

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.01.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.07.24 Bulletin 24/29.

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

60 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) : BETTAYEB Adel.

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

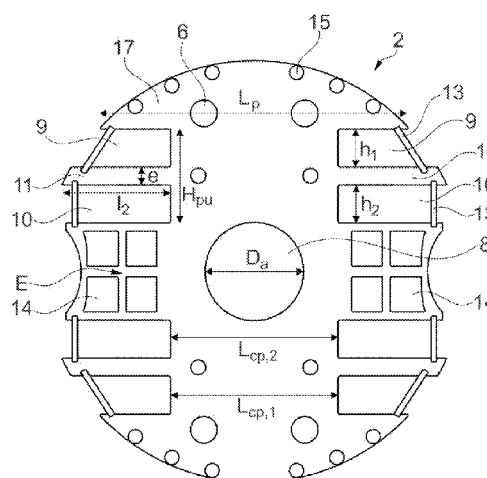
74 Mandataire(s) : Cabinet NONY.

54 Rotor bobiné pour machine électrique tournante.

57 Rotor bobiné pour machine électrique tournante
Rotor bobiné (2) pour machine électrique tournante (1),
comportant :

- des pôles saillants, chaque pôle saillant comportant un corps de pôle et deux épanouissements polaires, disposés chacun de part et d'autre du corps de pôle à une extrémité libre du corps de pôle,
- au moins deux paires d'encoches (9 ; 10) ménagées dans un pôle saillant, les deux encoches d'une paire d'encoches étant ménagées chacune de part et d'autre du corps de pôle du pôle saillant, deux encoches adjacentes du pôle saillant étant séparées par une patte (11), et
- au moins deux bobines (12) par pôle saillant, chaque bobine (12) étant reçue dans une paire d'encoches du pôle saillant.

Figure pour l'abrégé : Fig. 2



Description

Titre de l'invention : Rotor bobiné pour machine électrique tournante

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne les rotors de machine électrique tournante, et plus particulièrement mais non exclusivement, les rotors bobinés d'alternateur industriel.

Technique antérieure

[0002] Dans les machines électriques tournantes telles que présentées dans le brevet EP 0 085 619, il est nécessaire de contenir l'échauffement des bobines pendant le fonctionnement de la machine.

[0003] Pour assurer le refroidissement d'un rotor, il est connu d'aménager des canaux de refroidissement directement dans le rotor et d'utiliser le fluide présent directement dans la machine. Ce fluide, en général de l'air, échange en effet de la chaleur avec les parties solides du rotor sous la forme de transferts convectifs. L'air peut être brassé par le mouvement de rotation des pièces fixées au rotor à cet effet. Le refroidissement selon cette méthode s'avère relativement peu efficace pour des machines fermées en raison des faibles vitesses de déplacement de l'air.

[0004] Il existe donc un besoin pour améliorer encore le système de refroidissement et éviter une saturation magnétique du rotor, sans limiter les performances de la machine.

Résumé de l'invention

[0005] L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ces aspects, grâce à un rotor bobiné pour machine électrique tournante, comportant :

[0006] - des pôles saillants, chaque pôle saillant comportant un corps de pôle et deux épauvements polaires, disposés chacun de part et d'autre du corps de pôle à une extrémité libre du corps de pôle,

[0007] - au moins deux paires d'encoches ménagées dans un pôle saillant, les deux encoches d'une paire d'encoches étant ménagées chacune de part et d'autre du corps de pôle du pôle saillant, deux encoches adjacentes du pôle saillant étant séparées par une patte, et

[0008] - au moins deux bobines par pôle saillant, chaque bobine étant reçue dans une paire d'encoches du pôle saillant.

[0009] L'invention permet d'améliorer les performances thermiques du rotor et de diminuer l'échauffement des bobines du rotor, notamment pour un volume de cuivre donné.

[0010] En effet, l'échauffement maximal a lieu en général au milieu de l'encoche, là où le cuivre est concentré. Découper l'encoche en au moins deux encoches séparées par une patte, qui peuvent être chacune plus petites, permet d'obtenir deux points chauds séparés et individuellement moins chauds. On peut ainsi améliorer le refroidissement

des bobines, en évitant de localiser un point chaud dans un bloc de cuivre de volume plus grand.

- [0011] En outre, les pattes permettent aussi d'augmenter la surface d'échange thermique et d'améliorer le refroidissement.
- [0012] Par ailleurs, les performances mécaniques peuvent également être améliorées.
- [0013] L'invention permet également de diminuer le courant nécessaire pour fournir une puissance d'un point de fonctionnement donné. Dans le cas où le volume disponible est restreint, par exemple dans le domaine du ferroviaire, mais où les performances requises sont élevées, donc à quantité de cuivre égale, les tôles magnétiques et l'arbre peuvent risquer d'arriver à saturation. Ainsi, il peut être nécessaire d'augmenter fortement l'intensité du courant pour obtenir une légère augmentation du champ magnétique (et donc du courant induit).
- [0014] On peut ainsi améliorer la puissance volumique de la machine résultante.
- [0015] La présence des pattes donne un chemin supplémentaire au champ magnétique et permet de diminuer la saturation, aussi bien dans les pôles que dans l'arbre. La diminution de la saturation au niveau de l'arbre peut permettre d'éviter une dispersion magnétique dans l'arbre et ainsi de diminuer le nombre d'Ampère/tour nécessaire au fonctionnement de la machine.
- [0016] Le rotor a avantageusement un volume réduit, tout en fournissant une puissance thermique suffisante. Le rotor selon l'invention peut notamment être utilisé dans le domaine ferroviaire, sur ou sous un wagon. La question de l'encombrement est pour cette application cruciale.
- [0017] La présente invention s'applique à un rotor de machine électrique tournante, ayant une vitesse de rotation notamment comprise entre 0 et 10 000 tours par minute par exemple, pour une puissance fournie entre 0 et 2 MW.
- [0018] Le rotor peut comporter un arbre s'étendant selon l'axe de rotation, sur lequel est disposée une masse magnétique rotorique comportant les pôles saillants.
- [0019] L'arbre peut être réalisé dans un matériau magnétique, ce qui permet d'améliorer les performances électromagnétiques du rotor.
- [0020] En variante, le rotor comporte un arbre amagnétique. L'arbre peut être réalisé au moins en partie dans un matériau de la liste suivante, qui n'est pas limitative : acier, inox, titane ou tout autre matériau amagnétique.
- [0021] Chaque bobine entoure le corps de pôle du pôle saillant correspondant. Chaque bobine peut comporter au moins un fil enroulé autour du pôle. Le fil peut être de section transversale en méplat, étant par exemple rectangulaire ou sensiblement rectangulaire. Le fil peut être en cuivre.
- [0022] Une bobine peut être insérée dans chaque paire d'encoches. Les bobines du rotor peuvent être disposées dans les encoches de manière concentrée, i.e. chaque bobine

peut être enroulée autour d'un seul pôle saillant du rotor. Les bobines peuvent être insérées séparément ou simultanément.

[0023] Les bobines d'un même pôle saillant du rotor peuvent être connectées en série ou en parallèle.

[0024] Les bobines comportent des conducteurs électriques. Les conducteurs électriques peuvent être en section transversale de forme circulaire, ou aplatie, mais préférentiellement polygonale, notamment rectangulaire. Cela permet une plus grande surface de contact avec une hypothétique cale.

[0025] Lorsque les conducteurs sont de section transversale circulaire, ils peuvent être disposés dans l'encoche selon un empilement hexagonal. Lorsque les conducteurs sont de section transversale aplatie, ils peuvent être disposés dans l'encoche en une ou plusieurs rangées. L'optimisation de l'empilement peut permettre de disposer dans les encoches une plus grande quantité de conducteurs électriques, et parallèlement de diminuer la surface utile de l'encoche, donc d'obtenir ainsi un rotor de plus grande puissance, à volume constant. Une bobine peut contenir une ou plusieurs rangées de conducteurs électriques, par exemple une, deux, trois ou quatre rangées.

Exposé de l'invention

[0026] Le rotor peut comporter deux pôles saillants. Le rotor peut comporter exactement deux pôles saillants. En variante, le rotor peut comporter plus de deux pôles saillants, notamment un nombre pair de pôles saillants, par exemple deux ou quatre pôles saillants.

[0027] Un pôle saillant peut comporter une première paire d'encoches, les deux encoches de la première paire d'encoches étant délimitées latéralement d'une part par la patte, et d'autre part par un épanouissement polaire du pôle saillant correspondant.

[0028] Chaque pôle saillant peut comporter une première paire d'encoches, les deux encoches de la première paire d'encoches étant délimitées latéralement d'une part par la patte, et d'autre part par un épanouissement polaire du pôle saillant correspondant. Chaque pôle saillant peut recevoir une première bobine reçue dans la première paire d'encoches. La première bobine est la plus proche des épanouissements polaires.

[0029] Un pôle saillant peut comporter une deuxième paire d'encoches, les deux encoches de la deuxième paire d'encoches étant délimitées latéralement d'une part par la patte, et d'autre part par une région interpolaire E ou par une autre patte du pôle saillant correspondant.

[0030] Chaque pôle saillant peut comporter une deuxième paire d'encoches, les deux encoches de la deuxième paire d'encoches étant délimitées latéralement d'une part par la patte, et d'autre part par une région interpolaire E ou par une autre patte du pôle saillant correspondant.

- [0031] Une région interpolaire E est une région du rotor s'étendant entre deux pôles saillants circonférentiellement consécutifs. Le rotor peut comporter deux régions interpolaires E ou plus, s'étendant chacune entre deux pôles saillants consécutifs. Dans un mode de réalisation, le rotor comporte deux régions interpolaires E.
- [0032] La région interpolaire E peut comporter des canaux internes de refroidissement, dans lesquels peut circuler un fluide de refroidissement, par exemple de l'air ou de l'eau. Une région interpolaire peut comporter un canal ou plusieurs, notamment un nombre pair de canaux, par exemple deux, quatre ou huit. Chaque canal peut être de section transversale rectangulaire ou sensiblement rectangulaire.
- [0033] La ou les régions interpolaires E peut comporter une surface faisant face à l'entrefer de forme générale concave. Cette concavité permet d'augmenter les échanges thermiques et ainsi de favoriser le refroidissement du rotor.
- [0034] On peut définir une largeur h_i d'une encoche i comme correspondant à sa dimension transversale, mesurée parallèlement à un axe polaire du pôle saillant.
- [0035] On peut définir une profondeur l_i d'une encoche i comme correspondant à sa dimension perpendiculaire à un axe polaire du pôle saillant.
- [0036] On peut définir une longueur d'une encoche comme correspondant à sa dimension mesurée parallèlement à un axe de rotation X du rotor.
- [0037] Les encoches peuvent être de mêmes dimensions, ou de dimensions différentes. Les deux encoches d'une paire d'encoches peuvent avoir les mêmes dimensions. Deux encoches adjacentes peuvent avoir les mêmes dimensions ou des dimensions différentes.
- [0038] Par exemple, les encoches de la première paire d'encoches peuvent avoir la même largeur que celle des encoches de la deuxième paire d'encoches. En variante, les largeurs peuvent être différentes.
- [0039] En outre, les encoches de la première paire d'encoches peuvent avoir une profondeur plus faible que celle des encoches de la deuxième paire d'encoches. Les encoches peuvent être symétriques les unes des autres par rapport au corps de pôle, ou non.
- [0040] Les encoches de la première paire d'encoches peuvent avoir une profondeur plus faible que celle des encoches de la deuxième paire d'encoches.
- [0041] On prend la mesure de la profondeur d'une encoche au milieu de celle-ci lorsqu'elle est observée en section transversale. Dans le cas où la profondeur de l'encoche est variable, on choisit la mesure effectuée dans un plan coupant celle-ci en deux en section transversale.
- [0042] Le choix des dimensions des encoches permet de maîtriser le calage des bobines, la quantité de cuivre nécessaire, le niveau des contraintes mécaniques et les échanges thermiques dans le rotor.
- [0043] La présence des paires d'encoches permet de fournir un degré de liberté supplé-

mentaire dans le choix des dimensions des encoches, ce qui permet de mieux maîtriser le passage de flux dans les pôles et dans l'arbre.

- [0044] Une patte séparant deux encoches adjacentes peut avoir une largeur comprise entre 6 et 20 mm, voire entre 6 et 15 mm, mieux entre 8 et 9 mm.
- [0045] La largeur e de la patte est mesurée perpendiculairement à sa direction d'élongation dans un plan perpendiculaire à un axe de rotation X du rotor.
- [0046] Une longueur l de la patte est mesurée parallèlement à sa direction d'élongation dans un plan perpendiculaire à un axe de rotation X du rotor, et perpendiculairement à un axe polaire du pôle saillant.
- [0047] La largeur e de la patte peut être suffisante afin d'assurer une tenue mécanique satisfaisante.
- [0048] La largeur e de la patte peut être suffisamment faible afin de laisser une largeur d'encoche suffisante aux encoches adjacentes.
- [0049] De préférence, la largeur e d'une patte est inférieure à sa longueur l .
- [0050] Les pattes peuvent être de forme rectangulaire ou trapézoïdale. Elles peuvent prendre aussi d'autres formes comme des triangles s'étendant en direction de l'entrefer.
- [0051] Un ratio entre une largeur e d'une patte sur une hauteur du pôle utile H_{pu} peut être compris entre 0,12 et 0,19. On entend par hauteur du pôle utile H_{pu} la somme des largeurs d'encoche et de patte(s). Tous les pôles saillants du rotor peuvent avoir la même hauteur de pôle utile H_{pu} .
- [0052] Le ratio entre la largeur e d'une patte et la hauteur de pôle utile H_{pu} peut être compris entre 0,11 et 0,35, voire entre 0,12 et 0,13. Cette plage de valeur traduit les critères que doivent respecter les pattes : assez fines pour permettre d'enrouler une quantité de bobinage suffisante pour tenir les performances requises, mais assez épaisses pour avoir une tenue mécanique suffisante en fonctionnement.
- [0053] On peut définir également pour un pôle saillant, voire pour chaque pôle saillant, une largeur de tête de pôle L_p correspondant à la distance entre les deux épanouissements polaires dudit pôle saillant. Tous les pôles saillants peuvent avoir la même largeur de tête de pôle L_p .
- [0054] On peut définir encore pour un pôle saillant la largeur du corps de pôle saillant au niveau d'une paire d'encoches i , notée $L_{cp,i}$. On peut noter $L_{cp,1}$ la largeur du corps de pôle saillant au niveau de la première paire d'encoches, et $L_{cp,2}$ la largeur du corps de pôle saillant au niveau de la deuxième paire d'encoches.
- [0055] Un ratio entre la largeur du corps de pôle saillant au niveau de la deuxième paire d'encoches sur la largeur du pôle saillant au niveau de la première paire d'encoches étant compris entre 1 et 1,15.
- [0056] Le ratio entre la largeur du corps de pôle saillant au niveau de la deuxième paire d'encoches sur la largeur du corps de pôle saillant au niveau de la première paire

d'encoches peut être compris entre 1,0 et 1,14, voire entre 1,01 et 1,13, préférentiellement entre 1,02 et 1,12. Cela permet de diviser la quantité de brins de bobine dans les encoches de manière avantageuse pour mieux répartir la chaleur en fonctionnement.

- [0057] Un ratio entre une largeur $L_{cp,i}$ du corps de pôle saillant au niveau d'une paire d'encoches, notamment de la première paire d'encoches $L_{cp,1}$, sur une largeur de tête de pôle L_p étant compris entre 0,5 et 0,55.
- [0058] Le ratio entre une largeur $L_{cp,i}$ du corps de pôle saillant au niveau d'une paire d'encoches, notamment de la première paire d'encoches $L_{cp,1}$, sur une largeur de tête de pôle L_p peut être compris entre 0,51 et 0,54, voire entre 0,52 et 0,53. Ces bornes pour ce ratio permettent la création d'un espace suffisant pour y mettre des bobines, tout en assurant une tenue mécanique suffisante.
- [0059] Le rotor peut comporter au moins une cale venant fermer au moins une encoche sur au moins une portion de la longueur de ladite encoche. Les cales permettent de maintenir les bobines dans les encoches en contrant l'effet de la force centrifuge.
- [0060] La cale vient fermer l'encoche sur au moins une portion de sa longueur mesurée le long d'un axe de rotation X du rotor. Elle vient fermer l'encoche sur une portion de sa longueur strictement inférieure à 100% de sa longueur, mieux inférieure à 80%, voire inférieure à 50%, ou mieux inférieure à 25% de sa longueur, ce qui peut permettre d'assurer un meilleur refroidissement des bobines.
- [0061] Une encoche peut être fermée par une unique cale. En variante, une encoche peut être fermée par plusieurs cales réparties sur la longueur de l'encoche le long d'un axe de rotation X du rotor.
- [0062] Une encoche peut être fermée par deux ou plusieurs cales, par exemple trois ou plus. Les cales peuvent être réparties régulièrement ou non sur toute la longueur de l'encoche. Deux cales consécutives peuvent avoir un écartement constant ou non. L'écartement entre deux cales consécutives peut être compris entre 10% et 80% de la longueur de l'encoche, mieux entre 20% et 70%, voire entre 30% et 60% de la longueur de l'encoche.
- [0063] La ou les cales peuvent venir fermer l'encoche sur une portion de sa longueur strictement inférieure à 100% de sa longueur. La ou les cales viennent fermer l'encoche sur une portion de sa longueur strictement inférieure à 100% de sa longueur, mieux inférieure à 80%, voire inférieure à 50%, ou mieux inférieure à 25% de sa longueur.
- [0064] Les cales peuvent ne recouvrir les bobines que sur une portion du rotor le long de l'axe de rotation X, par exemple une portion inférieure à 80%, voire inférieure à 50%, ou mieux inférieure à 25%.
- [0065] La présence de plusieurs cales disposées consécutivement permet d'offrir un meilleur maintien des bobines, tout en laissant l'air circuler pour un meilleur refroidissement.

- [0066] Au moins une cale, voire toutes les cales, peuvent avoir une largeur inférieure à 50% de la longueur de l'encoche, mieux inférieure à 40%, voire inférieure à 30%, voire encore inférieure à 20% de la longueur de l'encoche. La largeur de la cale est mesurée le long de l'axe de rotation du rotor.
- [0067] Des cales de largeur relativement faible permettent avantageusement de diminuer les contraintes mécaniques sur celles-ci. Le rotor peut être utilisé à des vitesses plus grandes.
- [0068] La ou les cales peuvent venir épouser le contour extérieur du rotor lorsqu'il est observé selon son axe de rotation X.
- [0069] Les cales peuvent être de forme polygonale, notamment rectangulaires, lorsqu'observées de face.
- [0070] Les cales peuvent être coulissées dans les encoches et être fixées au bord des encoches, par des queues d'aronde par exemple.
- [0071] Les pattes et les cales offrent une circulation pour le champ magnétique et permettent ainsi de réduire la saturation magnétique dans l'arbre et les tôles magnétiques.
- [0072] Les cales peuvent présenter une face crantée, pour assurer un meilleur maintien des bobines quand elles sont de section transversale rectangulaire par exemple.
- [0073] Les cales peuvent épouser le contour extérieur du rotor lorsqu'il est observé transversalement.
- [0074] Les cales peuvent présenter un angle d'inclinaison par rapport à l'axe arbre-sommet du pôle saillant. Cet angle peut être ajusté de sorte qu'une cale prolonge le contour extérieur du rotor, et diminue les aspérités du dispositif. Selon cet aspect, l'extrémité radiale de la patte ne dépasse pas de la cale.
- [0075] Les cales peuvent être réalisées par moulage et/ou usinage.
- [0076] Les cales peuvent être monolithiques.
- [0077] Les cales peuvent comporter, voire être constituées, par un matériau métallique tel que de l'aluminium, ou par un matériau isolant électrique, notamment un thermoplastique, chargé ou non chargé. L'utilisation d'un tel matériau permet de ne pas avoir recours à l'utilisation d'un matériau isolant électrique disposé, sous forme de feuille mince par exemple, entre les cales et les bobines.
- [0078] Le rotor selon l'invention peut comporter un matériau isolant électrique, notamment sous forme de feuille mince, disposé entre les cales et les bobines sur lesquelles elles sont positionnées. Cela permet d'isoler électriquement les cales des bobines, notamment lorsque les cales comportent, voire sont constituées, par un matériau métallique.
- [0079] Le rotor peut comporter des canaux de refroidissement s'étendant parallèlement à un axe de rotation du rotor.
- [0080] Les canaux de refroidissement peuvent être au nombre de deux, quatre, six ou huit,

voire douze ou seize. Le fluide de refroidissement peut être préférentiellement de l'air, mais n'est pas limité à ce dernier. Selon le refroidissement désiré du rotor, chaque région interpolaire E peut être parcourue par un nombre plus au moins grand de canaux de refroidissement.

- [0081] Les canaux peuvent parcourir toute la longueur du rotor. Ils peuvent le parcourir de façon continue ou non. Lorsque les canaux sont discontinus, le fluide de refroidissement subit une alternance de passages à l'intérieur des canaux et à l'extérieur dans la région interpolaire E, ce qui génère une turbulence favorable aux échanges convectifs.
- [0082] Le rotor peut comporter en outre des orifices circulaires ménagés près de la surface des pôles saillants, à proximité de l'entrefer, pour le passage d'amortisseurs.
- [0083] Il peut comporter également des orifices circulaires ménagés dans les pôles saillants au pied des encoches, pour le passage de barres cylindriques en acier qui peuvent servir au maintien des têtes de bobines.
- [0084] En outre, il peut comporter un ou plusieurs trous pour l'alléger, et permettre son équilibrage.
- [0085] Les pôles saillants du rotor peuvent être formés par un assemblage de tôles magnétiques. Chaque tôle magnétique peut être avec tous ses pôles d'une seule pièce. Chaque tôle peut être découpée dans une feuille d'acier magnétique, par exemple de l'acier de 0,1 à 1,5 mm d'épaisseur. Les tôles peuvent être revêtues d'un vernis isolant électrique sur leurs faces opposées avant leur assemblage au sein de l'empilement. L'isolation peut encore être obtenue par un traitement thermique des tôles.
- [0086] Le rotor peut comporter des tirants de maintien de l'assemblage des tôles magnétiques.
- [0087] L'assemblage peut aussi être fait par des queues d'aronde sur un arbre de la machine. Chaque pièce polaire peut comporter un empilement de tôles magnétiques. La masse rotorique peut comporter un ou plusieurs trous pour alléger le rotor, permettre son équilibrage ou pour l'assemblage des tôles rotoriques la constituant. Des trous peuvent permettre le passage de tirants maintenant solidaires entre elles les tôles.
- [0088] L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, une machine électrique tournante comportant un rotor tel que défini plus haut.
- [0089] La machine peut également comporter un circuit de refroidissement à l'air. La machine électrique tournante peut notamment comporter un circuit de refroidissement, dans lequel peut circuler un fluide de refroidissement. Le fluide de refroidissement peut par exemple être de l'air. Le fluide de refroidissement peut circuler dans des canaux de refroidissement du circuit de refroidissement, lesquels peuvent être ménagés dans les régions interpolaires E.
- [0090] La machine peut comporter un ventilateur ou deux ventilateurs permettant de forcer

la circulation d'air dans les canaux de refroidissement. Ce ou ces ventilateurs peuvent être entraînés par le rotor pour créer une circulation d'air forcée dans les canaux de refroidissement si le mode de réalisation choisi en comporte.

- [0091] Le circuit de refroidissement peut par exemple comporter en outre une chemise à eau extérieure, afin de refroidir l'air circulant dans le rotor.
- [0092] La machine peut être polyphasée. La machine électrique tournante peut avoir une vitesse de rotation comprise entre 1 et 10 000 tr/min, mieux entre 100 et 8000 tr/min, voire entre 1000 et 5000 tr/min, par exemple la vitesse de rotation est de 3000 tr/min.
- [0093] La machine peut comporter également un stator à l'intérieur duquel tourne le rotor.
- [0094] Le stator est un cylindre creux dans lequel le rotor est inséré. Il peut comporter des encoches distribuées sur la surface intérieure, en regard du rotor, destinées à accueillir les conducteurs électriques pour le mécanisme d'induction. Ces encoches peuvent être équiréparties radialement, lorsque la machine électrique est vue transversalement.
- [0095] Un ratio entre un diamètre du rotor et un diamètre extérieur de ladite machine est compris entre 0,58 et 0,63. Le diamètre extérieur de la machine correspond au diamètre de l'ensemble comportant l'arbre, le rotor et le stator. Le ratio entre le diamètre du rotor et le diamètre extérieur de la machine peut être compris entre 0,59 et 0,62, mieux entre 0,60 et 0,61. Le respect d'un tel ratio permet de respecter un encombrement faible, ce qui est utile notamment dans le domaine ferroviaire.

Brève description des dessins

- [0096] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples non limitatifs de mise en œuvre de celle-ci et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :
- [0097] [Fig.1] La [Fig.1] est une coupe transversale, schématique et partielle, d'une machine électrique tournante selon l'invention avec le stator et le rotor.
- [0098] [Fig.2] La [Fig.2] est une coupe transversale du rotor de la [Fig.1] avec des cales.
- [0099] [Fig.3] La [Fig.3] est une coupe transversale du rotor de la [Fig.1] sans les cales.
- [0100] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue analogue à la [Fig.1] d'une variante de réalisation.
- [0101] [Fig.5] La [Fig.5] illustre une autre variante de réalisation.

Description détaillée

- [0102] On a illustré aux figures 1 à 3 une machine électrique tournante 1 selon l'invention. Cette machine 1 comprend un rotor 2 et un stator 3, séparés par un entrefer 4. Le stator 3 est un cylindre creux dans lequel est logé le rotor 2. Il comporte des encoches 7 distribuées sur son contour intérieur en regard du rotor, destinées à accueillir les conducteurs électriques nécessaires au mécanisme d'induction. Le rotor 2 est monté sur un arbre 5 rotatif autour d'un axe longitudinal, tandis que le stator 2 est fixe par rapport à un carter, non représenté ici.

- [0103] Dans le mode de réalisation présenté à la [Fig.1], le ratio entre le diamètre du rotor 2 et le diamètre de la machine électrique 1 mesuré sur le pourtour du stator 3 est de 0,62.
- [0104] Le rotor 2 peut être d'un seul bloc, ou comme dans le mode de réalisation illustré ici, composé de plusieurs tôles empilées et maintenues ensemble par des tirants passant dans des trous 6. Les tôles sont par exemple magnétiques. Les tôles ont une épaisseur comprise entre 0,1 et 1,5 mm.
- [0105] Le rotor 2 comporte un alésage central 8 de diamètre D_a permettant de faire passer l'arbre 5. Le rotor 2 comporte deux pôles saillants. Chaque pôle saillant comporte lui-même un corps de pôle 19 de largeur constante dans le cas présent, et deux épanouissements polaires 17 disposés chacun de part et d'autre du corps de pôle à une extrémité libre. La distance entre les deux extrémités des épanouissements polaires 17 définit la largeur de tête de pôle L_p .
- [0106] Une première paire d'encoches 9 est ménagée de part et d'autre du corps de pôle 19 du pôle saillant. Une deuxième paire d'encoches 10 est ménagée de part et d'autre du corps de pôle 19 du pôle saillant. Chaque encoche a une profondeur l_i .
- [0107] Les encoches 9 et 10 du même côté du corps de pôle 19 sont séparées par une patte 11 de largeur e . La largeur e de ladite patte est d'environ 9 mm. Sa largeur est inférieure à sa longueur dans le cas illustré sur les figures 2 et 3. La première paire d'encoches 9 se trouve entre les épanouissements polaires 17 et les pattes 11, tandis que la deuxième paire d'encoches 10 se trouve entre les pattes 11 et la région interpolaire E.
- [0108] Un ratio entre une largeur e d'une patte 11 sur une hauteur du pôle utile H_{pu} est compris entre 0,1 et 0,15.
- [0109] Les encoches sont symétriques les unes des autres par rapport au corps de pôle.
- [0110] Ces encoches sont destinées à accueillir les bobines 12 du rotor 2, tout en les séparant en deux groupes pour limiter l'échauffement maximal. Les encoches 9 et 10 ont chacune une largeur h_1 et h_2 , qui sont égales dans ce mode de réalisation.
- [0111] Le ratio entre la largeur de corps de pôle du pôle saillant 19 au niveau de la deuxième paire d'encoches 10 $L_{cp,2}$ et la largeur de corps de pôle du pôle saillant 19 au niveau de la première paire d'encoches 9 $L_{cp,1}$ est de 1,0.
- [0112] Le ratio entre la largeur de corps de pôle du pôle saillant 19 au niveau de la première encoche $L_{cp,1}$ et la largeur de tête de pôle L_p est de 0,54.
- [0113] Des cales 13 viennent fermer les paires d'encoches 9 et 10 et empêcher que les bobines 12 s'échappent lors du fonctionnement de la machine à cause de la force centrifuge. Ces cales 13 viennent coulisser dans des rainures 16 comme illustré à la [Fig.3]. Ces cales 13 viennent ici épouser le contour extérieur du rotor pour diminuer les aspérités et maximiser la place allouée aux bobines 12 dans les paires d'encoches 9 et 10.

- [0114] Les cales 13 sont de forme rectangulaire dans le cas présent.
- [0115] Elles viennent fermer l'encoche sur une portion de sa longueur strictement inférieure à 100% de sa longueur.
- [0116] L'écartement entre deux cales consécutives peut être compris entre 10% et 80% de la longueur de l'encoche.
- [0117] Dans la région interpolaire E sont ménagés huit canaux de refroidissement 14, quatre étant disposés de chaque côté des pôles. Ces canaux 14 permettent de faire circuler l'air pour assurer un meilleur refroidissement.
- [0118] La ou les régions interpolaires E comporte une surface faisant face à l'entrefer de forme concave, favorisant les échanges thermiques et le refroidissement du rotor 2.
- [0119] Les sections de chaque canal 14 sont sensiblement rectangulaires.
- [0120] Des orifices circulaires 15 sont ménagés près de la surface des pôles saillants, à proximité de l'entrefer, afin de faire passer des amortisseurs.
- [0121] En outre, le rotor comporte des orifices circulaires 18 ménagés dans les pôles saillants au pied des encoches, pour le passage de barres cylindriques en acier qui servent au maintien des têtes de bobines.
- [0122] La [Fig.4] illustre un autre mode de réalisation, qui diffère du mode de réalisation illustré aux figures 1 à 3 par la profondeur l_1 et l_2 des encoches. Les encoches de la première paire d'encoches 9 ont une profondeur plus faible que celle des encoches de la deuxième paire d'encoches 10. De ce fait, la largeur du corps de pôle 19 varie et les largeurs de corps de pôles sont différentes, avec $L_{cp,1}$ plus petite que $L_{cp,2}$. La patte 11 est moins longue, cela permet avantageusement d'avoir une meilleure tenue mécanique. Un ratio entre la largeur du pôle saillant $L_{cp,2}$ au niveau de la deuxième paire d'encoches 10 sur la largeur du pôle saillant $L_{cp,1}$ au niveau de la première paire d'encoches 9 est supérieur à 1,0.
- [0123] La [Fig.5] illustre encore un autre mode de réalisation, combinant un nombre de canaux de refroidissement au nombre de 16, à des encoches de profondeur l_1 et l_2 différentes, et donc des largeurs de corps de pôle $L_{cp,1}$ et $L_{cp,2}$ différentes.
- [0124] Les bobines 12 sont constituées de conducteurs électriques à section rectangulaire.
- [0125] Les conducteurs électriques sont disposés en quatre rangées. Cette forme choisie permet un empilement optimal, et donc de placer le plus de conducteurs électriques possibles.

Revendications

- [Revendication 1] Rotor bobiné (2) pour machine électrique tournante (1), comportant :
- des pôles saillants, chaque pôle saillant comportant un corps de pôle (19) et deux épanouissements polaires (17), disposés chacun de part et d'autre du corps de pôle à une extrémité libre du corps de pôle,
 - au moins deux paires d'encoches (9 ; 10) ménagées dans un pôle saillant, les deux encoches d'une paire d'encoches étant ménagées chacune de part et d'autre du corps de pôle (19) du pôle saillant, deux encoches adjacentes du pôle saillant étant séparées par une patte (11), et
 - au moins deux bobines (12) par pôle saillant, chaque bobine (12) étant reçue dans une paire d'encoches du pôle saillant.
- [Revendication 2] Rotor (2) selon la revendication précédente, comportant deux pôles saillants.
- [Revendication 3] Rotor (2) selon l'une des revendications précédentes, un pôle saillant comportant une première paire d'encoches (9), les deux encoches de la première paire d'encoches (9) étant délimitées latéralement d'une part par la patte (11), et d'autre part par un épanouissement polaire (17) du pôle saillant correspondant.
- [Revendication 4] Rotor (2) selon la revendication précédente, un pôle saillant comportant une deuxième paire d'encoches (10), les deux encoches de la deuxième paire d'encoches étant délimitées latéralement d'une part par la patte (11), et d'autre part par une région interpolaire (E) ou par une autre patte (11) du pôle saillant correspondant.
- [Revendication 5] Rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, les encoches de la première paire d'encoches (9) ayant une profondeur plus faible que celle des encoches de la deuxième paire d'encoches (10).
- [Revendication 6] Rotor (2) selon la revendication précédente, un ratio entre une largeur e d'une patte (11) sur une hauteur du pôle utile (H_{pu}) étant compris entre 0,1 et 0,15.
- [Revendication 7] Rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, un ratio entre la largeur du pôle saillant au niveau de la deuxième paire d'encoches (10) sur la largeur du pôle saillant au niveau de la première paire d'encoches (9) étant compris entre 1 et 1,15.
- [Revendication 8] Rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, un ratio entre une largeur L_{cpi} du pôle saillant au niveau d'une paire d'encoches, notamment de la première paire d'encoches (9) L_{cp1} , sur une largeur de tête de pôle L_p étant compris entre 0,5 et 0,55.

- [Revendication 9] Rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins une cale (13) venant fermer au moins une encoche sur au moins une portion de la longueur de ladite encoche.
- [Revendication 10] Rotor (2) selon la revendication précédente, une encoche étant fermée par plusieurs cales (13) réparties sur la longueur de l'encoche le long d'un axe de rotation X du rotor.
- [Revendication 11] Rotor (2) selon l'une des deux revendications précédentes, la ou les cales (13) viennent fermer l'encoche sur une portion de sa longueur strictement inférieure à 100% de sa longueur.
- [Revendication 12] Rotor (2) selon l'une des deux revendications précédentes, au moins une cale (13), voire toutes les cales (13), ayant une largeur inférieure à 50% de la longueur de l'encoche, mieux inférieure à 40%, voire inférieure à 30%, voire encore inférieure à 20% de la longueur de l'encoche.
- [Revendication 13] Rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant des canaux de refroidissement (14) s'étendant parallèlement à un axe de rotation du rotor.
- [Revendication 14] Machine électrique tournante (1) comportant un rotor (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, avec notamment un circuit de refroidissement à l'air.
- [Revendication 15] Machine électrique (1) selon la revendication précédente, un ratio entre un diamètre du rotor (2) et un diamètre extérieur de ladite machine (1) étant compris entre 0,58 et 0,63.

[Fig. 1]

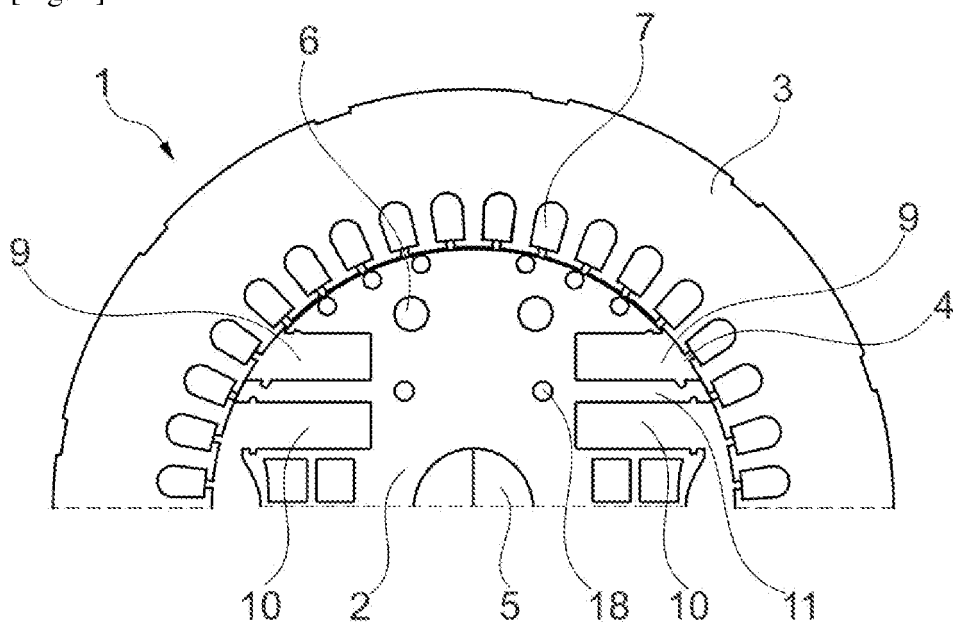


Fig. 1

[Fig. 2]

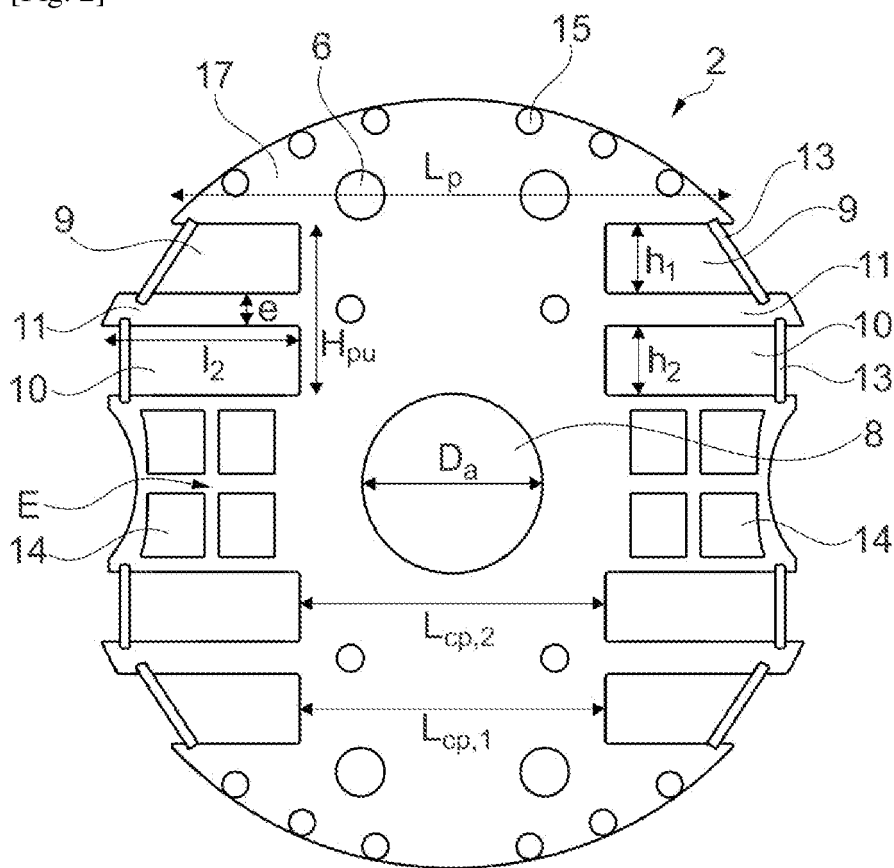


Fig. 2

[Fig. 3]

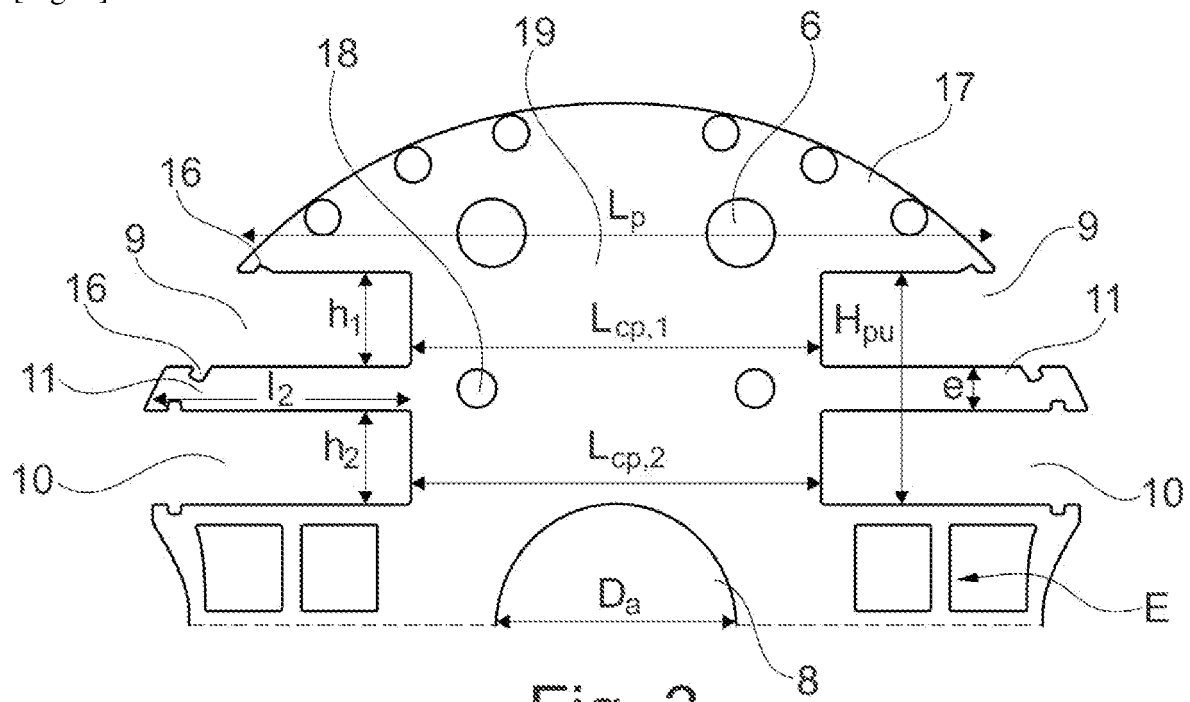


Fig. 3

[Fig. 4]

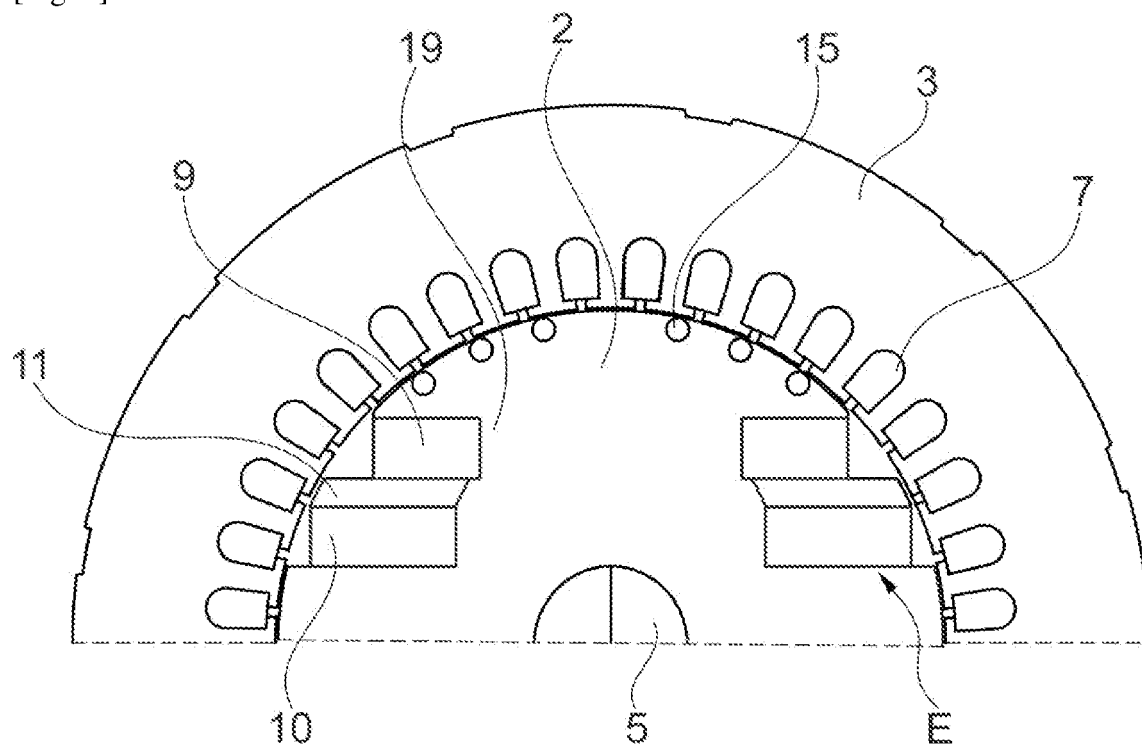


Fig. 4

[Fig. 5]

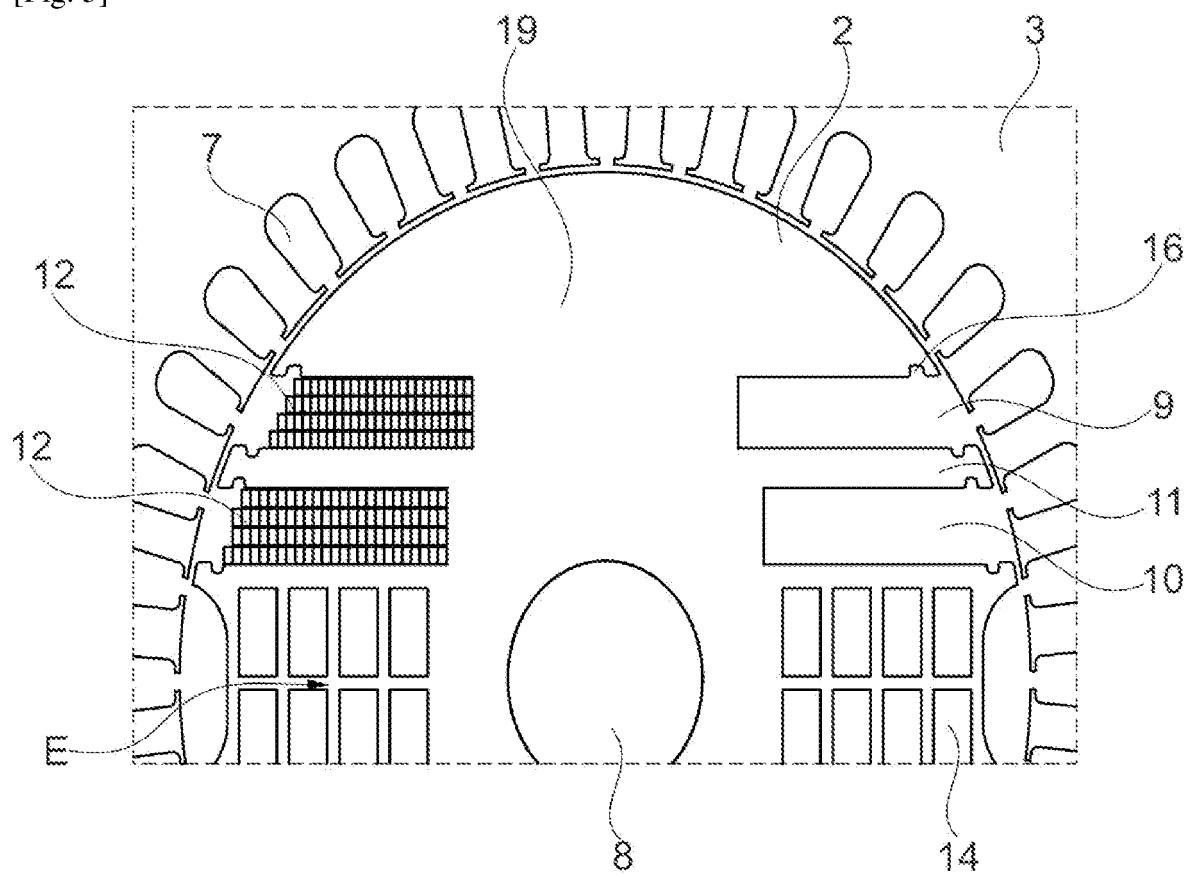


Fig. 5

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 915546
FR 2300306

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	DE 209 964 C (SIEMENS-SCHUCKERT WERKE GMBH) 11 juillet 1908 (1908-07-11)	1-4, 6-13 1, 2, 13-15 1, 2, 13-15 1-5, 7, 8, 14, 15	H02K 1/32 H02K 9/00
Y	* page 1, colonne 2, ligne 56 - page 2, colonne 2, ligne 66; figures 1-2 * -----		
Y	EP 0 771 061 A2 (SAWAFUJI ELECTRIC CO LTD [JP]) 2 mai 1997 (1997-05-02) * colonne 5, ligne 6 - colonne 9, ligne 30; figures 1, 3, 14, 17, 18, 21, 22 * -----		
X	CN 112 737 258 A (SHANGHAI TONGJI & NANHUI HI TECH PARK CO LTD ET AL.) 30 avril 2021 (2021-04-30) * abrégé; figures 2-6 * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 juillet 2023		von Rauch, Marianne	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2300306 FA 915546**

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 **17-07-2023**
 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
DE 209964	C	11-07-1908	AUCUN	
EP 0771061	A2	02-05-1997	DE 69627956 T2	08-04-2004
			EP 0771061 A2	02-05-1997
			US 5811907 A	22-09-1998
CN 112737258	A	30-04-2021	AUCUN	