saillant correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire (14).

9. Rotor (1) de machine électrique, le rotor comportant :

- des pôles saillants (13) ménageant entre eux des encoches (11), les pôles saillants étant chacun de préférence de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial contenant un axe de rotation (X) de la machine, mieux tous les pôles saillants étant  
5 notamment de forme générale dissymétrique,

- des bobines (12), chaque bobine (12) étant disposée sur un pôle saillant (13) correspondant, dans les encoches adjacentes audit pôle saillant, rotor dans lequel au moins une bobine comporte des première et deuxième portions (12a, 12b) reçues dans deux encoches adjacentes, lesdites première et deuxième portions (12a, 12b) étant situées  
10 respectivement à des distance (d1, d2) de l'axe de rotation (X), les distances (d1, d2) étant différentes.

10. Rotor (1) de machine électrique, tournant autour d'un axe de rotation (X), le rotor comportant :

- des pôles saillants (13) ménageant entre eux des encoches (11), les pôles saillants étant chacun de forme générale dissymétrique par rapport à un plan radial médian contenant l'axe de rotation (X) de la machine, chaque pôle saillant comportant un épanouissement polaire latéral (14), lorsque le rotor est observé selon l'axe de rotation (X), ledit pôle saillant comportant une deuxième face latérale (14b) opposée à la première face latérale (14a), laquelle est dépourvue d'épanouissement polaire,  
15

- des bobines (12), chaque bobine (12) étant disposée sur un pôle saillant (13) correspondant, dans les encoches adjacentes à ce pôle saillant.  
20

11. Machine électrique tournante (10) comportant un rotor (1) selon la revendication 9 ou 10 et un stator (2).

12. Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et 11, le stator (2) comportant  
25

- une couronne dentelée (25) comportant des dents (23) définissant entre elles des encoches (21) ouvertes radialement vers l'extérieur, et

- une culasse (29) rapportée sur la couronne dentelée.

13. Machine selon la revendication précédente, le stator (2) comportant des bobinages (22) disposés de manière répartie dans les encoches (21), ayant notamment des conducteurs électriques (28) disposés de manière rangée dans les encoches (21).  
30

14. Procédé de fabrication d'un rotor (1) d'une machine électrique (10) selon l'une quelconque des revendications 2 à 8 ou d'un rotor (1) selon la revendication 10, comportant les étapes suivantes :

5 a) préparer une bobine (12) sur un noyau, ladite bobine comportant des première et deuxième portions (12a, 12b) destinées à être reçues dans des encoches du rotor,

b) insérer une première portion (12a) de la bobine dans une première encoche adjacente à la première face latérale (14a) d'un pôle saillant, ladite première face latérale comportant un épanouissement polaire latéral,

10 c) insérer une deuxième portion (12b) de la bobine dans une deuxième encoche adjacente à la deuxième face latérale (14b) dudit pôle saillant.

15 15. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on maintient la première portion (12a) de la bobine sous l'épanouissement polaire (14) du pôle saillant (13) correspondant portant la bobine ou sous une deuxième bobine insérée ultérieurement.

16. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel on maintient la deuxième portion (12b) de la bobine sous l'épanouissement polaire d'un pôle saillant adjacent au pôle saillant portant la bobine ou sous une deuxième bobine insérée ultérieurement.

20 17. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes, dans lequel on déforme la bobine (12) lors de son insertion.

18. Procédé selon l'une des quatre revendications précédentes, dans lequel on décale la bobine lors de son insertion, notamment circonférentiellement, de manière à maintenir celle-ci sous un épanouissement polaire.

25 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, comportant les étapes suivantes :

i) on insère les premières portions (12a) de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes, puis

ii) on insère les deuxièmes portions (12b) de toutes les bobines à la fois dans les encoches correspondantes,

30 iii) on décale les bobines (12) circonférentiellement, notamment de manière à maintenir une bobine sur le pôle saillant (13) correspondant par une bobine adjacente et/ou par un épanouissement polaire.

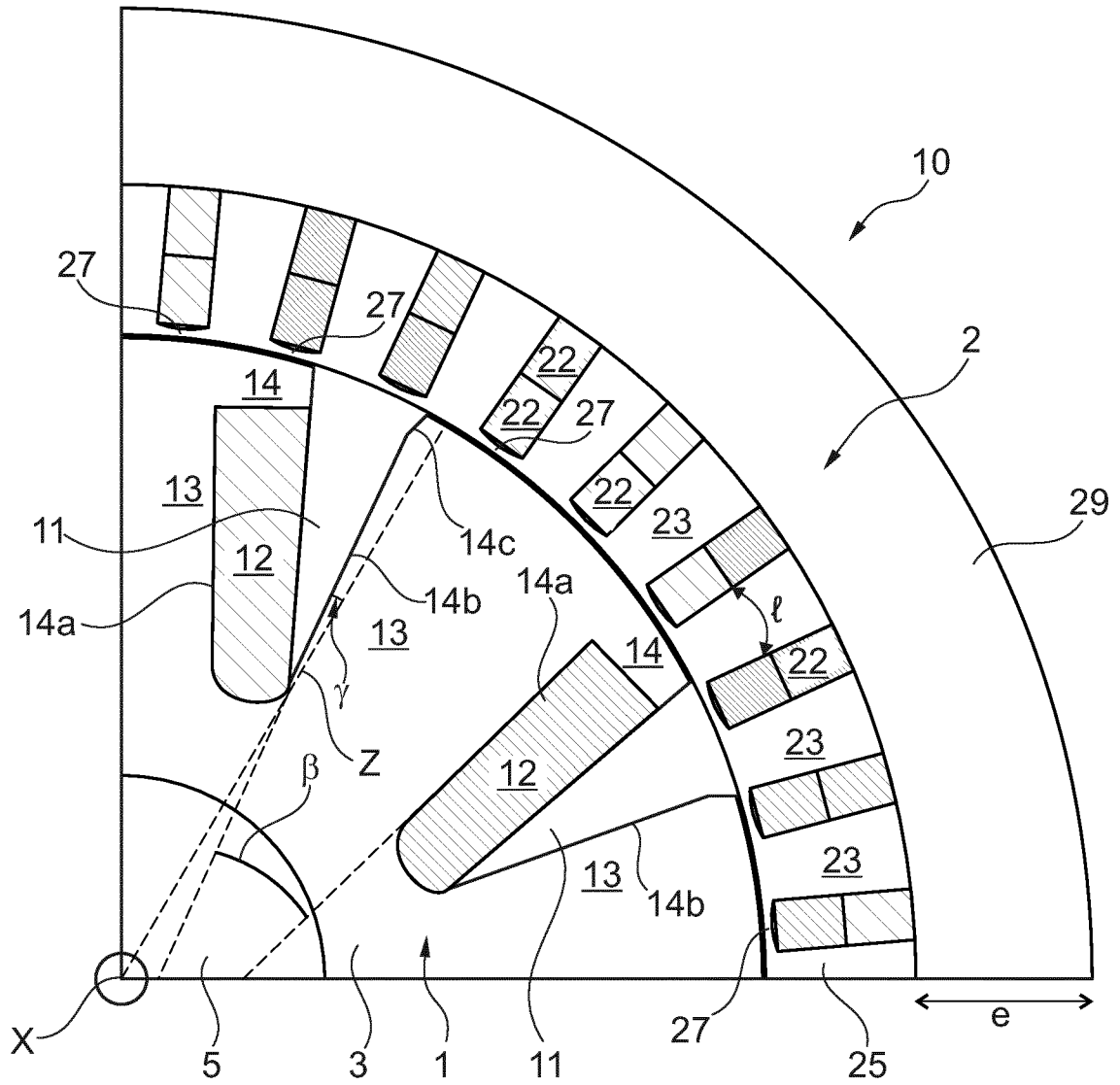


Fig. 1

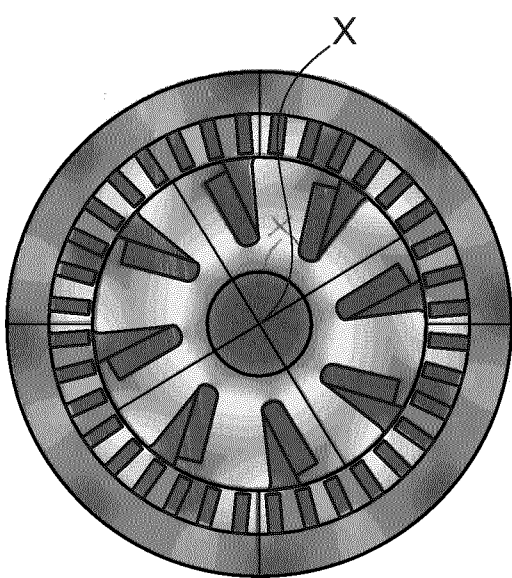


Fig. 2a

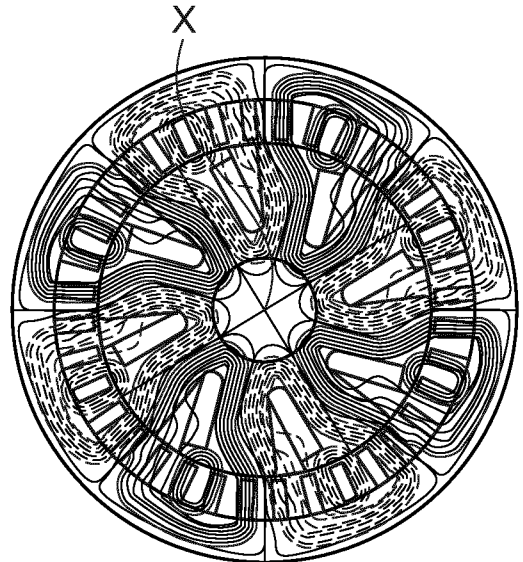


Fig. 2b

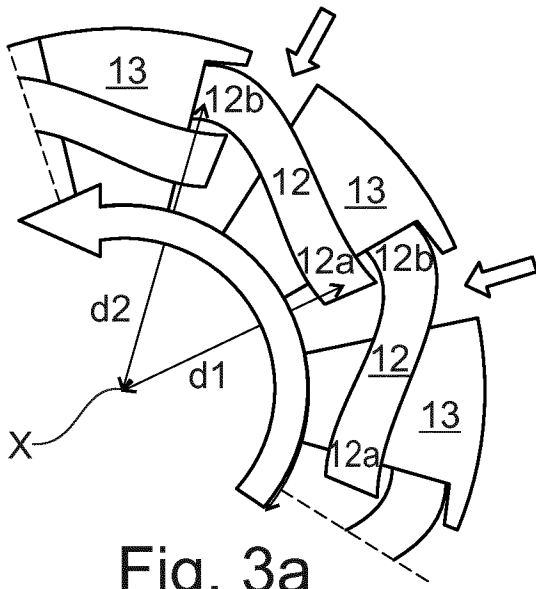


Fig. 3a

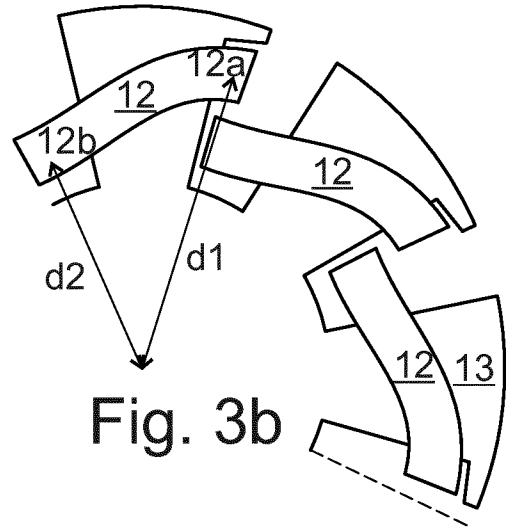


Fig. 3b

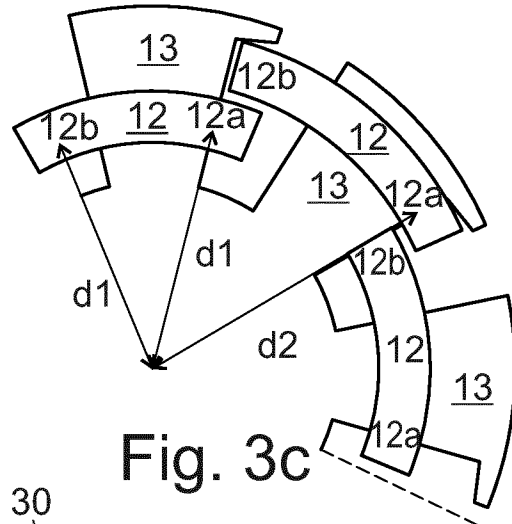


Fig. 3c

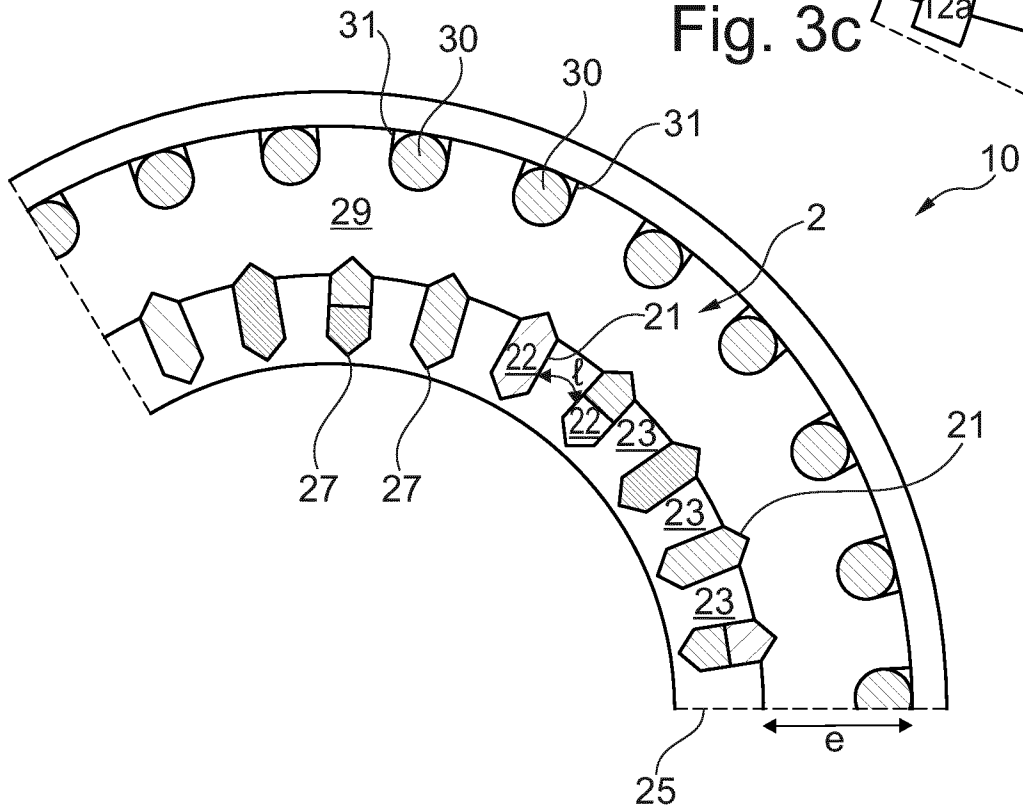


Fig. 4

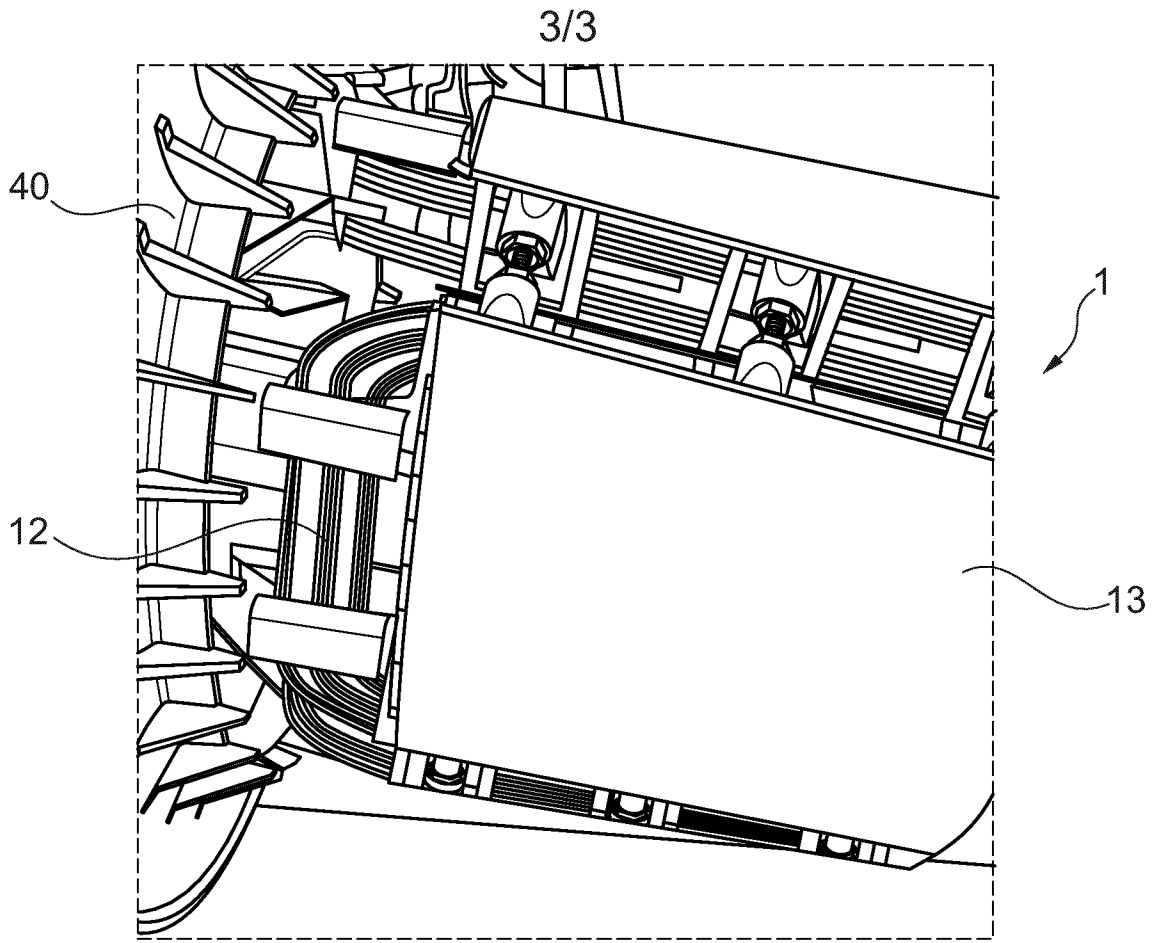


Fig. 5

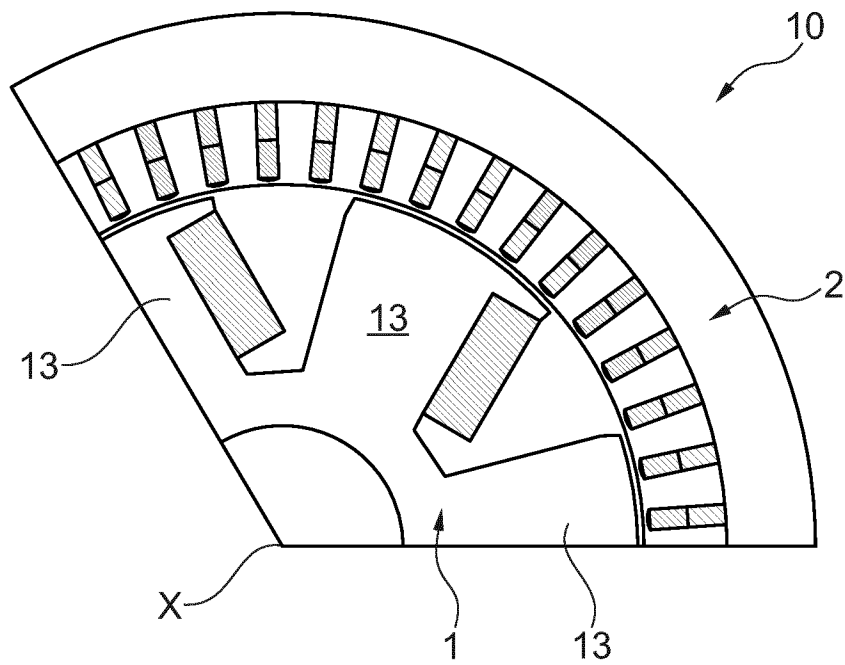


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/060223

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H02K 1/16</b> (2006.01)i; <b>H02K 1/24</b> (2006.01)i; <b>H02K 3/18</b> (2006.01)i; <b>H02K 15/06</b> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 0863600 A2 (MABUCHI MOTOR CO [JP]) 09 September 1998 (1998-09-09) column 5, lines 8-25; figures 4,10	1-4,7,8,10 11-13
Y	FR 3019947 B1 (MOTEURS LEROY-SOMER [FR]) 08 December 2017 (2017-12-08) claim 1; figure 1	11-13
X	EP 0359641 A2 (MITSUBA ELECTRIC MFG CO [JP]) 21 March 1990 (1990-03-21) column 1, line 3 - line 22; figures 7,12,14 column 5, line 55 - column 6, line 60	1,2,5,9,14-19
X	US 3495106 A (LENDERS WILHELMUS LEONARD LOUI) 10 February 1970 (1970-02-10) column 3, line 9 - line 17; claim 2; figures 1,3	1,2,6
X	JP 2002291210 A (MITSUBA CORP) 04 October 2002 (2002-10-04) figures 2,3	1,2
X	US 2007024148 A1 (MAITA SHIGEHIRO [JP] ET AL) 01 February 2007 (2007-02-01) paragraph [0030]; figures 1,2,3A-3C	1,2
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>28 June 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>09 July 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Zoukas, Eleftherios</b>  Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2003324926 A (SEIKO EPSON CORP) 14 November 2003 (2003-11-14) figures 1,2	1,2,8 7
X	EP 1275192 A1 (EUROP ELECTRICAL LAMINATIONS L [GB]) 15 January 2003 (2003-01-15) figures 4b-6b	1,2
X	DE 1180044 B (LICENTIA GMBH) 22 October 1964 (1964-10-22) figures 1-4	1
A	EP 1047177 A2 (MABUCHI MOTOR CO [JP]) 25 October 2000 (2000-10-25) figure 5	8
A	US 2009058213 A1 (SUGISHIMA KAZUSHI [JP] ET AL) 05 March 2009 (2009-03-05) figure 7a	9,15,16
A	JP 2015223067 A (AISIN SEIKI) 10 December 2015 (2015-12-10) figures 2,4	9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/060223**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0863600	A2	09 September 1998	CN	1197323	A	28 October 1998
				DE	69807375	T2	24 April 2003
				EP	0863600	A2	09 September 1998
				JP	3234791	B2	04 December 2001
				JP	H10248227	A	14 September 1998
				US	5982055	A	09 November 1999
FR	3019947	B1	08 December 2017	CN	106165251	A	23 November 2016
				EP	3130061	A2	15 February 2017
				FR	3019947	A1	16 October 2015
				US	2017033620	A1	02 February 2017
				WO	2015155730	A2	15 October 2015
EP	0359641	A2	21 March 1990	CA	1312901	C	19 January 1993
				DE	68904716	D1	18 March 1993
				DE	68904716	T2	22 July 1993
				EP	0359641	A2	21 March 1990
				US	5191250	A	02 March 1993
US	3495106	A	10 February 1970	DE	1638241	A1	15 April 1971
				FR	1553518	A	10 January 1969
				GB	1171572	A	19 November 1969
				JP	S4826482	B1	11 August 1973
				NL	6702187	A	15 August 1968
				US	3495106	A	10 February 1970
JP	2002291210	A	04 October 2002	JP	4815061	B2	16 November 2011
				JP	2002291210	A	04 October 2002
US	2007024148	A1	01 February 2007	US	2007024148	A1	01 February 2007
				WO	2005025032	A1	17 March 2005
JP	2003324926	A	14 November 2003	NONE			
EP	1275192	A1	15 January 2003	AT	361574	T	15 May 2007
				AU	4091001	A	30 October 2001
				BR	0110088	A	03 February 2004
				DE	60128214	T2	23 August 2007
				EP	1275192	A1	15 January 2003
				GB	2361362	A	17 October 2001
				HU	0300476	A2	28 June 2003
				US	2004100158	A1	27 May 2004
				WO	0180401	A1	25 October 2001
				DE	1180044	B	22 October 1964
EP	1047177	A2	25 October 2000	CN	1269623	A	11 October 2000
				DE	60034735	T2	16 August 2007
				EP	1047177	A2	25 October 2000
				HK	1030488	A1	19 November 2004
				JP	3519983	B2	19 April 2004
				JP	2000295798	A	20 October 2000
				US	6376963	B1	23 April 2002
				US	2001038253	A1	08 November 2001
				US	2009058213	A1	05 March 2009
JP	2015223067	A	10 December 2015	JP	4987628	B2	25 July 2012
				JP	2009055733	A	12 March 2009
				US	2009058213	A1	05 March 2009
JP	2015223067	A	10 December 2015	JP	6314657	B2	25 April 2018

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/060223**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
<p style="text-align: center;">JP      2015223067      A      10 December 2015</p> <hr/>			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/060223

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. H02K1/16 H02K1/24 H02K3/18 H02K15/06 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> 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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 863 600 A2 (MABUCHI MOTOR CO [JP]) 9 septembre 1998 (1998-09-09)	1-4,7,8, 10
Y	colonne 5, lignes 8-25; figures 4,10 -----	11-13
Y	FR 3 019 947 B1 (MOTEURS LEROY-SOMER [FR]) 8 décembre 2017 (2017-12-08)	11-13
	revendication 1; figure 1 -----	
X	EP 0 359 641 A2 (MITSUBA ELECTRIC MFG CO [JP]) 21 mars 1990 (1990-03-21)	1,2,5,9, 14-19
	colonne 1, ligne 3 - ligne 22; figures 7,12,14 colonne 5, ligne 55 - colonne 6, ligne 60 -----	
X	US 3 495 106 A (LENDERS WILHELMUS LEONARD LOUI) 10 février 1970 (1970-02-10)	1,2,6
	colonne 3, ligne 9 - ligne 17; revendication 2; figures 1,3 -----	
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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  28 juin 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  09/07/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Zoukas, Eleftherios

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 2002 291210 A (MITSUBA CORP) 4 octobre 2002 (2002-10-04) figures 2,3 -----	1,2
X	US 2007/024148 A1 (MAITA SHIGEHIRO [JP] ET AL) 1 février 2007 (2007-02-01) alinéa [0030]; figures 1,2,3A-3C -----	1,2
X	JP 2003 324926 A (SEIKO EPSON CORP) 14 novembre 2003 (2003-11-14) figures 1,2 -----	1,2,8
A		7
X	EP 1 275 192 A1 (EUROP ELECTRICAL LAMINATIONS L [GB]) 15 janvier 2003 (2003-01-15) figures 4b-6b -----	1,2
X	DE 11 80 044 B (LICENTIA GMBH) 22 octobre 1964 (1964-10-22) figures 1-4 -----	1
A	EP 1 047 177 A2 (MABUCHI MOTOR CO [JP]) 25 octobre 2000 (2000-10-25) figure 5 -----	8
A	US 2009/058213 A1 (SUGISHIMA KAZUSHI [JP] ET AL) 5 mars 2009 (2009-03-05) figure 7a -----	9,15,16
A	JP 2015 223067 A (AISIN SEIKI) 10 décembre 2015 (2015-12-10) figures 2,4 -----	9

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/060223

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0863600	A2	09-09-1998	CN 1197323 A	28-10-1998
			DE 69807375 T2	24-04-2003
			EP 0863600 A2	09-09-1998
			JP 3234791 B2	04-12-2001
			JP H10248227 A	14-09-1998
			US 5982055 A	09-11-1999
			-----	
FR 3019947	B1	08-12-2017	CN 106165251 A	23-11-2016
			EP 3130061 A2	15-02-2017
			FR 3019947 A1	16-10-2015
			US 2017033620 A1	02-02-2017
			WO 2015155730 A2	15-10-2015
-----				
EP 0359641	A2	21-03-1990	CA 1312901 C	19-01-1993
			DE 68904716 D1	18-03-1993
			DE 68904716 T2	22-07-1993
			EP 0359641 A2	21-03-1990
			US 5191250 A	02-03-1993
-----				
US 3495106	A	10-02-1970	DE 1638241 A1	15-04-1971
			FR 1553518 A	10-01-1969
			GB 1171572 A	19-11-1969
			JP S4826482 B1	11-08-1973
			NL 6702187 A	15-08-1968
			US 3495106 A	10-02-1970
			-----	
JP 2002291210	A	04-10-2002	JP 4815061 B2	16-11-2011
			JP 2002291210 A	04-10-2002
-----				
US 2007024148	A1	01-02-2007	US 2007024148 A1	01-02-2007
			WO 2005025032 A1	17-03-2005
-----				
JP 2003324926	A	14-11-2003	AUCUN	
-----				
EP 1275192	A1	15-01-2003	AT 361574 T	15-05-2007
			AU 4091001 A	30-10-2001
			BR 0110088 A	03-02-2004
			DE 60128214 T2	23-08-2007
			EP 1275192 A1	15-01-2003
			GB 2361362 A	17-10-2001
			HU 0300476 A2	28-06-2003
			US 2004100158 A1	27-05-2004
			WO 0180401 A1	25-10-2001
-----				
DE 1180044	B	22-10-1964	AUCUN	
-----				
EP 1047177	A2	25-10-2000	CN 1269623 A	11-10-2000
			DE 60034735 T2	16-08-2007
			EP 1047177 A2	25-10-2000
			HK 1030488 A1	19-11-2004
			JP 3519983 B2	19-04-2004
			JP 2000295798 A	20-10-2000
			US 6376963 B1	23-04-2002
			US 2001038253 A1	08-11-2001
-----				
US 2009058213	A1	05-03-2009	JP 4987628 B2	25-07-2012
			JP 2009055733 A	12-03-2009
			US 2009058213 A1	05-03-2009

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/060223

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2015223067 A	10-12-2015	JP 6314657 B2	25-04-2018
		JP 2015223067 A	10-12-2015