

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 143 901

21 N° d'enregistrement national : 22 13985

51 Int Cl⁸ : H 02 K 1/18 (2023.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

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) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR SAS — FR.

72 Inventeur(s) : PISCINI Lorenzo et DEVORNIQUE
Geoffrey.

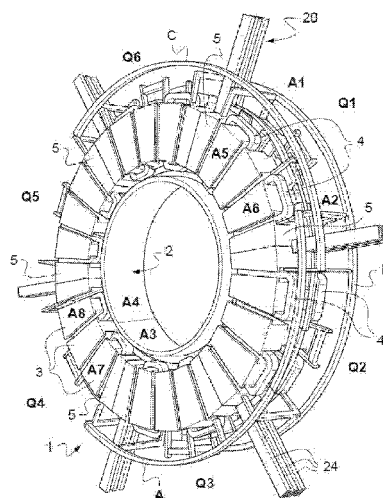
73 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR SAS.

74 Mandataire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR - SCE PI.

54 Stator et machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial.

57 Stator (1) de machine électrique (100) tournante poly-
phasée à flux électromagnétique axial comportant : - une
culasse statorique (2), - au moins une première série de
dents de support (3), - une pluralité de bobines (4) mon-
tées autour d'une dent de support (3) respective de la pre-
mière série, - au moins une première série de dents de
déphasage (5), les dents de support et de déphasage (3, 5)
de la première série étant assemblées sur une première
face de la culasse statorique (2), les dents de support (3)
étant distribuées en quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3,
Q4, Q5, Q6), une dent de déphasage (5) étant intercalée
entre les quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6)
adjacents.

Figure 4



FR 3 143 901 - A1



Description

Titre de l'invention : Stator et machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un stator et une machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial. L'invention concerne également un procédé d'assemblage d'un stator de machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial.

Arrière-plan technique

[0002] On connaît de l'art antérieur une machine électrique tournante polyphasée utilisée par exemple pour convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique afin d'entraîner un véhicule automobile. Classiquement, une machine électrique tournante est du type soit à flux électromagnétique axial, soit à flux électromagnétique radial.

[0003] La nécessité d'accroître la densité de puissance électrique/mécanique développée par les machines électriques n'a cessé d'augmenter ces dernières années avec un intérêt grandissant autour des machines discoïdes, dites aussi axiales. Dans certaines applications, ces machines sont très compétitives par rapport à leurs homologues radiales. Elles restent néanmoins plus compliquées d'une part, à fabriquer et d'autre part, à fabriquer de manière reproductible. En particulier, le maintien mécanique en flexion des rotors empêche souvent la réduction des entrefers magnétiques ce qui, pour la même puissance développée, nécessite un nombre d'Ampères tours plus élevé. Ces inconvénients poussent les concepteurs de machines axiales désireux d'accroître la densité de puissance, vers des solutions à très faible coefficient de remplissage. Cela est particulièrement marqué pour des applications haute tension, où les phénomènes associés doivent être maîtrisés.

Résumé de l'invention

[0004] Un des buts de la présente invention est de proposer un stator de machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial, une machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial et un procédé d'assemblage d'un stator de machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial, permettant de résoudre au moins partiellement les inconvénients de l'art antérieur.

[0005] A cet effet, l'invention a pour objet un stator de machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial comportant :

- une culasse statorique,
- au moins une première série de dents de support,
- une pluralité de bobines montées autour d'une dent de support respective de la

première série,

caractérisé en ce qu'il comporte :

- au moins une première série de dents de déphasage, les dents de support et de déphasage de la première série étant assemblées sur une première face de la culasse statorique, les dents de support étant distribuées en quartiers monophasés, une dent de déphasage étant intercalée entre les quartiers monophasés adjacents.

[0006] Cet assemblage des dents de support et de déphasage à la culasse statorique, associé à un bobinage par quartiers monophasés, permet d'augmenter le coefficient de remplissage, ce qui permet la maîtrise de l'extraction des calories générées tout en garantissant une isolation électrique optimale. Avec cette configuration où le bobinage est concentré sur des dents de support distribuées en quartiers monophasés, la compacité de la machine électrique est augmentée et on garantit sa répétabilité de fabrication industrielle sur grande échelle, tout en maîtrisant les performances en charge. Par ailleurs, le nombre de soudures est réduit. De plus, cette architecture permet d'intégrer un refroidissement au plus près des chignons des bobines, ce qui permet d'atteindre des charges linéiques élevées. Enfin, l'adaptation à des plus hauts niveaux de tension est facilitée par cette distribution du bobinage.

[0007] Le stator peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

[0008] Le stator peut comporter :

- une deuxième série de dents de support,
- une pluralité de bobines montées autour d'une dent de support respective de la deuxième série,
- une deuxième série de dents de déphasage, les dents de support et de déphasage de la deuxième série étant assemblées sur une deuxième face de la culasse statorique axialement opposée à la première face, les dents de support étant distribuées en quartiers monophasés, une dent de déphasage étant intercalée entre les quartiers monophasés adjacents.

[0009] Selon un exemple de réalisation, les dents de support de la première et de la deuxième série sont axialement superposées entre elles deux-à-deux, des têtes des dents de support étant en contact dans des premières ouvertures radiales de la culasse statorique. En d'autres termes, il existe une droite parallèle à l'axe du stator passant à la fois par la tête des dents de support de la première série et par la tête des dents de support de la deuxième série.

[0010] Les dents de support de la première et de la deuxième série axialement superposées entre elles deux-à-deux peuvent être fixées entre elles ou réalisées en une seule pièce.

[0011] Selon un exemple de réalisation, les dents de déphasage de la première et de la deuxième série sont axialement superposées entre elles deux-à-deux, des têtes des

dents de déphasage étant en contact dans des deuxième ouvertures radiales de la culasse statorique.

- [0012] Les dents de déphasage de la première et de la deuxième série axialement superposées entre elles deux-à-deux peuvent être fixées entre elles ou réalisées en une seule pièce.
- [0013] Selon un exemple de réalisation, une tête de chaque dent de support coopère par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire respective ménagée dans des premières ouvertures radiales de la culasse statorique.
- [0014] Par exemple, la tête des dents de support présente deux rainures rectilignes s'étendant sur un côté respectif de la tête, la forme d'assemblage complémentaire étant réalisée par deux nervures rectilignes complémentaires s'étendant radialement dans les premières ouvertures radiales de la culasse statorique.
- [0015] Selon d'autres exemples d'assemblage tenon-mortaise, le tenon présente un mâle en queue d'aronde ou pied de sapin et la mortaise présente une forme complémentaire.
- [0016] Selon un exemple de réalisation, une tête de chaque dent de déphasage coopère par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire respective ménagée dans des deuxième ouvertures radiales de la culasse statorique.
- [0017] Selon un exemple de réalisation, un isthme de chaque dent de support et de dent de déphasage destinée à faire face à un rotor, à l'opposé de la tête, présente une ailette s'étendant au-delà du corps de dent.
- [0018] Selon un exemple de réalisation, la tête des dents de support est moins large ou de même largeur que le corps de dent de sorte que les bobines puissent être insérées axialement sur une dent de support respective en passant par la tête. La largeur se mesure selon la direction circonférentielle.
- [0019] Le stator peut comporter un dispositif de refroidissement.
- [0020] Le dispositif de refroidissement peut comporter un premier et/ou deuxième circuit interne entourant une périphérie radiale interne de la culasse statorique, le premier et/ou deuxième circuit interne traversant au moins une tête de dent de déphasage.
- [0021] Plus précisément par exemple, le premier et le deuxième circuit interne comportent un anneau tubulaire respectif, coaxial à la culasse statorique, faisant axialement face aux chignons des bobines situées du côté le plus proche de l'axe. L'anneau tubulaire est radialement intercalé sur un disque de la culasse statorique entre les extrémités des dents de supports et un cylindre central de la culasse statorique.
- [0022] Le premier et le deuxième circuit interne présentent également au moins une amenée de fluide respective ou commune aux deux circuits internes, raccordée à l'anneau tubulaire, en traversant la tête d'une dent de déphasage.
- [0023] Selon un premier exemple de réalisation, le premier et/ou deuxième circuit interne présente au moins une sortie de fluide respective ou commune aux deux circuits

internes, raccordée à l'anneau tubulaire, en traversant la tête d'une dent de déphasage. Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide et sort par la au moins une sortie de fluide. Le fluide circule en circuit fermé dans le premier et/ou deuxième circuit qui refroidit les chignons des bobines par conduction des parois des circuits. Le fluide est par exemple de l'eau.

- [0024] Selon un deuxième exemple de réalisation, l'anneau tubulaire du premier et du deuxième circuit interne comporte respectivement au moins un trou d'éjection, par exemple une pluralité de trous d'éjection, ménagés du côté de l'anneau tubulaire faisant face aux chignons des bobines. Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide et sort par le au moins un trou d'éjection. Le fluide circule en circuit ouvert, il est éjecté du premier et/ou deuxième circuit pour refroidir les chignons de bobine. Le fluide peut être tout liquide isolant électrique et caloporteur, permettant de refroidir un composant, comme de l'huile.
- [0025] Le dispositif de refroidissement peut comporter un circuit externe entourant la périphérie radiale externe de la culasse statorique en étant maintenu par des extrémités de la culasse statorique.
- [0026] Plus précisément par exemple, le circuit externe comporte un anneau tubulaire, coaxial à la culasse statorique, faisant axialement face aux chignons des bobines situés du côté le plus éloigné de l'axe. L'anneau tubulaire est par exemple inséré dans une rainure d'extrémité périphérique ménagée dans les extrémités des branches de la culasse statorique. Le circuit externe présente également au moins une amenée de fluide raccordée à l'anneau tubulaire.
- [0027] Selon un premier exemple de réalisation, le circuit externe présente au moins une sortie de fluide raccordée à l'anneau tubulaire. Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide et sort par la au moins une sortie de fluide. Le fluide circule en circuit fermé dans le circuit externe qui refroidit les chignons des bobines par conduction des parois des circuits. Le fluide est par exemple de l'eau.
- [0028] Selon un deuxième exemple de réalisation, l'anneau tubulaire du circuit externe comporte au moins un trou d'éjection, par exemple une pluralité de trous d'éjection, ménagés de chaque côté de l'anneau tubulaire faisant face aux chignons des bobines de la première et de la deuxième série le cas échéant. Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide et sort par le au moins un trou d'éjection. Le fluide circule en circuit ouvert, il est éjecté du circuit externe pour refroidir les chignons de bobine. Le fluide peut être tout liquide isolant électrique et caloporteur, permettant de refroidir un composant, comme de l'huile.
- [0029] Dans le cas où la machine électrique comporte un dispositif de refroidissement présentant au moins un circuit interne et/ou un circuit externe, en circuit ouvert, un

canal de retour d'huile peut être ménagé dans au moins une branche de la culasse statorique séparant deux premières ouvertures radiales, la culasse statorique étant réalisée en deux parties s'assemblant axialement. Les canaux ménagés dans les branches peuvent communiquer avec un conduit cylindrique commun ménagé dans un cylindre central de la culasse statorique fermé aux extrémités axiales.

[0030] L'invention a aussi pour objet une machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial comprenant au moins un rotor, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un stator tel que décrit précédemment.

[0031] L'invention a aussi pour objet un procédé d'assemblage d'un stator de machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial tel que décrit précédemment, dans lequel :

- on insère les bobines axialement sur une dent de support respective en passant les bobines par la tête des dents de support,
- puis, on assemble les têtes des dents de support dans des premières ouvertures radiales de la culasse statorique et les têtes des dents de déphasage dans des deuxième ouvertures radiales.

[0032] Le procédé d'assemblage peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

[0033] On peut monter un premier et/ou un deuxième circuit interne d'un dispositif de refroidissement autour d'un cylindre central de la culasse statorique avant d'assembler les dents de support et de déphasage et faire passer au moins une amenée de fluide du premier et/ou deuxième circuit interne à travers au moins une dent de déphasage.

[0034] On peut monter un circuit externe d'un dispositif de refroidissement sur les extrémités de la culasse statorique une fois toutes les dents de support et de déphasage assemblées à la culasse statorique.

Brève description des figures

[0035] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, mais nullement limitatif, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

[0036] [Fig.1] est une vue en perspective d'un premier exemple de réalisation d'une machine électrique tournante polyphasée à flux électromagnétique axial.

[0037] [Fig.2] montre une vue éclatée de la machine électrique de la [Fig.1] sans boîtier.

[0038] [Fig.3] montre la machine électrique de la [Fig.2] à l'état assemblé.

[0039] [Fig.4] montre la machine électrique de la [Fig.3] sans rotors.

[0040] [Fig.5] montre une vue schématique d'un exemple de câblage des bobines de la machine électrique de la [Fig.1].

[0041] [Fig.6] montre une culasse statorique de la machine électrique de la [Fig.1].

- [0042] [Fig.7] montre une vue en perspective d'une dent de support de la machine électrique de la [Fig.1].
- [0043] [Fig.8] montre une vue en perspective de la dent de support de la [Fig.7] autour de laquelle une bobine est montée.
- [0044] [Fig.9] montre une vue en perspective d'une dent de déphasage de la machine électrique de la [Fig.1].
- [0045] [Fig.10] montre une vue en perspective de deux dents de déphasage de la [Fig.9] superposées.
- [0046] [Fig.11] montre une vue en perspective de la culasse statorique de la [Fig.6] assemblée aux dents de support et aux dents de déphasage.
- [0047] [Fig.12] montre une vue en perspective de la culasse statorique de la [Fig.6] assemblée à un dispositif de refroidissement.
- [0048] [Fig.13] montre des éléments d'un deuxième exemple de réalisation du stator de la machine électrique.
- [0049] [Fig.14] montre des éléments d'un troisième exemple de réalisation du stator de la machine électrique, à l'état assemblé.
- [0050] [Fig.15] montre la culasse statorique du stator de la [Fig.14] à l'état désassemblé.
- [0051] [Fig.16] montre une vue éclatée d'un quatrième exemple de réalisation de machine électrique.
- [0052] [Fig.17] montre des éléments de la machine électrique de la [Fig.16] à l'état assemblé.
- [0053] Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence.
- [0054] Par soucis de clarté, les bobines sont schématisées sur ces figures par des éléments simplifiés. Cependant, un exemple plus réaliste de bobine est montré en [Fig.8].

Description détaillée

- [0055] Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.
- [0056] La [Fig.1] montre un premier exemple de réalisation d'une machine électrique 100 tournante polyphasée à flux électromagnétique axial, synchrone, de haute fréquence, telle que comprise entre 1kHz et 3kHz, pouvant être utilisée comme moteur électrique ou génératrice.
- [0057] Comme visible sur les figures 2 et 3, la machine électrique 100 comporte au moins un rotor 200, 300 et au moins un stator 1, chacun présentant une forme générale

annulaire, les anneaux étant axialement en vis-à-vis et séparés par un entrefer.

- [0058] Le rotor 200, 300 présente des bobines ou aimants permanents, ici vingt-six aimants permanents 201, 301, par exemple montés en surface sur un anneau de support 202, 302 du rotor 200, 300 ou enterrés dans ce dernier, les bobines ou aimants permanents faisant face au stator 1 ([Fig.3]).
- [0059] La machine électrique 100 peut comporter plusieurs sous-ensembles de rotors et stators se succédant en alternance dans la direction axiale. Dans l'exemple illustré, la machine électrique 100 comme un premier rotor 200, un deuxième rotor 300 et un stator 1 axialement intercalé entre le premier et le deuxième rotors 200, 300. Lorsque la machine électrique 100 comporte un rotor intercalé entre deux stators, les faces opposées du rotor peuvent chacune porter des bobines ou aimants permanents en vis-à-vis d'un stator respectif.
- [0060] Le stator 1 comporte une culasse statorique 2, une pluralité de bobines 4, au moins une première série de dents de support 3 et au moins une première série de dents de déphasage 5. Dans le cas d'une machine électrique 100 comportant un stator 1 interposé axialement entre deux rotors 200, 300, le stator 1 peut comporter une deuxième série de dents de support 3 et une deuxième série de dents de déphasage 5.
- [0061] Les dents de support et de déphasage 3, 5 de la première série sont assemblées sur une première face de la culasse statorique 2 en vis-à-vis des bobines ou aimants permanents 201 du premier rotor 200. Le cas échéant, les dents de support et de déphasage 3, 5 de la deuxième série sont assemblées sur une deuxième face de la culasse statorique 2 axialement opposée à la première face, en vis-à-vis des bobines ou aimants permanents 301 du deuxième rotor 300.
- [0062] L'assemblage des dents de support et de déphasage 3, 5 à la culasse statorique 2 peut être démontable.
- [0063] La culasse statorique 2 présente par exemple un cylindre central 14 et une pluralité d'ouvertures radiales 6, 7 séparées par des branches 10 de la culasse statorique 2 s'étendant radialement du cylindre central 14, par exemple depuis son milieu ([Fig.6]). La culasse statorique 2 et les rotors 200, 300 sont coaxiaux, c'est-à-dire que leurs axes sont confondus. La culasse statorique 2 est magnétique ou non et de préférence massive.
- [0064] Les dents de support 3 de la première et deuxième série peuvent être axialement superposées entre elles deux-à-deux de manière symétrique, les têtes 8 (également appelées "bases de dent") des dents de support 3 étant en contact dans des premières ouvertures radiales 6 de la culasse statorique 2 ([Fig.11]). De même, les dents de déphasage 5 de la première et deuxième série peuvent être axialement superposées entre elles deux-à-deux de manière symétrique, les têtes 11 (également appelées "bases de dent") des dents de déphasage 5 étant en contact dans des deuxièmes ouvertures

radiales 7 de la culasse statorique 2 (figures 10 et 11).

[0065] Le stator 1 présente un nombre N prédéterminé de phases. Dans le présent mode de réalisation, le stator 1 est triphasé, c'est-à-dire qu'il présente trois phases.

[0066] Les bobines 4 sont par exemple multibrins, par exemple composées de vingt et un conducteurs méplats reliés en série et isolés entre eux par de l'isolant électrique. Une pluralité de bobines 4 sont montées autour d'une dent de support 3 respective de la première série, et le cas échéant une pluralité de bobines 4 sont montées autour d'une dent de support 3 de la deuxième série. Les conducteurs des bobines 4 peuvent être d'abord enroulés autour d'un support par exemple plastique, la bobine 4 étant ensuite insérée axialement sur une dent de support 3 respective de la première et deuxième série le cas échéant. Deux dents de support 3 sur trois de chaque série sont par exemple pourvues d'une bobine 4, une dent de support 3 sans bobine étant intercalée entre deux dents de support 3 avec bobine ([Fig.4]). D'autres réalisations sont possibles sur le nombre de dents de support 3 pourvues ou non de bobines.

[0067] Les dents de support 3 et les bobines 4 de la première série, et de la deuxième série le cas échéant, sont distribuées en quartiers monophasés $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6$, une dent de déphasage 5 étant intercalée entre les quartiers monophasés adjacents ([Fig.4]). Chaque bobine 4 appartient à un quartier monophasé de l'une des N phases du stator 1.

[0068] Les quartiers monophasés $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6$ sont décalés d'un angle géométrique équivalent au déphasage électrique imposé par le nombre de phases. La dimension des dents de déphasage 5 est déterminée pour que les quartiers monophasés $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6$ soient déphasés entre eux de cet angle géométrique.

[0069] Par ailleurs, l'angle de déphasage électrique équivalent entre deux encoches (espace entre les dents pour le bobinage), respectivement de la dernière bobine 4 du quartier Q_i et la première du quartier Q_{i+1} qui suit, égal à un multiple de l'angle de déphasage électrique. Par exemple, pour une machine électrique 100 triphasée ($N=3$), l'angle de déphasage électrique est $360/N = 120^\circ$ et l'angle de déphasage électrique équivalent est $k \times 120^\circ$ avec k , un nombre entier.

[0070] On a ici six quartiers monophasés $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6$ décalés d'un angle géométrique de 60° . Le nombre de quartiers peut être différent. C'est un multiple du nombre de phases, par exemple trois, neuf ou douze. S'il y a des dents de support 3 et de déphasage 5 de chaque côté du stator 1, on peut avoir douze dents de déphasage 5. Si chaque quartier monophasé $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6$ comprend trois dents de support 3 de chaque côté du stator 1, on peut avoir trente-six dents de support 3 au total, dont vingt-quatre sont pourvues de bobines 4.

[0071] Les bobines 4 peuvent être connectées en étoile, c'est-à-dire que chaque phase A, B, C comporte un groupe de bobines qui comprend l'ensemble des bobines $A1, A2$ adjacentes en série d'un quartier monophasé $Q1$ d'une même face, en série des bobines

A3, A4 adjacentes en série du quartier monophasé Q4 diamétralement opposé, l'ensemble étant en parallèle de l'ensemble des bobines A5, A6, A7, A8 des quartiers monophasés Q1, Q4 de la face opposée, les groupes de chaque phase A, B, C étant connectés en parallèle ([Fig.5]).

[0072] De manière classique, en fonctionnement de moteur électrique, lorsque les phases du stator 1 sont alimentées par un courant électrique alternatif, un champ électromagnétique à flux axial est généré, traversant axialement la machine électrique 100 d'un rotor 200 à l'autre 300 dans le cas d'une machine électrique à deux rotors 200, 300, en passant par les dents de support 3 portant les bobines 4. Chaque boucle de flux axial traverse deux dents de support 3 superposées, reboucle dans le rotor 200, 300 en extrémité et traverse deux dents de support 3 adjacentes en rebouclant dans le rotor 200, 300 opposé pour fermer la boucle. Ce flux axial agissant sur les aimants permanents 201, 301 des rotors 200, 300, permet d'entraîner en rotation ces derniers, pour entraîner en rotation axiale un arbre (non représenté) solidaire en rotation des rotors 200, 300.

[0073] Les dents de support et de déphasage 3, 5 sont en matériau isolant électrique, par exemple réalisées chacune par empilement de tôles ou par frittage de matériaux SMC (pour « Soft Magnetic Composites » en anglais). Les matériaux composites magnétiques doux (SMC) sont fabriqués à partir de poudres de fer liées. La poudre de fer est recouverte d'une couche isolante et pressée en un matériau solide à l'aide d'une matrice avant un traitement thermique final pour durcir la liaison.

[0074] Les dents de support 3 sont par exemple toutes les mêmes.

[0075] Elles présentent chacune par exemple des sections radiales s'inscrivant dans une forme triangulaire isocèle. Une tête 8 de chaque dent de support 3 coopère par exemple par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire 9 respective ménagée dans les premières ouvertures radiales 6 de la culasse statorique 2. La tête 8 des dents de support 3 est par exemple moins large ou de même largeur (au maximum) que le corps de dent de sorte que les bobines 4 puissent être insérées axialement sur une dent de support 3 respective de la première et deuxième série le cas échéant, en passant par la tête 8 de la dent de support 3.

[0076] Par exemple, les deux côtés opposés de même longueur de la tête 8 coopèrent avec des formes d'assemblage complémentaires 9 réalisées dans les côtés opposés de chacune des premières ouvertures radiales 6 de forme triangulaire isocèle de la culasse statorique 2 ([Fig.6]).

[0077] Selon un exemple de réalisation, les têtes 8 des dents de support 3 présentent une mortaise coopérant avec un tenon de la culasse statorique 2. Plus précisément, la tête 8 des dents de support 3 peut présenter deux rainures rectilignes s'étendant sur un côté respectif de la tête 8, la forme d'assemblage complémentaire 9 étant réalisée par deux

nervures rectilignes complémentaires s'étendant radialement dans les premières ouvertures radiales 6 de la culasse statorique 2 ([Fig.11]).

- [0078] Selon d'autres exemples d'assemblage tenon-mortaise non représentés entre les dents de supports 3 et la culasse statorique 2, le tenon présente par exemple un mâle en queue d'aronde ou pied de sapin et la mortaise présente une forme complémentaire.
- [0079] L'extrémité des dents de support 3 appelée isthme (également appelée "pied de dent"), destinée à faire face à un rotor 200, 300, à l'opposé de la tête 8, peut présenter une ailette 13, de surface plane, s'étendant au-delà du corps de dent portant la bobine 4 (figures 7 et 8). Les ailettes 13 forment avec le corps de dent, par exemple une section transversale en forme de T ou en forme de T chanfreinée. D'autres formes sont bien sûr envisageables. Elles permettent de protéger les bobines 4 intercalées entre les ailettes 13 et la tête 8, sous la barre du T ([Fig.8]).
- [0080] Les dents de déphasage 5 sont par exemple toutes les mêmes. Le nombre de dents de déphasage 5 est inférieur ou égal au nombre de dents de support 3.
- [0081] Les dents de déphasage 5 présentent chacune par exemple des sections radiales s'inscrivant dans une forme triangulaire isocèle. Une tête 11 de chaque dent de déphasage 5 coopère par exemple par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire 12 respective ménagée dans les deuxièmees ouvertures radiales 7 de la culasse statorique 2.
- [0082] Par exemple, les deux côtés opposés de même longueur de la tête 11 coopèrent avec des formes d'assemblage complémentaires 12 réalisées dans les côtés opposés de chacune des deuxièmees ouvertures radiales 7 dont la forme s'inscrit dans un triangle isocèle de la culasse statorique 2 ([Fig.6]). Les dents de déphasage 5 sont par exemple plus larges que les dents de support 3 et par conséquent, les deuxièmees ouvertures radiales 7 de la culasse statorique 2 sont plus larges que les premières ouvertures radiales 6.
- [0083] Selon un exemple de réalisation, les dents de déphasage 5 sont formées de deux parties adjacentes 5a, 5b symétriques ([Fig.9]).
- [0084] Selon un exemple de réalisation, dans le cas d'une machine électrique 100 comportant un stator 1 interposé axialement entre deux rotors 200, 300, on peut prévoir que les parties symétriques 5a ou 5b axialement des dents 5 superposées soient solidarisées entre elles deux à deux (non représenté), par exemple par collage ou sont réalisées d'une seule pièce ([Fig.2]) comme on le verra plus loin. Les têtes 11 des parties symétriques axialement des dents de déphasage 5 peuvent alors présenter deux tenons rectilignes et parallèles s'étendant sur un côté respectif des dents 5. La forme d'assemblage complémentaire 12 peut être réalisée par les côtés des deuxièmees ouvertures radiales 7, pris en sandwich par la mortaise des tenons des dents de déphasage 5 ([Fig.11]). Un autre exemple sera donné plus loin pour le cas où la machine

électrique 100 ne comporte qu'un seul rotor 200.

- [0085] Selon d'autres exemples d'assemblage tenon-mortaise non représentés entre les dents de déphasage 5 et la culasse statorique 2, le tenon présente par exemple un mâle en queue d'aronde ou pied de sapin et la mortaise présente une forme complémentaire.
- [0086] L'extrémité des dents de déphasage 5 appelée isthme (également appelée "pied de dent"), destinée à faire face à un rotor 200, 300, à l'opposé de la tête 11, peut présenter une ailette 16, de surface plane, s'étendant au-delà du corps de dent. Les ailettes 16 forment avec le corps de dent, une section transversale par exemple en forme de T ou en forme de T chanfreinée. D'autres formes sont bien sûr envisageables. Ces ailettes 16 permettent, comme les ailettes 13 des dents de support 3, de protéger les bobines 4, la barre du T des dents de déphasage 5 couvrant partiellement les bobines 4 montées sur la dent de support 3 adjacente ([Fig.4]).
- [0087] Cet assemblage des dents de support 3 et de déphasage 5 à la culasse statorique 2, associé à un bobinage par quartiers monophasés, permet d'augmenter le coefficient de remplissage, par exemple pour atteindre des coefficients de remplissage de l'ordre de 50%, ce qui permet la maîtrise de l'extraction des calories générées tout en garantissant une isolation électrique optimale.
- [0088] De plus, le coefficient de remplissage peut être maximisé tout en conservant les ailettes 13, 16 des isthmes des dents 3, 5. Cela permet notamment de minimiser les pertes Joules, en maximisant la section de cuivre et en protégeant les bobines des flux de fuite au niveau de l'entrefer. De plus, la forme et dimensions des isthmes peut être définie par conception sans contrainte d'assemblage particulière de sorte que la qualité du couple mécanique délivré par la machine électrique 100 peut être améliorée.
- [0089] Avec cette configuration où le bobinage est concentré sur des dents de support 3 distribuées en quartiers monophasés, la compacité de la machine électrique 100 est augmentée et on garantit sa répétabilité de fabrication industrielle sur grande échelle, tout en maîtrisant les performances en charge. Par ailleurs, le nombre de soudures est réduit. De plus, cette architecture permet d'améliorer le refroidissement de la machine électrique 100, en permettant d'intégrer un refroidissement notamment traversant comme décrit ci-après, qui permet d'atteindre des charges linéiques élevées. Enfin, l'adaptation à des plus hauts niveaux de tension est aussi facilitée par cette distribution du bobinage.
- [0090] Selon un exemple de réalisation, le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comportant au moins un premier et/ou un deuxième circuit interne 21, 22 entourant la périphérie radiale interne de la culasse statorique 2 (figures 2 et 12).
- [0091] Le premier et le deuxième circuit interne 21, 22 comportent un anneau tubulaire respectif, coaxial à la culasse statorique 2, faisant axialement face aux chignons des bobines 4 situés du côté le plus proche de l'axe. L'anneau tubulaire est radialement

intercalé sur un disque de la culasse statorique 2 entre les extrémités des dents de supports 3 et le cylindre central 14 de la culasse statorique 2, par exemple au plus proche des dents de supports 3. Il peut être maintenu au moyen de protubérances radiales de la culasse statorique 2.

- [0092] Le premier circuit interne 21 est intercalé axialement entre la première face de la culasse statorique 2 et les chignons des bobines 4 de la première série. Le deuxième circuit interne 22 est intercalé axialement entre la deuxième face de la culasse statorique 2 opposée à la première face, et les chignons des bobines 4 de la deuxième série.
- [0093] Le premier et le deuxième circuit interne 21, 22 présentent également au moins une amenée de fluide 24 respective ou commune aux deux circuits internes 21, 22, raccordée à l'anneau tubulaire, en traversant la tête 11 d'une dent de déphasage 5 (figures 4 et 12). Les amenées de fluide 24 du premier et du deuxième circuit interne 21, 22 le cas échéant, peuvent être superposées et traverser la tête 11 de la dent de déphasage 5 au niveau du même passage. Selon un autre exemple, il y a une amenée de fluide 24 commune au premier et deuxième circuit interne 21, 22, l'amenée de fluide 24 traversant radialement la dent de déphasage 5 et axialement la culasse statorique 2 pour mettre en communication le premier et le deuxième circuit interne 21, 22.
- [0094] Une dent ou toutes les dents de déphasage 5 peuvent être traversantes pour toutes faire passer des amenées de fluide 24 des circuits internes 21, 22 du dispositif de refroidissement 20.
- [0095] Selon un premier exemple de réalisation, le premier et/ou deuxième circuit interne 21, 22 présente au moins une sortie de fluide (non représentée) respective ou commune aux deux circuits internes 21, 22, raccordée à l'anneau tubulaire, en traversant la tête 11 d'une dent de déphasage 5. Les sorties de fluide du premier et du deuxième circuit interne 21, 22 le cas échéant, peuvent être superposées et traverser la tête 11 de la dent de déphasage 11 au niveau du même passage. Selon un autre exemple, il y a une sortie de fluide commune au premier et deuxième circuit interne 21, 22, la sortie de fluide traversant axialement la dent de déphasage 5 et axialement la culasse statorique 2 pour mettre en communication le premier et le deuxième circuit interne 21, 22.
- [0096] Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide 24 et sort par la au moins une sortie de fluide. Le fluide circule en circuit fermé dans le premier et/ou deuxième circuit 21, 22 qui refroidit les chignons des bobines 4 par conduction des parois des circuits 21, 22. Le fluide est par exemple de l'eau.
- [0097] Selon un deuxième exemple de réalisation, l'anneau tubulaire du premier et du deuxième circuit interne 21, 22 comporte respectivement au moins un trou d'éjection 23, par exemple une pluralité de trous d'éjection 23 régulièrement répartis sur la périphérie de l'anneau tubulaire, ici douze par anneau, ménagés du côté de l'anneau

tubulaire faisant face aux chignons des bobines 4 ([Fig.12]).

- [0098] Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide 24 et sort par le au moins un trou d'éjection 23. Le fluide circule en circuit ouvert, il est éjecté du premier et/ou deuxième circuit 21, 22 pour refroidir les chignons de bobine 4. Le fluide peut être tout liquide isolant électrique et caloporteur, permettant de refroidir un composant, comme de l'huile.
- [0099] Selon un exemple de réalisation, une cavité 25 ouverte du côté de la tête 11, est délimitée par deux parties adjacentes 5a, 5b symétriques des dents de déphasage 5 pour le passage des amenées de fluide 24 ([Fig.9]).
- [0100] Par ailleurs, dans le cas d'un stator 1 intercalé entre deux rotors 200, 300, les têtes 11 des deux dents de déphasage 5 de la première et deuxième série, chacune en deux parties adjacentes 5a, 5b, peuvent être axialement en contact ou d'une seule pièce axialement, pour mettre en communication les cavités 25 des deux dents de déphasage 5.
- [0101] Alternativement ou en complément, le dispositif de refroidissement 20 comporte un circuit externe 26 entourant la périphérie radiale externe de la culasse statorique 2 en étant maintenu par des extrémités de la culasse statorique 2 (figures 2 et 12). Dans ce cas, la culasse statorique 2 est de préférence non magnétique et massive.
- [0102] Le circuit externe 26 comporte un anneau tubulaire, coaxial à la culasse statorique 2, faisant axialement face aux chignons des bobines 4 situés du côté le plus éloigné de l'axe. L'anneau tubulaire est par exemple inséré dans une rainure d'extrémité périphérique 27 ménagée dans les extrémités des branches 10 de la culasse statorique 2 ([Fig.11]). Cette rainure périphérique 27 peut être formée par le prolongement radial des formes d'assemblage complémentaires 9 de la culasse statorique 2 (tenons par exemple) s'étendant au-delà des dents 3, 5.
- [0103] Le circuit externe 26 présente également au moins une amenée de fluide 24 raccordée à l'anneau tubulaire, pouvant être superposée aux amenées de fluide 24 du premier et du deuxième circuits internes 21, 22 (figures 4 et 12).
- [0104] Selon un premier exemple de réalisation, le circuit externe 26 présente au moins une sortie de fluide (non représentée) raccordée à l'anneau tubulaire. Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide 24 et sort par la au moins une sortie de fluide. Le fluide circule en circuit fermé dans le circuit externe 26 qui refroidit les chignons des bobines 4 par conduction des parois des circuits 21, 22. Le fluide est par exemple de l'eau.
- [0105] Selon un deuxième exemple de réalisation, l'anneau tubulaire du circuit externe 26 comporte au moins un trou d'éjection 23, par exemple une pluralité de trous d'éjection 23 régulièrement répartis sur la périphérie de l'anneau tubulaire, ici douze trous d'éjection 23, ménagés de chaque côté de l'anneau tubulaire faisant face aux chignons

des bobines 4 de la première et de la deuxième série le cas échéant.

- [0106] Dans cet exemple de réalisation, le fluide entre par la au moins une amenée de fluide 24 et sort par le au moins un trou d'éjection 23. Le fluide circule en circuit ouvert, il est éjecté du circuit externe 26 pour refroidir les chignons de bobine 4. Le fluide peut être tout liquide isolant électrique et caloporteur, permettant de refroidir un composant, comme de l'huile.
- [0107] On peut en outre prévoir que le boîtier 17 de la machine électrique 100 recevant le stator 1 et les rotors 200, 300, présente au moins un orifice de sortie, par exemple ménagé dans une paroi latérale du boîtier 17 à hauteur de la culasse statorique 2, pour permettre à l'huile des circuits internes ou externe 21, 22, 26 de sortir du boîtier 17 de la machine électrique 100 par exemple par gravité.
- [0108] On peut également prévoir que le stator 1 comporte au moins un rebord annulaire de guidage s'étendant radialement à une extrémité du cylindre central 14 de la culasse statorique 2, pour guider le retour d'huile éjectée autour du cylindre central 14 vers l'orifice de sortie. Les rebords annulaires de guidage peuvent être formés dans un anneau 18 respectif du stator 1. Il y a par exemple deux anneaux 18 fixés respectivement de part et d'autre du cylindre central 14 de la culasse statorique 2 lorsque le stator 1 présente une première et une deuxième série de dents 3, 5 ([Fig.2]).
- [0109] Les circuits internes et/ou externe 21, 22, 26 du dispositif de refroidissement 20 permettent de refroidir les chignons des bobines 4 au plus près des bobines 4, là où se situent les points chauds de la machine électrique 100. Par ailleurs, dans le cas de circuits ouverts, un dispositif de refroidissement 20 s'étendant en périphérie interne et externe du stator 1 permet de refroidir les bobines 4 avec des jets d'huile dont la distribution est plus uniforme.
- [0110] Nous allons décrire maintenant un exemple de procédé d'assemblage d'une machine électrique 100 tournante polyphasée à flux électromagnétique axial.
- [0111] Pour assembler la machine électrique 100, on commence par assembler le stator 1. Pour cela, on insère les bobines 4 axialement sur une dent de support 3 respective de la première et deuxième série le cas échéant, en passant les bobines 4 par la tête 8 des dents de support 3
- [0112] Puis, on assemble les dents de support 3 pourvues ou non de bobines dans les premières ouvertures radiales 6 de la culasse statorique 2 et les dents de déphasage 5 dans les deuxièmes ouvertures radiales 7, par exemple par insertion radiale. Les espaces résiduels entre les bobines 4 et la culasse statorique 2 peuvent être comblés par du vernis.
- [0113] Lorsque le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comprenant un premier et/ou deuxième circuit interne 21, 22, on monte le premier et/ou le deuxième circuit interne 21, 22 autour du cylindre central 14 avant d'assembler les dents de

support 3 et de déphasage 5 et on fait passer la au moins une amenée de fluide 24 des circuits internes 21, 22 à travers au moins une dent de déphasage 5.

- [0114] Lorsque le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comprenant un circuit externe 26, on monte le circuit externe 26 sur les extrémités de la culasse statorique 2 une fois toutes les dents de support 3 et de déphasage 5 assemblées à la culasse statorique 2.
- [0115] Puis, on interconnecte les bobines 4 et on monte le stator 1 et ici les deux rotors 200, 300 de part et d'autre du stator 1, dans le boîtier 17 de la machine électrique 100.
- [0116] On comprend de ce qui précède que cette procédure d'assemblage est appropriée pour une production à grande échelle. En effet, les dents de support 3 peuvent être bobinées aisément par insertion axiale, en passant par la tête 8.
- [0117] La [Fig.13] montre un deuxième exemple de réalisation du stator 1.
- [0118] Cet exemple se différencie du précédent par le fait qu'ici, les dents de support 3 de la première et de la deuxième série qui sont axialement superposées entre elles deux-à-deux, sont réalisées en une seule pièce. Les dents de support 3 sont alors rattachées l'une à l'autre par leurs têtes 8 respectives.
- [0119] De plus, dans cet exemple, les dents de déphasage 5 de la première et de la deuxième série qui sont axialement superposées entre elles deux-à-deux sont également réalisées en une seule pièce. Les dents de déphasage 5 sont alors rattachées l'une à l'autre par leurs têtes 11 respectives.
- [0120] Les isthmes des dents de support 3 et de dent de déphasage 5 ne présentent pas d'ailettes de manière à permettre l'insertion axiale des bobines 4 sur les dents de support 3 en passant par les isthmes des dents 3, 5.
- [0121] Les autres éléments de ce mode de réalisation sont similaires à ceux du premier mode de réalisation décrit.
- [0122] Les figures 14 et 15 montrent un troisième exemple de réalisation du stator 1 de la machine électrique 100 dans le cas où cette dernière comporte un dispositif de refroidissement présentant un premier et/ou deuxième circuit interne 21, 22 et/ou un circuit externe 26, en circuit ouvert.
- [0123] Dans cet exemple des canaux 29 sont réalisés dans la culasse statorique 2 par exemple réalisée en deux parties 2a, 2b s'assemblant axialement. Plus précisément, par exemple, un canal 29 de retour d'huile est ménagé dans au moins une branche 10 de la culasse statorique 2 séparant deux premières ouvertures radiales 6. Chaque canal 29 s'étend radialement dans une branche 10 respective pour déboucher à son extrémité. Les canaux 29 ménagés dans les branches 10 peuvent communiquer avec un conduit cylindrique 31 commun ménagé dans le cylindre central 14 de la culasse statorique 2 et fermé aux extrémités axiales, par exemple au moyen d'un anneau 18 respectif.
- [0124] Ce circuit de récupération d'huile interne à la culasse statorique 2 formé par les

canaux 29 de retour d'huile et le conduit cylindrique 31, permettent une meilleure circulation d'huile, notamment pour évacuer l'huile pouvant s'écouler à côté des bobines 4 dans la rainure d'extrémité périphérique 27. Cette huile peut ensuite s'écouler par gravité à travers un autre canal débouchant de la culasse statorique 2 d'une autre branche 30.

- [0125] Les autres éléments de ce mode de réalisation sont similaires à ceux des premiers modes de réalisation décrits.
- [0126] Les figures 16 et 17 montrent un quatrième exemple de réalisation d'une machine électrique 100.
- [0127] Cette machine électrique 100 se distingue des précédentes par le fait qu'elle ne comporte qu'un seul rotor 200, le stator 1 ne comportant qu'une seule première série de dents de supports 3 et une seule première série de dents de déphasage 5 assemblées sur une première face de la culasse statorique 2 en vis-à-vis des bobines ou aimants permanents 201 du rotor 200.
- [0128] Le stator 1 comporte ainsi dans l'exemple illustratif six dents de déphasage 5, dix-huit dents de support 3, dont douze sont pourvues de bobines 4.
- [0129] De manière classique, en fonctionnement de moteur électrique, lorsque les phases du stator 1 sont alimentées par un courant électrique alternatif, un champ électromagnétique à flux axial est généré, traversant axialement la machine électrique 100 d'un rotor 200 au stator 1, en passant par les dents de support 3 portant les bobines 4. Chaque boucle de flux axial traverse une dent de support 3 pourvue d'une bobine 4, reboucle dans le rotor 200 et traverse une dent de support 3 adjacente en rebouclant dans la culasse statorique 2 pour fermer la boucle. Ce flux axial agissant sur les aimants permanents 201 du rotor 200 permet d'entraîner en rotation ce dernier, pour entraîner en rotation axiale un arbre (non représenté) solidaire en rotation du rotor 200.
- [0130] Selon un exemple de réalisation, l'assemblage des dents de support 3 et de déphasage 5 à la culasse statorique 2 est un assemblage tenon-mortaise. Par exemple, les dents de support 3 et de déphasage 5 présentent une mortaise coopérant avec un tenon de la culasse statorique 2. Plus précisément, les têtes 8, 11 des dents de support 3 et de déphasage 5 peuvent présenter deux rainures rectilignes s'étendant sur un côté respectif de la tête 8, 11, la forme d'assemblage complémentaire 9, 12 étant réalisée par deux nervures rectilignes complémentaires s'étendant radialement de la culasse statorique 2, dans les premières ou deuxièmes ouvertures radiales 6, 7.
- [0131] Dans cet exemple de réalisation, le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comportant un seul premier circuit interne 21 entourant la périphérie radiale interne de la culasse statorique 2 et un circuit externe 26 entourant la périphérie radiale externe de la culasse statorique 2.
- [0132] L'anneau tubulaire du circuit externe 26 est par exemple collé ou clipsé dans les ex-

trémities de la culasse statorique 2.

- [0133] Pour assembler une machine électrique 100 tournante polyphasée à flux électromagnétique axial de ce mode de réalisation, on commence par assembler le stator 1. Pour cela, on insère les bobines 4 axialement sur une dent de support 3 respective de la première série en passant les bobines 4 par la tête 8 des dents de support 3.
- [0134] Puis, on assemble les dents de support 3 pourvues ou non de bobines dans les premières ouvertures radiales 6 de la culasse statorique 2 et les dents de déphasage 5 dans les deuxièmes ouvertures radiales 7, par exemple par insertion radiale. Les espaces résiduels entre les bobines 4 et la culasse statorique 2 peuvent être comblés par du vernis.
- [0135] Lorsque le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comprenant un premier circuit interne 21, on monte le premier circuit interne 21 autour du cylindre central 14 avant d'assembler les dents de support 3 et de déphasage 5 et on fait passer la au moins une amenée de fluide 24 du circuit interne 21 à travers au moins une dent de déphasage 5.
- [0136] Lorsque le stator 1 comporte un dispositif de refroidissement 20 comprenant un circuit externe 26, on monte le circuit externe 26 sur les extrémités de la culasse statorique 2 une fois toutes les dents de support 3 et de déphasage 5 assemblées à la culasse statorique 2.
- [0137] Puis, on interconnecte les bobines 4 et on monte le stator 1 et le rotor 200 dans le boîtier 17 de la machine électrique 100.
- [0138] Les autres éléments de ce mode de réalisation sont similaires à ceux des premiers modes de réalisation décrits.

Revendications

- [Revendication 1] Stator (1) de machine électrique (100) tournante polyphasée à flux électromagnétique axial comportant :
- une culasse statorique (2),
 - au moins une première série de dents de support (3),
 - une pluralité de bobines (4) montées autour d'une dent de support (3) respective de la première série,
- caractérisé en ce qu'il comporte :
- au moins une première série de dents de déphasage (5), les dents de support et de déphasage (3, 5) de la première série étant assemblées sur une première face de la culasse statorique (2), les dents de support (3) étant distribuées en quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6), une dent de déphasage (5) étant intercalée entre les quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) adjacents.
- [Revendication 2] Stator (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte :
- une deuxième série de dents de support (3),
 - une pluralité de bobines (4) montées autour d'une dent de support (3) respective de la deuxième série,
 - une deuxième série de dents de déphasage (5), les dents de support et de déphasage (3, 5) de la deuxième série étant assemblées sur une deuxième face de la culasse statorique (2) axialement opposée à la première face, les dents de support (3) étant distribuées en quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6), une dent de déphasage (5) étant intercalée entre les quartiers monophasés (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) adjacents.
- [Revendication 3] Stator (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les dents de support (3) de la première et de la deuxième série sont axialement superposées entre elles deux-à-deux, des têtes (8) des dents de support (3) étant en contact dans des premières ouvertures radiales (6) de la culasse statorique (2) et les dents de déphasage (5) de la première et de la deuxième série sont axialement superposées entre elles deux-à-deux, des têtes (11) des dents de déphasage (5) étant en contact dans des deuxième ouvertures radiales (7) de la culasse statorique (2).
- [Revendication 4] Stator (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les dents de support (3) de la première et de la deuxième série axialement superposées entre elles deux-à-deux sont réalisées en une seule pièce et/

ou les dents de déphasage (5) de la première et de la deuxième série axialement superposées entre elles deux-à-deux sont réalisées en une seule pièce.

- [Revendication 5] Stator (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une tête (8) de chaque dent de support (3) coopère par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire (9) respective ménagée dans des premières ouvertures radiales (6) de la culasse statorique (2).
- [Revendication 6] Stator (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une tête (11) de chaque dent de déphasage (5) coopère par un assemblage tenon-mortaise avec une forme d'assemblage complémentaire (12) respective ménagée dans des deuxièmees ouvertures radiales (7) de la culasse statorique (2).
- [Revendication 7] Stator (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un isthme de chaque dent de support (3) et de dent de déphasage (5) destinée à faire face à un rotor (200, 300), à l'opposé de la tête (8, 11), présente une ailette (13, 16) s'étendant au-delà du corps de dent, la tête (8) des dents de support (3) étant moins large ou de même largeur que le corps de dent de sorte que les bobines (4) puissent être insérées axialement sur une dent de support (3) respective en passant par la tête (8).
- [Revendication 8] Stator (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de refroidissement (20) comportant un premier et/ou un deuxième circuit interne (21, 22) entourant une périphérie radiale interne de la culasse statorique (2), le premier et/ou deuxième circuit interne (21, 22) traversant au moins une tête (11) de dent de déphasage (5).
- [Revendication 9] Stator (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de refroidissement (20) comportant un circuit externe (26) entourant la périphérie radiale externe de la culasse statorique (2) en étant maintenu par des extrémités de la culasse statorique (2).
- [Revendication 10] Stator (1) selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'un canal (29) de retour d'huile est ménagé dans au moins une branche (10) de la culasse statorique (2) séparant deux premières ouvertures radiales (6), la culasse statorique (2) étant réalisée en deux parties (2a, 2b) s'assemblant axialement.
- [Revendication 11] Machine électrique (100) tournante polyphasée à flux électromagnétique

axial comprenant au moins un rotor (200, 300), caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un stator (1) selon l'une des revendications précédentes.

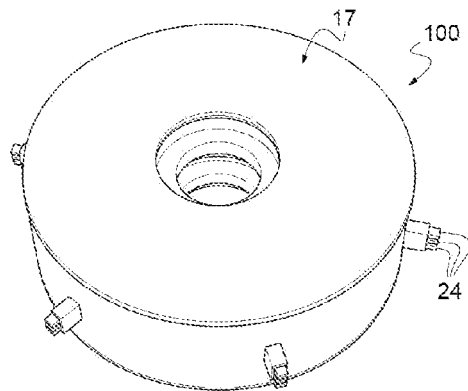
[Revendication 12] Procédé d'assemblage d'un stator (1) de machine électrique (100) tournante polyphasée à flux électromagnétique axial selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel :

- on insère les bobines (4) axialement sur une dent de support (3) respective en passant les bobines (4) par la tête (8) des dents de support (3),
- puis, on assemble les têtes (8) des dents de support (3) dans des premières ouvertures radiales (6) de la culasse statorique (2) et les têtes (11) des dents de déphasage (5) dans des deuxièmes ouvertures radiales (7).

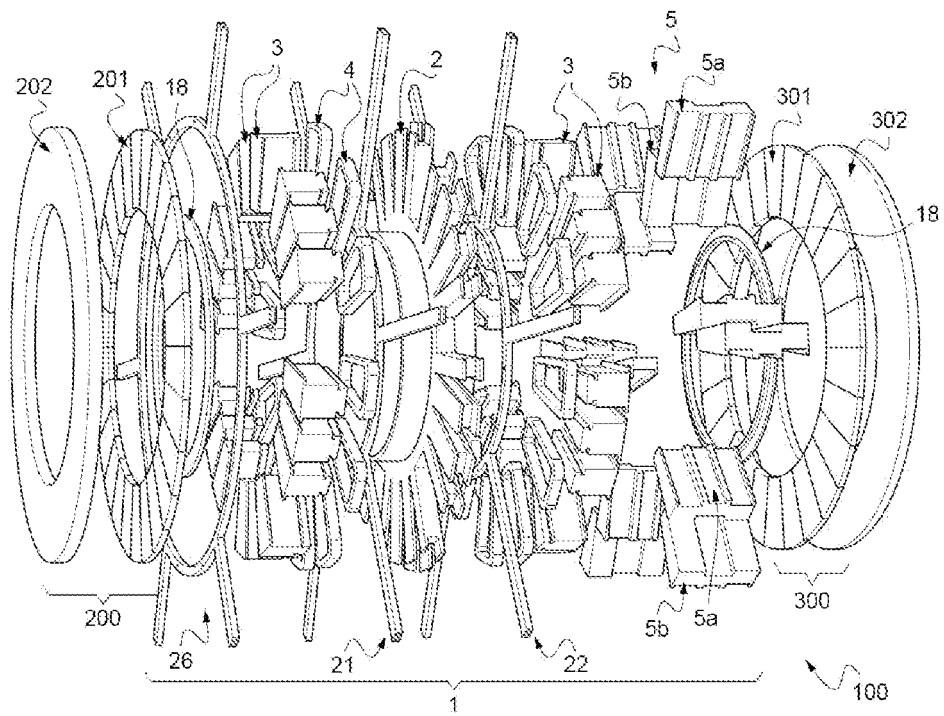
[Revendication 13] Procédé d'assemblage d'un stator (1) selon la revendication précédente, dans lequel :

- on monte un premier et/ou un deuxième circuit interne (21, 22) autour d'un cylindre central (14) de la culasse statorique (2) avant d'assembler les dents de support (3) et de déphasage (5) et on fait passer au moins une amenée de fluide (24) du premier et/ou deuxième circuit interne (21, 22) à travers au moins une dent de déphasage (5), et
- on monte un circuit externe (26) sur les extrémités de la culasse statorique (2) une fois toutes les dents de support (3) et de déphasage (5) assemblées à la culasse statorique (2).

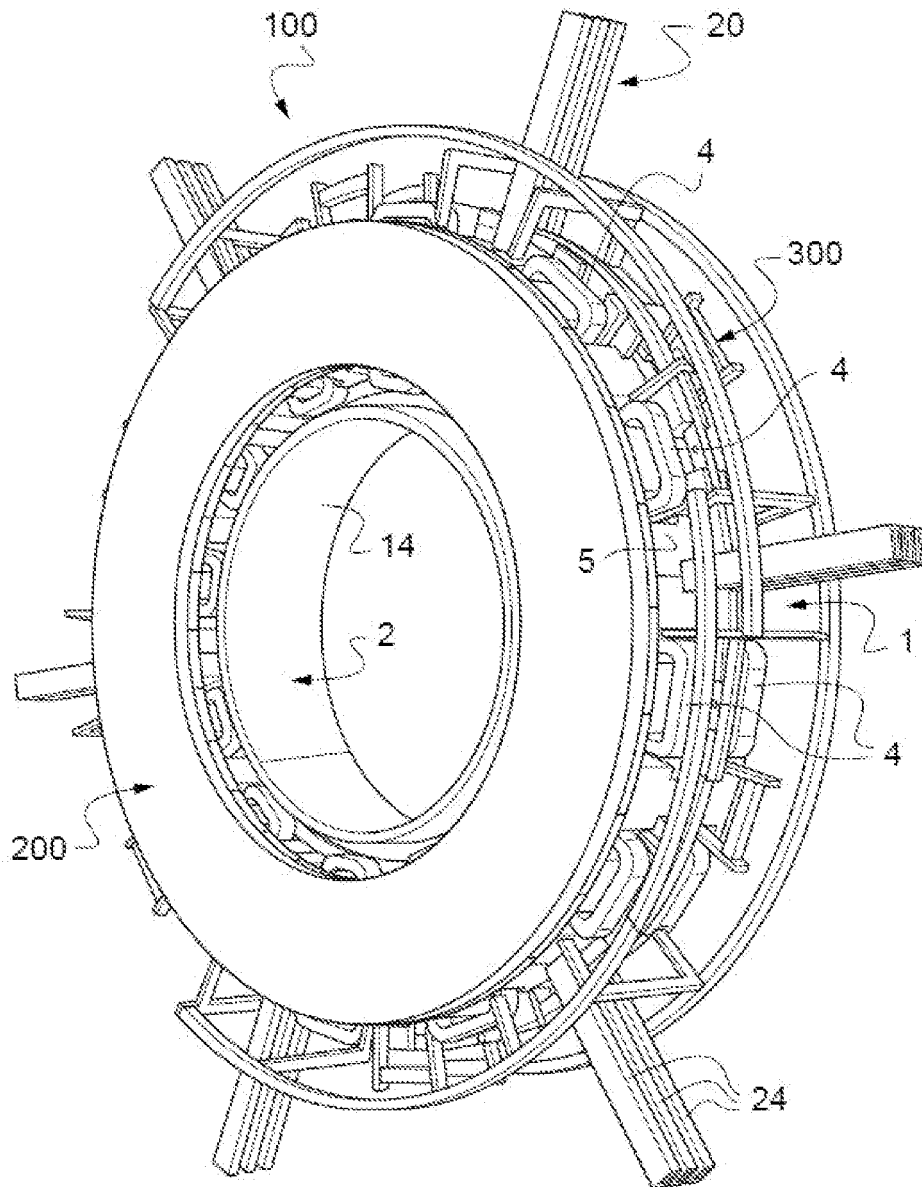
[Fig. 1]

Fig.1

[Fig. 2]

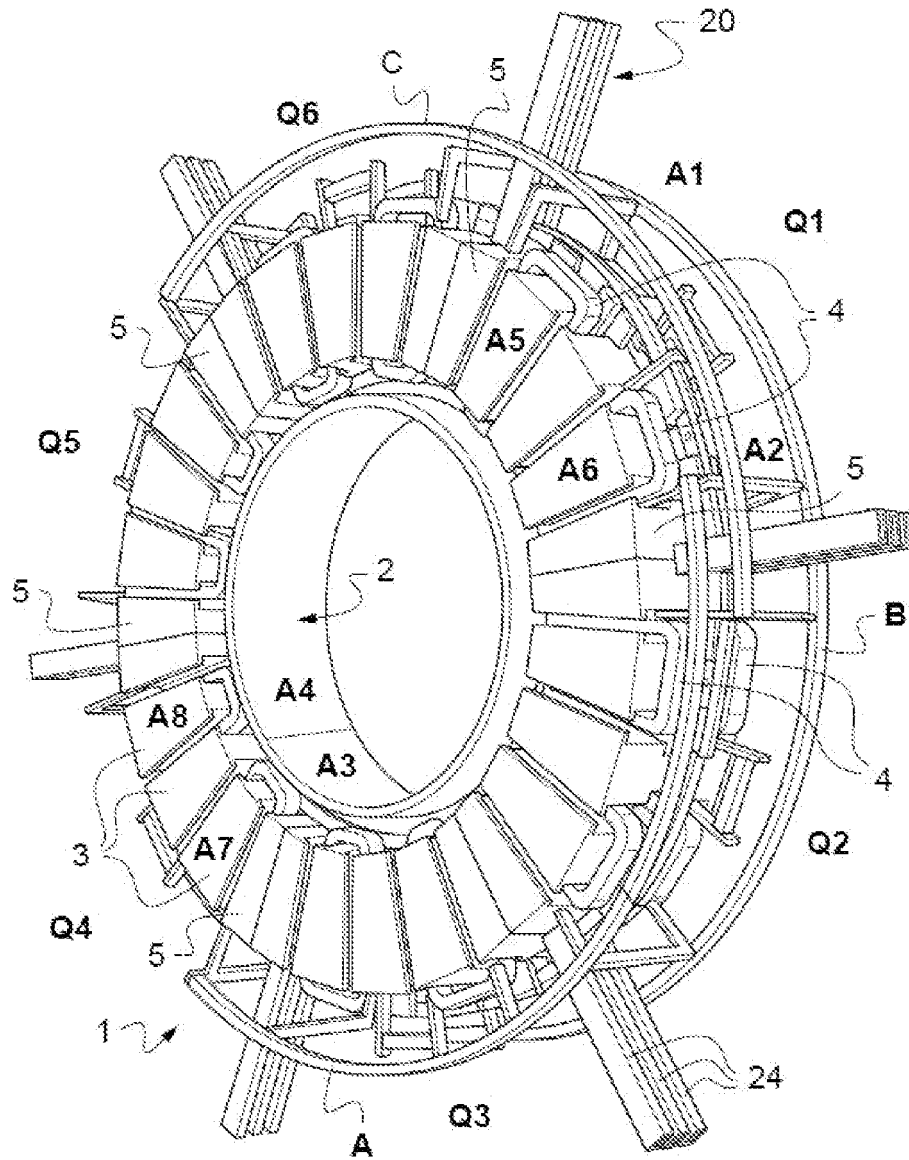
Fig.2

[Fig. 3]

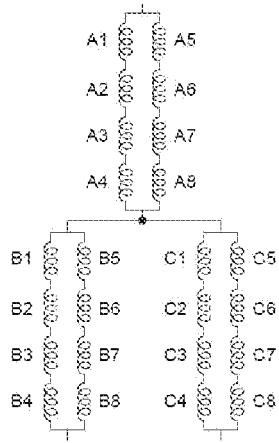
Fig.3

[Fig. 4]

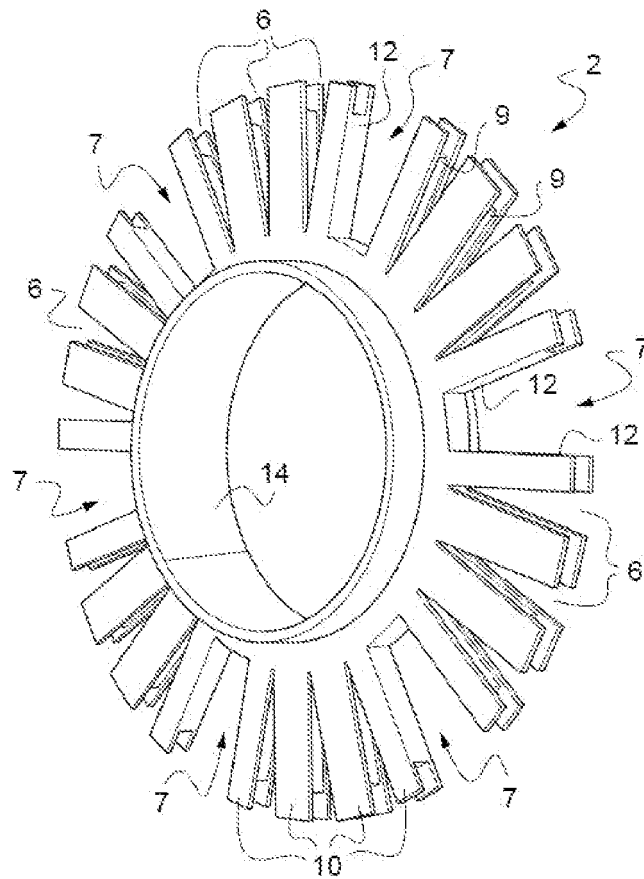
Fig.4



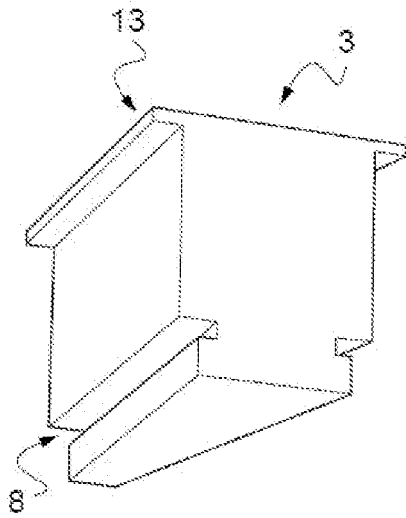
[Fig. 5]

Fig.5

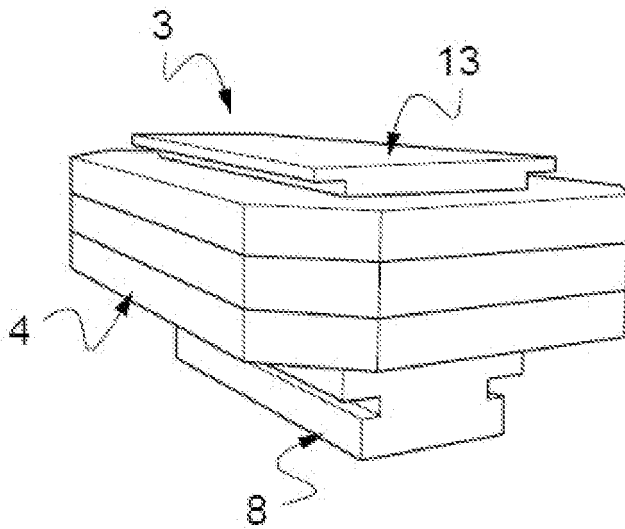
[Fig. 6]

Fig.6

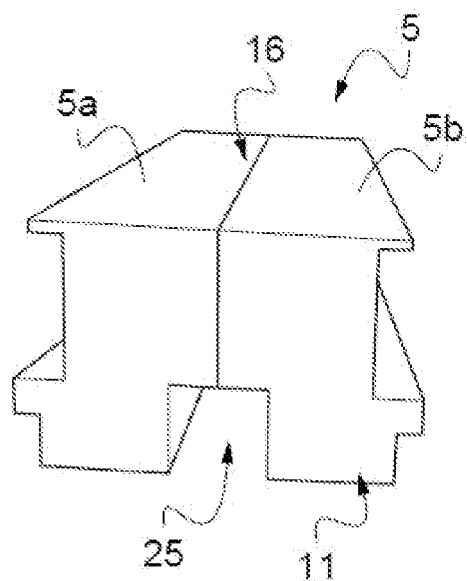
[Fig. 7]

Fig.7

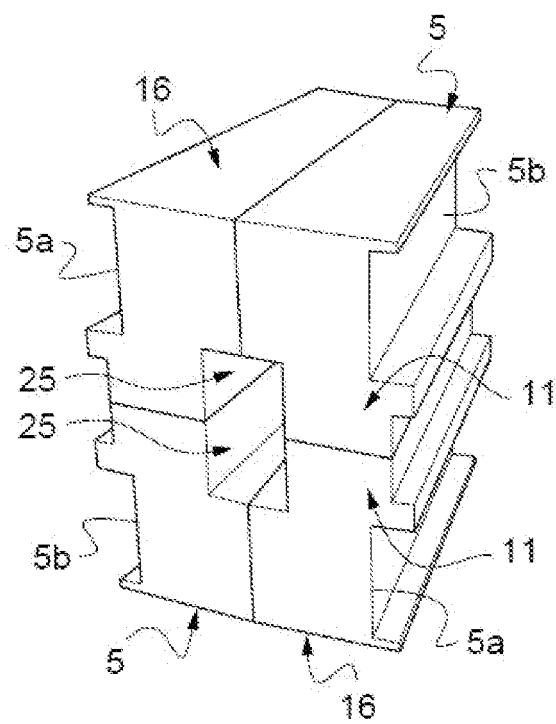
[Fig. 8]

Fig.8

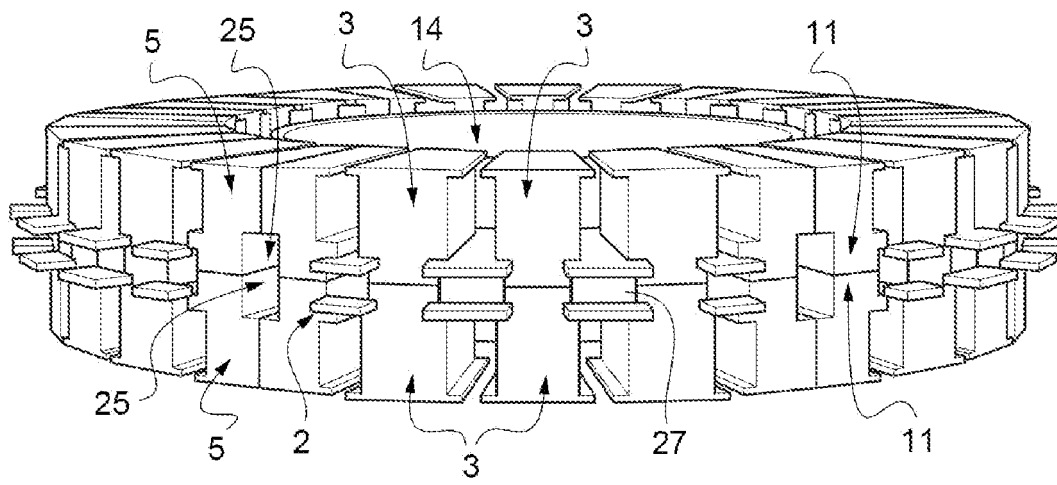
[Fig. 9]

**Fig.9**

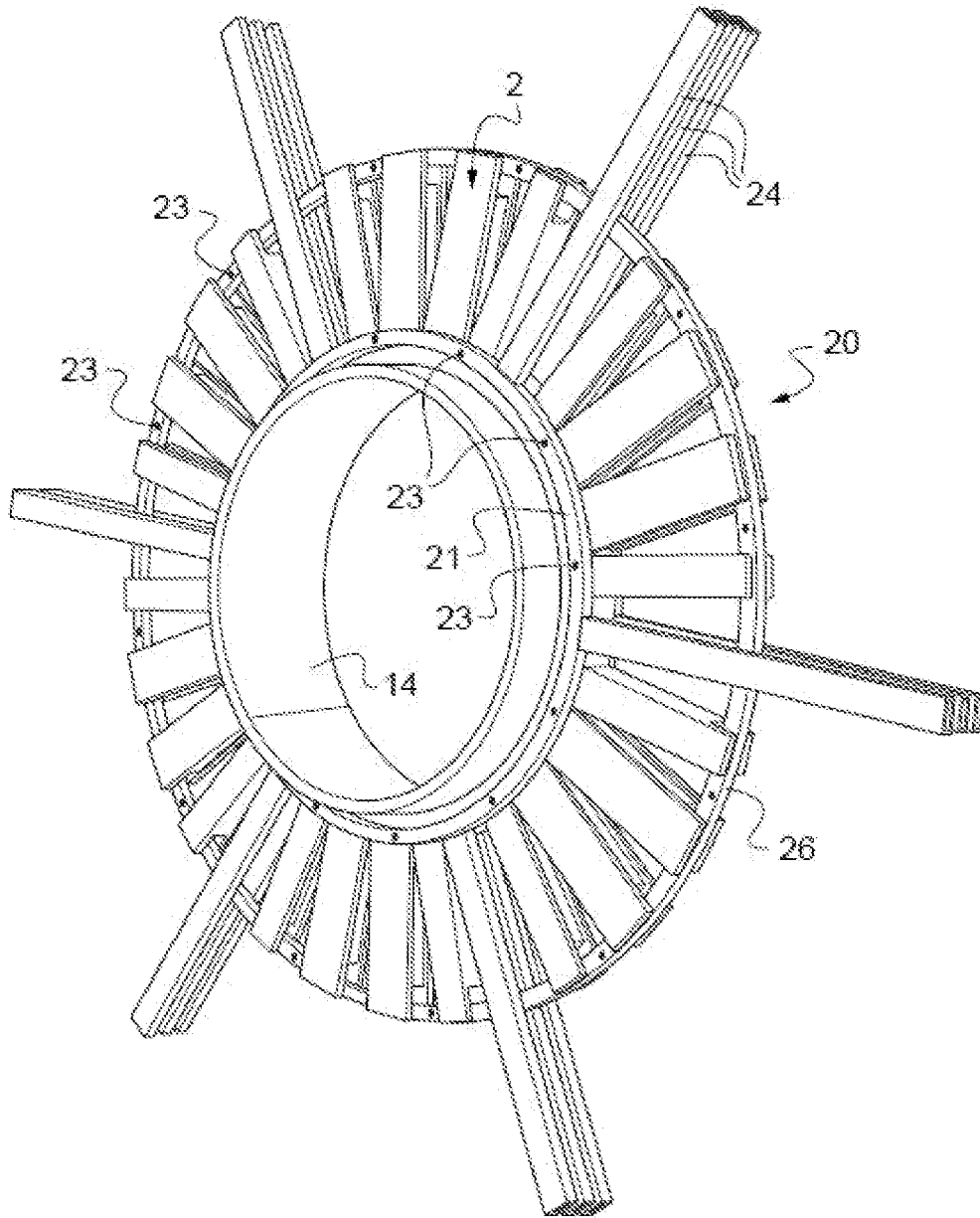
[Fig. 10]



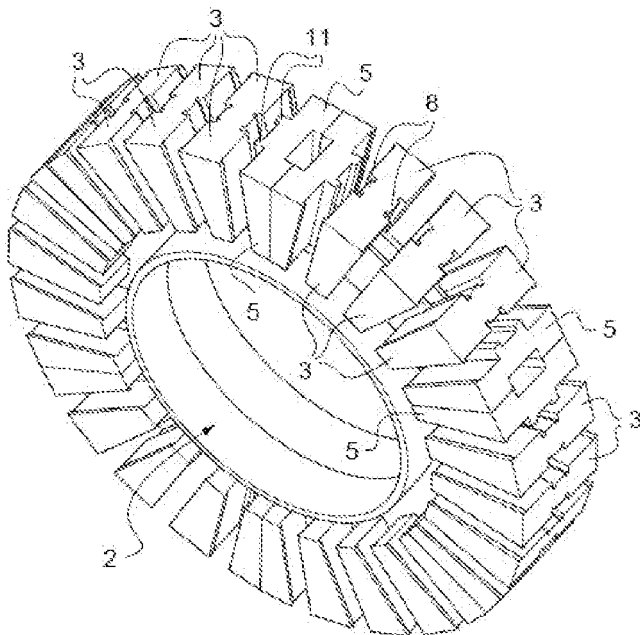
[Fig. 11]

Fig.11

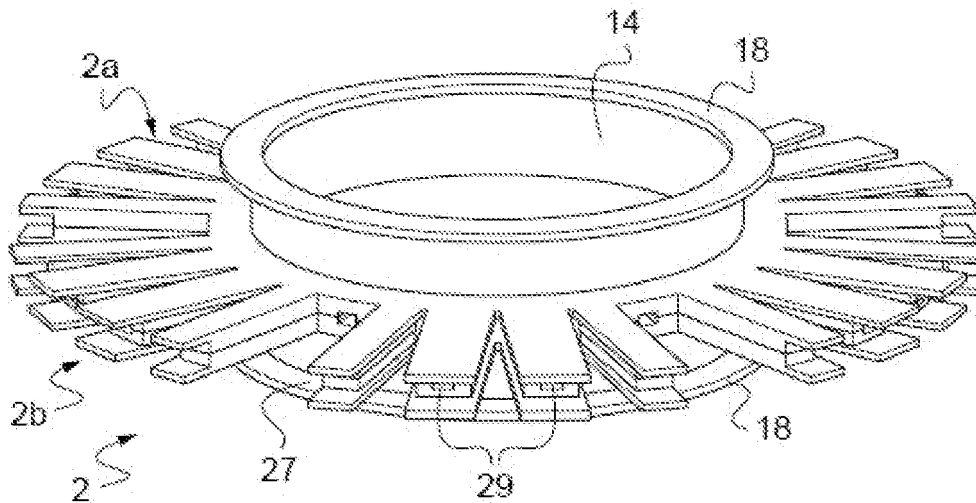
[Fig. 12]

Fig.12

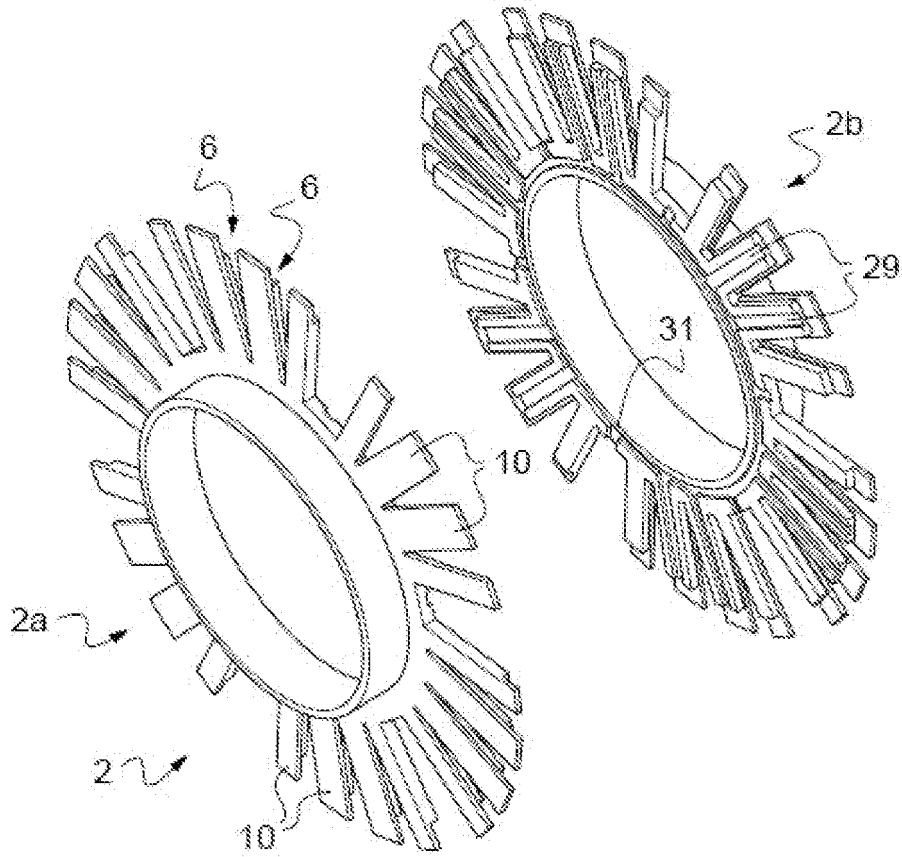
[Fig. 13]

Fig.13

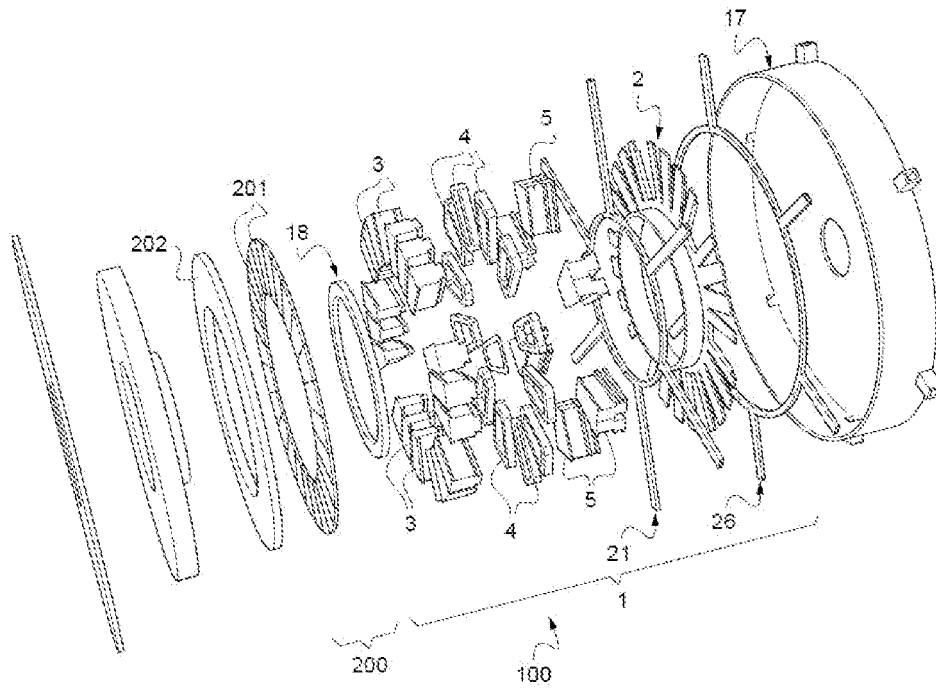
[Fig. 14]

Fig.14

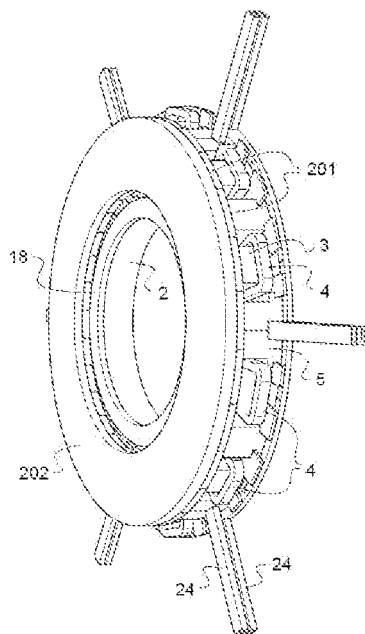
[Fig. 15]

Fig.15

[Fig. 16]

Fig.16

[Fig. 17]

Fig.17

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 914749
FR 2213985

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	US 2018/219437 A1 (THIELE MARK [AU] ET AL) 2 août 2018 (2018-08-02)	1, 11	H02K1/18
Y	* Paragraphe 73;	2-7, 9, 12	
A	figures 19-20 *	8, 10, 13	

X	WO 2021/123673 A1 (MOVING MAGNET TECH [FR]) 24 juin 2021 (2021-06-24) * Page1, ligne 6; figures 3, 4 *	1	

Y	IT 2018 0000 3952 A1 (BURIGO MARIO [IT]) 27 septembre 2019 (2019-09-27) * figures 2a, 5a-5c *	2-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

Y	KR 2012 0032731 A (CHO YUN HYUN [KR]) 6 avril 2012 (2012-04-06) * figures 7a, 7b, 8b *	2-7	

Y	KR 101 292 033 B1 (.) 1 août 2013 (2013-08-01) * figures 3, 4 *	2-6, 12	

Y	US 2015/001979 A1 (DEGUCHI KENTA [JP] ET AL) 1 janvier 2015 (2015-01-01) * figures 8a, 8b *	2-7	H02K

Y	US 2017/294818 A1 (LIN KAI-LUN [TW]) 12 octobre 2017 (2017-10-12) * figure 3 *	2-7	

Y	US 2022/286001 A1 (LEIJNEN PETER [BE]) 8 septembre 2022 (2022-09-08) * figure 2 *	9	

A	CN 109 286 295 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIV BAODING) 29 janvier 2019 (2019-01-29) * figures 1, 7 *	8, 10, 13	

Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 juin 2023		Jabri, Tarak	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		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.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
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 2213985 FA 914749**

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 **23-06-2023**
 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
US 2018219437 A1	02-08-2018	AUCUN	
WO 2021123673 A1	24-06-2021	CN 114982097 A	30-08-2022
		EP 4078778 A1	26-10-2022
		FR 3105641 A1	25-06-2021
		JP 2023507144 A	21-02-2023
		KR 20220110836 A	09-08-2022
		US 2023024531 A1	26-01-2023
		WO 2021123673 A1	24-06-2021
IT 201800003952 A1	27-09-2019	-----	
KR 20120032731 A	06-04-2012	AUCUN	
KR 101292033 B1	01-08-2013	AUCUN	
US 2015001979 A1	01-01-2015	CN 104253518 A	31-12-2014
		JP 2015012679 A	19-01-2015
		US 2015001979 A1	01-01-2015
US 2017294818 A1	12-10-2017	AUCUN	
US 2022286001 A1	08-09-2022	CN 114072994 A	18-02-2022
		EP 3764526 A1	13-01-2021
		JP 2022539771 A	13-09-2022
		US 2022286001 A1	08-09-2022
		WO 2021005084 A1	14-01-2021
CN 109286295 A	29-01-2019	AUCUN	