

(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
06 octobre 2022 (06.10.2022)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/207985 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/276 (2022.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2022/050169

(22) Date de dépôt international :
01 février 2022 (01.02.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2103152 29 mars 2021 (29.03.2021) FR

(71) Déposant : NIDEC PSA EMOTORS [FR/FR] ; 212 Boulevard Pelletier, 78955 CARRIERES SOUS POISSY (FR).

(72) Inventeurs : **FERNANDEZ, Alejandro** ; 27 RUE ALBERT IER, 92600 ASNIERES SUR SEINE (FR). **AL EIT, Moustafa** ; 11 RUE HENRI MOREAU, 92600 ASNIERES SUR SEINE (FR). **SAINT-MICHEL, Jacques** ; 7 rue Truffière, 16000 Angoulême (FR). **KOECHLIN, Samuel** ; 29 rue de l'arsenal, 16000 Angoulême (FR).

(74) Mandataire : **MENES, Catherine** ; PSA AUTOMOBILES SA, VEIP -VV1400, Route de Gisy, 78140 VELIZY VILLACOUBLAY (FR).

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

(54) Title: ROTOR FOR A ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) Titre : ROTOR DE MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE

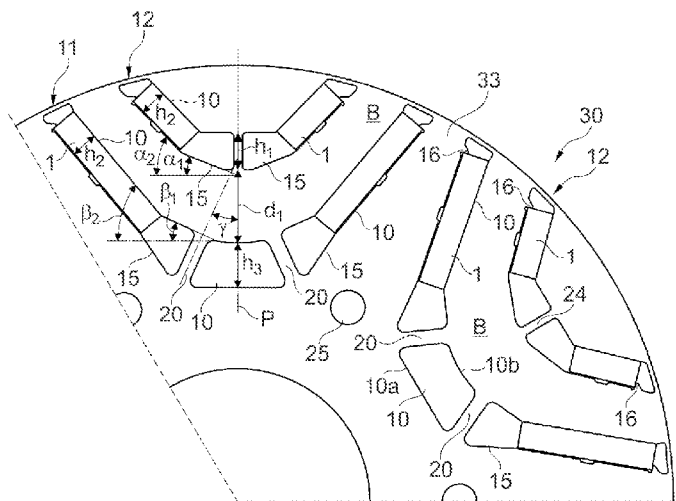


Fig. 1

(57) Abstract: A rotor (30) for a rotary electric machine, comprising a rotor mass (33) comprising laminations stacked one on top of the other, the rotor mass (33) comprising a plurality of housings (10), at least some of the housings, or even all of the housings, receiving one or more permanent magnets (1) defining poles of the rotor, the housings of a pole being arranged in at least a first row (11) and a second row (12) of housings which are not parallel to one another, the first row (11) of housings comprising at least three housings arranged in a U shape, with at least one central housing and two lateral housings, the central housing of the first row being able to do without a permanent magnet, the second row (12) of housings comprising housings arranged in a V shape, in particular two housings arranged in a V shape.

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))*

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(57) **Abrégé :** Rotor (30) de machine électrique tournante, comportant une masse rotorique (33) comportant des tôles empilées les unes sur les autres, la masse rotorique (33) comportant une pluralité de logements (10), au moins une partie des logements, voire tous les logements, recevant un ou des aimants permanents (1) définissant des pôles du rotor, les logements d'un pôle étant disposés en au moins une première (11) et une deuxième (12) rangées de logements qui ne sont pas parallèles entre elles, la première rangée (11) de logements comportant au moins trois logements disposés en U, avec au moins un logement central et deux logements latéraux, le logement central de la première rangée pouvant être dépourvu d'aimant permanent, la deuxième rangée (12) de logements comportant des logements disposés en V, notamment deux logements disposés en V.

Description**Titre : Rotor de machine électrique tournante**

La présente invention revendique la priorité de la demande française 2103152
5 déposée le 29 mars 2021 dont le contenu (texte, dessins et revendications) est ici incorporé
par référence.

Domaine technique

La présente invention concerne les machines électriques tournantes, motrices ou
génératrices, et plus particulièrement les rotors de telles machines. L'invention s'intéresse
10 aux rotors à aimants permanents.

L'invention porte plus particulièrement sur les machines synchrones ou
asynchrones, à courant alternatif. Elle concerne notamment les machines de traction ou de
propulsion de véhicules automobiles électriques (Battery Electric Vehicle) et/ou hybrides
(Hybrid Electric Vehicle – Plug-in Hybrid Electric Vehicle), telles que voitures
15 individuelles, camionnettes, camions ou bus. L'invention s'applique également à des
machines électriques tournantes pour des applications industrielles et/ou de production
d'énergie, notamment navales, aéronautiques ou éoliennes.

Technique antérieure

20 Les rotors à aimants permanents sont généralement composés d'une masse
rotorique et d'aimants permanents de formes géométriques diverses. La masse rotorique peut
comporter un empilement de tôles magnétiques minces découpées. Elle peut comporter un
ou plusieurs paquets de tôles empilés les uns sur les autres.

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

Dans ce cas, ils peuvent être disposés en rangées, comme par exemple dans la
demande US 2007/0096578, dans laquelle les logements des aimants ont des extrémités
arrondies en demi-cercle, de même que dans la demande US 2007/0096577.

30 Dans les demandes CN110212666, US 2013/0020889 et DE 10 2017 206928,
on a un aimant permanent disposé en surface et une seule rangée d'aimants enterrés.

Dans les demandes US RE 44037, US 2014/084729, US 2009/045689 et EP 2 518 871, on a une seule rangée d'aimants enterrés.

Dans les demandes US 2015/280499 et WO 2019/179864, les aimants permanents des deux rangées sont disposés en V. Il n'y a pas de rangée en U.

5 Dans les demandes US 2017/317540 et US 2008/007131, les rangées sont disposées de telle sorte que deux aimants de deux rangées sont également parallèles entre eux.

Dans les demandes WO 2020/221543 et US 2020/259377, la grande rangée comporte quatre logements disposés en V, avec chaque branche du V composée de deux
10 logements latéraux non alignés, et étant dépourvue de logement central.

Enfin, la demande internationale WO 2019/049397 comporte une circulation de fluide de refroidissement dans les logements, de part et d'autre des aimants permanents de chaque rangée. L'inclinaison entre les aimants permanents des deux rangées est assez importante.

15 Il existe un besoin pour améliorer les performances magnétiques et notamment le couple volumique des machines électriques tournantes, et réduire leur coût de fabrication et de montage.

Résumé de l'invention

20 L'invention vise à répondre à ce besoin et a ainsi pour objet, selon l'un de ses aspects, un rotor de machine électrique tournante, comportant une masse rotorique comportant des tôles empilées les unes sur les autres, la masse rotorique comportant une pluralité de logements, au moins une partie des logements, voire tous les logements, recevant un ou des aimants permanents définissant des pôles du rotor,
25 les logements d'un pôle étant disposés en au moins une première et une deuxième rangées de logements qui ne sont pas parallèles entre elles,
la première rangée de logements comportant au moins trois logements disposés en U, avec au moins un logement central et deux logements latéraux, le logement central de la première rangée pouvant être dépourvu d'aimant permanent,
30 la deuxième rangée de logements comportant des logements disposés en V, notamment deux logements disposés en V.

L'invention permet avantageusement d'augmenter le couple de la machine et donc la densité de couple sans augmenter le volume des aimants reçus dans la masse rotorique, grâce à l'amélioration du couple de saillance. L'invention permet avantageusement d'augmenter le couple réductant /couple de saillance de la machine. On
5 réduit également les pertes, les risques de bruits et les vibrations d'origine électromagnétique.

Les première et deuxième rangées de logements ne sont pas parallèles entre elles, au sens où il n'y a pas un logement de l'une des rangées qui serait parallèle à un logement de l'autre rangée. Les grands axes des aimants permanents de chacune des rangées ne sont
10 pas parallèles entre eux.

Dans un mode de réalisation, la première rangée ne comporte que deux logements latéraux, disposés chacun d'un côté du logement central. La première rangée peut ne pas comporter deux logements d'un même côté du logement central. La première rangée peut ne pas comporter deux aimants permanents d'un même côté du logement central.

15 Pour un même résultat électromagnétique, on peut réduire la quantité d'aimants.

Les flux de fuite sont minimisés grâce à la forme des rangées de logements et à leurs dimensions.

Le rotor selon l'invention est particulièrement adapté aux fonctionnements à haute vitesse, de l'ordre de 18 000 tr/min par exemple.

20 Dans un mode de réalisation, le rotor comporte une première et une deuxième rangées de logements par pôle, étant dépourvu de rangée supplémentaire. La deuxième rangée peut être plus proche de l'entrefer que la première rangée. La première rangée est plus éloignée de l'entrefer que la deuxième rangée.

Les deux logements latéraux sont symétriques l'un de l'autre par rapport à un
25 axe du pôle.

La masse rotorique peut comporter un ou plusieurs paquets de tôles empilés les uns sur les autres. Chaque paquet de tôles peut comporter au moins un logement recevant l'aimant permanent. Dans le cas où la masse rotorique comporte plusieurs paquets de tôles empilés les uns sur les autres, la masse rotorique peut comporter, pour un logement, un seul
30 ou plusieurs aimants permanents, par exemple un aimant permanent par paquet de tôles.

L'invention a notamment pour objet, selon l'un de ses aspects, un rotor de machine électrique tournante, comportant une masse rotorique comportant des tôles

empilées les unes sur les autres, la masse rotorique comportant une pluralité de logements, au moins une partie des logements, recevant un ou des aimants permanents définissant des pôles du rotor,

les logements d'un pôle étant disposés en au moins une première et une deuxième rangées de logements qui ne sont pas parallèles entre elles,

la première rangée de logements comportant au moins trois logements disposés en U, avec au moins un logement central et deux logements latéraux, le logement central de la première rangée étant dépourvu d'aimant permanent,

la deuxième rangée de logements comportant des logements disposés en V, notamment deux logements disposés en V,

le logement central de la première rangée étant séparé de chacun des logements latéraux par un pont de matière, chacun des ponts de matière s'étendant selon un axe du pont de matière qui fait un angle γ non nul avec un axe du pôle.

L'invention a également pour objet, selon un autre de ses aspects, un rotor de machine électrique tournante, comportant une masse rotorique comportant des tôles empilées les unes sur les autres, la masse rotorique comportant une pluralité de logements, au moins une partie des logements, voire tous les logements, recevant un ou des aimants permanents définissant des pôles du rotor,

les logements d'un pôle étant disposés en au moins une première et une deuxième rangées de logements qui ne sont pas parallèles entre elles,

la première rangée de logements comportant au moins trois logements disposés en U, avec au moins un logement central et deux logements latéraux, le logement central de la première rangée pouvant être dépourvu d'aimant permanent,

la deuxième rangée de logements comportant des logements disposés en V, notamment deux logements disposés en V,

les aimants permanents reçus dans les logements latéraux de la première rangée s'étendant en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle β_2 , et les aimants permanents reçus dans les logements de la deuxième rangée s'étendant en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle α_2 , avec $\beta_2 > \alpha_2$.

Exposé de l'invention

Indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, le rotor peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques qui suivent.

Les aimants permanents reçus dans les logements latéraux de la première rangée peuvent s'étendre en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle β_2 . Les aimants permanents reçus dans les logements de la deuxième rangée peuvent s'étendre en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle α_2 .

On peut avoir $\beta_2 > \alpha_2$. Le rapport β_2/α_2 peut être compris entre 1 et 1,25, la valeur 1 étant exclue, mieux entre 1,05 et 1,20, voire encore entre 1,10 et 1,15, étant par exemple de 1,11.

L'angle α_2 peut par exemple être compris dans la plage 25° à 50° , mieux 30° à 48° , étant par exemple de 45° .

L'angle β_2 peut par exemple être compris dans la plage 30° à 55° , mieux 35° à 53° , étant par exemple de 50° .

Compte tenu de la différence entre β_2 et α_2 , les deux rangées de logements sont séparées par une bande de tôle dont la largeur va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle.

La largeur de la bande de tôle peut par exemple varier d'une largeur d_1 au niveau de l'axe du pôle, à une largeur d_2 au niveau de l'entrefer, aux extrémités des rangées. Un ratio d_1/d_2 peut notamment être supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir d_1/d_2 compris entre 1 valeur exclue et 1,65. Dans un exemple de réalisation, on a $d_1/d_2 = 1,43$. Dans un autre exemple de réalisation, on a $d_1/d_2 = 1,44$.

Le ou les aimants permanents reçus dans la première rangée de logements dans une branche du U sont alignés entre eux.

Par ailleurs, la largeur de la première rangée de logements va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. Le logement central est plus large que les logements latéraux, en section transversale. Cela permet une réduction des fuites magnétiques des aimants ainsi qu'une augmentation du couple de saillance.

On peut définir un ratio h_3/h_2 entre la largeur h_3 de la rangée au niveau de l'axe du pôle et la largeur h_2 de la première rangée au niveau des aimants, aux extrémités des rangées. Le ratio h_3/h_2 peut notamment être supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir h_3/h_2 compris entre 1 valeur exclue et 1,75. Dans un exemple de réalisation, on a $h_3/h_2 = 1,58$.

Au moins un des logements latéraux de la première rangée, notamment les deux logements latéraux de la première rangée, peuvent comporter un évidement qui s'étend depuis le logement latéral vers le logement central. L'évidement peut aller en s'élargissant lorsque l'on se rapproche du logement central. L'évidement est dépourvu d'aimant permanent.

L'évidement peut avoir un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle β_1 . Le bord concerné est le bord de l'évidement situé du côté de la bande de tôle entre les deux rangées de logements. Le bord peut être rectiligne, ou au moins partiellement rectiligne, ou en variante le bord peut ne pas être rectiligne, et on considère dans ce cas la tangente au bord. L'angle β_1 peut par exemple être compris dans la plage 0° à 35° , mieux 10° à 30° , étant par exemple de $23,3^\circ$ ou 25° . Le rapport β_2/β_1 peut être compris entre 1,2 et 3, mieux entre 1,5 et 2,5, étant par exemple de 2,15 ou 2.

L'évidement peut avoir un bord qui s'étend au moins partiellement parallèlement à un bord du logement central.

Le logement central de la première rangée peut être séparé de chacun des logements latéraux par un pont de matière. La première rangée comporte ainsi deux ponts de matière de part et d'autre du logement central.

Chacun des ponts de matière s'étend selon un axe du pont de matière qui fait un angle γ non nul avec un axe du pôle. Le fait d'avoir deux ponts de matière dans la première rangée permet de réduire la concentration des contraintes entre l'arbre et chacun des ponts. En outre, le choix de l'angle du pont permet d'améliorer la tenue mécanique.

L'angle γ peut être compris entre 10° et 40° , notamment entre 15° et 35° , mieux entre 20° et 30° , étant par exemple de l'ordre de 25° . Une telle inclinaison des ponts de matière permet d'améliorer la tenue mécanique des tôles, et ainsi la performance magnétique car les flux de fuites des aimants peuvent en être réduits.

Chaque pont de matière peut être défini par deux bords parallèles l'un à l'autre. Le pont de matière entre les logements latéraux et le logement central peut avoir une largeur minimale conditionnée par les contraintes de tenue mécanique. Sa largeur est sensiblement égale au moins à l'épaisseur de la tôle magnétique. Chaque pont de matière peut avoir une largeur inférieure à 3,05 mm, mieux inférieure à 2,7 mm, étant par exemple de 2,35 mm.

En particulier, les ponts de matière peuvent se rapprocher de l'axe du pôle quand on se rapproche de l'entrefer et que l'on s'éloigne d'un axe de rotation du rotor. Les ponts

de matières s'éloignent de l'axe du pôle quand on se rapproche d'un axe de rotation du rotor. Une telle configuration permet d'améliorer la tenue mécanique du rotor. Elle permet également d'améliorer la performance magnétique, car on réduit ainsi le flux de fuites des aimants.

5 Le logement central peut comporter un bord du côté de l'axe de rotation du rotor qui est au moins partiellement rectiligne, étant notamment perpendiculaire à un axe du pôle.

 Le logement central peut être défini du côté opposé à l'axe de rotation par un bord concave qui peut être formé par deux portions rectiligne formant un angle entre elles, ce qui permet de ne pas diminuer la largeur de la bande de tôle entre les deux rangées, au
10 niveau du pont de matière de la deuxième rangée. Cela est avantageux magnétiquement. Dans une variante de réalisation, le bord concave peut être arrondi, par exemple selon un arc de cercle.

 Les logements latéraux de la première rangée peuvent être pourvus d'aimants permanents.

15 Le logement central de la première rangée peut être dépourvu d'aimant permanent. Il peut être vide.

 En variante, le logement central de la première rangée peut être pourvu d'un aimant permanent, par exemple d'un aimant permanent plus petit que les aimants permanents des logements latéraux. En fonction du choix pour la présence ou non d'un aimant permanent
20 central, le rotor peut permettre avantageusement une certaine modularité pour la machine résultante.

 Les aimants permanents des logements latéraux de la première rangée peuvent être identiques l'un à l'autre. Ils peuvent notamment avoir la même taille en section transversale.

25 Les aimants permanents de la première rangée peuvent être de largeur égale aux aimants permanents de la deuxième rangée.

 Les aimants permanents de la première rangée peuvent être de longueur double de celle des aimants permanents de la deuxième rangée, ou en variante de longueur égale, avec dans ce cas deux aimants permanents par branche du U, qui sont de préférence alignés.

30 On peut ainsi avantageusement réduire la diversité de taille d'aimant nécessaire, et par exemple avoir une seule dimension d'aimant pour le rotor. On réduit ainsi les pertes induites par courants de Foucault dans les aimants.

La 'longueur' est mesurée selon l'axe de la rangée de logements. On parle de 'largeur' pour désigner la dimension perpendiculaire à la longueur dans le plan d'une section transversale de la masse rotorique.

5 Dans un mode de réalisation, la longueur d'un aimant de la deuxième rangée peut être égale à la longueur d'un aimant de la première rangée. Tous les aimants d'un pôle peuvent avoir la même longueur.

Les logements de la deuxième rangée peuvent être disposés en V. La deuxième rangée peut notamment comporter deux logements disposés en V. Ils peuvent être symétriques l'un de l'autre par rapport à un axe du pôle. Dans un mode de réalisation, tous
10 les logements de la deuxième rangée sont pourvus d'aimants permanents. La configuration en V de la deuxième rangée permet un gain de place, et d'éviter tout risque de saturation du circuit magnétique.

Dans une autre variante de réalisation, les logements de la deuxième rangée sont vides, étant dépourvus d'aimants.

15 Les aimants permanents de la deuxième rangée peuvent être identiques l'un à l'autre. Ils peuvent notamment avoir la même taille en section transversale. Les aimants permanents de la deuxième rangée peuvent avoir une taille différente des aimants permanents de la première rangée, étant par exemple plus petits.

La deuxième rangée peut être dépourvue d'un logement central. La deuxième
20 rangée peut ne comporter que des logements latéraux, lesquels peuvent recevoir des aimants permanents.

Au moins un des logements de la deuxième rangée, notamment les deux logements de la deuxième rangée, peuvent comporter un évidement qui s'étend depuis ledit logement vers l'autre logement de la deuxième rangée. L'évidement peut aller en
25 s'élargissant lorsque l'on se rapproche de l'autre logement. L'évidement est dépourvu d'aimant permanent.

L'évidement peut comporter un bord du côté opposé à l'axe de rotation qui est rectiligne et qui s'étend perpendiculairement à un axe du pôle. Les deux bords des deux évidements de la deuxième rangée peuvent ainsi être alignés.

30 L'évidement peut avoir un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle α_1 . Le bord concerné est le bord de l'évidement situé du côté de la bande

de tôle entre les deux rangées de logements. L'angle α_1 peut par exemple être compris dans la plage 0° à 25° , mieux 10° à 23° , étant par exemple de 20° .

Le rapport α_2/α_1 peut être compris entre 1,2 et 3, mieux entre 1,5 et 2,5, étant par exemple de 2,25.

5 Le rapport β_1/α_1 peut être compris entre 1 et 1,5, la valeur 1 pouvant être exclue, mieux entre 1,1 et 1,4, étant par exemple de 1,165 ou 1,25. Compte tenu de la différence entre β_1 et α_1 , les deux rangées de logements sont séparées par une bande de tôle dont la largeur va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. La largeur de la bande de tôle entre les deux rangées de logements est plus importante au niveau de l'axe du pôle. La
10 différence entre β_1 et α_1 est assez faible, de sorte que la perturbation du passage du flux magnétique dans la bande de tôle entre les deux rangées de logements est minimisée.

Les deux logements de la deuxième rangée peuvent ménager entre eux un pont de matière, ledit pont de matière s'étendant selon un axe du pont de matière qui s'étend selon un axe du pôle. Le pont de matière peut être défini par deux bords parallèles l'un à l'autre.
15 En particulier, ces deux bords parallèles sont des bords des évidements des deux logements de la deuxième rangée. Le pont de matière peut avoir une largeur inférieure à 1,7mmmm, mieux inférieure à 1,5 mm, étant par exemple de 1,3mm.

Par ailleurs, la largeur de la deuxième rangée de logements va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. Cela permet une réduction des fuites magnétiques des
20 aimants ainsi qu'une augmentation du couple de saillance. On peut définir un ratio h_1/h_2 entre la largeur h_1 de la rangée au niveau de l'axe du pôle et la largeur h_2 de la deuxième rangée au niveau des aimants, aux extrémités des rangées. Le ratio h_1/h_2 peut notamment être supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir h_1/h_2 compris entre 1 valeur exclue et 1,75. Dans un exemple de réalisation, on a $h_1/h_2 = 1,33$.

25 Le rotor peut comporter 6 pôles. Le choix du nombre de pôle permet d'assurer un défluxage de la machine et des rendements élevés à haute vitesse.

Au moins un logement peut comporter au moins une butée de maintien de l'aimant permanent destiné à être reçu dans le logement. Chaque logement peut comporter une butée située vers l'entrefer.

30 Les logements sont séparés de l'entrefer chacun par un pont de matière dont la largeur est conditionnée par les contraintes de tenue mécanique. Leur largeur est

sensiblement égale au moins à l'épaisseur de la tôle magnétique. La longueur de ces ponts est sensiblement égale à la largeur des logements.

Les logements latéraux peuvent également comporter, ou non, une butée située vers l'évidement, pour le maintien de l'aimant permanent.

5 Le rotor peut être dépourvu de circulation de liquide de refroidissement dans les logements. En particulier, les évidements peuvent ne pas être configurés pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement.

L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante comportant un stator et un rotor tel que défini ci-dessus.

10 La machine peut être utilisée comme moteur ou comme générateur. La machine peut être à reluctance. Elle peut fonctionner en moteur synchrone ou en variante en générateur synchrone. En variante encore, elle constitue une machine asynchrone.

La vitesse maximale de rotation de la machine peut être élevée, étant par exemple supérieure à 10 000 tr/min, mieux supérieure à 12 000 tr/min, étant par exemple de 15 l'ordre de 14 000 tr/min à 15 000 tr/min, voire même de 20 000 tr/min ou de 24 000 tr/min ou de 25 000 tr/min. La vitesse maximale de rotation de la machine peut être inférieure à 100 000 tr/min, voire à 60 000 tr/min, voire encore inférieure à 40 000 tr/min, mieux inférieure à 30 000 tr/min.

20 L'invention peut convenir tout particulièrement pour des machines de forte puissance.

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

25 La machine peut fonctionner seule ou être couplée à une boîte de vitesse. Dans ce cas, elle est insérée dans un carter qui loge également une boîte de vitesse.

La machine comporte un stator. Ce dernier comporte des dents définissant entre elles des encoches. Le stator peut comporter des conducteurs électriques, au moins une partie des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, pouvant être en forme d'épingle en U ou en I. En variante, les conducteurs électriques peuvent comporter du 30 fil rond.

Le stator peut être connecté en étoile ou en triangle.

La machine peut comporter un nombre de pôles compris entre 2 et 48, mieux entre 4 et 24, voire entre 6 et 12, étant par exemple de 6 ou 8.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'un rotor de machine électrique tournante tel que défini ci-dessus.

5 Le procédé peut comporter l'étape consistant à introduire longitudinalement, le long de l'axe de rotation du rotor, au moins un aimant permanent dans le logement.

Dans le cas où la masse rotorique comporte plusieurs paquets de tôles empilés les uns sur les autres, le procédé peut d'abord comporter l'étape consistant à introduire longitudinalement au moins un aimant permanent dans le logement de chaque paquet de
10 tôles, puis l'étape consistant à empiler les paquets de tôles les uns sur les autres, avec les aimants permanents dans les logements.

Brève description des dessins

[Fig 1] La figure 1 est une vue schématique et partielle, en coupe transversale,
15 d'un rotor de machine électrique tournante selon l'invention,

[Fig 2] la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 sans les aimants permanents,

[Fig 3] la figure 3 est une vue de détail de la figure 1,

[Fig 4a] la figure 4a est une vue analogue à la figure 1 d'une variante de réalisation.

20 [Fig 4b] la figure 4b est une vue analogue à la figure 1 d'une autre tôle de la variante de la figure 4a.

Description détaillée

On a illustré aux figures 1 à 3 un rotor 30 de machine électrique tournante selon
25 l'invention, comportant une masse rotorique 33 dans laquelle sont ménagés des logements 10. Des aimants permanents 1 sont insérés dans chacun des logements 10, de façon à définir des pôles du rotor. Ce rotor est destiné à être associé à un stator non représenté.

Les aimants 1 sont dans cet exemple de forme générale rectangulaire en section transversale. Chaque aimant 1 présente, en section transversale, d'une part, un premier grand
30 côté et un deuxième grand côté, opposé au premier, et d'autre part, un premier petit côté et un deuxième petit côté, opposé au premier. Chaque logement 10 est délimité par deux faces en regard respectivement du premier grand côté et du deuxième grand côté de l'aimant 1.

Les logements 10 d'un pôle sont disposés en une première rangée 11 de logements plus éloignée de l'entrefer et une deuxième rangée 12 de logements plus proche de l'entrefer. Les première et deuxième rangées de logements ne sont pas parallèles entre elles.

5 La première rangée 11 de logements 10 comporte trois logements 10 disposés en U, avec un logement central et deux logements latéraux symétriques l'un de l'autre par rapport à un axe du pôle P. Dans l'exemple décrit, le logement central de la première rangée est vide, étant dépourvu d'aimant permanent.

10 Les logements latéraux de la première rangée 11 sont pourvus d'aimants permanents 1. Les aimants permanents des logements latéraux de la première rangée 11 sont identiques l'un à l'autre. Ils ont notamment la même taille en section transversale.

15 La deuxième rangée 12 de logements comporte deux logements disposés en V. Ils sont symétriques l'un de l'autre par rapport à un axe du pôle P. Dans l'exemple décrit, tous les logements de la deuxième rangée 12 sont pourvus d'aimants permanents 1. Les aimants permanents de la deuxième rangée sont identiques l'un à l'autre. Ils ont notamment la même taille en section transversale.

Les aimants permanents 1 reçus dans les logements latéraux de la première rangée 11 s'étendent en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle β_2 .

20 Les aimants permanents reçus dans les logements de la deuxième rangée s'étendent en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle α_2 .

On a $\beta_2 > \alpha_2$. Le rapport β_2/α_2 peut être par exemple de 1,11.

L'angle α_2 peut par exemple être de 45° .

25 L'angle β_2 peut par exemple être de 50° .

Compte tenu de la différence entre β_2 et α_2 , les deux rangées de logements sont séparées par une bande B de tôle dont la largeur va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. La largeur de la bande B de tôle varie d'une largeur d1 au niveau de l'axe du pôle, à une largeur d2 au niveau de l'entrefer, aux extrémités des rangées, comme bien visible sur la figure 3. La largeur d2 est mesurée sur une ligne droite s'étendant entre les points d'intersection obtenus par la prolongation du bord des logements avec le diamètre extérieur

du rotor, au niveau de l'entrefer. Un ratio $d1/d2$ est notamment supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir $d1/d2 = 1,43$.

Par ailleurs, la largeur de la première rangée de logements va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. Le logement central est plus large que les logements latéraux, en section transversale. On peut définir un ratio $h3/h2$ entre la largeur $h3$ de la première rangée 11 au niveau de l'axe du pôle et la largeur $h2$ de la première rangée au niveau des aimants, aux extrémités des rangées. Le ratio $h3/h2$ est notamment supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir $h3/h2 = 1,58$.

En outre les deux logements latéraux de la première rangée 11 comportent un évidement 15 qui s'étend depuis le logement latéral vers le logement central. L'évidement 15 a un bord qui s'étend au moins partiellement parallèlement à un bord du logement central. L'évidement va en s'élargissant lorsque l'on se rapproche du logement central. L'évidement est dépourvu d'aimant permanent.

L'évidement 15 de la première rangée a un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle $\beta1$. Le bord concerné est le bord de l'évidement situé du côté de la bande de tôle entre les deux rangées de logements. Le bord est sensiblement rectiligne. L'angle $\beta1$ est par exemple de $23,3^\circ$ ou 25° . Le rapport $\beta2/\beta1$ est par exemple de 2,15 ou 2.

Le logement central de la première rangée est séparé de chacun des logements latéraux 10 par un pont de matière 20. La première rangée comporte ainsi deux ponts de matière 20 de part et d'autre du logement central.

Chacun des ponts de matière 20 s'étend selon un axe du pont de matière qui fait un angle γ non nul avec l'axe du pôle P. L'angle γ est par exemple de l'ordre de 25° . Chaque pont de matière 20 est défini par deux bords parallèles l'un à l'autre.

Les ponts de matière 20 se rapprochent de l'axe du pôle quand on se rapproche de l'entrefer et que l'on s'éloigne d'un axe de rotation du rotor. Les ponts de matières 20 s'éloignent de l'axe du pôle quand on se rapproche d'un axe de rotation du rotor.

Le logement central comporte un bord 10a du côté de l'axe de rotation du rotor qui est au moins partiellement rectiligne, étant perpendiculaire à l'axe du pôle P.

Le logement central est défini du côté opposé à l'axe de rotation par un bord concave 10b formé par deux portions rectilignes formant un angle entre elles.

Par ailleurs, les deux logements de la deuxième rangée 12 comportent également un évidement 15 qui s'étend depuis ledit logement vers l'autre logement de la deuxième rangée. L'évidement va en s'élargissant lorsque l'on se rapproche de l'autre logement. L'évidement est dépourvu d'aimant permanent.

5 L'évidement 15 comporte un bord du côté opposé à l'axe de rotation qui est rectiligne et qui s'étend perpendiculairement à l'axe du pôle P. Les deux bords des deux évidements de la deuxième rangée sont ainsi alignés.

L'évidement 15 a un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à l'axe du pôle P un angle α_1 . Le bord concerné est le bord de l'évidement situé du côté de la bande de tôle
10 entre les deux rangées de logements. L'angle α_1 est par exemple de 20° . Le rapport α_2/α_1 est par exemple de 2,25.

Le rapport β_1/α_1 est par exemple de 1,165 ou 1,25. Compte tenu de la différence entre β_1 et α_1 , les deux rangées 11, 12 de logements sont séparées par la bande de tôle B dont la largeur va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle.

15 Les deux logements de la deuxième rangée 12 ménagent entre eux un pont de matière 24, ledit pont de matière 24 s'étendant selon un axe du pont de matière qui s'étend selon un axe du pôle. Le pont de matière 24 peut être défini par deux bords parallèles l'un à l'autre. En particulier, ces deux bords parallèles sont des bords des évidements 15 des deux logements de la deuxième rangée 12.

20 Par ailleurs, la largeur de la deuxième rangée de logements va croissante quand on se rapproche de l'axe du pôle. On peut définir un ratio h_1/h_2 entre la largeur h_1 de la deuxième rangée 12 au niveau de l'axe du pôle et la largeur h_2 de la deuxième rangée au niveau de l'entrefer, aux extrémités des rangées. Le ratio h_1/h_2 est notamment supérieur à 1. Par exemple, on peut avoir $h_1/h_2 = 1,33$.

25 Les logements latéraux de la première rangée 11 ainsi que les logements de la deuxième rangée 12 comportent une butée 16 de maintien de l'aimant permanent destiné à être reçu dans le logement, cette butée 16 étant située vers l'entrefer.

Dans la variante de réalisation illustrée aux figures 4a et 4b, certaines tôles du rotor comportent des languettes déformables 19 qui se raccordent chacune à une face du
30 logement correspondant, comme illustré à la figure 4a, tandis que d'autres tôles de l'empilement n'en comportent pas, comme illustré à la figure 4b. Dans l'exemple illustré,

seuls les logements latéraux des premières rangées 11 et les logements des deuxièmes rangées 12 comportent une telle languette déformable 19.

Les languettes déformables 19 s'étendent chacune dans le logement correspondant. Chaque languette déformable 19 comporte une portion qui est pliée de manière à être plaquée contre un petit côté de l'aimant correspondant. La portion pliable de la languette déformable 19 est pliée en dehors du plan des tôles, selon un axe de pliure de la languette déformable 19 s'étendant dans un plan parallèle au plan de la tôle.

Dans un mode de réalisation, certaines tôles du rotor pourraient comporter en variante ou additionnellement, des languettes venant en contact avec l'aimant permanent sur un grand côté de celui-ci.

La variante de réalisation illustrée aux figures 4a et 4b diffère également de la précédente par le fait que le logement central est défini du côté opposé à l'axe de rotation par un bord concave 10b qui est arrondi, s'étendant selon un arc de cercle.

Dans un mode de réalisation, le rotor peut par exemple comporter huit paquets de tôles, chaque paquet comportant 50 tôles dont 3 avec languettes et 47 sans languettes. Chaque aimant est ainsi maintenu par 3 languettes.

Par ailleurs, on voit dans ce mode de réalisation que les logements 10 comportent une découpe 18 ménagée dans une face du logement 10 du côté de l'axe de rotation du rotor, entre la languette déformable 19 et l'aimant 1. Une partie de l'aimant 1 s'étend dans l'espace 43 formé dans le logement 10 par la découpe 18. L'aimant 1 vient ainsi recouvrir au moins partiellement la découpe 18. Ces découpes permettent de faciliter le pliage des languettes et facilitent la découpe des tôles.

Les tôles comportent également des cavités 25 qui peuvent être utilisées lors de la fabrication comme repérage, et qui peuvent également éventuellement servir pour la rigidification du rotor pour le passage de tirants.

Bien entendu, les formes des logements 10 et des évidements 15 pourraient varier sans que l'on sorte du cadre de la présente invention.

Dans l'exemple décrit, le rotor comporte un nombre de pôles de 6. Bien entendu, on ne sort pas du cadre de la présente invention si celui-ci est différent, étant par exemple de 8.

Revendications

1. Rotor (30) de machine électrique tournante, comportant une masse rotorique (33) comportant des tôles empilées les unes sur les autres, la masse rotorique (33) comportant
5 une pluralité de logements (10), au moins une partie des logements recevant un ou des aimants permanents (1) définissant des pôles du rotor,
les logements d'un pôle étant disposés en au moins une première (11) et une deuxième (12) rangées de logements qui ne sont pas parallèles entre elles,
la première rangée (11) de logements comportant au moins trois logements disposés en U,
10 avec au moins un logement central et deux logements latéraux, le logement central de la première rangée (11) étant dépourvu d'aimant permanent,
la deuxième rangée de logements comportant des logements disposés en V, notamment deux logements disposés en V,
le logement central de la première rangée (11) étant séparé de chacun des logements latéraux
15 par un pont de matière (20), chacun des ponts de matière s'étendant selon un axe du pont de matière qui fait un angle (γ) non nul avec un axe du pôle (P),
au moins un des logements latéraux de la première rangée (11) comportant un évidement (15) qui s'étend depuis le logement latéral vers le logement central,
l'évidement (15) ayant un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un
20 angle (β_1),
le bord étant rectiligne ou au moins partiellement rectiligne.
2. Rotor selon la revendication précédente, les aimants permanents (1) reçus dans les logements latéraux de la première rangée (11) s'étendant en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle (P) un angle β_2 , et
25 les aimants permanents (1) reçus dans les logements de la deuxième rangée (12) s'étendant en section transversale selon un grand axe formant avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle (P) un angle α_2 , avec $\beta_2 > \alpha_2$.
3. Rotor selon la revendication précédente, le rapport β_2/α_2 étant compris entre 1 et 1,25, la valeur 1 étant exclue, mieux entre 1,05 et 1,20, voire encore entre 1,10 et 1,15.
- 30 4. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, les deux logements latéraux de la première rangée (11) comportant un évidement (15) qui s'étend depuis le logement latéral vers le logement central.

5. Rotor selon la revendication précédente, l'évidement (15) ayant un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle (β_1).

6. Rotor selon l'une des deux revendications précédentes, l'évidement (15) ayant un bord qui s'étend au moins partiellement parallèlement à un bord du logement central.

7. Rotor selon la revendication précédente, l'angle (γ) étant compris entre 10° et 40° , mieux entre 20° et 30° , étant notamment de 25° .

8. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les ponts de matière (20) se rapprochent de l'axe du pôle (P) quand on se rapproche de l'entrefer et que l'on s'éloigne d'un axe de rotation du rotor.

9. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les logements latéraux de la première rangée (11) sont pourvus d'aimants permanents (1).

10. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins un des logements de la deuxième rangée (12), notamment les deux logements de la deuxième rangée (12), comportant un évidement (15) qui s'étend depuis ledit logement vers l'autre logement de la deuxième rangée.

11. Rotor selon la revendication précédente, l'évidement (15) ayant un bord qui forme avec un axe perpendiculaire à un axe du pôle un angle (α_1).

12. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, les deux logements de la deuxième rangée (12) ménageant entre eux un pont de matière (24), ledit pont de matière (24) s'étendant selon un axe du pont de matière qui s'étend selon un axe du pôle.

13. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant 6 pôles.

14. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins un logement (10) comportant au moins une butée (16) de maintien de l'aimant permanent (1) destiné à être reçu dans le logement.

15. Machine électrique tournante, comportant un stator et un rotor (30) tel que défini selon l'une quelconque des revendications précédentes.

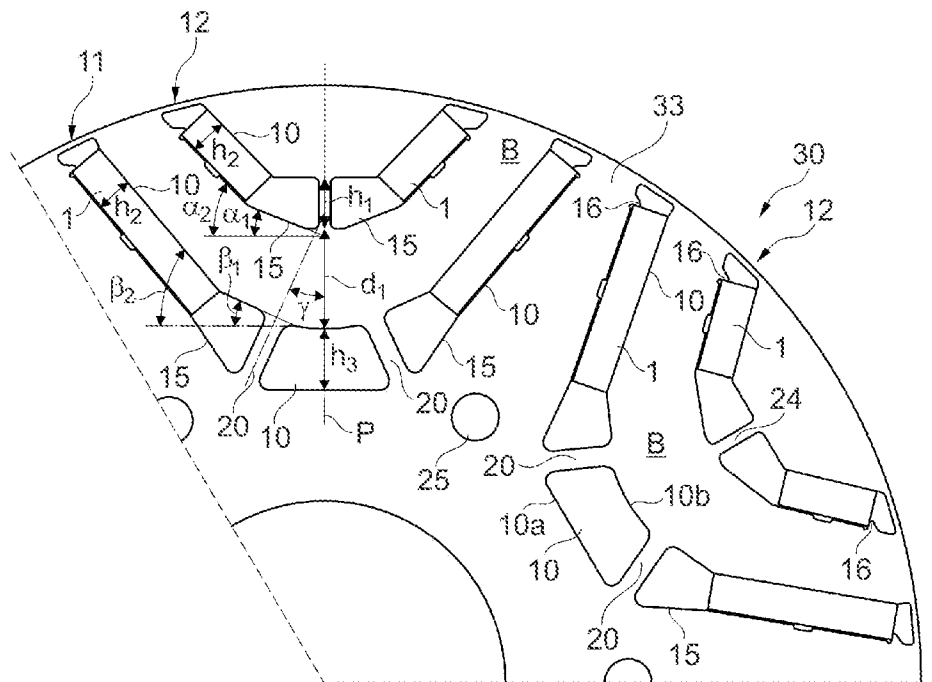


Fig. 1

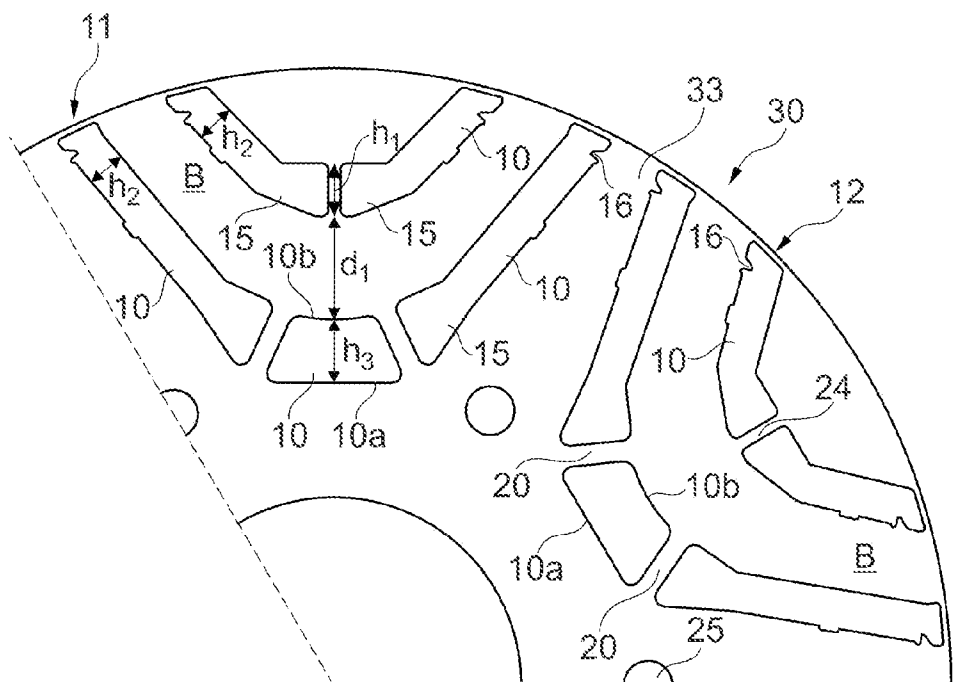


Fig. 2

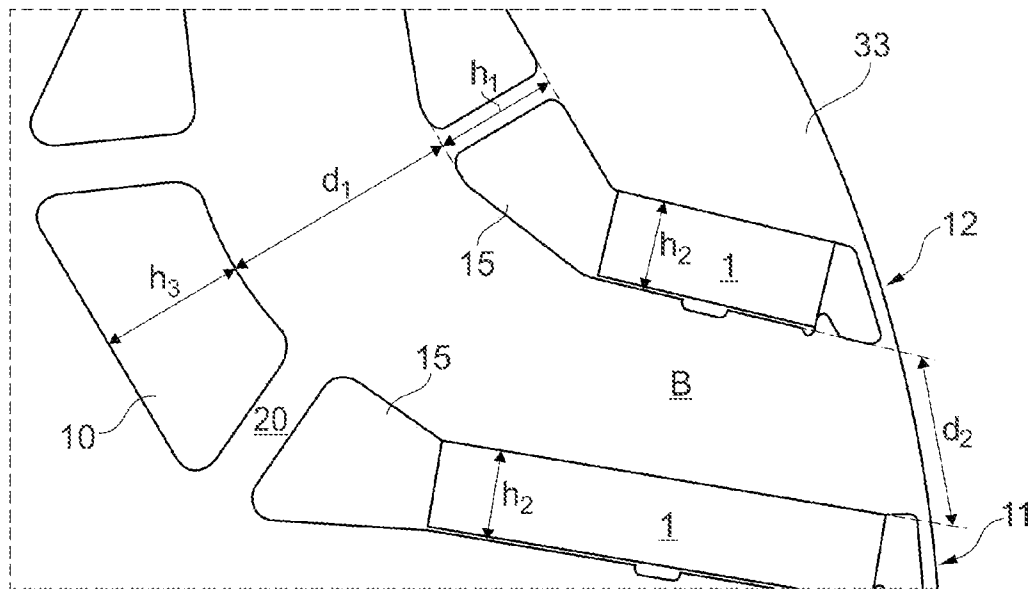


Fig. 3

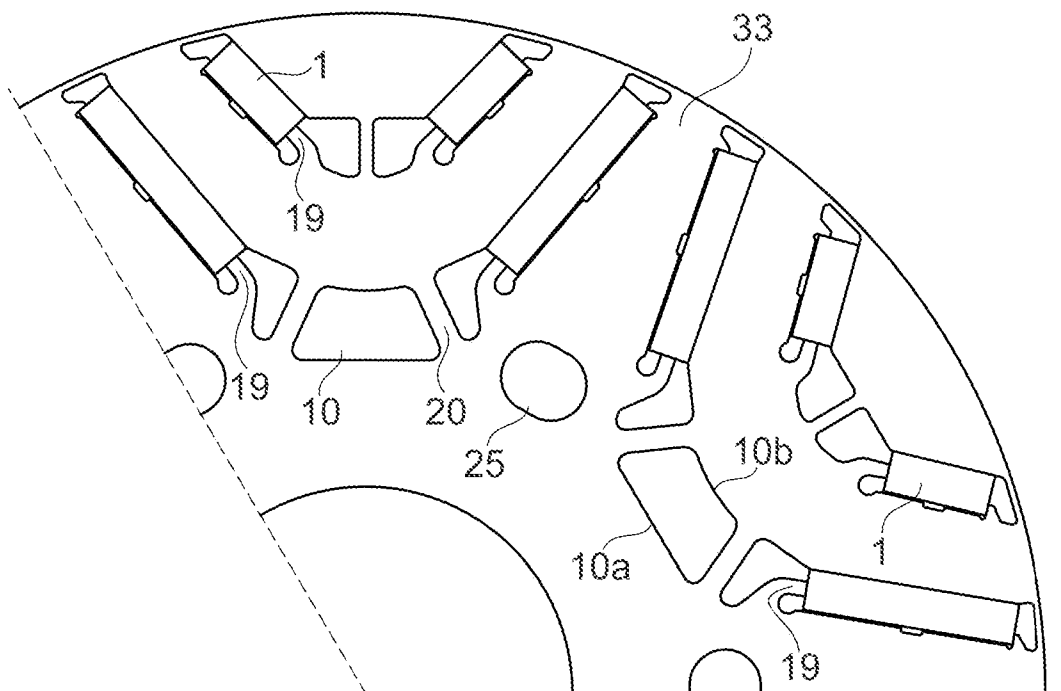


Fig. 4a

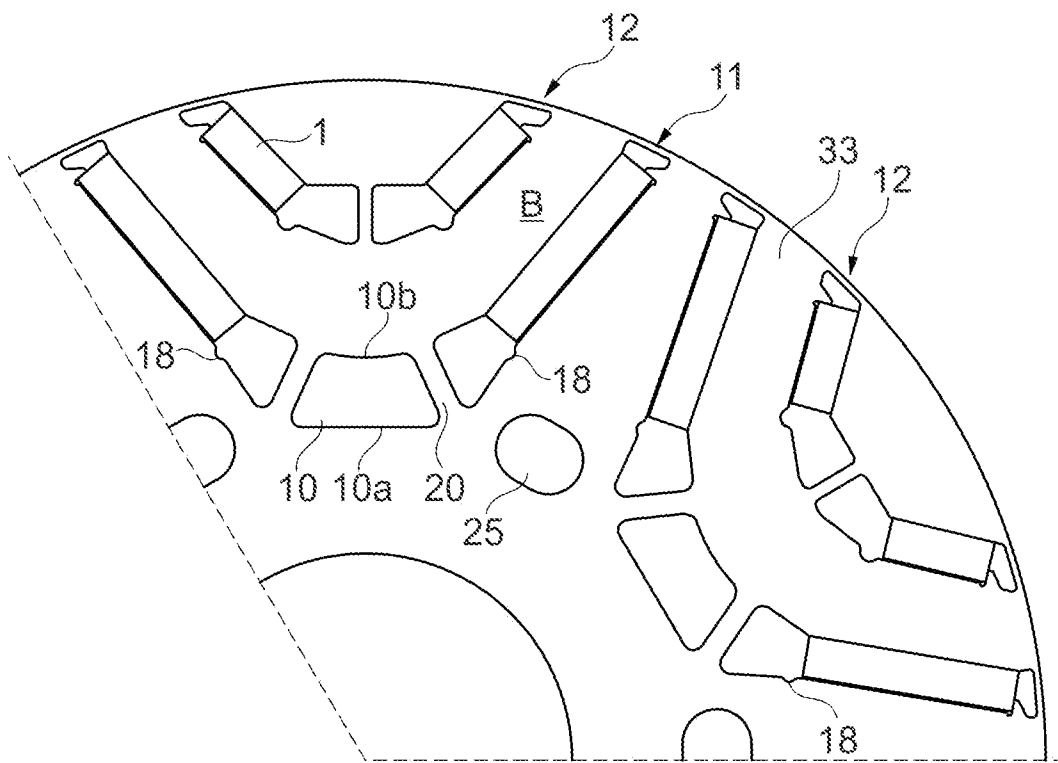


Fig. 4b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2022/050169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02K 1/276**(2022.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2009026868 A1 (MORGANTE JOHN C [US]) 29 January 2009 (2009-01-29) figure 4A paragraphs [0010], [0036], [0037]	1,2,4,8,9,13,15 3,5-7,10-12,14
Y	WO 2020067347 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 02 April 2020 (2020-04-02) figure 4 paragraph [0001]	14
Y	CN 208316434 U (ZHUHAI GREE ENERGY SAVING REFRIGERATION TECH RES CT CO LTD) 01 January 2019 (2019-01-01) figure 5	3
Y A	US 2015229170 A1 (KOECHLIN SAMUEL [FR]) 13 August 2015 (2015-08-13) figures 7, 7a	5-7,10-12 1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 March 2022

Date of mailing of the international search report

31 March 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Dragojlovic, Djordje

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2022/050169

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009026868	A1	29 January 2009	CN	101355268	A	28 January 2009
				US	2009026868	A1	29 January 2009
WO	2020067347	A1	02 April 2020	NONE			
CN	208316434	U	01 January 2019	NONE			
US	2015229170	A1	13 August 2015	BR	112015005561	A2	10 October 2017
				CN	104620473	A	13 May 2015
				EP	2896114	A1	22 July 2015
				EP	3288156	A1	28 February 2018
				FR	2995469	A1	14 March 2014
				US	2015229170	A1	13 August 2015
				WO	2014041507	A1	20 March 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2022/050169

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/276 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2009/026868 A1 (MORGANTE JOHN C [US]) 29 janvier 2009 (2009-01-29)	1, 2, 4, 8,
Y	figure 4A alinéas [0010], [0036], [0037]	9, 13, 15 3, 5-7, 10-12, 14
Y	WO 2020/067347 A1 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 2 avril 2020 (2020-04-02) figure 4 alinéa [0001]	14
Y	CN 208 316 434 U (ZHUHAI GREE ENERGY SAVING REFRIGERATION TECH RES CT CO LTD) 1 janvier 2019 (2019-01-01) figure 5	3
Y	US 2015/229170 A1 (KOECHLIN SAMUEL [FR]) 13 août 2015 (2015-08-13)	5-7, 10-12
A	figures 7, 7a	1
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 19 mars 2022		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 31/03/2022
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 Dragojlovic, Djordje

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2022/050169

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009026868 A1	29-01-2009	CN 101355268 A US 2009026868 A1	28-01-2009 29-01-2009
WO 2020067347 A1	02-04-2020	AUCUN	
CN 208316434 U	01-01-2019	AUCUN	
US 2015229170 A1	13-08-2015	BR 112015005561 A2 CN 104620473 A EP 2896114 A1 EP 3288156 A1 FR 2995469 A1 US 2015229170 A1 WO 2014041507 A1	10-10-2017 13-05-2015 22-07-2015 28-02-2018 14-03-2014 13-08-2015 20-03-2014