

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 019 948**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **14 53218**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 02 K 1/27 (2013.01), H 02 K 15/03**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 10.04.14.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.10.15 Bulletin 15/42.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *MOTEURS LEROY-SOMER Société
par actions simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : SAINT-MICHEL JACQUES.

⑦③ Titulaire(s) : MOTEURS LEROY-SOMER Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET NONY.

⑤④ ROTOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE.

⑤⑦ La présente invention concerne un otor (1) de ma-
chine électrique tournante (10), comportant une masse ma-
gnétique rotorique (3) et au moins deux aimants
permanents (7) définissant un pôle (11) du rotor, les deux ai-
mants permanents (7) étant disposés de part et d'autre d'un
axe radial (Y) dudit pôle dans un logement (8) commun mé-
nagé dans la masse magnétique rotorique (3) et traversé
par l'axe radial (Y) du pôle.

FR 3 019 948 - A1



La présente invention concerne les machines électriques tournantes, notamment les machines synchrones, et plus particulièrement les rotors de telles machines. L'invention s'intéresse aux rotors à aimants permanents, qui utilisent la concentration de flux. Grâce à celle-ci, l'induction obtenue dans l'entrefer est supérieure à l'induction dans les aimants.

Les rotors à aimants permanents comportent une masse magnétique rotorique dans laquelle sont logés les aimants permanents, qui sont engagés dans des logements orientés le plus souvent radialement.

Dans les rotors connus, afin d'obtenir des niveaux d'induction suffisants dans l'entrefer et avoir des machines compactes, il peut être nécessaire d'utiliser des aimants à forte densité d'énergie, donc coûteux. En effet, de tels aimants sont fabriqués avec des terres rares.

Dans d'autres machines, on utilise des aimants à faible énergie volumique, réalisés en ferrite, mais de telles machines présentent l'inconvénient de nécessiter une polarité élevée ou des rotors de très grand diamètre pour obtenir des niveaux d'induction dans l'entrefer comparables à ce que l'on peut obtenir avec des aimants à forte énergie volumique. Une machine à polarité élevée nécessite des hautes fréquences, d'où des pertes importantes dans le moteur sous la forme de pertes fer et dans l'onduleur sous la forme de pertes par commutation. De telles machines à polarité élevée et avec des aimants à faible densité d'énergie sont donc utilisées à des vitesses limitées.

On connaît également des machines électriques tournantes comportant des aimants permanents non radiaux, disposés par exemple en V ou en U, dans des logements qui peuvent être disposés en rangées séparées par des ponts de matière magnétique.

La présence de ces ponts peut entraîner des fuites magnétiques, lesquelles peuvent nuire au couple électromagnétique résultant. Ce problème peut être encore plus important lorsque des aimants à faible énergie sont utilisés.

Ainsi, les rotors de machines électriques tournantes ne permettent pas de fournir des machines à polarité relativement basse, par exemple inférieure à huit ou même à six pôles, avec une utilisation efficace des aimants, notamment d'aimants en ferrite et/ou à basse densité d'énergie, et avec un couple électromagnétique suffisant.

Il existe donc un besoin pour bénéficier d'un rotor de machine électrique tournante permettant une utilisation plus efficace des aimants, notamment d'aimants en

ferrite et/ou à basse densité d'énergie, et éventuellement avec une polarité qui n'est pas nécessairement élevée.

L'invention vise à répondre à tout ou partie de ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, grâce à un rotor de machine électrique tournante, comportant une
5 masse magnétique rotorique et au moins deux aimants permanents définissant un pôle du rotor, les deux aimants permanents étant disposés de part et d'autre d'un axe radial Y dudit pôle dans un logement commun ménagé dans la masse magnétique rotorique et traversé par l'axe radial Y du pôle.

Dans un exemple de réalisation de l'invention, les deux aimants permanents
10 sont disposés chacun entièrement d'un même côté de l'axe radial du pôle.

Les deux aimants permanents étant disposés dans un logement commun, le rotor est dépourvu de pont de matière magnétique entre ces deux aimants et court-circuitant le flux des aimants, de sorte que les fuites magnétiques peuvent en être diminuées.

Par « *axe radial du pôle* », on entend un axe Y du pôle orienté radialement, c'est-à-dire selon un rayon du rotor. Il peut s'agir d'un axe de symétrie pour le pôle. Cet axe radial peut intersecter le sommet du pôle.

Un logement peut être en forme de U ou de V.

Le rotor peut comporter pour un même pôle au moins deux logements, un
20 logement ayant des branches latérales parallèles aux branches latérales de l'autre logement.

Un logement peut comporter en outre une branche centrale reliant les deux branches latérales, laquelle peut être dépourvue d'aimant. La branche centrale peut être en forme d'arc centré sur l'axe de rotation du rotor. Le rotor peut comporter un autre logement en forme de V.

Le rotor peut comporter au moins une entretoise disposée dans le logement
25 entre les deux aimants permanents. La présence de l'entretoise permet de garantir l'ouverture du logement entre les deux aimants permanents, et d'éviter que les parois du logement ne se rapprochent sous l'effet des forces mécaniques mises en jeu lors du fonctionnement. Ainsi, la tenue mécanique du rotor peut en être améliorée et la
30 transmission de couple favorisée, ce qui peut notamment être utile en cas de vitesse de rotation plus élevée, par exemple dans le cas où la vitesse périphérique du rotor (vitesse tangentielle prise au diamètre extérieur du rotor) est supérieure à 70 m/s. Cette entretoise

peut également permettre d'améliorer le centrage du rotor, ou de minimiser l'utilisation de balourds.

L'entretoise peut être disposée sur l'axe radial Y du pôle.

5 L'entretoise peut être au contact des aimants, ou au contraire, ne pas être au contact des aimants.

L'entretoise est amagnétique. Ainsi, la présence de l'entretoise ne constitue pas un passage possible pour le flux magnétique.

10 L'entretoise peut être en section transversale d'une forme générale choisie dans la liste suivante : circulaire, polygonale, carrée, rectangulaire, trapézoïdale, cette liste n'étant pas limitative. L'entretoise peut s'étendre selon un axe longitudinal parallèle à l'axe de rotation du rotor.

15 L'entretoise peut comporter une ou plusieurs encoches longitudinales, par exemple deux, à l'opposé l'une de l'autre. L'entretoise peut notamment comporter deux encoches longitudinales disposées chacune de part et d'autre d'un plan de séparation parallèle à l'axe de rotation du rotor et perpendiculaire à l'axe radial du pôle correspondant. Le plan de séparation peut être un plan de symétrie pour l'entretoise, ou non. La présence de ces encoches qui coopèrent avec des reliefs correspondants de la masse magnétique du rotor peut permettre d'assurer le calage de l'entretoise dans le logement et d'éviter un éventuel déplacement de l'entretoise sous l'effet des forces centrifuges.

20 L'entretoise, plus particulièrement l'entretoise à encoches, peut être logée dans la branche centrale du logement, notamment dans la branche centrale en forme d'arc centré sur l'axe de rotation du rotor. L'entretoise peut être disposée en retrait des branches latérales du logement.

25 La masse magnétique rotorique peut comporter au moins une pièce polaire reliée au reste de la masse magnétique par des ponts tangentiels ménagés entre chacune des deux extrémités du logement et la surface extérieure du rotor.

30 Le rotor peut être dépourvu de pont de matière autre que tangentiel. Par « *pont tangentiel* », on désigne un pont de matière ménagé entre un logement et l'entrefer. Le rotor est dans ce cas dépourvu de ponts radiaux tels que décrits précédemment. Cela peut permettre d'améliorer considérablement les performances électromagnétiques.

Les aimants d'un logement peuvent être disposés en retrait des ponts tangentiels correspondants, et ne pas être en contact avec des derniers.

L'absence de ponts magnétiques radiaux entre les deux aimants permanents peut diminuer la résistance mécanique du rotor. Dans le cas où la vitesse de rotation est
5 suffisamment faible, par exemple lorsque la vitesse périphérique du rotor est inférieure à 70 m/s, la présence de ponts tangentiels peut suffire à assurer la cohésion du rotor.

La masse magnétique rotorique peut comporter au moins une pièce polaire indépendante du reste de la masse magnétique rotorique. Par « *indépendante* », il faut comprendre que la pièce polaire n'est pas formée d'un seul tenant avec le reste des tôles.
10 Ainsi, la masse rotorique est dans ce cas dépourvue de ponts tangentiels tels que définis précédemment. La pièce polaire peut être maintenue solidaire de la masse rotorique par tout autre moyen, notamment un moyen rapporté, par exemple par un tirant longitudinal la traversant et fixé à une ou plusieurs joues d'extrémité du rotor.

Le rotor peut encore comporter au moins un tirant de maintien de la pièce
15 polaire. Le tirant peut être configuré pour traverser la pièce polaire et être fixé à une ou des joues d'extrémité du rotor.

Le rotor peut comporter au moins une joue d'extrémité, voire deux joues d'extrémité, à laquelle peuvent être fixés, le cas échéant, les entretoises et les tirants éventuels. Le rotor peut comporter en outre une ou plusieurs joues intermédiaires disposées
20 dans la masse magnétique, c'est-à-dire dans l'empilage des tôles magnétiques de la masse magnétique rotorique.

Rangées d'aimants permanents

Les aimants permanents peuvent être disposés en rangées concentriques, notamment en deux rangées concentriques, par exemple chacune disposée dans un
25 logement commun à tous les aimants de la rangée. Les rangées peuvent chacune avoir une forme de V ou de U. Par « *rangée* », on désigne une succession d'au moins deux aimants permanents. Une rangée n'est en aucun cas nécessairement linéaire. Au contraire, une rangée peut être en forme de U ou de V.

Cette disposition en plusieurs rangées concentriques permet d'améliorer la
30 concentration du flux sans nécessairement avoir à augmenter la taille des logements ou la quantité d'aimants permanents nécessaires pour obtenir un flux équivalent.

La disposition des aimants en rangées permet d'obtenir dans chaque pôle de la machine une saillance élevée. On parle alors de machine à fort couple de saillance, autrement appelée aussi machine synchro-réductante. Par « *saillance d'un pôle* », on entend que la réductance varie lorsque l'on se déplace dans l'entrefer le long du pôle lors de la rotation du rotor.

Dans un exemple de réalisation, les aimants permanents sont disposés en V orientés vers l'entrefer. Pour un même pôle, une rangée d'aimants permanents comporte ainsi deux branches latérales et est dépourvue de branche centrale. Les aimants des branches latérales sont dans ce cas disposés dans les branches latérales du logement. Le logement peut avoir une forme de U, avec une branche centrale qui est dans ce cas dépourvue d'aimant.

Les V d'un même pôle sont disposés de manière concentrique, autrement dit les V d'un même pôle sont imbriqués les uns dans les autres.

Les V sont orientés vers l'entrefer. Par « *V orienté vers l'entrefer* », on entend que le V est ouvert en direction de l'entrefer. Chaque branche latérale d'un V peut être formée par un seul aimant permanent. En variante, chaque branche latérale d'un V est formée par plus d'un aimant permanent, notamment par deux aimants formant par exemple chaque branche du V. Une telle segmentation des aimants peut permettre d'améliorer la circulation du flux dans la masse rotorique et/ou d'introduire des ponts afin de rigidifier celle-ci.

Une branche d'un V peut être formée de plusieurs aimants, par exemple deux. Deux aimants d'une branche du V peuvent être alignés. En variante le ou les aimants formant une branche d'un V peuvent s'étendre chacun selon un axe, les deux axes faisant un angle α entre eux. Cet angle α peut être compris entre 0° et 45° .

Au moins une rangée d'aimants permanents peut être dépourvue d'aimant central, voire toutes les rangées d'un pôle sont dépourvues d'aimant central. Par « *aimant central* », on entend un aimant disposé sur l'axe radial du pôle correspondant. Ainsi, dans une variante de réalisation, les rangées ne comportent que des aimants permanents chacun disposé entièrement d'un côté de l'axe longitudinal du pôle correspondant.

Aimants permanents partagés

Les aimants permanents peuvent définir des pôles magnétiques du rotor, dont un premier pôle et un deuxième pôle adjacent au premier pôle, les premier et deuxième

pôles étant de polarités différentes, des aimants permanents propres au premier pôle contribuant uniquement à la polarité du premier pôle et au moins un aimant permanent partagé contribuant pour partie à la polarité du premier pôle et pour partie à la polarité du deuxième pôle.

5 Dans ce mode de réalisation, le rotor comporte au moins un aimant permanent partagé entre deux pôles consécutifs. Par « *aimant permanent partagé* », on entend un aimant permanent commun à la définition de deux pôles consécutifs du rotor. Cet aimant peut être ainsi disposé dans un axe interpolaire. Au moins un aimant permanent définissant ledit premier pôle définit également le deuxième pôle du rotor adjacent au premier pôle. La
10 limite entre les deux pôles consécutifs passe par au moins un aimant permanent.

Lorsque les aimants permanents sont disposés en rangées, le premier pôle du rotor peut être défini par au moins une première rangée d'aimants permanents propres et par au moins une deuxième rangée d'aimants permanents partagés, laquelle deuxième rangée définit également au moins en partie le deuxième pôle du rotor adjacent au premier
15 pôle.

Autrement dit, la deuxième rangée d'aimants permanents définit simultanément chacun des deux pôles consécutifs du rotor entre lesquels elle est située. L'aimant permanent partagé appartient à la deuxième rangée d'aimants permanents.

En outre, on peut dire dans ce cas que chaque pôle est défini par un nombre de
20 rangées non entier, étant égal aux nombre de premières rangées plus un demi, autrement dit que la deuxième rangée définissant ledit pôle compte pour moitié, compte tenu de l'utilisation des aimants de la deuxième rangée pour définir simultanément deux pôles consécutifs du rotor.

Ainsi, pour un diamètre donné du rotor, le nombre de rangées par pôle peut être
25 plus élevé, de sorte que la quantité totale d'aimants permanents peut être plus importante, à encombrement équivalent.

En outre, le rapport de saillance peut en être augmenté, dans la mesure où les aimants partagés entre deux pôles consécutifs peuvent former une barrière à la circulation du flux magnétique direct sans affecter le flux magnétique en quadrature. A quantité
30 d'aimants permanents constante, la force électromotrice peut être supérieure et présenter moins d'harmoniques, car le passage par zéro de l'induction dans l'axe interpolaire est plus restreint angulairement.

Grâce à la disposition des aimants dans la masse rotorique, on obtient des niveaux d'induction dans l'entrefer suffisants, même avec une polarité du rotor relativement faible, par exemple inférieure à 6, tout en n'utilisant pas nécessairement des aimants à forte énergie volumique, tels que des aimants réalisés en terres rares, mais au contraire à faible énergie volumique, par exemple réalisés en ferrite. Le coût du rotor peut ainsi en être réduit. En outre, la polarité du rotor peut être réduite si l'application le nécessite. En effet, le rotor selon l'invention permet d'augmenter le niveau d'induction dans l'entrefer sans augmenter la polarité et en utilisant des aimants à faible densité d'énergie.

10 Aimants permanents

Les aimants permanents sont de préférence de forme rectangulaire en section transversale. En variante, la largeur d'un aimant prise en section transversale perpendiculairement à l'axe de rotation peut aller en s'amincissant lorsque l'on se dirige vers l'entrefer. Les aimants permanents peuvent être de forme générale trapézoïdale en section transversale. En variante encore, les aimants peuvent être en section transversale curviligne, par exemple de forme en secteur d'anneau.

Les aimants permanents peuvent être d'une largeur comprise entre 4 et 20 mm. Au moins un aimant d'une première rangée, voire au moins la moitié des aimants d'une première rangée, voire tous les aimants d'une première rangée, peuvent être d'une largeur supérieure à 4 mm, mieux supérieure à 8 mm, voire encore supérieure à 12 mm.

Le ou les aimants d'une deuxième rangée d'aimants permanents peuvent être de la même largeur que les aimants d'une première rangée, ou en variante d'une largeur différente, notamment d'une largeur supérieure. Ainsi, au moins un aimant permanent partagé peut être plus large en section transversale qu'un aimant permanent propre, étant par exemple deux fois plus large qu'un aimant permanent propre. Une telle configuration peut permettre de minimiser, voire mieux de supprimer, toute circulation du flux entre deux pôles adjacents, notamment du flux magnétique direct, sans affecter le flux magnétique en quadrature, et ainsi de diminuer les taux d'harmoniques. Le rendement peut s'en trouver amélioré. De plus, le nombre de ponts de matière, notamment de ponts radiaux, peut en être diminué, de sorte que l'on améliore le couple électromagnétique.

Le premier pôle peut comporter une unique première rangée, voire chacun des pôles du rotor peut comporter une unique première rangée.

En variante, ledit premier pôle peut comporter au moins deux premières rangées, voire chacun des pôles du rotor peut comporter au moins deux premières rangées, notamment deux, voire trois, ou plus encore. Dans un mode de réalisation, le premier pôle comporte deux premières rangées. Chacun des pôles du rotor peut comporter deux premières rangées.

Le rotor peut présenter un nombre de pôles compris entre 2 et 12, mieux entre 4 et 10. Le nombre de pôles du rotor peut être inférieur ou égal à 8, voire inférieur ou égal à 6, étant par exemple égal à 4 ou 6.

Les aimants permanents peuvent être réalisés en ferrites ou avec des terres rares ou avec tout autre type de matériau magnétique. Les aimants permanents peuvent en particulier être réalisés au moins partiellement en ferrite. Ils peuvent par exemple ne pas contenir de terres rares, ou à tout le moins contenir moins de 50% de terres rares en masse. La disposition des aimants permet de concentrer le flux des aimants et d'obtenir avec des aimants en ferrite des performances intéressantes.

Logements

Un logement peut être en section transversale de forme générale rectangulaire. Au moins un logement peut s'étendre radialement sur une longueur supérieure à la longueur radiale de l'aimant correspondant, en section transversale. La forme du logement en section transversale peut être choisie pour optimiser la forme d'onde de l'induction dans l'entrefer. A titre d'exemple, au moins une extrémité du logement en section transversale perpendiculairement à l'axe de rotation peut être de forme rectangulaire, triangulaire ou incurvée.

Les rangées peuvent être de longueur décroissante lorsque l'on se déplace en direction de l'entrefer, la plus longue étant plus proche de l'axe de rotation et la plus courte du côté de l'entrefer.

La disposition des logements et/ou des aimants permanents dans une rangée est de préférence symétrique par rapport à l'axe radial du pôle.

Les logements peuvent avoir une largeur constante ou variable lorsque l'on se déplace le long de leur axe longitudinal, dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

Masse rotorique et arbre

Le rotor peut comporter un arbre s'étendant selon l'axe de rotation, sur lequel est disposée la masse magnétique rotorique. L'arbre peut être réalisé dans un matériau magnétique, ce qui permet avantageusement de diminuer le risque de saturation dans la masse rotorique et d'améliorer les performances électromagnétiques du rotor. L'arbre peut
5 comporter un manchon magnétique en contact avec la masse rotorique, le manchon étant monté sur un axe, magnétique ou non.

En variante, le rotor peut comporter un arbre amagnétique sur lequel est disposée la masse rotorique. L'arbre peut par exemple être réalisé au moins en partie dans
10 un matériau de la liste suivante, qui n'est pas limitative : acier, inox, titane ou tout autre matériau amagnétique. La masse rotorique peut dans un mode de réalisation être disposée directement sur l'arbre amagnétique, par exemple sans jante intermédiaire. En variante, notamment dans le cas où l'arbre n'est pas amagnétique, le rotor peut comporter une jante entourant l'arbre du rotor et venant prendre appui sur ce dernier.

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

La masse rotorique peut être formée d'un empilement de couches de tôle magnétique. L'empilement de couches de tôle magnétique peut comporter un empilement
20 de tôles magnétiques, chacune d'un seul tenant, chaque tôle formant une couche de l'empilement.

Une tôle peut comporter une succession de secteurs reliés par des ponts de matière tangentiels.

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

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

variante au moyen de tirants comme mentionné ci-dessus. Chaque pièce polaire peut comporter un empilement de tôles magnétiques.

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

Le nombre de logements et d'aimants dépend de la polarité du rotor. La masse rotorique peut comporter un nombre quelconque de logements, par exemple entre 4 et 96 logements, mieux entre 8 et 40 logements, voire entre 12 et 32 logements.

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

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

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

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

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

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

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

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

30 Machine et stator

L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante, tel qu'un moteur synchrone ou une génératrice synchrone, comportant un rotor tel que défini

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

La machine peut fonctionner à une vitesse périphérique nominale (vitesse tangentielle prise au diamètre extérieur du rotor) qui peut être supérieure ou égale à 5 100 mètres par seconde. Ainsi, la machine selon l'invention permet un fonctionnement à des vitesses importantes si cela est souhaité. Par exemple, un rotor de diamètre 100 mm peut fonctionner en toute sécurité à une vitesse de 20 000 tours par minute.

La machine peut avoir une taille relativement élevée. Le diamètre du rotor peut être supérieur à 50 mm, mieux supérieur à 80 mm, étant par exemple compris entre 80 et 10 500 mm.

Le rotor peut être intérieur ou extérieur.

La machine peut encore comporter un stator, lequel peut être à bobinage concentré ou réparti. La machine peut en particulier comporter un stator à bobinage réparti, notamment lorsque le nombre de pôles du rotor est inférieur à 8. En variante, le stator peut 15 être bobiné sur dents.

Le stator peut comporter des encoches pour recevoir les bobinages qui sont fermées du côté de l'entrefer, étant notamment ouvertes du côté opposé à l'entrefer. En outre, le stator peut comporter des encoches en forme de pointe de diamant, ce qui peut permettre d'améliorer le remplissage des encoches et donc les performances 20 électromagnétiques. Enfin, on peut utiliser des fils ayant une section transversale aplatie, étant en forme de méplat, de manière à augmenter la surface de cuivre par rapport à la surface utile de l'encoche en section transversale

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de réalisation non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin 25 annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, un rotor réalisé conformément à l'invention,
- la figure 2 illustre la variation du couple résultant en fonction de la présence ou non de ponts de matière, et
- 30 - les figures 3 à 6 sont des vues analogues à la figure 1, illustrant des variantes de réalisation.

On a illustré à la figure 1 une machine électrique tournante 10 comportant un rotor 1 et un stator 2.

Le stator 2 comporte par exemple un bobinage réparti 22. Il comporte des encoches 21 ouvertes vers l'entrefer, dans lesquelles sont disposés les conducteurs électriques du bobinage 22. Ce stator permet de générer un champ magnétique tournant d'entraînement du rotor en rotation, dans le cadre d'un moteur synchrone, et dans le cas d'un alternateur, la rotation du rotor induit une force électromotrice dans les bobinages du stator.

Le rotor 1 représenté à la figure 1 comporte une masse magnétique rotorique 3 s'étendant axialement selon l'axe de rotation X du rotor, cette masse rotorique étant par exemple formée par un paquet de tôles magnétiques empilées selon l'axe X, les tôles étant par exemple identiques et superposées exactement. Elles peuvent être maintenues entre elles par clipsage, par des rivets, par des tirants, des soudures ou toute autre technique. Les tôles magnétiques sont de préférence en acier magnétique. Toutes les nuances d'acier magnétique peuvent être utilisées.

La masse rotorique 3 comporte une ouverture centrale 5 pour le montage sur un arbre 6. L'arbre 6 peut, dans l'exemple considéré, être réalisé dans un matériau amagnétique, par exemple en inox amagnétique ou en aluminium, ou au contraire être magnétique.

Le rotor 1 comporte une pluralité d'aimants permanents 7 disposés dans des logements 8 de la masse magnétique rotorique 3. Dans l'exemple décrit, les aimants permanents 7 sont disposés en deux rangées 9a, 9b définissant les six pôles 11 du rotor. Chacune des rangées 9a, 9b comporte deux aimants permanents 7, qui sont chacun disposés de part et d'autre d'un axe radial Y dudit pôle 11.

Les aimants permanents 7 sont disposés tous les deux dans un logement commun 8 ménagé dans la masse magnétique rotorique 3 et traversé par l'axe radial Y du pôle. Ce logement 8 s'étend depuis l'entrefer en direction de l'arbre, puis de nouveau vers l'entrefer. Les logements 8 ont une forme de V ou de U.

Les aimants permanents 7 sont disposés en V orientés vers l'entrefer. Pour un même pôle, une rangée d'aimants permanents comporte ainsi deux branches latérales. Les V d'un même pôle sont disposés de manière concentrique, autrement dit les V d'un même pôle sont imbriqués les uns dans les autres. Un V a dans l'exemple décrit une forme évasée

vers l'entrefer, les branches latérales du V étant non parallèles entre elles. Toutes les rangées d'un pôle sont dépourvues d'aimant central.

Les aimants permanents 7 sont de forme rectangulaire en section transversale. Ils peuvent être réalisés en ferrite ou en variante en terres rares, par exemple de type néodyme ou autre. De préférence, les aimants sont réalisés en ferrite.

Dans l'exemple illustré à la figure 1, le rotor comporte des ponts tangentiels 16 ménagés entre un logement 8 et l'entrefer. Il est dépourvu de pont de matière autre que tangentiel et en particulier est dépourvu de ponts radiaux.

Afin d'expliciter l'intérêt d'un rotor ayant seulement des ponts tangentiels 16, on a illustré à la figure 2 le couple résultant (en Nm) en fonction de l'angle de calage en degrés pour différents rotors. On obtient les meilleurs résultats en terme de couple avec un rotor conforme à l'invention ne comportant que des ponts tangentiels 16 (courbe T), comparativement à un rotor sans ponts (courbe S) ou à un rotor ayant à la fois des ponts radiaux et des ponts tangentiels (courbe R). Comme on le comprend à l'examen de cette figure 2, la présence de ponts radiaux est particulièrement néfaste à la création de couple, alors que la présence de ponts tangentiels est favorable au couple. Une explication peut résider dans le fait que la présence de ponts tangentiels peut permettre de diminuer les perturbations magnétiques dans la masse magnétique au niveau de l'entrefer.

Le rotor de la figure 1 comporte en outre deux entretoises 12 et 14 disposées chacune dans l'un des logements 8 entre les deux aimants permanents 7 correspondants. L'entretoise 12 est disposée dans le logement 8 le plus proche de l'arbre, et elle est en section transversale de forme légèrement trapézoïdale. Elle comporte en outre deux encoches longitudinales 13 permettant son calage dans le logement pas coopération avec des nervures correspondantes de la masse rotorique. L'entretoise 14 est disposée dans le logement 8 le plus proche de l'entrefer, et elle est en section transversale de forme circulaire. Elle est dépourvue d'encoche longitudinale.

La masse magnétique rotorique 3 comporte pour chaque pôle une pièce polaire 17 reliée au reste de la masse magnétique par les ponts tangentiels 16 ménagés entre chacune des deux extrémités du logement et la surface extérieure du rotor.

Dans une variante de réalisation illustrée à la figure 3, la masse magnétique rotorique 3 comporte des pièces polaires 17 indépendantes du reste de la masse magnétique rotorique.

Le rotor comporte au moins un tirant de maintien 18 de la pièce polaire 17. Il peut également comporter au moins une joue d'extrémité, mieux deux joues d'extrémité, auxquelles peuvent être fixés, le cas échéant, les entretoises et les tirants éventuels.

Dans l'exemple décrit en référence à la figure 1, le rotor comporte des entretoises 12, 14 disposées dans les logements 8 entre les deux aimants permanents 7 correspondants. Bien entendu, on ne sort pas du cadre de la présente invention s'il en est autrement, et si le rotor est dépourvu d'entretoise, ou de tirant, ou des deux. A titre d'exemple, on a illustré à la figure 4 un rotor comportant des logements 8 ne recevant que les aimants permanents 7, mais étant dépourvu de toute entretoise intercalaire. De même, ce rotor ne comporte pas de tirant traversant les pièces polaires.

Dans une variante de réalisation, les aimants permanents 7 peuvent être disposés en deux rangées 9a, 9b définissant les six pôles 11 du rotor, dont un premier pôle et un deuxième pôle adjacent au premier pôle, les premier et deuxième pôles étant de polarités différentes. La polarité du premier pôle du rotor est définie par une (ou plusieurs) première rangée 9a d'aimants permanents 7 propres et par une deuxième rangée 9b d'aimants permanents 7 partagés, laquelle deuxième rangée 9b définit également en partie la polarité du deuxième pôle du rotor adjacent au premier pôle.

On a illustré aux figures 5 et 6 des machines 10 comportant un tel rotor. L'aimant permanent 7 partagé contribuant à la polarité du premier pôle contribue également à la polarité du deuxième pôle du rotor adjacent au premier pôle. La deuxième rangée 9b d'aimants permanents 7 définit ainsi simultanément les polarités de chacun des deux pôles consécutifs du rotor entre lesquels elle est située. La limite entre les deux pôles consécutifs passe par au moins ledit aimant permanent partagé 7.

Dans ces exemples illustrés aux figures 5 et 6, chacun des pôles du rotor comporte une unique première rangée. La première rangée de chacun des pôles est dans ces exemples disposée en V, la concavité de la rangée étant orientée vers le sommet du pôle, c'est à dire vers l'entrefer. Il pourrait bien entendu en être autrement, le rotor pouvant comporter par exemple deux premières rangées, ou plus encore.

Le mode de réalisation illustré à la figure 5 diffère également de celui illustré à la figure 1 par le fait que le stator 2 comporte des encoches 21 pour recevoir les bobinages qui sont fermées du côté de l'entrefer. En outre, ces encoches 21 sont ouvertes du côté opposé à l'entrefer. Le stator 2 comporte une étoile dentaire monobloc 25 et une culasse

annulaire rapportée 26. Le stator est à bobinage réparti de manière fractionnaire, comportant des encoches 21 ménagées dans l'étoile dentaire 25. Les encoches 21 sont de section transversale trapézoïdale et les dents 27 séparant les encoches ont des bords parallèles entre eux. Le remplissage des encoches 21 se fait par l'extérieur. Après le bobinage, on insert le tout dans la culasse annulaire rapportée 26.

La variante de réalisation illustrée à la figure 6 diffère de celle de la figure 5 par la configuration du stator, lequel comporte des encoches 21 en forme de pointe de diamant, ce qui peut permettre d'améliorer le remplissage des encoches 21 et donc les performances électriques. Le stator de la figure 4 comporte en outre une culasse 29 équipée de nervures longitudinales semi-circulaires 31 destinées à loger des conduits 30 de circulation d'un liquide de refroidissement.

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

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

En outre, les rotors décrits peuvent être combinés avec n'importe lesquels des stators décrits.

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

REVENDICATIONS

1. Rotor (1) de machine électrique tournante (10), comportant une masse magnétique rotorique (3) et au moins deux aimants permanents (7) définissant un pôle (11)
5 du rotor, les deux aimants permanents (7) étant disposés de part et d'autre d'un axe radial (Y) dudit pôle dans un logement (8) commun ménagé dans la masse magnétique rotorique (3) et traversé par l'axe radial (Y) du pôle.
2. Rotor selon la revendication précédente, dans lequel le logement est en forme de U ou de V.
- 10 3. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant pour un même pôle (11) au moins deux logements, un logement ayant des branches latérales parallèles aux branches latérales de l'autre logement.
4. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant au moins une entretoise (12, 14) disposée dans le logement (8) entre les deux aimants
15 permanents (7).
5. Rotor selon la revendication précédente, l'entretoise étant disposée sur l'axe radial du pôle (11).
6. Rotor selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel l'entretoise (12) comporte une ou plusieurs encoches longitudinales (13), notamment deux
20 encoches à l'opposé l'une de l'autre.
7. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la masse magnétique rotorique (3) comporte au moins une pièce polaire (17) reliée au reste de la masse magnétique rotorique (3) par des ponts tangentiels (16) ménagés entre les deux extrémités du logement (8) et la surface extérieure du rotor.
- 25 8. Rotor selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la masse magnétique rotorique comporte au moins une pièce polaire (17) indépendante du reste de la masse magnétique rotorique (3).
9. Rotor selon l'une des deux revendications précédentes, comportant au moins un tirant de maintien (18) de la pièce polaire (17).
- 30 10. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, les aimants permanents étant disposés en rangées concentriques (9a, 9b), notamment en deux rangées concentriques.

11. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, les aimants permanents (7) définissant des pôles magnétiques (11) du rotor, dont un premier pôle et un deuxième pôle adjacent au premier pôle, les premier et deuxième pôles étant de polarités différentes, des aimants permanents propres au premier pôle contribuant uniquement à la polarité du premier pôle et au moins un aimant permanent partagé contribuant pour partie la polarité du premier pôle et pour partie à la polarité du deuxième pôle.

12. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une masse rotorique (3) recevant les aimants permanents et un arbre amagnétique (6) sur lequel est disposée la masse rotorique (3).

13. Rotor selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant un nombre de pôles (11) inférieur ou égal à 8, voir inférieur ou égal à 6.

14. Machine électrique tournante (10) comportant un rotor (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes et un stator (2), notamment à bobinage réparti (22).

15. Machine selon la revendication précédente, dans laquelle le stator (2) comporte des encoches (21) pour recevoir les bobinages (22) qui sont fermées du côté de l'entrefer, étant notamment ouverte du côté opposé à l'entrefer.

1/3

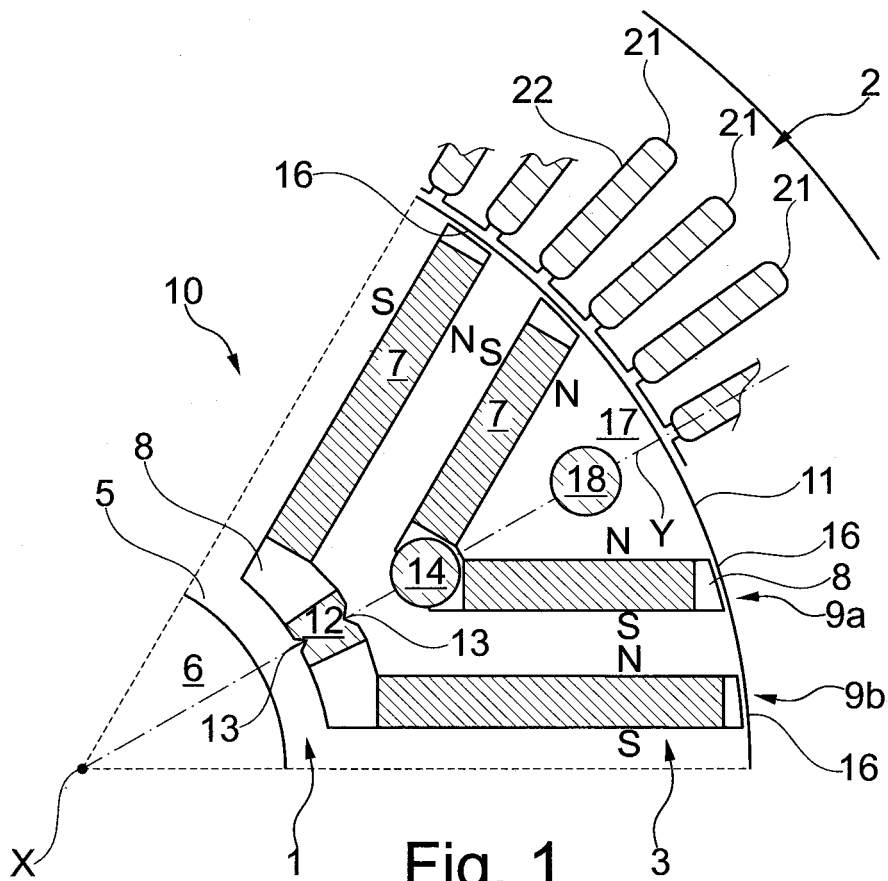


Fig. 1

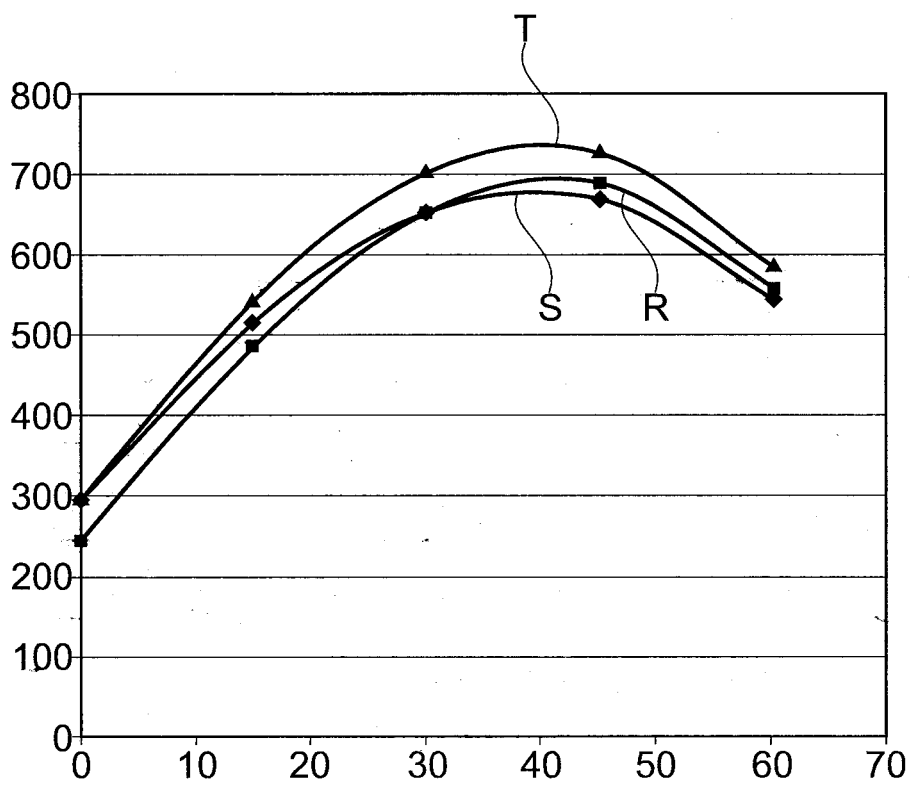


Fig. 2

2/3

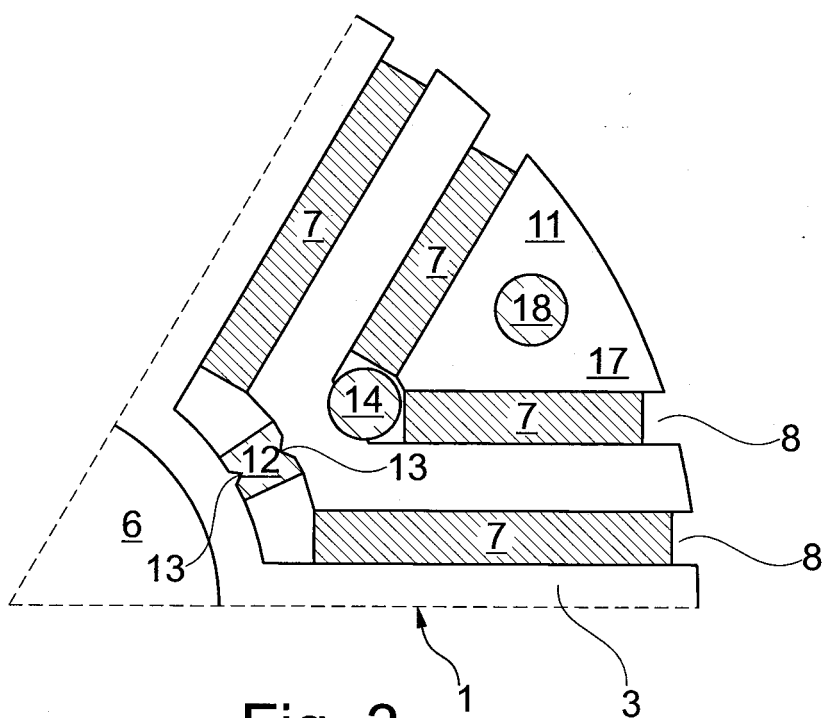


Fig. 3

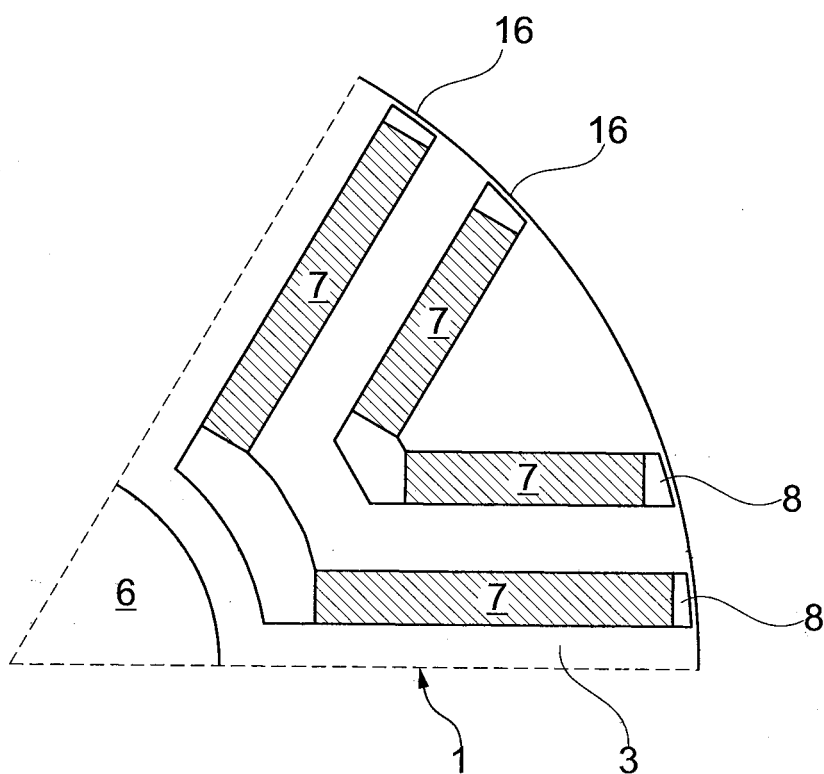


Fig. 4

3/3

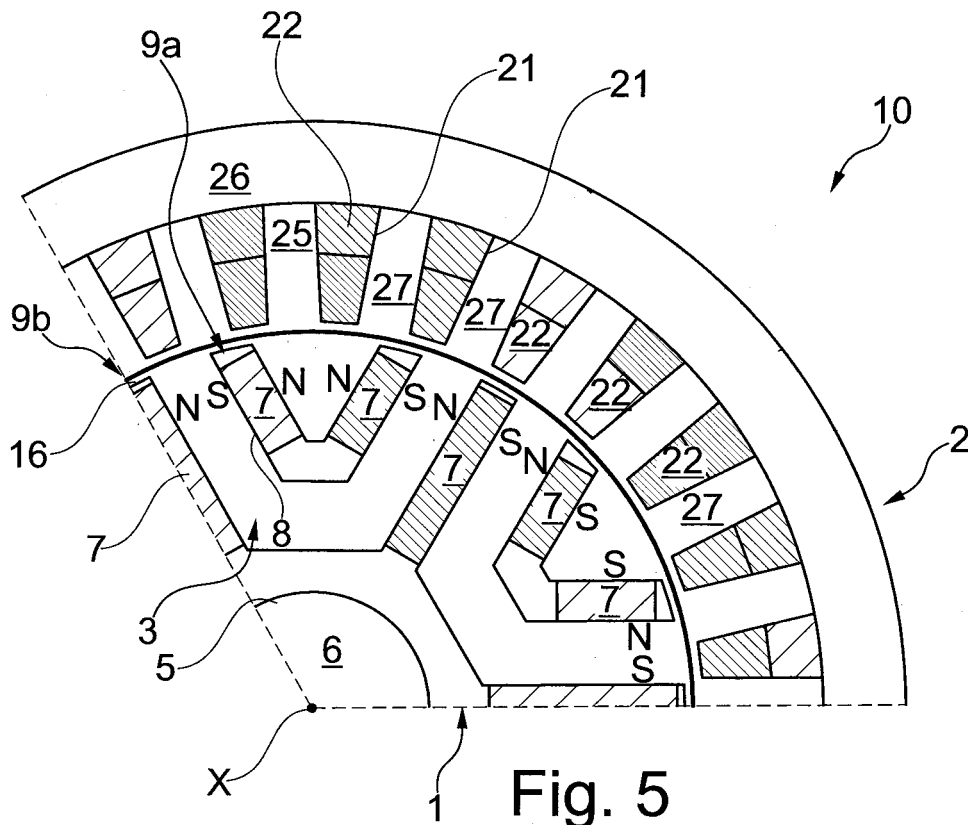


Fig. 5

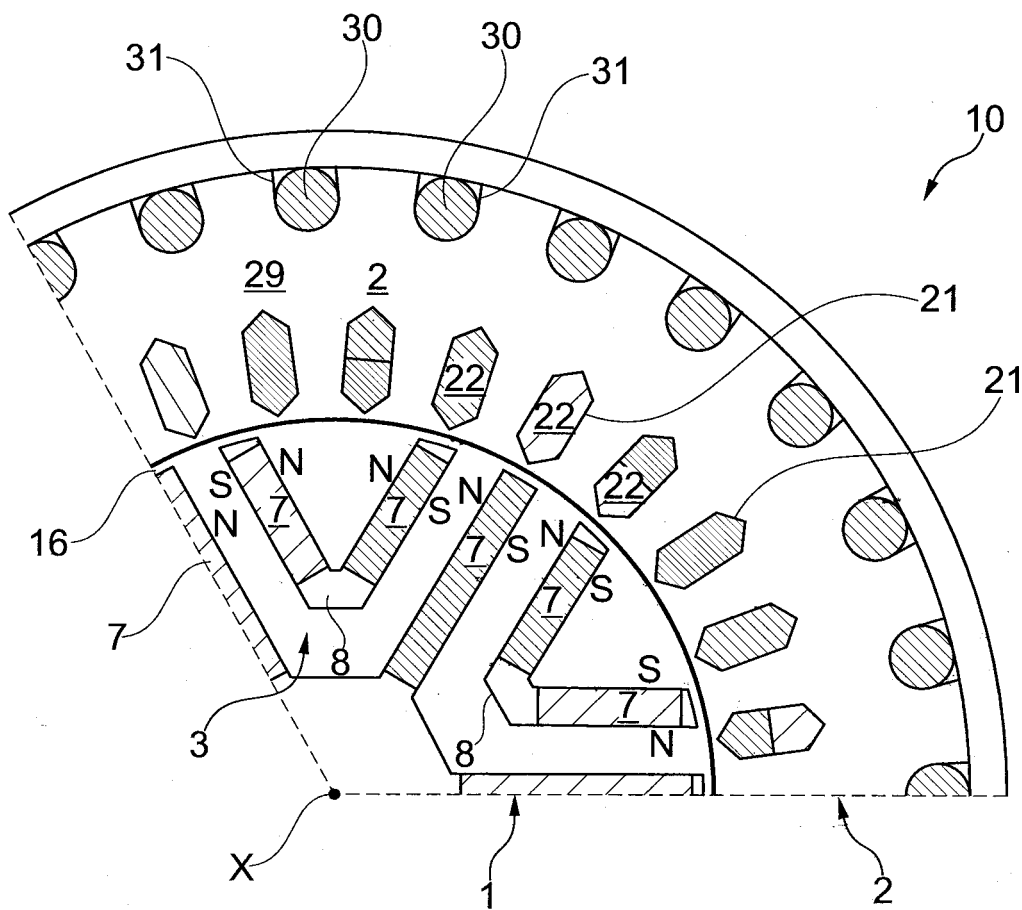


Fig. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 798502
FR 1453218

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 611 002 A2 (REMY TECHNOLOGIES LLC [US]) 3 juillet 2013 (2013-07-03) * abrégé * * alinéa [0056] - alinéa [0059] * * alinéa [0074] - alinéa [0077] * * figures 1-6 *	1-7, 10-14	H02K1/27 H02K15/03
X	US 4 476 736 A (HERSHBERGER DORAN D [US]) 16 octobre 1984 (1984-10-16) * abrégé * * colonne 7, ligne 36 - colonne 9, ligne 62 * * figures 1-11,27-32 *	1,2,4-6, 8-14	
X	GB 2 491 573 A (CUMMINS GENERATOR TECHNOLOGIES [GB]) 12 décembre 2012 (2012-12-12) * abrégé * * page 1, ligne 6 - page 1, ligne 13 * * figures 2,3 *	1,11-15	
X	EP 2 615 724 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 17 juillet 2013 (2013-07-17) * abrégé * * alinéa [0024] - alinéa [0025] * * figures 1-7 *	1-7, 10-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02K
X	US 2013/026871 A1 (VAN DAM JEREMY DANIEL [US] ET AL) 31 janvier 2013 (2013-01-31) * abrégé * * alinéa [0024] - alinéa [0028] * * alinéa [0043] - alinéa [0045] * * figures 1-6 *	1,2,4-6, 8-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 janvier 2015		Törgyeges, Szabolcs	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1453218 FA 798502**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-01-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2611002	A2	03-07-2013	CN 103187816 A	03-07-2013
			EP 2611002 A2	03-07-2013
			JP 2013141393 A	18-07-2013
			KR 20130076742 A	08-07-2013

US 4476736	A	16-10-1984	AUCUN	

GB 2491573	A	12-12-2012	AUCUN	

EP 2615724	A2	17-07-2013	CN 103208872 A	17-07-2013
			EP 2615724 A2	17-07-2013
			JP 2013146178 A	25-07-2013
			KR 20130084175 A	24-07-2013
			US 2013181566 A1	18-07-2013

US 2013026871	A1	31-01-2013	AUCUN	
