

(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 2024/115104 A1

(43) Date de la publication internationale
06 juin 2024 (06.06.2024)

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

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/081856

(22) Date de dépôt international :
15 novembre 2023 (15.11.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2212580 30 novembre 2022 (30.11.2022) FR
FR2304008 20 avril 2023 (20.04.2023) FR

(71) Déposant : **IFP ENERGIES NOUVELLES** [FR/FR] ; 1 et 4 avenue de Bois Préau, 92500 RUEIL-MALMAISON (FR).

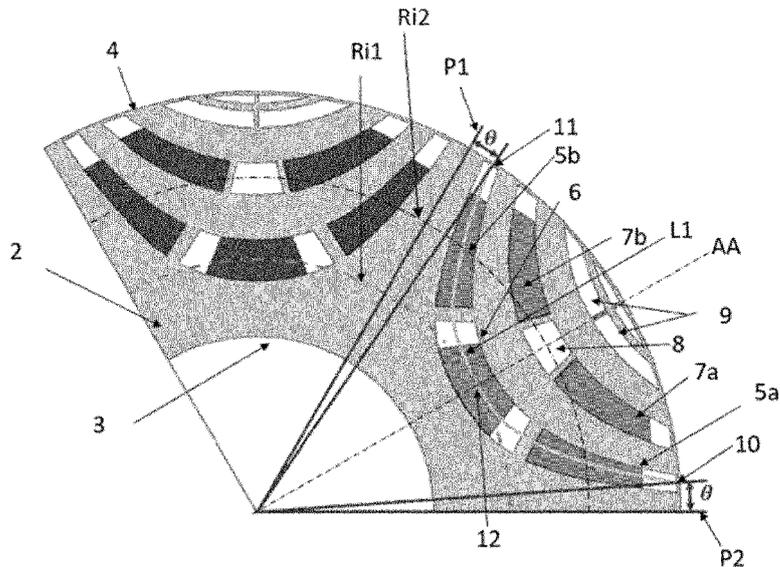
(72) Inventeurs : **CHAREYRON, Baptiste** ; IFP Energies nouvelles 1 et 4 avenue de Bois Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR). **NASR, Andre** ; IFP Energies nouvelles 1 et 4 avenue de Bois Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR).

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

(54) Title: ROTOR FOR AN ELECTRIC MACHINE COMPRISING AT LEAST TWO FLUX BARRIERS WITH CONCAVE CENTRE LINES

(54) Titre : ROTOR POUR MACHINE ELECTRIQUE COMPRENANT AU MOINS DEUX BARRIERES DE FLUX AVEC DES LIGNES MEDIANES CONCAVES

[Fig 2]



(57) Abstract: The invention relates to a rotor (2) for an electric machine, the rotor comprising: - a rotor body; and - magnetic poles. The centre lines (L1) of the first and second flux barriers are concave lines without discontinuities, and each centre line (L1) intersects the outer diameter (4) of the rotor body at two end points (10, 11), and the intersection of each centre line (L1) with its axis of symmetry (AA) is an inner point (12) on an inner radius from the centre of the rotor body, wherein the inner radius Ri1 of the inner point (12) of the centre line (L1) of the first barrier satisfies $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq Ri1 \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ and the inner radius Ri2 of the inner point of the centre line of the



WO 2024/115104 A1

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

second barrier satisfies $R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq Ri2 \leq R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$, p being the number of pairs of magnetic poles R_{ext} and R_{int} being the outer and inner radii of the rotor body.

(57) Abrégé : L'invention concerne un rotor (2) de machine électrique comprenant : - un corps de rotor, et - des pôles magnétiques. Les lignes médianes (L1) des premières et deuxièmes barrières de flux sont des lignes concaves sans discontinuités, et chaque ligne médiane (L1) coupe le diamètre externe (4) du corps de rotor en deux points d'extrémité (10, 11), et l'intersection de chaque ligne médiane (L1) et son axe de symétrie (AA) est un point interne (12) à un rayon interne du centre dudit corps de rotor, le rayon interne $Ri1$ du point interne (12) de la ligne médiane (L1) de la première barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq Ri1 \leq R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ et le rayon interne $Ri2$ du point interne de la ligne médiane de la deuxième barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq Ri2 \leq R_{int} + (R_{ext}-R_{mt}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$, p étant le nombre de paires de pôles magnétiques R_{ext} et R_{int} étant les rayons externe et interne du corps de rotor.

ROTOR POUR MACHINE ELECTRIQUE COMPRENANT AU MOINS DEUX BARRIERES DE FLUX AVEC DES LIGNES MEDIANES CONCAVES

Domaine technique

La présente invention se rapporte à une machine électrique tournante
5 synchro-réductante (assistée d'aimants permanents) et concerne plus particulièrement l'architecture particulière d'un rotor d'une telle machine.

Généralement, une telle machine électrique comporte un stator et un rotor disposés
coaxialement l'un dans l'autre.

Le rotor est formé d'un corps de rotor avec un empilage de tôles placé sur un arbre de
10 rotor. Ces tôles comprennent des logements pour des aimants permanents et des perforations pour créer des barrières de flux permettant de diriger radialement le flux magnétique des aimants vers le stator et pour favoriser la création d'un couple réductant, et d'alléger ce rotor pour diminuer les efforts centrifuges que l'empilage de tôle doit supporter.

Ce rotor est généralement logé à l'intérieur d'un stator qui porte des bobinages
15 électriques permettant de générer un champ magnétique permettant d'entraîner en rotation le rotor.

Technique antérieure

Comme cela est mieux décrit notamment dans la demande de brevet WO2020/020580, le
20 rotor d'une machine synchro-réductante comprend une pluralité d'évidements axiaux qui traversent les tôles de part en part.

Pour la conception du rotor décrite dans cette demande de brevet, une première série
d'évidements axiaux, disposés radialement les uns au-dessus des autres et à distance les uns
des autres, forment des logements pour des générateurs de flux magnétiques, ici des aimants
25 permanents sous forme de barreau rectangulaire.

L'autre série d'évidements consiste en des perforations de direction radiale inclinée, qui
partent de ces logements pour arriver au voisinage du bord des tôles, au voisinage de
l'entrefer.

Les perforations inclinées sont disposées symétriquement par rapport aux logements des
30 aimants de manière à former à chaque fois une figure géométrique sensiblement en forme de V à fond aplati avec le fond plat formé par le logement des aimants et avec les bras inclinés de ce V formés par les perforations. Il se crée ainsi des barrières de flux formées par les perforations. Le flux magnétique provenant des aimants permanents ne peut alors que

transiter par les parties pleines entre les perforations. Ces parties pleines sont constituées d'un matériau ferromagnétique.

On connaît la demande de brevet JP2003/348779 qui concerne un rotor de machine électrique avec des aimants permanents mis en place dans les évidements. Toutefois, ce rotor ne propose pas de forme précise de barrières de flux et d'évidements pour améliorer les performances de la machine électrique.

On connaît aussi la demande de brevet US2015/137 646 qui concerne un rotor de machine électrique. Toutefois, ce rotor ne propose pas de forme précise de barrières de flux et d'évidements pour améliorer les performances de la machine électrique.

Le problème technique que l'on se propose de résoudre consiste à améliorer les performances des machines électriques en augmentant la part de synchro-réductance dans le couple (on cherche donc à maximiser le couple réductant), et si possible en minimisant la quantité d'aimants permanents nécessaires.

Résumé de l'invention

L'invention concerne un rotor pour machine électrique comprenant :

- un corps de rotor, formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, le corps de rotor étant défini par une surface interne cylindrique de diamètre interne et par une surface externe cylindrique de diamètre externe et
- une pluralité de paires de pôles magnétiques répartis circonférentiellement sur le corps de rotor, les pôles magnétiques successifs étant séparés par des plans radiaux de séparation, chaque pôle magnétique comprenant au moins deux barrières de flux situées radialement les unes au-dessus des autres, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement, chaque pôle magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans un évidement.

De plus, les lignes médianes des premières et deuxièmes barrières de flux de chaque pôle magnétique, en partant du centre vers l'extérieur du rotor, sont des lignes concaves sans discontinuités. Selon une coupe transversale, chaque ligne médiane coupe la surface externe cylindrique du corps de rotor en deux points d'extrémité, et comprend un axe de symétrie radial. L'intersection de chaque ligne médiane et de son axe de symétrie radial est un point interne à un rayon interne du centre dudit corps de rotor, le rayon interne R_{i1} du point interne de la ligne médiane de la première barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq R_{i1} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ et le rayon interne R_{i2} du point interne de la ligne médiane de la deuxième barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq R_{i2} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 +$

0,05), p étant le nombre de paires de pôles magnétiques, R_{ext} étant la moitié du diamètre externe du corps de rotor, R_{int} étant la moitié du diamètre interne du corps de rotor.

De préférence, la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la première barrière de flux forme un angle compris entre $21^\circ/(2 \cdot p)$ et $31^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche et la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la deuxième barrière de flux forme un angle compris entre $57^\circ/(2 \cdot p)$ et $67^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche.

Avantageusement, chaque barrière de flux comprend zéro, un, deux ou trois aimants permanents.

De manière avantageuse, le ou les aimants permanents ont une forme incurvée ou rectangulaire adaptée à la forme des barrières de flux.

Selon une configuration de l'invention, chaque pôle du corps de rotor comprend trois ou quatre barrières de flux.

Préférentiellement, la première et la deuxième barrières de flux, en partant du centre vers l'extérieur, ont chacune trois évidements, un desdits trois évidements étant un évidement central et les deux autres étant des évidements latéraux, la troisième barrière de flux ayant deux évidements et l'éventuelle quatrième barrière de flux ayant deux évidements.

De manière avantageuse, la première barrière comprend trois aimants permanents, un dans chaque évidement, dans lequel la deuxième barrière de flux comprend deux aimants permanents, un dans chaque évidement latéral et la troisième et l'éventuel quatrième barrières de flux ne comprennent pas d'aimants permanents.

Selon une variante de l'invention, le nombre de paires de pôles magnétiques est compris entre 2 et 9, de préférence entre 3 et 6, et vaut de manière préférée 4.

Avantageusement, la largeur des barrières de flux peut être constante ou décroissante depuis le point interne vers les extrémités radiales.

L'invention concerne aussi une machine électrique comprenant un stator et un rotor tel que décrit précédemment, ledit rotor étant logé à l'intérieur dudit stator.

De préférence, ladite machine électrique est du type machine électrique synchro-réductante.

30 Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages du rotor et de la machine électrique selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

35 La figure 1 représente le stator et le rotor d'une machine électrique en vue en coupe selon un mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 illustre les détails d'un rotor de machine électrique en vue en coupe selon un mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

5 L'invention concerne un rotor de machine électrique, notamment une machine électrique du type synchro-réductante assistée d'aimants permanents. En outre, la présente invention concerne une machine électrique comprenant un rotor selon l'invention et un stator, le rotor étant disposé au sein du stator coaxialement à celui-ci.

Selon l'invention, le rotor pour machine électrique comprend :

- 10 - un corps de rotor, formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, le corps de rotor étant défini par une surface interne cylindrique de diamètre interne et par une surface externe cylindrique de diamètre externe. Ainsi les surfaces interne et externe sont cylindriques et, en coupe dans un plan orthogonal à l'axe de rotation, les surfaces interne et externe sont chacune représentées par un cercle. Le
- 15 corps de rotor forme donc un espace annulaire entre les surfaces externes et interne définies notamment respectivement par les diamètres externe et interne ; et,
- une pluralité de paires de pôles magnétiques répartis circonférentiellement sur le corps de rotor.

Les pôles magnétiques successifs (circonférentiellement) sont séparés par des plans radiaux de séparation. Ainsi, ils sont totalement séparés les uns des autres. Les plans radiaux de séparation découpent ainsi le corps de rotor en une pluralité de secteurs angulaires, l'ensemble des secteurs angulaires formant le corps de rotor. Chaque secteur angulaire du rotor forme un unique pôle magnétique.

De plus, chaque pôle magnétique comprend au moins deux barrières de flux situées

25 radialement les unes au-dessus des autres, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement (de préférence, chaque barrière de flux comprenant une pluralité d'évidements). Les évidements des barrières de flux sont axiaux. En d'autres termes, les évidements s'étendent dans la direction axiale (longitudinale), c'est-à-dire le long de l'axe du rotor en traversant le rotor sur toute sa longueur axiale.

30 En outre, chaque pôle magnétique comprend au moins un aimant permanent dans un évidement.

Les aimants permanents permettent de générer un flux magnétique, permettant la rotation du rotor par la création d'un champ magnétique tournant pouvant être généré aussi par le stator. Les barrières de flux permettent de guider le champ magnétique généré par le rotor et par l'au

35 moins un aimant permanent vers l'entrefer (l'entrefer étant l'espace formé entre la périphérie du rotor et le stator), de manière à limiter les fuites de flux magnétiques et augmenter les

performances (notamment couple et puissance) de la machine électrique. Une paire de pôles magnétiques comprend deux pôles magnétiques de polarité opposée.

Le diamètre externe du corps de rotor correspond à deux fois le rayon externe du corps de rotor ; le diamètre interne du corps de rotor correspond à deux fois le rayon interne du corps de rotor.

Selon l'invention, les lignes médianes des premières et deuxièmes barrières de flux de chaque pôle magnétique, en partant du centre vers l'extérieur du rotor, sont des lignes concaves sans discontinuités. On appelle « ligne médiane » une ligne qui est à égale distance des bords de la barrière flux (qui font respectivement face au centre et à la périphérie du rotor), cette ligne médiane est définie dans une section transversale du rotor (c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à l'axe du rotor). Ainsi, la première barrière de flux, en partant du centre (de l'axe) vers l'extérieur du rotor, correspond à la barrière de flux interne, c'est-à-dire celle qui est la plus proche de l'axe du rotor. La deuxième barrière de flux, en partant du centre (de l'axe) vers l'extérieur du rotor, correspond donc à la prochaine barrière de flux la plus proche de l'axe du rotor, après la première barrière de flux.

Grâce à la forme concave et sans discontinuités des lignes médianes des première et deuxième barrières de flux, les performances de la machine électrique sont améliorées.

Par ligne « sans discontinuités », on entend que la ligne concernée est entièrement dérivable et qu'il n'existe pas de point où la dérivée d'un côté du point n'est pas égale à la dérivée de l'autre côté du point. Lorsqu'une barrière de flux est formée d'une pluralité d'évidements séparés notamment par au moins un pont magnétique, la ligne médiane traverse également le pont magnétique. Autrement dit, un pont magnétique ne forme pas une discontinuité de la ligne médiane.

Avantageusement, toutes les barrières de flux du rotor peuvent avoir des lignes médianes concaves et sans discontinuités.

En coupe transversale, chaque ligne médiane coupe la surface externe cylindrique du corps de rotor (elle coupe le corps du rotor sur son diamètre externe) en deux points d'extrémité. En d'autres termes, dans chaque plan (ou vue) de coupe transversale, la première ligne médiane coupe le cercle représentant la surface externe du corps de rotor (surface externe cylindrique) en lesdits deux premiers points d'extrémités.

Par « coupe transversale », on entend une coupe dans un plan orthogonal à l'axe de rotation. De plus, chaque ligne médiane comprend un axe de symétrie radial, l'intersection de chaque ligne médiane et de son axe de symétrie étant un point interne à une distance correspondant à un rayon interne du centre (de l'axe) dudit corps de rotor. Au niveau du point interne de la ligne médiane, la tangente à la ligne médiane est perpendiculaire à l'axe de symétrie radial.

Ainsi, la ligne médiane ne comporte pas de discontinuités au niveau du point interne, la dérivée d'un côté de la ligne médiane étant alors égale à la dérivée de l'autre côté de la ligne médiane. La symétrie permet une optimisation des performances mécaniques de la machine électrique. Selon l'invention, le rayon interne R_{i1} du point interne de la ligne médiane de la première barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq R_{i1} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ (par exemple en millimètres) et le rayon interne R_{i2} du point interne de la ligne médiane de la deuxième barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq R_{i2} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$ (par exemple en millimètre) avec p le nombre de paires de pôles magnétiques, R_{ext} étant le rayon externe du corps de rotor, correspondant à la moitié du diamètre externe du corps de rotor, R_{int} étant le rayon interne du corps de rotor, correspondant à la moitié du diamètre interne du corps de rotor. En effet, avec ce point interne spécifique, la forme des barrières de flux permet d'augmenter la densité de couple et de puissance de la machine électrique.

De préférence, la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la première barrière de flux peut former un angle compris entre $21^\circ/(2 \cdot p)$ et $31^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche, p étant le nombre de paires de pôles magnétiques, et la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la deuxième barrière de flux peut former un angle compris entre $57^\circ/(2 \cdot p)$ et $67^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche. En effet, le positionnement spécifique de ces points d'extrémités permet d'améliorer l'effet des barrières de flux et d'augmenter le couple réluctant.

De manière avantageuse, chaque barrière de flux peut comprendre zéro, un, deux ou trois aimants permanents. Par exemple, une barrière de flux peut comprendre trois aimants permanents et une autre barrière de flux peut comprendre un seul aimant. Ainsi, le rotor peut être adapté à différentes conditions de fonctionnement ou d'application prévues.

Selon une configuration de l'invention, le ou les aimants permanents peuvent avoir une forme incurvée adaptée à la forme des évidements des barrières de flux. Grâce à cette forme adaptée aux évidements des barrières de flux, on peut optimiser la quantité d'aimants permanents dans les évidements incurvés, ce qui permet d'augmenter les performances de la machine électrique. De plus, l'utilisation d'aimants incurvés adaptés à la forme des évidements permet d'augmenter le couple réluctant alors que l'utilisation d'aimants prismatiques ou en forme de barre rectangulaire selon l'art antérieur, entraîne une diminution du couple réluctant en raison de la forme non adaptée. Les aimants incurvés peuvent notamment être obtenus par exemple par usinage ou par toute méthode analogue.

Avantageusement, chaque pôle magnétique du corps de rotor peut comprendre trois ou quatre barrières de flux. En effet, plus chaque pôle magnétique comprend de barrières de flux, et mieux le champ magnétique est guidé. Le nombre de trois ou quatre barrières offre un excellent compromis entre les performances attendues et la complexité de fabrication.

5

Selon une configuration préférée de l'invention, la première et la deuxième barrières de flux, en partant du centre vers l'extérieur, peuvent avoir (peuvent comprendre) chacune trois évidements (de préférence seulement trois évidements). Un des trois évidements de ces première et deuxième barrières de flux est un évidement central : il est positionné sur l'axe de symétrie radial et il est symétrique de part et d'autre de cet axe de symétrie radial. Les deux autres évidements des première et deuxième barrières de flux sont des évidements latéraux (périphériques), un évidement latéral de chaque côté de l'évidement central. Les évidements latéraux peuvent être symétriques l'un par rapport à l'autre par rapport à l'axe de symétrie radial.

10

Les deux évidements latéraux sont ainsi positionnés et espacés de part et d'autre d'un évidement central.

15

Les évidements de chaque barrière de flux interne forment sensiblement un U (selon une section transversale à l'axe du rotor, qui correspond au plan d'une tôle constituant le corps de rotor), le fond du U étant formé par l'évidement central, et les segments opposés du U étant formés par les évidements latéraux.

20

Les tôles du corps de rotor peuvent être réalisées en matériau ferromagnétique de manière à guider le flux magnétique créé par des aimants permanents et éventuellement le bobinage statorique. Les évidements des barrières de flux peuvent être obtenus par des perforations dans les tôles empilées formant le corps de rotor, et les ponts magnétiques sont formés par la tôle elle-même.

25

Pour cette configuration, de manière préférée, la troisième barrière de flux peut comprendre (ou consister) deux évidements (qui sont deux évidements latéraux symétriques l'un par rapport à l'autre par rapport à l'axe de symétrie radial) et l'éventuelle quatrième barrière de flux peut également comprendre (ou consister) deux évidements (qui sont deux évidements latéraux symétriques l'un par rapport à l'autre par rapport à l'axe de symétrie radial).

30

Un tel rotor permet ainsi de mieux guider le champ magnétique vers le stator et d'augmenter le couple réductant.

Avantageusement, la première barrière de flux peut comprendre trois (et de préférence seulement trois) aimants permanents, un dans chaque évidement, et la deuxième barrière de flux peut comprendre deux (et de préférence seulement deux) aimants permanents, un dans

35

chaque évidement latéral. En outre, la troisième et l'éventuel quatrième barrières de flux ne comprennent pas d'aimants permanents. Cette configuration permet de maximiser la densité de couple et de puissance de la machine électrique, en limitant la quantité d'aimants permanents nécessaire. La limitation du nombre d'aimants permanents permet de réduire
5 aussi les contraintes industrielles sur les dimensions des aimants permanents ainsi que le coût de fabrication.

De préférence, ledit nombre p de paires de pôles magnétiques peut être compris entre 2 et 9, de préférence entre 3 et 6, et vaut de manière préférée 4. Ces nombres de pôles magnétiques donnent de bonnes performances aux machines électriques.

10

Avantageusement, la largeur des barrières de flux (des évidements des barrières de flux notamment) peut être décroissante depuis le point interne vers les extrémités radiales. Autrement dit, la largeur des différents évidements des différentes barrières de flux diminue depuis le point interne vers les extrémités radiales des barrières de flux. Cette configuration
15 permet de maximiser la densité de couple et de puissance de la machine électrique.

De préférence, les aimants peuvent alors avoir une forme adaptée avec une épaisseur décroissante, correspondante à la largeur des évidements dans lesquels ils sont insérés, depuis le centre vers l'extérieur du corps de rotor.

20

Alternativement, la largeur des barrières de flux peut être constante depuis le point interne vers les extrémités radiales, de manière à simplifier la fabrication des tôles et des aimants permanents par exemple.

De préférence, les aimants peuvent alors avoir une forme adaptée avec une épaisseur constante, correspondante à la largeur des évidements dans lesquels ils sont insérés, depuis le centre vers l'extérieur du corps de rotor.

25

La figure 1 illustre, de manière schématique et non limitative, une vue en coupe partielle d'un stator et d'un rotor d'une machine électrique selon l'invention.

La machine électrique comprend un stator 1 et un rotor 2. Le stator 1 et le rotor 2 sont coaxiaux et le rotor 2 est mis en place au sein du stator 1. En d'autres termes, le stator 1 entoure le rotor
30 2.

Le rotor 2 comprend un corps de rotor défini par une surface interne cylindrique de rayon interne R_{int} et par une surface externe cylindrique de rayon externe R_{ext} .

Le rotor 2 comprend trois paires de pôles magnétiques (la figure représentant un tiers du rotor montre deux pôles magnétiques, le rotor 2 présente donc au total six pôles magnétiques).

35

Chaque pôle magnétique du rotor comprend ici quatre barrières de flux, situées radialement les unes au-dessus des autres, du centre vers l'extérieur.

La première barrière de flux, c'est-à-dire la barrière de flux interne la plus proche de l'axe de rotation du rotor, est définie par la première ligne médiane L1 alors que la deuxième barrière de flux est définie par la deuxième ligne médiane L2.

5 Les troisième et quatrième barrières de flux sont définies par les troisième et quatrième lignes médianes L3 et L4.

Les première, deuxième, troisième et quatrième lignes médianes L1, L2, L3 et L4 sont concaves et ne présente pas de discontinuités.

10 La première barrière de flux comprend au moins trois évidements : un évidement central 6 et deux évidements latéraux 5a et 5b. Dans chacun de ces évidements, un aimant permanent est mis en place (représenté en noir sur l'un des pôles magnétiques et en gris foncé sur l'autre pôle magnétique).

15 La deuxième barrière de flux comprend au moins 3 évidements : un évidement central 8 et deux évidements latéraux 7a et 7b. Dans chacun des évidements latéraux 7a et 7b, un aimant permanent est mis en place (représenté en noir sur l'un des pôles magnétiques et en gris foncé sur l'autre pôle magnétique). L'évidement central 8 est laissé vide (sans aimant permanent).

La troisième et la quatrième barrière de flux comprennent chacune deux évidements latéraux 9 dans lesquels aucun aimant permanent n'est mis en place. Ces barrières de flux ne comportent pas d'évidement central.

20 Comme on peut le voir sur la figure, la forme des aimants permanents est adaptée à la forme des évidements alors qu'au contraire, dans l'art antérieur, les évidements sont de section sensiblement rectangulaire afin d'être adaptés à la forme sensiblement rectangulaire des aimants permanents. Les aimants permanents de la figure 1 ont une forme incurvée et suivent la première et la deuxième lignes médianes L1 et L2 des barrières de flux sur lesquels ils sont
25 mis en place.

Grâce à leur forme spécifique, la quantité d'aimants permanents est optimisée et la densité de couple et de puissance de la machine électrique est améliorée.

30 La figure 2 illustre, de manière schématique et non limitative, les détails des barrières de flux du rotor pour machine électrique selon l'invention.

La figure 2 illustre une portion d'un corps de rotor d'un rotor 2 pour machine électrique. Le corps de rotor est défini par une surface interne cylindrique de rayon interne 3 apte à s'engager sur un arbre de rotor et par une surface externe cylindrique de rayon externe 4, sensiblement égal au rayon interne du stator de la machine électrique.

35 La figure 2 illustre un tiers d'une coupe du corps de rotor et comprend deux pôles magnétiques. Ainsi, le rotor comprend ici trois paires de pôles magnétiques.

Les pôles magnétiques sont répartis circonférentiellement sur le corps de rotor et sont séparés par des plans radiaux de séparation P1 et P2 : le corps de rotor comprend donc autant de plans radiaux de séparation que de pôles magnétiques.

5 Les pôles magnétiques comprennent ici chacun quatre barrières de flux, situés radialement les unes au-dessus des autres du centre vers l'extérieur.

La première barrière de flux, c'est-à-dire la barrière de flux interne la plus proche de l'axe de rotation du rotor, est définie par la première ligne médiane L1.

10 Les lignes médianes des différentes barrières de flux sont toutes concaves et ne présentent pas de discontinuités. De plus, elles sont symétriques par rapport à l'axe radial de symétrie AA. L'axe radial de symétrie AA des barrières de flux du pôle magnétique forme une bissectrice de l'angle formé par les plans de séparation P1 et P2 de chaque côté du pôle magnétique concerné.

15 La première barrière de flux comprend au moins trois évidements : un évidement central 6 et deux évidements latéraux 5a et 5b. Dans chacun de ces évidements, un aimant permanent est mis en place (représenté en noir sur l'un des pôles magnétiques et en gris foncé sur l'autre pôle magnétique).

20 La deuxième barrière de flux comprend au moins 3 évidements : un évidement central 8 et deux évidements latéraux 7a et 7b. Dans chacun des évidements latéraux 7a et 7b, un aimant permanent est mis en place (représenté en noir sur l'un des pôles magnétiques et en gris foncé sur l'autre pôle magnétique). L'évidement central 8 est laissé vide (sans aimant permanent).

La troisième et la quatrième barrières de flux comprennent chacune deux évidements latéraux 9 dans lesquels aucun aimant permanent n'est mis en place. Ces barrières de flux ne comportent pas d'évidement central.

25 Comme on peut le voir sur la figure, la forme des aimants permanents est adaptée à la forme des évidements alors qu'au contraire, dans l'art antérieur, les évidements sont de section sensiblement rectangulaire afin d'être adaptés à la forme sensiblement rectangulaire des aimants permanents. Les aimants permanents de la figure 2 ont une forme incurvée et suivent la première et la deuxième lignes médianes des première et deuxième barrières de flux sur
30 lesquels ils sont mis en place.

Grâce à leur forme spécifique, la quantité d'aimants permanents est optimisée et la densité de couple et de puissance de la machine électrique est améliorée.

35 La première ligne médiane L1 est définie par deux points d'extrémité 10 et 11 situés au niveau de l'intersection de la ligne médiane avec la surface externe cylindrique du corps de rotor de rayon externe 4, selon une coupe dans un plan orthogonal à l'axe de rotation. En, effet, dans

une telle coupe, les surfaces interne et externe du corps de rotor sont représentées par des cercles.

Les droites radiales passant par les points d'intersections 10 et 11 forment un angle θ avec le plan de séparation le plus proche (P1 pour le point d'extrémité 11 et P2 pour le point d'extrémité 10).

La première ligne médiane L1 est également définie par un point interne 12 situé sur l'axe radial de symétrie AA, ce point interne étant situé à une distance égale à un premier rayon interne R_{i1} du centre.

Au niveau du point interne 12, la ligne médiane est perpendiculaire à l'axe radial de symétrie AA.

De la même manière, la deuxième ligne médiane, et éventuellement la troisième ligne médiane et de préférence la quatrième ligne médiane, sont définies chacune par deux points d'extrémité situés au niveau de l'intersection de la ligne médiane concernée avec la surface externe cylindrique du corps de rotor, selon une coupe dans un plan orthogonal à l'axe de rotation. En effet, dans une telle coupe, les surfaces interne et externe cylindriques du corps de rotor sont représentées par des cercles. Les droites radiales passant par les points d'intersections de chaque ligne médiane forment un angle avec le plan de séparation le plus proche.

Chaque ligne médiane est également définie par un point interne situé sur l'axe radial de symétrie AA, ce point interne étant situé à une distance égale à un rayon interne du centre.

Au niveau du point interne de chaque ligne médiane, la ligne médiane concernée est perpendiculaire à l'axe radial de symétrie AA.

On peut observer que sur la figure 2, comme sur la figure 1, la largeur des évidements des barrières de flux diminue depuis le point interne vers les points d'extrémités. L'épaisseur des aimants permanents est variable et décroît de la même manière de l'intérieur du rotor vers l'extérieur pour s'adapter à la forme des évidements. Cette forme permet d'augmenter le couple de la machine électrique.

Alternativement et sans sortir du cadre de l'invention, la largeur des évidements pourrait être constante depuis le point interne vers les points d'extrémités. Cette configuration simplifie la fabrication des aimants (qui ont alors une épaisseur constante pour s'adapter à la largeur constante des évidements dans lesquels ils sont insérés).

Afin d'augmenter la densité de couple et de puissance de la machine électrique, la forme des lignes médianes, notamment des deux premières lignes médianes, en partant du centre vers l'extérieur, peut être optimisée. Notamment, lorsque le rayon interne R_{i1} du point interne de la ligne médiane de la première barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq R_{i1} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ et lorsque le rayon interne R_{i2} du point

interne de la ligne médiane de la deuxième barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq Ri2 \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$, p étant le nombre de paires de pôles magnétiques, R_{ext} étant le rayon externe du corps de rotor, R_{int} étant le rayon interne du corps de rotor, la machine électrique offre de meilleures performances.

Il est également encore possible d'améliorer la forme des barrières de flux en définissant la position des points d'extrémités des premières et deuxièmes lignes médianes de la manière suivante :

- 10 - la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la première barrière de flux forme un angle compris entre $21^\circ/(2 \cdot p)$ et $31^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche,
- la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la deuxième barrière de flux forme un angle compris entre $57^\circ/(2 \cdot p)$ et $67^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche.

La topologie du rotor spécifique de l'invention, ainsi que de la machine électrique selon l'invention, permet de réduire la quantité d'aimants permanents nécessaire et donc de terres rares. De plus, elle offre l'avantage de maximiser le couple par unité de masse de l'aimant consommé avec notamment la production du couple reluctant (indépendant de l'aimant et comptant pour plus de 50% du couple total) et synchrone (dépendant de l'aimant).

Exemples

Un exemple de rotor selon l'invention a été comparé à un rotor selon l'art antérieur selon WO2020/020580 dans une même machine électrique.

Les caractéristiques de la machine électrique dans lesquels sont implantés le rotor selon l'invention et le rotor de l'art antérieur sont les suivantes :

- longueur : 175mm
- diamètre extérieur rotor : 120mm (rayon externe rotor : 60mm)
- 30 - diamètre intérieur rotor : 36mm (rayon interne rotor : 18mm)

Le rotor de l'invention correspond à celui de la figure 1 avec trois paires de pôles magnétiques, chaque pôle magnétique comprenant quatre barrières de flux, les deux premières barrières de flux, en partant du centre vers l'extérieur vérifiant les conditions suivantes :

- le rayon interne R_{i1} du point interne de la ligne médiane de la première barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq R_{i1} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$
- 5 - le rayon interne R_{i2} du point interne de la ligne médiane de la deuxième barrière vérifie $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq R_{i2} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$, p étant le nombre de paires de pôles magnétiques, R_{ext} étant le rayon externe du corps de rotor, R_{int} étant le rayon interne du corps de rotor,
- la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la première barrière de flux forme un angle compris entre $21^\circ/(2 \cdot p)$ et $31^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche,
- 10 - la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane de la deuxième barrière de flux forme un angle compris entre $57^\circ/(2 \cdot p)$ et $67^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche.

15 Ainsi, pour le rotor de l'invention :

- le point interne de la première ligne médiane est situé sur un rayon interne de 37,7 mm du centre ;
- le point interne de la deuxième ligne médiane est situé sur un rayon interne de 47.7 mm du centre ;
- 20 - la première ligne médiane est définie par deux points d'extrémités, la droite passant par ces points d'extrémités formant un angle de 4° avec le plan de séparation le plus proche de chaque côté ;
- la deuxième ligne médiane est définie par deux points d'extrémités, la droite passant par ces points d'extrémités formant un angle de 10° avec le plan de séparation le plus proche de chaque côté.
- 25

De plus, pour le rotor de l'invention, avec quatre paires de pôles au lieu de trois paires de pôles :

- le point interne de la première ligne médiane est situé sur un rayon interne de 42,1 mm du centre ;
- 30 - le point interne de la deuxième ligne médiane est situé sur un rayon interne de 51,19 mm du centre ;
- la première ligne médiane est définie par deux points d'extrémités, la droite passant par ces points d'extrémités formant un angle de $3,5^\circ$ avec le plan de séparation le plus proche de chaque côté ;
- 35 - la deuxième ligne médiane est définie par deux points d'extrémités, la droite passant par ces points d'extrémités formant un angle de 8° avec le plan de séparation le plus proche de chaque côté.

Grâce au rotor de l'invention avec quatre paires de pôles magnétiques, la machine électrique équipée de ce rotor permet d'obtenir, pour une masse d'aimants de 1,54kg, les

5 performances suivantes :

- couple maximal : 274 N.m
- Puissance maximale : 194 kW
- Puissance à la tension maximale : 147 kW

Ce qui donne les densités suivantes :

- 10
- Densité de couple massique d'aimant : 178 N.m/kg d'aimant
 - Densité de puissance massique d'aimant : 126 kW/kg d'aimant

Le gain par rapport à la machine électrique selon l'art antérieur est d'environ 20% sur la densité de couple et de 15% sur la densité de puissance par rapport à la machine électrique de l'art antérieur, ce qui témoigne de l'intérêt du rotor selon l'invention.

15

Revendications

1. Rotor (2) pour machine électrique comprenant :

- un corps de rotor, formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, le corps de rotor étant défini par une surface interne cylindrique de diamètre interne et par une surface externe cylindrique de diamètre externe et

- une pluralité de paires de pôles magnétiques répartis circonférentiellement sur le corps de rotor, les pôles magnétiques successifs étant séparés par des plans radiaux de séparation (P1, P2), chaque pôle magnétique comprenant au moins deux barrières de flux situées radialement les unes au-dessus des autres, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement (5a, 5b, 6, 7a, 7b, 8, 9), chaque pôle magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans un évidement,

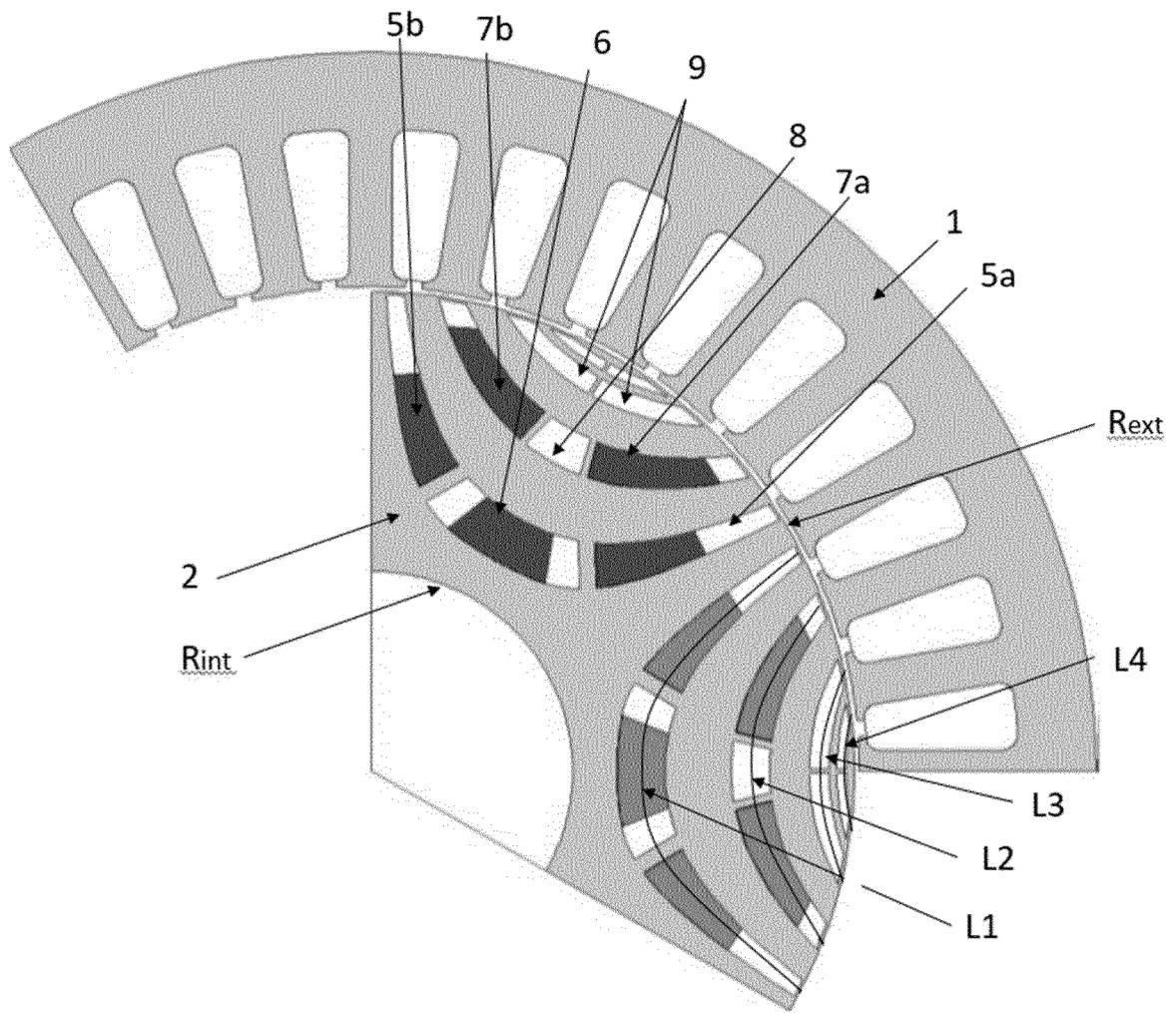
caractérisé en ce que les lignes médianes (L1, L2) des premières et deuxièmes barrières de flux de chaque pôle magnétique, en partant du centre vers l'extérieur du rotor, sont des lignes concaves sans discontinuités, selon une coupe transversale, chaque ligne médiane (L1, L2) coupant la surface externe cylindrique du corps de rotor en deux points d'extrémité (10, 11), et comprenant un axe de symétrie radial (AA), l'intersection de chaque ligne médiane (L1, L2) et de son axe de symétrie radial (AA) est un point interne (12) à un rayon interne du centre dudit corps de rotor, le rayon interne R_{i1} du point interne (12) de la ligne médiane (L1) de la première barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 - 0,05) \leq R_{i1} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,105 \cdot p + 0,147 + 0,05)$ et le rayon interne R_{i2} du point interne de la ligne médiane (L2) de la deuxième barrière vérifiant $R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 - 0,05) \leq R_{i2} \leq R_{int} + (R_{ext} - R_{int}) \cdot (0,066 \cdot p + 0,519 + 0,05)$, p étant le nombre de paires de pôles magnétiques, R_{ext} étant la moitié du diamètre externe du corps de rotor, R_{int} étant la moitié du diamètre interne du corps de rotor.

2. Rotor selon la revendication 1, dans lequel la droite radiale passant par chaque point d'extrémité (10, 11) de la ligne médiane (L1) de la première barrière de flux forme un angle (θ) compris entre $21^\circ/(2 \cdot p)$ et $31^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche (P1, P2), la droite radiale passant par chaque point d'extrémité de la ligne médiane (L2) de la deuxième barrière de flux forme un angle compris entre $57^\circ/(2 \cdot p)$ et $67^\circ/(2 \cdot p)$ avec le plan radial de séparation le plus proche (P1, P2).

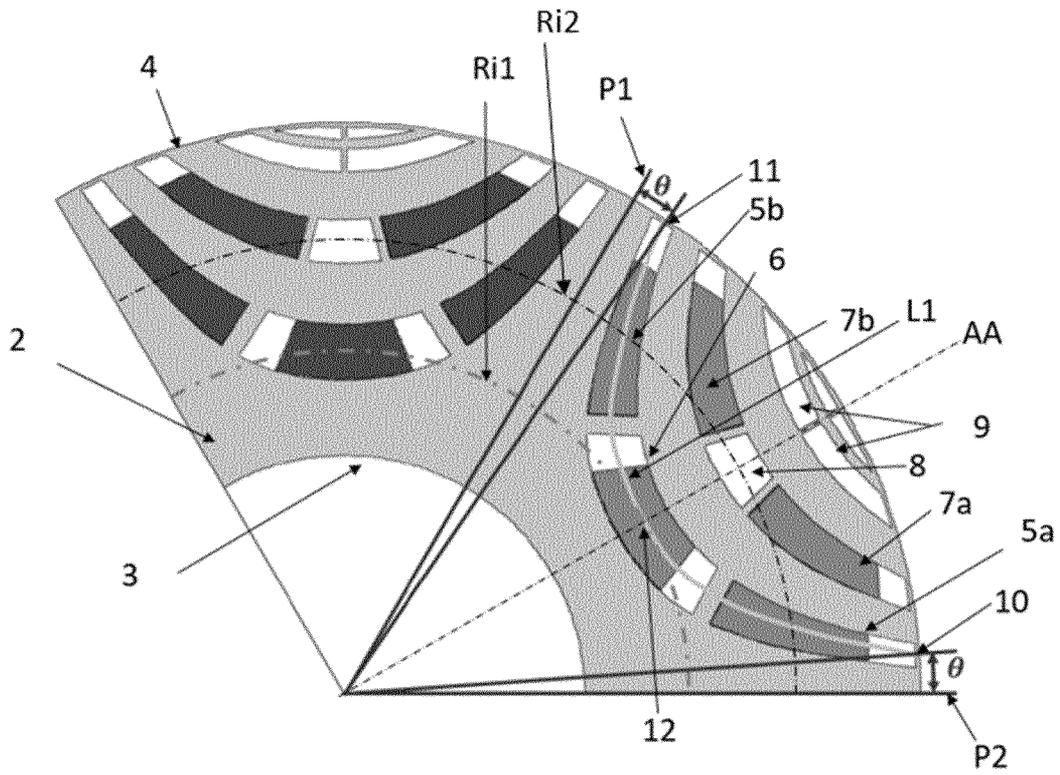
3. Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque barrière de flux comprend zéro, un, deux ou trois aimants permanents.

4. Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le ou les aimants permanents ont une forme incurvée ou rectangulaire adaptée à la forme des barrières de flux.
5. Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque pôle magnétique du corps de rotor comprend trois ou quatre barrières de flux.
6. Rotor selon la revendication 5, dans lequel la première et la deuxième barrières de flux, en partant du centre vers l'extérieur, ont chacune trois évidements (5a, 5b, 6, 7a, 7b, 8), un desdits trois évidements étant un évidement central (6, 8) et les deux autres étant des évidements latéraux (5a, 5b, 7a, 7b), la troisième barrière de flux ayant deux évidements (9) et l'éventuelle quatrième barrière de flux ayant deux évidements.
7. Rotor selon la revendication 6, dans lequel la première barrière comprend trois aimants permanents, un dans chaque évidement (5a, 5b, 6), dans lequel la deuxième barrière de flux comprend deux aimants permanents, un dans chaque évidement latéral (7a, 7b) et dans lequel la troisième et l'éventuel quatrième barrières de flux ne comprennent pas d'aimants permanents.
8. Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le nombre p de paires de pôles magnétiques est compris entre 2 et 9, de préférence entre 3 et 6, et vaut de manière préférée 4.
9. Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la largeur des barrières de flux peut être constante ou décroissante depuis le point interne (12) vers les extrémités radiales (10, 11).
10. Machine électrique comprenant un stator (1) et un rotor (2) selon l'une des revendications précédentes, ledit rotor (2) étant logé à l'intérieur dudit stator (1).
11. Machine électrique selon la revendication 10, pour laquelle ladite machine électrique est du type machine électrique synchro-réductante.

[Fig 1]



[Fig 2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/081856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02K 1/276</i> (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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2016049835 A1 (FUKUMOTO SYOU [JP] ET AL) 18 February 2016 (2016-02-18) paragraphs [0083] - [0088]; figure 10	1-6,8-11 7
X	US 2020153297 A1 (ZHOU TIAN [CH] ET AL) 14 May 2020 (2020-05-14) figures 1-3	1,3-6,8,10,11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 14 December 2023		Date of mailing of the international search report 04 January 2024
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 Maître, Jérôme Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2023/081856

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2016049835	A1	18 February 2016	CN	105103420	A	25 November 2015
				EP	2980969	A1	03 February 2016
				JP	5969946	B2	17 August 2016
				JP	2014193076	A	06 October 2014
				SG	11201508007T	A	27 November 2015
				US	2016049835	A1	18 February 2016
				WO	2014156158	A1	02 October 2014

US	2020153297	A1	14 May 2020	CN	111181272	A	19 May 2020
				DE	102018128146	A1	14 May 2020
				EP	3651316	A1	13 May 2020
				US	2020153297	A1	14 May 2020

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2023/081856

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				
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 2016/049835 A1 (FUKUMOTO SYOU [JP] ET AL) 18 février 2016 (2016-02-18)	1-6, 8-11		
A	alinéas [0083] - [0088]; figure 10 -----	7		
X	US 2020/153297 A1 (ZHOU TIAN [CH] ET AL) 14 mai 2020 (2020-05-14) figures 1-3 -----	1, 3-6, 8, 10, 11		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input 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
<input 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	"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			
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date	"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			
"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)	"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			
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée				
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale			
14 décembre 2023	04/01/2024			
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 Maître, Jérôme			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/081856

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2016049835 A1	18-02-2016	CN 105103420 A	25-11-2015
		EP 2980969 A1	03-02-2016
		JP 5969946 B2	17-08-2016
		JP 2014193076 A	06-10-2014
		SG 11201508007T A	27-11-2015
		US 2016049835 A1	18-02-2016
		WO 2014156158 A1	02-10-2014

US 2020153297 A1	14-05-2020	CN 111181272 A	19-05-2020
		DE 102018128146 A1	14-05-2020
		EP 3651316 A1	13-05-2020
		US 2020153297 A1	14-05-2020
