

⑤④ Stator de machine électrique tournante.

②② Date de dépôt : 28.02.19.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Nidec PSA emotors SAS* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 04.09.20 Bulletin 20/36.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 12.07.24 Bulletin 24/28.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HAMITI Tahar, BELHAJ Lamya et
JANNOT Xavier.

⑦③ Titulaire(s) : *Nidec PSA emotors SAS*.

⑦④ Mandataire(s) : *PSA AUTOMOBILES*.



Description

Titre de l'invention : Stator de machine électrique tournante

[0001] La présente invention concerne les machines électriques tournantes et plus particulièrement les stators de telles machines.

Domaine technique

[0002] L'invention porte plus particulièrement sur les machines synchrones ou asynchrones. Elle concerne notamment les machines de traction ou de propulsion de véhicules automobiles électriques (*Battery Electric Vehicle*) et/ou hybrides (*Hybrid Electric Vehicle – Plug-in Hybrid Electric Vehicle*), telles que voitures individuelles, camionnettes, camions ou bus. L'invention s'applique également à des machines électriques tournantes pour des applications industrielles et/ou de production d'énergie, notamment navales ou éoliennes.

Technique antérieure

[0003] Dans les stators connus, la culasse du stator ménage des encoches totalement ouvertes ou semi-ouvertes en direction de l'entrefer, de manière à permettre l'introduction des conducteurs des bobinages. Généralement, les encoches semi-ouvertes reçoivent des conducteurs électriques de section transversale circulaire disposés en vrac, tandis que les encoches totalement ouvertes logent des conducteurs électriques de section transversale rectangulaire, disposés de manière rangée.

[0004] On connaît des stators dans lesquels les encoches sont fermées par des cales non magnétiques ou semi magnétiques. Cependant, de telles cales risquent de se détacher et de gêner le fonctionnement de la machine.

[0005] Dans le brevet US 7 348 705, les encoches sont semi-fermées, et loger des conducteurs électriques en U, les conducteurs électriques étant répartis entre deux ensembles de bobines indépendants sur quatre couches, deux couches par ensemble de bobines. Les conducteurs de deux ensembles de bobines différents ne sont pas reliés électriquement ensemble dans le stator. Les connexions entre les phases sont faites à l'extérieur du stator, dans une boîte à bornes.

[0006] La demande de brevet US 2010/001609 a pour objet un stator dans lequel les encoches sont fermées, et reçoivent des conducteurs électriques en U de section rectangulaire, qui sont connectés chacun à un conducteur de l'encoche adjacente, afin de former un bobinage série ondulé. Le bobinage n'est pas fractionnaire.

[0007] La demande de brevet FR 3 019 947 décrit un stator comportant une couronne dentelée comportant des dents reliées entre elles par des ponts de matière et définissant entre elles des encoches de réception des bobines, les encoches étant ouvertes radialement vers l'extérieur. Les ouvertures des encoches sont fermées par une culasse

rapportée sur la couronne dentelée.

- [0008] Il existe un besoin pour bénéficier d'un stator de machine électrique tournante d'assemblage aisé permettant un remplissage efficace des encoches, tout en assurant des performances électromagnétiques satisfaisantes. Il existe également un besoin pour améliorer encore les stators de machines électriques et notamment diminuer les ondulations de couple, les vibrations et le bruit électromagnétiques.

Exposé de l'invention

Stator

- [0009] L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses aspects, grâce à un stator de machine électrique tournante, comportant une masse statorique comportant des encoches, des conducteurs électriques étant logés dans les encoches, au moins une partie des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, étant en forme d'épingle, notamment de U ou de I, et s'étendant axialement dans les encoches, chacune des encoches étant de contour continûment fermé.
- [0010] Par « continûment fermé », on entend que les encoches présentent un contour fermé continu lorsqu'elles sont observées en section transversale, prise perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine. On peut faire le tour complet de l'encoche sans rencontrer de découpe dans la masse statorique.
- [0011] Les encoches fermées ne sont ainsi pas ouvertes radialement vers l'extérieur.
- [0012] La présence de ces encoches fermées permet d'améliorer les performances de la machine électrique en termes de qualité du champ magnétique dans l'entrefer, en minimisant le contenu harmonique et les pertes par courants de Foucault dans les conducteurs électriques, et les flux de fuite dans les encoches, ainsi que les fluctuations du champ magnétique dans l'entrefer.
- [0013] En outre, la présence de ces encoches fermées permet d'améliorer la rigidité mécanique du stator, en renforçant mécaniquement le stator et en réduisant les vibrations. On peut notamment obtenir un éloignement des fréquences de résonance du mode de déformation correspondant à $2p$, p étant le nombre de paires de pôles du stator. La réduction des vibrations peut contribuer à rendre le fonctionnement de la machine plus silencieux.
- [0014] Par ailleurs, le fait de fermer l'encoche peut permettre de réduire la capacité parasite entre les bobinages du stator et le rotor, ce qui réduit les courants de fuite et peut permettre d'éviter d'avoir à utiliser des bagues ou balais de drainage des courants d'arbre.
- [0015] La masse statorique peut être réalisée par empilement de tôles magnétiques, les encoches étant venues par découpage des tôles. La masse statorique peut également être par taillage dans une masse de poudre magnétique frittée ou agglomérée. La

fermeture des encoches du côté de l'entrefer est obtenue par des ponts de matière venus d'un seul tenant avec le reste des tôles ou du bloc formant la masse statorique.

- [0016] Le stator selon l'invention est dépourvu de cales magnétiques rapportées de fermeture des encoches. On élimine ainsi le risque de détachement accidentel de ces cales.

Conducteurs électriques

- [0017] Au moins un premier conducteur électrique logé dans une première encoche peut être relié électriquement à un deuxième conducteur électrique logé dans une deuxième encoche, à la sortie desdites encoches.
- [0018] Par « relié électriquement », on englobe tout type de liaison électrique, notamment par soudure, avec différentes méthodes de soudures possible, notamment laser, induction, friction, vibrations, ultrasons ou brasure, ou par serrage mécanique, notamment par sertissage, vissage ou rivetage par exemple.
- [0019] Les première et deuxième encoches sont de préférence non consécutives.
- [0020] Les premier et deuxième conducteurs électriques sont reliés électriquement à la sortie des première et deuxième encoches, c'est-à-dire que la liaison électrique est formée sur les conducteurs électriques juste après leur sortie des deux encoches, à une extrémité axiale de la masse statorique. La liaison électrique peut être faite dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine. Le plan de la liaison électrique peut être éloigné de la masse statorique de moins de 60 mm, mieux de moins de 40 mm, par exemple de 27 mm ou 38 mm environ.
- [0021] Une majorité des conducteurs électriques logés dans une première encoche peuvent être reliés électriquement chacun à un deuxième conducteur électrique respectif logé dans une deuxième encoche, à la sortie desdites encoches. Au moins une encoche, mieux une majorité des encoches, voire plus de la moitié des encoches, mieux plus des deux-tiers des encoches, voire toutes les encoches, peuvent comporter des premiers conducteurs électriques chacun relié électriquement à un deuxième conducteur électrique respectif logé dans une deuxième encoche, à la sortie desdites encoches.
- [0022] Dans un mode de réalisation, tous les conducteurs électriques ayant une extrémité libre situées à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale, sont reliés électriquement ensemble.
- [0023] Les premier et deuxième conducteurs électriques peuvent comporter chacun une portion oblique. Les portions obliques peuvent s'étendre dans une direction circonférentielle, autour de l'axe de rotation de la machine. Les deux portions obliques peuvent être configurées pour converger l'une vers l'autre et permettre ainsi de réaliser la liaison électrique.
- [0024] Un conducteur électrique peut comporter deux portions obliques, une à chacune de ses deux extrémités. Les deux portions obliques d'un même conducteur électrique

peuvent s'étendre dans des directions opposées. Elles peuvent être symétriques l'une par rapport à l'autre.

- [0025] Une majorité des conducteurs électriques peuvent comporter une ou des portions obliques telles que décrites ci-dessus.
- [0026] Les conducteurs électriques peuvent être disposés dans les encoches de manière répartie. Par « répartie », il faut comprendre que les conducteurs électriques de départ et de retour sont logés chacun dans des encoches différentes et non consécutives. Au moins l'un des conducteurs électriques peut passer successivement dans deux encoches non consécutives.
- [0027] Les conducteurs électriques peuvent former un bobinage distribué, entier ou fractionnaire. Le bobinage peut être entier à pas avec ou sans raccourcissement, ou en variante fractionnaire.
- [0028] L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un stator de machine électrique tournante, comportant une masse statorique comportant des encoches, des conducteurs électriques étant logés dans les encoches et formant un bobinage fractionnaire, chacune des encoches étant de contour continûment fermé.
- [0029] Le stator peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques mentionnées ci-avant ou ci-après. En particulier, une partie au moins des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, peuvent être en forme d'épingles, notamment de U ou de I, et s'étendre axialement dans les encoches.
- [0030] Les conducteurs électriques peuvent former un bobinage distribué. Le bobinage n'est pas concentré ou bobiné sur dent.
- [0031] Dans le cas où le bobinage est fractionnaire, le nombre d'encoches par pôle et par phase est fractionnaire. Le bobinage est dans l'invention entier ou fractionnaire. Le bobinage peut être entier à pas avec ou sans raccourcissement, ou en variante fractionnaire. Dans un mode de réalisation, les conducteurs électriques forment un bobinage fractionnaire, notamment à pas raccourci.
- [0032] Pour un bobinage fractionnaire, le nombre d'encoches par pôle et par phase est fractionnaire, c'est-à-dire que le rapport q défini par $q = Ne/(2pm)$ s'écrit sous la forme d'une fraction irréductible z/n , z et n étant deux nombres entiers non nuls, n étant différent de 1, où Ne est le nombre d'encoches du stator, m le nombre de phases du bobinage et p le nombre de paires de pôles du stator.
- [0033] Le nombre d'encoches du stator peut être compris entre 18 et 96, mieux entre 30 et 84, étant par exemple de 18, 24, 27, 30, 36, 42, 45, 48, 54, 60, 63, 72, 81, 92, 96, mieux étant de 60 ou 63. Le nombre de pôles du stator peut être compris entre 2 et 24, voire entre 4 et 12, étant par exemple de 6 ou de 8.
- [0034] La combinaison nombre d'encoches/nombre de pôles du stator peut être choisie

parmi les combinaisons de la liste suivante, qui n'est pas limitative : 30/4, 42/4, 45/6, 63/6, 60/8, 84/8. Dans un mode de réalisation, la combinaison nombre d'encoches/nombre de pôles du stator est 63/6 ou 60/8.

[0035] Dans un mode de réalisation, la combinaison nombre d'encoches/nombre de pôles du stator est 60/8. On a dans ce cas $q=60/(2*4*3)=5/2$.

[0036] Dans un mode de réalisation, la combinaison nombre d'encoches/nombre de paires de pôles du stator est 63/6 ou On a dans ce cas $q=63/(2*3*3)=7/2$.

[0037] Plus largement, la combinaison entre le nombre d'encoches N_e et le nombre de paires de pôles p du stator peut être l'une de celles cochées dans le tableau 1 suivant.

$\frac{N_e}{p}$	3	5	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
1	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
2		x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x
3			x						x						x						x							x		
4			x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
5				x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6						x			x						x			x			x							x		
7				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9									x										x									x		
10						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x

[Tableau 1]

[0038] Tableau 1

[0039] Le nombre de phase est dans ce cas de trois, mais on ne sort pas du cadre de la présente invention si le nombre de phase est différent, étant par exemple de deux, la machine comportant alors un bobinage biphasé, ou étant par exemple de 5, 6 ou 9. De préférence, le bobinage est polyphasé.

[0040] La mise en série des conducteurs électriques peut être faite en bobinage dit ondulé ou en bobinage dit imbriqué.

[0041] Par « bobinage ondulé », on entend un bobinage dans lequel les conducteurs électriques d'une même phase et d'un même pôle sont reliés électriquement l'un à l'autre de façon que, pour une voie d'enroulement, le courant électrique de la phase circule dans les conducteurs électriques en tournant autour de l'axe de rotation de la machine toujours dans un seul sens. Pour une voie d'enroulement, les conducteurs électriques d'une même phase et d'un même pôle ne se chevauchent pas lorsqu'ils sont observés perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine.

[0042] Par « bobinage imbriqué », on entend un bobinage dans lequel les conducteurs électriques d'une même phase d'un même pôle sont reliés électriquement l'un à l'autre de façon que le courant électrique de la phase circule dans les conducteurs électriques en tournant autour de l'axe de rotation de la machine alternativement dans un sens puis dans l'autre. Pour une voie d'enroulement, les conducteurs électriques d'une même

phase et d'un même pôle se chevauchent lorsqu'observés perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine.

- [0043] Le bobinage peut comporter une seule voie d'enroulement ou plusieurs voies d'enroulement. Dans un « conducteur électrique » circule le courant d'une même phase par voie d'enroulement. Par « voie d'enroulement », on entend l'ensemble des conducteurs électriques de la machine qui sont parcourus par un même courant électrique d'une même phase. Ces conducteurs électriques peuvent être connectés entre eux en série ou en parallèle ou en série-parallèle. Dans le cas où on a une seule voie, les conducteurs électriques sont connectés en série. Dans le cas où on a plusieurs voies, les conducteurs électriques de chaque voie sont connectés en série, et les voies sont connectés en parallèle.
- [0044] Les conducteurs électriques peuvent être disposés de manière rangée dans les encoches. Par « rangée », on entend que les conducteurs électriques ne sont pas disposés dans les encoches en vrac mais de manière ordonnée. Ils sont empilés dans les encoches de manière non aléatoire, étant par exemple disposés selon une ou plusieurs rangées de conducteurs électriques alignés, notamment dans la direction radiale et/ou circonférentielle.
- [0045] Les conducteurs électriques peuvent être en section transversale de forme générale rectangulaire, notamment avec des arêtes arrondies. La dimension circonférentielle d'un conducteur électrique peut correspondre sensiblement à la largeur d'une encoche. Ainsi, une encoche peut ne comporter dans sa largeur qu'un seul conducteur électrique. La largeur de l'encoche est mesurée dans sa dimension circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine.
- [0046] Les conducteurs électriques peuvent être adjacents les uns aux autres par leurs grands côtés, autrement appelé le plat.
- [0047] L'optimisation de l'empilement peut permettre de disposer dans les encoches une plus grande quantité de conducteurs électriques et donc d'obtenir un stator de plus grande puissance, à volume constant.
- [0048] Chaque encoche peut comporter deux à 36 conducteurs électriques, notamment deux à 24, mieux 2 à 12 conducteurs électriques. Chaque encoche peut comporter deux à huit conducteurs électriques, notamment deux à six conducteurs électriques, notamment deux à quatre conducteurs électriques, par exemple deux ou quatre conducteurs électriques. Dans une variante de réalisation chaque encoche comporte deux conducteurs électriques. Dans une autre variante de réalisation, chaque encoche comporte quatre conducteurs électriques.
- [0049] Dans un « conducteur électrique » circule le courant d'une même phase d'une voie d'enroulement.

Epingles

- [0050] Des conducteurs électriques au moins, voir une majorité des conducteurs électriques, sont en forme d'épingles, à savoir de U ou de I. L'épingle peut être en forme de U (« *U-pin* » en anglais) ou droite, étant en forme de I (« *I-pin* » en anglais).
- [0051] Les conducteurs électriques en épingle et méplat permettent d'augmenter le coefficient de remplissage de l'encoche, rendant la machine plus compacte. Grâce à un coefficient de remplissage élevé, les échanges thermiques entre les conducteurs électriques et la masse statorique sont améliorés, ce qui permet de réduire la température des conducteurs électriques à l'intérieur des encoches.
- [0052] En outre, la fabrication du stator peut être facilitée grâce aux conducteurs électriques en forme d'épingles. De plus, le bobinage avec des épingles peut être aisément modifiable en changeant uniquement les connexions entre les épingles au niveau des têtes de bobines. Enfin, les épingles ne nécessitant pas d'avoir des encoches ouvertes, on peut avoir des encoches fermées qui permettent de tenir les épingles et on peut donc ainsi supprimer l'étape d'insertion des cales du stator.
- [0053] Des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, s'étendent axialement dans les encoches. Les conducteurs électriques peuvent être introduits dans les encoches correspondantes par l'une ou les deux extrémités axiales de la machine.
- [0054] Un conducteur électrique en forme de I a deux extrémités axiales chacune placées à l'une des extrémités axiales du stator. Il passe dans une encoche unique, et peut être soudé à chacune de ses extrémités axiales à deux autres conducteurs électriques, au niveau des extrémités axiales du stator.
- [0055] Un conducteur électrique en forme de U a deux extrémités axiales toutes deux placées à l'une des extrémités axiales du stator. Il passe dans deux encoches différentes, et peut être soudé à chacune de ses extrémités axiales à deux autres conducteurs électriques, au niveau d'un même côté axial du stator. Le bas du U est disposé de l'autre côté axial du stator.

Brins

- [0056] Dans un mode de réalisation, chaque conducteur électrique peut comporter un ou plusieurs brins (« *wire* » ou « *strand* » en anglais). Par « brin », on entend l'unité la plus élémentaire pour la conduction électrique. Un brin peut être de section transversale ronde, on peut alors parler de 'fil', ou en méplat. Les brins en méplat peuvent être mis en forme en épingles, par exemple en U ou en I. Chaque brin est revêtu d'un email isolant.
- [0057] Le fait que chaque encoche puisse comporter plusieurs conducteurs et/ou plusieurs brins permet de minimiser les pertes par courants induits, ou pertes Joule AC, ce qui est particulièrement avantageux lorsque la vitesse de fonctionnement est élevée. On peut ainsi obtenir un meilleur rendement à haute vitesse.

- [0058] La présence des encoches fermées peut permettre d'obtenir une réduction des flux de fuites vu par les conducteurs, ce qui entraîne une diminution des pertes par courants de Foucault dans les brins.
- [0059] Dans un mode de réalisation, chaque conducteur électrique peut comporter une ou plusieurs épingles, chacune formant un brin, comme explicité ci-dessus. Dans ce cas, tous les brins d'un même conducteur électrique peuvent être reliés électriquement les uns aux autres à la sortie de l'encoche. Les brins reliés électriquement les uns aux autres sont placés en court-circuit. Le nombre de brins reliés électriquement ensemble peut être supérieur ou égal à 2, étant par exemple compris entre 2 et 12, étant par exemple de 3, 4, 6 ou 8 brins.
- [0060] Plusieurs brins peuvent former un même conducteur électrique. Un même courant électrique d'une même phase circule dans l'ensemble des brins d'un même conducteur électrique. Tous les brins d'un même conducteur électrique peuvent être reliés électriquement les uns aux autres, notamment à la sortie de l'encoche. Tous les brins d'un même conducteur électrique peuvent être reliés électriquement les uns aux autres à chacune de leurs deux extrémités axiales, notamment à la sortie de l'encoche. Ils peuvent être reliés électriquement en parallèle.
- [0061] Tous les brins de tous les conducteurs électriques ayant une extrémité libre situées à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale, peuvent être reliés électriquement les uns aux autres.
- [0062] Dans un mode de réalisation, chaque conducteur électrique comporte un seul brin. Dans un autre mode de réalisation, chaque conducteur électrique comporte trois brins.
- [0063] Dans le cas où une encoche comporte deux conducteurs électriques, une encoche peut donc loger deux brins, ou en variante six brins, par exemple, répartis entre les deux conducteurs électriques.
- [0064] En variante, une encoche comporte quatre conducteurs électriques. Chaque conducteur électrique peut comporter deux brins. L'encoche loge alors huit brins, répartis entre les quatre conducteurs électriques.
- [0065] Les brins peuvent être positionnés dans l'encoche de façon que leur dimension circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine soit supérieure à leur dimension radiale. Une telle configuration permet une réduction des pertes par courants de Foucault dans les brins.
- [0066] Un brin peut avoir une largeur comprise entre 1 et 5 mm, étant par exemple de l'ordre de 2,5 ou 3 mm. La largeur d'un brin est définie comme sa dimension dans la direction circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine.
- [0067] Un brin peut avoir une hauteur comprise entre 1 et 4 mm, étant par exemple de l'ordre de 1,6 ou 1,8 mm. La hauteur d'un brin est définie comme son épaisseur dans la dimension radiale.

[0068] Un ratio de la largeur d'un brin sur sa hauteur peut être compris entre 1 et 2,5, mieux entre 1,2 et 2, voire entre 1,4 et 1,8, étant par exemple de 1,56 ou de 1,66.

[0069] Dans un autre mode de réalisation, un brin peut avoir une hauteur comprise entre 2 et 8 mm, étant par exemple de l'ordre de 4,75 mm. La hauteur d'un brin est définie comme son épaisseur dans la dimension radiale. Un ratio de la largeur d'un brin sur sa hauteur peut être inférieur à 1, par exemple entre 0,9 et 0,2, voire entre 0,8 et 0,3, étant par exemple de 0,5 à 0,6 environ.

[0070] Les conducteurs électriques peuvent être réalisés en cuivre ou aluminium.

Isolants

[0071] Les conducteurs électriques sont isolés électriquement de l'extérieur par un revêtement isolant, notamment un émail. Les conducteurs électriques peuvent être séparés des parois de l'encoche par un isolant, notamment par au moins une feuille d'isolant. Un tel isolant en feuille permet une meilleure isolation des conducteurs électriques par rapport à la masse statorique. L'utilisation d'encoches fermées peut permettre d'améliorer le maintien des isolants autour des conducteurs électriques dans les encoches.

Ponts de matière

[0072] La masse statorique peut comporter des dents ménagées entre les encoches, qui sont reliées entre elles du côté de l'entrefer par des ponts de matière. Ainsi, chaque encoche est fermée du côté de l'entrefer par un pont de matière reliant entre elles deux dents consécutives de la masse statorique. Les ponts de matière relient chacun deux dents adjacentes à leur base du côté de l'entrefer et définissent le fond de l'encoche entre ces dents du côté de l'entrefer.

[0073] Les ponts de matière sont d'un seul tenant avec les dents adjacentes.

[0074] Les deux dents consécutives sont reliées du côté opposé par une culasse. La culasse est réalisée d'un seul tenant avec les dents. Le stator est ainsi dépourvu de culasse rapportée sur une couronne dentelée.

[0075] Comme mentionné ci-dessus, l'absence d'ouverture des encoches vers l'entrefer permet d'éviter de produire des perturbations électromagnétiques, notamment une augmentation de l'entrefer « magnétique » en raison des franges de flux, des pertes fer plus élevées à la surface du rotor pour la même raison, ou encore des couples pulsatoires, et des forces radiales, et les pertes Joule AC. Les performances électromagnétiques de la machine en sont améliorées.

[0076] Les ponts de matière peuvent être réalisés de façon à être saturés magnétiquement durant le fonctionnement de la machine. On limite ainsi le passage du flux d'une encoche à l'autre sans pour autant empêcher le passage du flux du rotor vers le stator.

[0077] Les ponts de matière sont de préférence indéformables. Ceci accroît la rigidité du

stator et améliore la durée de vie de la machine électrique.

[0078] La plus petite largeur des ponts de matière est par exemple comprise entre 0,2 et 0,5 mm. Elle peut être de l'ordre de 0,35 mm par exemple.

[0079] La largeur du pont de matière peut être du même ordre de grandeur que l'épaisseur de la tôle.

[0080] Par exemple, la masse statorique se présente sous forme de tôle empilées, présentant des dents reliées entre elles à leur base du côté de l'entrefer par des ponts de matière.

[0081] Les ponts de matière sont venus d'un seul tenant avec les dents.

Rainures

[0082] Les ponts de matière peuvent présenter au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure. Pour obtenir la saturation, on peut diminuer localement la section du pont de matière disponible pour le passage du flux, par exemple en prévoyant une rainure.

[0083] De préférence, les rainures sont ouvertes vers les encoches.

[0084] Le fond des encoches du côté du pont de matière présente au moins une surface d'appui, mieux au moins deux surfaces d'appui, orientée transversalement et le fond de la rainure est en retrait par rapport à cette ou ces surfaces. La ou les surfaces d'appui peuvent être orientées obliquement par rapport à l'axe radial de l'encoche correspondante ou orientées perpendiculairement à cet axe. La rainure forme une rupture de pente par rapport à la ou aux surfaces d'appui. Les conducteurs électriques, de préférence de section sensiblement rectangulaire, insérés dans l'encoche correspondante sont, de préférence, en appui contre les surfaces d'appui et en retrait par rapport au fond de la rainure. De préférence, les conducteurs électriques sont sans contact avec la rainure. La ou les surfaces d'appui sont préférentiellement planes. Le fond de l'encoche peut être plat, à l'exception de la rainure. Ceci permet un bon remplissage des encoches par les conducteurs électriques dans le cas de conducteurs électriques de section transversale rectangulaire, en permettant aux bobines de prendre appui à plat dans le fond des encoches.

[0085] La rainure dans le fond de l'encoche forme, de préférence, un jeu entre le pont de matière et le conducteur électrique correspondant.

[0086] Le pont de matière peut comporter au moins deux rainures telles que décrites précédemment, par exemple deux rainures par encoche.

[0087] La ou les rainures peuvent être centrées par rapport à la ou aux encoches, ou au contraire être décalées par rapport à un plan de symétrie de la ou des encoches.

[0088] De préférence, la ou les rainures sont chacune de profil courbe en section dans un plan perpendiculaire à l'axe du stator, notamment de section sensiblement semi-circulaire. Le fond de la rainure peut être en forme d'arc de cercle, ou de toute autre forme appropriée, par exemple semi-elliptique ou ondulée.

[0089] La surface interne du stator est, de préférence, cylindrique de révolution.

Encoches

[0090] Au moins une encoche, mieux toutes les encoches, peuvent être en section transversale de forme générale rectangulaire.

[0091] Au moins une encoche, mieux toutes les encoches, peuvent comporter des bords radiaux ayant une nervure, notamment chacun une nervure. La nervure peut permettre d'améliorer le maintien des conducteurs électriques dans les encoches. En outre, la nervure peut permettre de minimiser les pertes AC.

[0092] La nervure peut s'étendre parallèlement à l'axe de rotation de la machine.

[0093] La nervure peut être placée dans une partie centrale des bords radiaux, par exemple à mi-chemin entre le fond de l'encoche et le pont de matière la fermant. En variante, au moins une encoche, mieux toutes les encoches, peuvent comporter des bords radiaux ayant chacun plusieurs nervures, par exemple deux ou trois. Cela peut notamment être utile dans le cas où l'encoche est destinée à recevoir trois, quatre, six ou huit conducteurs électriques. L'encoche peut comporter une nervure entre chacune des couches de conducteurs électriques.

[0094] Dans une variante de réalisation les bords radiaux sont rectilignes, étant dépourvus de nervure.

[0095] Au moins une encoche peut être à bords radiaux opposés parallèles entre eux, mieux toutes les encoches sont à bords radiaux parallèles entre eux. La largeur d'une encoche est, de préférence, sensiblement constante sur toute sa hauteur. On a ainsi un meilleur taux de remplissage des encoches.

[0096] En variante, les bords radiaux des encoches ne sont pas parallèles entre eux.

[0097] Au moins une encoche, mieux toutes les encoches, peuvent avoir un fond rectiligne, en forme d'arc de cercle ou autre. Le fond de l'encoche est le fond de celle-ci situé du côté de la culasse, opposé au pont de matière et à l'entrefer.

[0098] Au moins une encoche, mieux toutes les encoches, peuvent avoir un ratio de la longueur de l'encoche par rapport à sa largeur compris entre 2 et 6, mieux entre 3 et 4. La largeur d'une encoche correspond à sa dimension dans la direction circonférentielle mesurée autour de l'axe de rotation de la machine, et sa longueur à sa dimension dans la direction radiale.

[0099] Le stator peut comporter un capteur pour mesure la température des conducteurs électriques, le capteur étant disposé dans l'encoche, par exemple un thermocouple. Ce capteur peut être logé au moins en partie dans la rainure du pont de matière fermant l'encoche. Le capteur est par exemple logé dans un espace entre le conducteur le plus proche du pont de matière et le pont de matière.

[0100] Les encoches peuvent être configurées pour permettre le passage d'un fluide de refroidissement. Certaines ou toutes les encoches peuvent loger des conduits de cir-

culation d'un fluide de refroidissement, ou le fluide de refroidissement peut circuler directement dans les encoches. Le fluide de refroidissement peut circuler dans le fond de l'encoche, et/ou vers le pont de matière, et/ou entre les conducteurs électriques, par exemple entre deux couches de conducteurs électriques. Le fluide de refroidissement peut être un gaz, par exemple de l'air, ou un liquide, par exemple de l'eau ou de l'huile.

- [0101] Au moins une dent, mieux toutes les dents, peuvent être en section transversale de forme générale trapézoïdale. Au moins une dent, mieux toutes les dents, peuvent avoir des bords divergents lorsque l'on s'éloigne de l'axe de rotation de la machine.
- [0102] La masse statorique peut être réalisée par empilement de tôles. Les dents sont reliées entre elles par des ponts de matière, et du côté opposé par une culasse. Les encoches fermées peuvent être réalisées entièrement par découpage dans les tôles. Chaque tôle de l'empilement de tôles peut être monobloc.
- [0103] Chaque tôle est par exemple découpée dans une feuille d'acier magnétique ou contenant de l'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 électrique peut encore être obtenue par un traitement thermique des tôles, le cas échéant.
- [0104] En variante, la masse statorique peut être fabriquée à partir d'une poudre magnétique compactée ou agglomérée.

Machine et rotor

- [0105] L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante, tel qu'un moteur synchrone ou une génératrice synchrone, comportant un stator tel que défini précédemment. La machine peut être synchrone ou asynchrone. La machine peut être à reluctance. Elle peut constituer un moteur synchrone.
- [0106] La vitesse maximale de rotation de la machine peut être élevée, étant par exemple supérieure à 10 000 tr/min, mieux supérieure à 12 000 tr/min, étant par exemple de l'ordre de 14 000 tr/min à 15 000 tr/min, voire même de 20 000 tr/min ou de 25 000 tr/min. La vitesse maximale de rotation de la machine peut être inférieure à 100 000 tr/min, voire à 60 000 tr/min, voire encore inférieure à 40 000 tr/min, mieux inférieure à 30 000 tr/min.
- [0107] La machine électrique tournante peut comporter un rotor. Le rotor peut être à aimants permanents, avec des aimants surfaciques ou enterrés. Le rotor peut être à concentration de flux. Il peut comporter une ou plusieurs couches d'aimants disposées en I, en U ou en V. En variante, il peut s'agir d'un rotor bobiné ou à cage d'écureuil, ou d'un rotor à réluctance variable.
- [0108] Le diamètre du rotor peut être inférieur à 400 mm, mieux inférieur à 300 mm, et supérieur à 50 mm, mieux supérieur à 70 mm, étant par exemple compris entre 100 et

200 mm.

- [0109] Le rotor peut comporter une masse rotorique s'étendant selon l'axe de rotation et disposée autour d'un arbre. L'arbre peut comporter des moyens de transmission de couple pour l'entraînement en rotation de la masse rotorique.
- [0110] Le rotor peut être monté en porte à faux ou non.
- [0111] La machine peut être insérée seule dans un carter ou insérée dans un carter de boîte de vitesse. Dans ce cas, elle est insérée dans un carter qui loge également une boîte de vitesse.

Procédé de fabrication

- [0112] L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un procédé de fabrication d'un stator de machine électrique tournante, notamment d'un stator tel que défini plus haut, dans lequel on dispose des conducteurs électriques dans les encoches d'une masse statorique du stator en les introduisant dans les encoches correspondantes par l'une ou les deux extrémités axiales du stator.
- [0113] On peut disposer un même conducteur électrique en forme de U dans deux encoches différentes non consécutives de la masse statorique du stator. Dans le cas où un conducteur électrique est en forme de U, il peut être soudé à deux autres conducteurs électriques d'un même côté de la machine.
- [0114] On peut relier entre eux deux conducteurs électriques en forme de I préalablement introduits dans deux encoches différentes non consécutives de la masse statorique du stator. Dans le cas où un conducteur électrique est en forme de I, il peut être soudé à deux autres conducteurs électriques des deux côtés opposés de la machine.
- [0115] Dans l'invention, on peut relier électriquement ensemble tous les conducteurs électriques ayant une extrémité libre situées à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale.

Brève description des dessins

- [0116] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de réalisation non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :
- [0117] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un stator réalisé conformément à l'invention.
- [0118] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue de détail, en perspective, du stator de la [Fig.1].
- [0119] [Fig.3] La [Fig.3] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, la masse statorique du stator selon l'invention.
- [0120] [Fig.4] La [Fig.4] illustre la variation du champ radial d'entrefer, en Tesla, en fonction de la position angulaire en °.
- [0121] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective d'une variante de réalisation.

- [0122] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue de détail, en perspective, du stator de la [Fig.5].
- [0123] [Fig.7] La [Fig.7] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.
- [0124] [Fig.8] La [Fig.8] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.
- [0125] [Fig.9] La [Fig.9] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.
- [0126] [Fig.10] La [Fig.10] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.
- [0127] [Fig.11] La [Fig.11] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.
- [0128] [Fig.12] La [Fig.12] représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, une variante de réalisation.

Description détaillée

- [0129] On a illustré aux figures 1 à 3 un stator 2 d'une machine électrique tournante 1 comportant également un rotor non représenté. Le stator permet de générer un champ magnétique tournant d'entraînement du rotor en rotation, dans le cadre d'un moteur synchrone, et dans le cas d'un alternateur, la rotation du rotor induit une force électromotrice dans les conducteurs électriques du stator.
- [0130] Les exemples illustrés ci-dessous sont schématiques et les dimensions relatives des différents éléments constitutifs n'ont pas été nécessairement respectées.
- [0131] Le stator 2 comporte des conducteurs électriques 22, lesquels sont disposés dans des encoches 21 ménagées entre des dents 23 d'une masse statorique 25. Les encoches 21 sont fermées.
- [0132] Les encoches 21 sont fermées du côté de l'entrefer par des ponts de matière 27, reliant chacun deux dents consécutives de la masse statorique 25, et du côté opposé par une culasse 29. Cette dernière et les dents 23 sont d'un seul tenant. La culasse 29 peut être parcourue le cas échéant par des nervures longitudinales de section semi-circulaires 31 destinées à loger des conduits de circulation d'un liquide de refroidissement.
- [0133] Les conducteurs électriques 22 sont pour la plupart d'entre eux en forme d'épingles, à savoir de U ou de I, et s'étendant axialement dans les encoches. Un premier conducteur électrique logé dans une première encoche est relié électriquement à un deuxième conducteur électrique logé dans une deuxième encoche, à la sortie desdites encoches.
- [0134] Les première et deuxième encoches sont non consécutives. Dans les exemples illustrés, elles sont séparées par 7 et 10 autres encoches respectivement. En variante, les première et deuxième encoche sont séparées par 3, 4, 5, 6, 8, 9, ou 11 autres

encoches, par exemple.

- [0135] On voit en particulier sur la [Fig.2] les surfaces d'extrémité 22a des premier et deuxième conducteurs électriques destinées à recevoir la liaison électrique. La liaison électrique est faite dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine. Le plan de la liaison électrique peut être éloigné de la masse statorique de moins de 40 mm environ, notamment de 35 mm environ.
- [0136] La liaison électrique est formée sur les conducteurs électriques juste après leur sortie des deux encoches, à une extrémité axiale de la masse statorique. Les deux conducteurs comportent chacun une portion oblique 22b, qui convergent l'une vers l'autre.
- [0137] Les conducteurs électriques sont disposés dans les encoches de manière répartie, et ils forment un bobinage distribué, qui est dans l'exemple décrit fractionnaire. Dans cet exemple, le nombre d'encoches est de 60. Le nombre de pôles du stator est de 8. Ainsi, la combinaison nombre d'encoches/nombre de pôles du stator est de 60/8.
- [0138] Les conducteurs électriques forment un bobinage fractionnaire, pour lequel le rapport q défini par $q=Ne/(2pm)$ s'écrit sous la forme d'une fraction irréductible z/n , z et n étant deux nombres entiers non nuls, n étant différent de 1, où Ne est le nombre d'encoches du stator, m le nombre de phases du bobinage et p le nombre de paires de pôles du stator. On a alors $q=60/(3 \times 8)=5/2$ pour cette machine à 60 encoches et 8 pôles.
- [0139] Les conducteurs électriques 22 sont disposés de manière rangée dans les encoches 21, selon une rangée de conducteurs électriques alignés.
- [0140] Les conducteurs électriques peuvent être en section transversale de forme générale rectangulaire, notamment avec des coins arrondis. Ils sont dans l'exemple décrit superposés radialement en une seule rangée. La dimension circonférentielle d'un conducteur électrique correspond sensiblement à la largeur d'une encoche. Ainsi, l'encoche ne comporte dans sa largeur qu'un seul conducteur électrique. Elle peut comporter plusieurs conducteurs électriques dans sa dimension radiale. Elle en comporte deux dans l'exemple décrit.
- [0141] Les conducteurs électriques 22 sont en cuivre ou aluminium, ou tout autre matériau conducteur émaillé ou revêtu de tout autre revêtement isolant adapté.
- [0142] On a illustré à la [Fig.4] la variation du champ radial d'entrefer dû à la réaction d'induit seule, en Tesla, en fonction de la position angulaire en °. La courbe A illustre cette variation pour un stator à encoches fermées conformément à l'invention, et est présentée en comparaison avec la courbe B qui illustre cette variation pour un stator à encoches semi-ouvertes, avec une ouverture de 2 mm. On voit que le champ radial d'entrefer obtenu avec un stator conforme à l'invention (courbe A) est moins riche en harmonique.

- [0143] Dans l'exemple qui vient d'être décrit, une encoche comporte deux conducteurs électriques de phases différentes, et chaque conducteur électrique est formé d'un seul brin.
- [0144] Dans la variante de réalisation des figures 5 et 6, chaque conducteur électrique comporte plusieurs épingles, chacune formant un brin 32 au sein d'une encoche. Ainsi, chaque conducteur électrique comporte trois brins 32. Tous les brins 32 d'un même conducteur électrique 22 sont reliés électriquement les uns aux autres à la sortie de l'encoche, et à chacune de leurs deux extrémités axiales 22a.
- [0145] Par ailleurs, le stator des figures 5 et 6 comporte 63 encoches. et 6 pôles du stator. Ainsi, la combinaison nombre d'encoches/nombre de pôles du stator est de 63/6.
- [0146] Ainsi, les conducteurs électriques forment un bobinage fractionnaire, pour lequel le rapport q défini par $q=Ne/(2pm)$ s'écrit sous la forme d'une fraction irréductible z/n , z et n étant deux nombres entiers non nuls, n étant différent de 1, où Ne est le nombre d'encoches du stator, m le nombre de phases du bobinage et p le nombre de paires de pôles du stator. On a alors $q=63/(3 \times 6)=7/2$ pour cette machine à 63 encoches et 6 pôles.
- [0147] Chaque conducteur électrique 22 est entouré d'une feuille d'isolant non visible sur les figures, permettant d'isoler les conducteurs électriques des parois 33 et 36 de l'encoche et les conducteurs électriques 22 de phases différentes entre eux au sein d'une encoche.
- [0148] Les encoches 21 sont, dans les exemples décrits et comme visible sur la [Fig.3], à bords radiaux 33 parallèles entre eux, et sont en section dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la machine de forme sensiblement rectangulaire.
- [0149] Le fond 35 des encoches 21 est de forme sensiblement complémentaire de celle des conducteurs électriques 22, à l'exception d'une rainure 40, comme on peut le voir sur la [Fig.3].
- [0150] Le fond 35 des encoches 21 est relié aux bords radiaux 33 par des arrondis 38. La rainure 40 de chaque encoche 21 est centrée sur le fond de l'encoche 35 et s'étend le long de l'axe de rotation de la machine. Dans une variante de réalisation non illustrée, la rainure n'est pas centrée, ou le fond 35 comporte plusieurs rainures.
- [0151] Les rainures 40 présentent, en section dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, une forme arrondie, notamment sensiblement semi-circulaire. Elles présentent une profondeur p comprise entre 0.3 mm et 0.6 mm, par exemple égale à 0.5 mm.
- [0152] La présence des rainures 40 conduit à un rétrécissement localisé des ponts de matière 27. Un tel rétrécissement permet une saturation magnétique de la tôle pour un moindre flux magnétique le long du pont 27, ce qui limite le passage du flux magnétique.
- [0153] La plus petite largeur l des ponts de matière 27 est de préférence comprise entre 0,2 mm et 0,5 mm, par exemple égale à 0,35 mm.

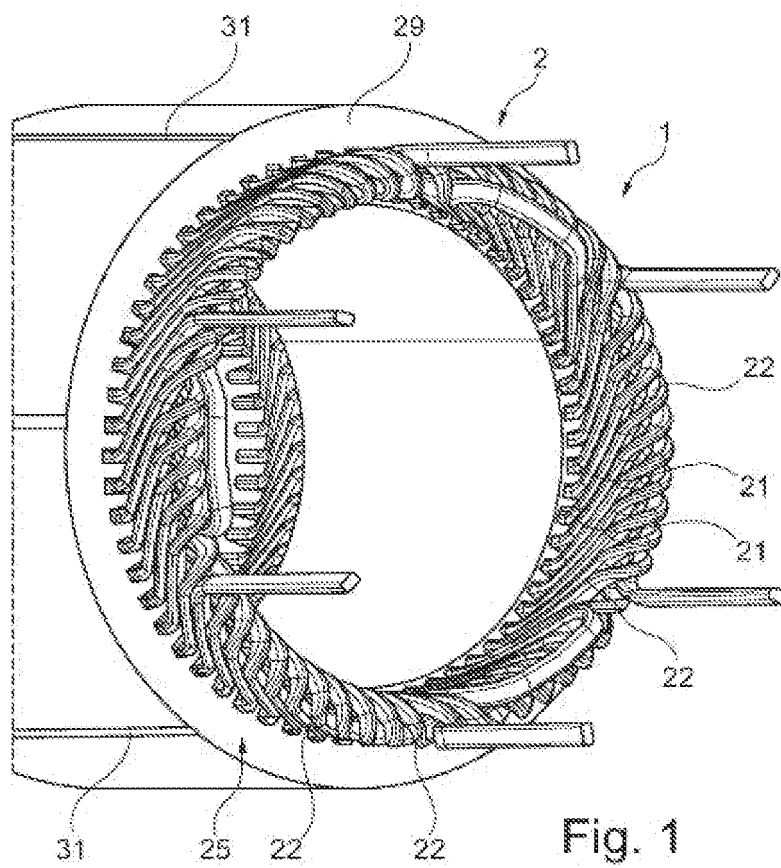
- [0154] Les encoches sont en section transversale de forme générale rectangulaire. Tout ou partie des encoches peut comporter des bords radiaux 33 ayant une nervure 42, comme illustré aux [Fig.7] et 8. Chaque nervure 42 s'étend parallèlement à l'axe de rotation de la machine. Cette nervure 42 est placée dans une partie centrale des bords radiaux 33, sensiblement à mi-chemin entre le fond de l'encoche 36 du côté de la culasse 29 et le pont de matière 27 la fermant.
- [0155] Les encoches peuvent avoir un fond 36 rectiligne, comme illustré sur les figures 3, 7 et 8. En variante, le fond 36 de l'encoche 21 du côté de la culasse 29 peut être en forme d'arc de cercle, concave vers l'encoche, comme illustré sur les figures 9 à 12.
- [0156] Les modes de réalisation des figures 11 et 12 diffèrent des précédents par la présence de nervures 42 supplémentaires, qui sont disposées près du pont de matière 27, au niveau des arrondis 38 du fond 35 des encoches du côté de l'entrefer.
- [0157] Les modes de réalisation des figures 8, 10 et 12 diffèrent seulement de ceux des figures 7, 9 et 11 par la présence de conducteurs 22 à plusieurs brins 32, à la place des conducteurs 22 monobrins des figures 7, 9 et 11.
- [0158] La masse statorique 25 est formée d'un paquet de tôles magnétiques empilées selon l'axe de rotation, les tôles étant par exemple identiques et superposées exactement. Elles peuvent être maintenues entre elles par clipsage, par collage, par des rivets, par des tirants, des soudures et/ou toute autre technique. Les tôles magnétiques sont de préférence en acier magnétique. Les dents 23 de la masse statorique 25 peuvent présenter des reliefs complémentaires en surface permettant de clipser les différentes tôles composant la masse statorique 25 entre elles.
- [0159] Le stator peut être obtenu au moyen d'un procédé de fabrication dans lequel on insère les conducteurs électriques 22 dans les encoches 21 par l'une ou les deux extrémités axiales du stator, par coulissement dans les encoches 21 selon un axe parallèle à l'axe de rotation longitudinal.
- [0160] Dans l'invention, on relie électriquement ensemble tous les conducteurs électriques ayant leur extrémité libre située à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale.
- [0161] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, et le rotor associé au stator décrit peut être bobiné, à cage d'écureuil ou à aimants permanents, ou encore à réluctance variable.

Revendications

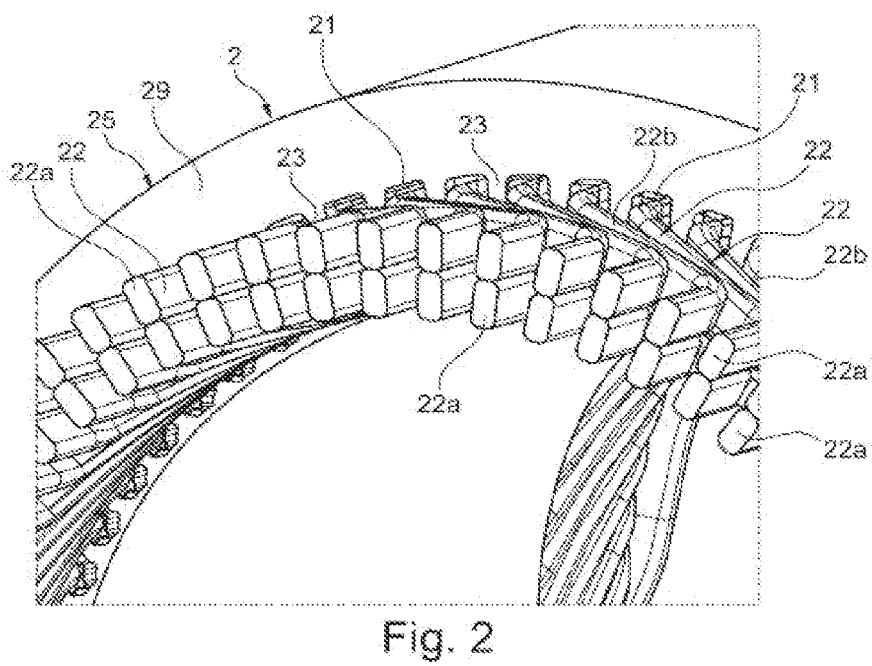
- [Revendication 1] Stator (2) de machine électrique tournante (1), comportant une masse statorique (25) comportant des encoches (21), des conducteurs électriques (22) étant logés dans les encoches, au moins une partie des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, étant en forme d'épingle, notamment de U ou de I, et s'étendant axialement dans les encoches, au moins un premier conducteur électrique logé dans une première encoche étant relié électriquement à un deuxième conducteur électrique logé dans une deuxième encoche, à la sortie desdites encoches, chacune des encoches étant de contour continûment fermé, au moins une encoche (21) comportant des bords radiaux ayant une ou plusieurs nervures (42).
- [Revendication 2] Stator selon la revendication précédente, les conducteurs électriques (22) étant en section transversale de forme générale rectangulaire.
- [Revendication 3] Stator selon l'une des revendications précédentes, chaque encoche (21) comportant deux à huit conducteurs électriques (22), notamment deux à six conducteurs électriques, chaque conducteur électrique pouvant comporter un ou plusieurs brins (32).
- [Revendication 4] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel tous les conducteurs électriques (22) ayant une extrémité libre (22a) située à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale, sont reliés électriquement ensemble.
- [Revendication 5] Stator selon la revendication précédente, la masse statorique comportant des dents (23) ménagées entre les encoches (21), qui sont reliées entre elles du côté de l'entrefer par des ponts de matière (27), et du côté opposé par une culasse (29).
- [Revendication 6] Stator selon la revendication précédente, les ponts de matière (27) présentant au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure (40).
- [Revendication 7] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, comporte des bords radiaux ayant une nervure (42), notamment chacun une nervure (42).
- [Revendication 8] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, est à bords radiaux (33) parallèles entre eux.

- [Revendication 9] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, a un fond (36) rectiligne ou en forme d'arc de cercle.
- [Revendication 10] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, a un ratio de la longueur de l'encoche par rapport à sa largeur compris entre 2 et 6, mieux entre 3 et 4.
- [Revendication 11] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un capteur pour mesurer la température des conducteurs électriques, disposé dans l'encoche, par exemple un thermocouple.
- [Revendication 12] Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les encoches (21) sont configurées pour permettre le passage d'un fluide de refroidissement.
- [Revendication 13] Machine électrique tournante (1) comportant un stator (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes et un rotor (1).
- [Revendication 14] Procédé de fabrication d'un stator de machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel on dispose des conducteurs électriques (22) dans les encoches (21) d'une masse statorique (25) du stator en les introduisant dans les encoches correspondantes par l'une ou les deux extrémités axiales de la machine.
- [Revendication 15] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel on relie électriquement ensemble tous les conducteurs électriques (22) ayant une extrémité libre (22a) située à une même position circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine, quelle que soit leur position radiale.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

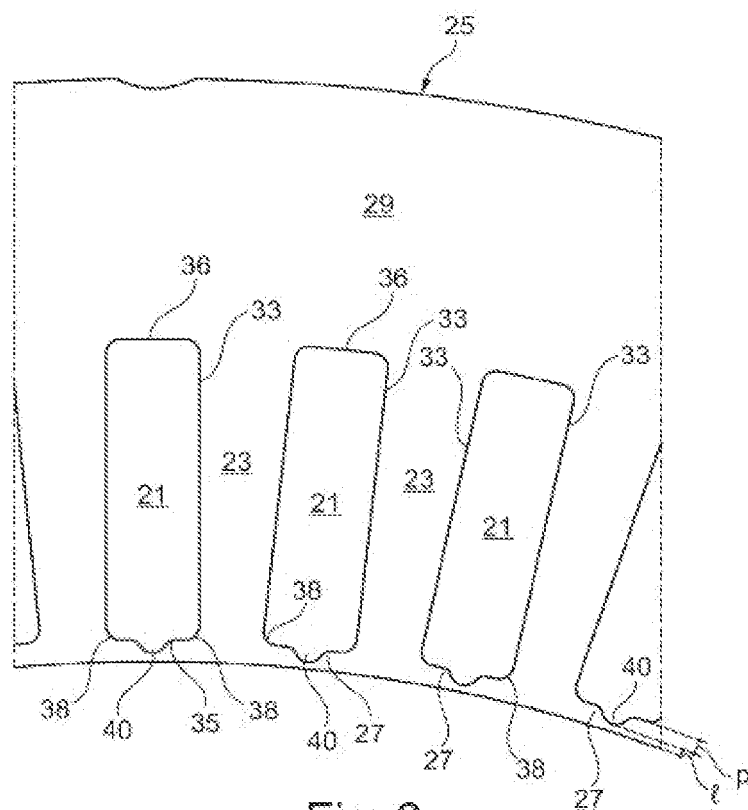


Fig. 3

[Fig. 4]

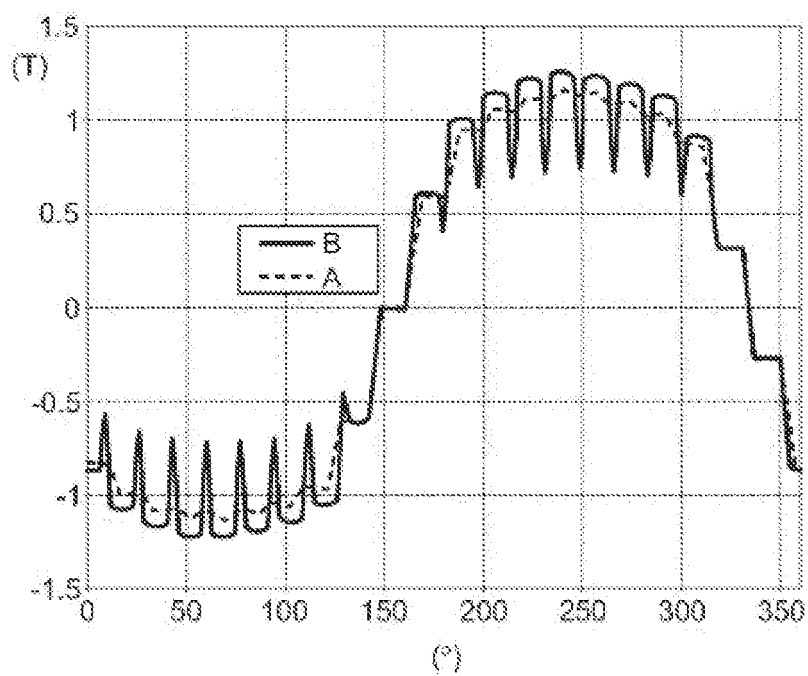


Fig. 4

[Fig. 5]

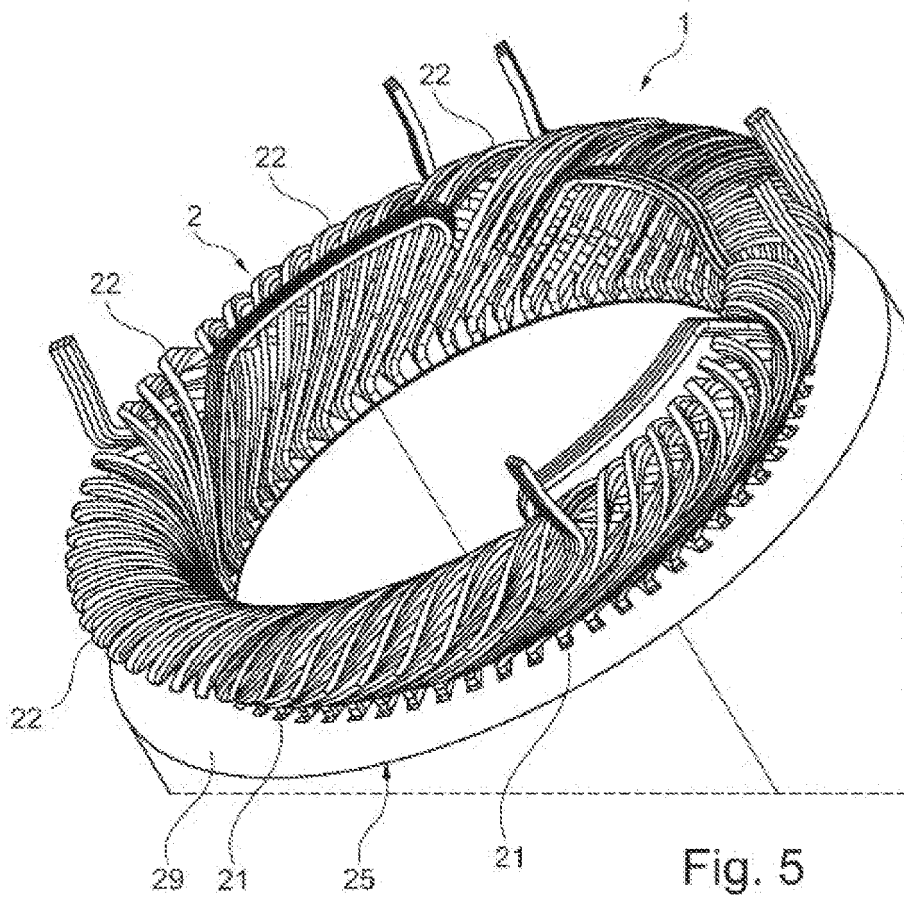


Fig. 5

[Fig. 6]

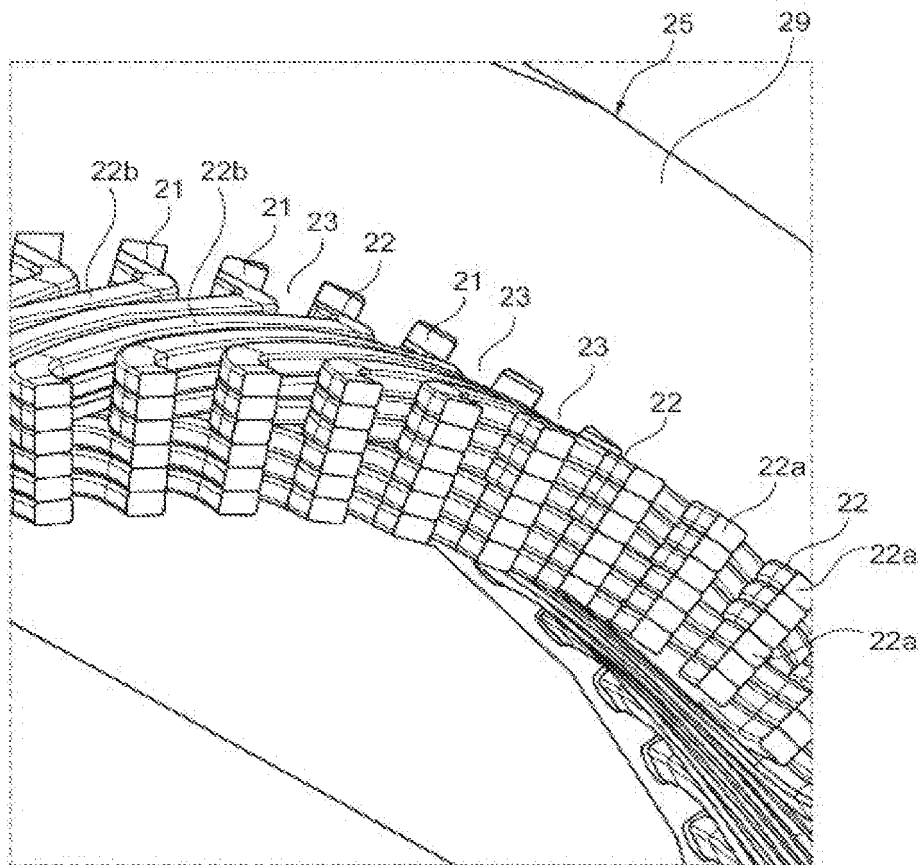


Fig. 6

[Fig. 7]

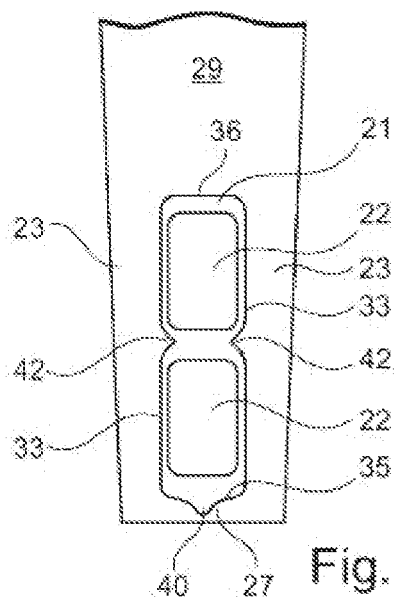
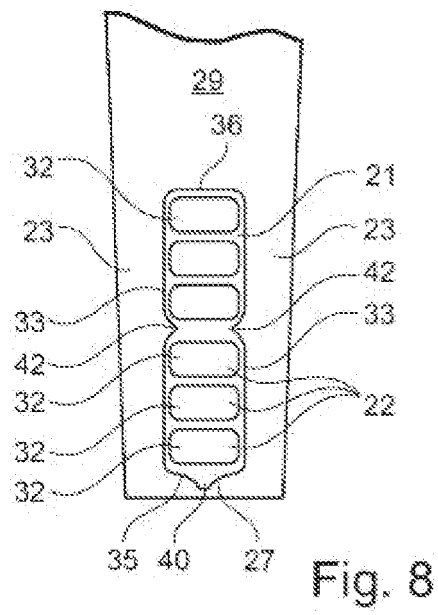
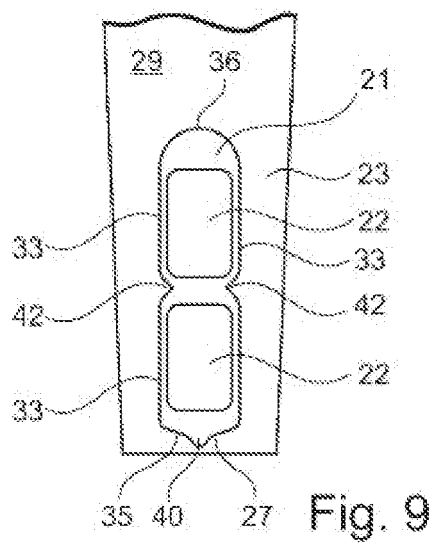


Fig. 7

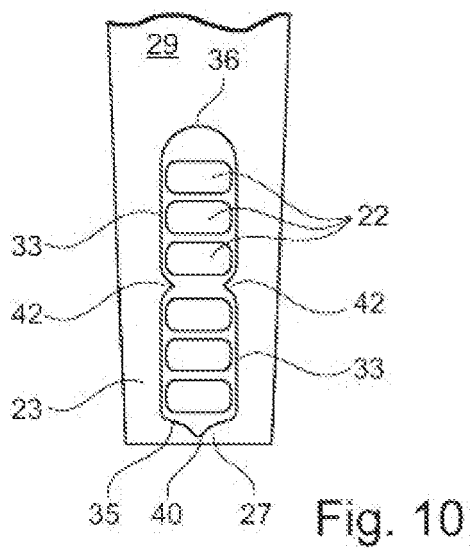
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]

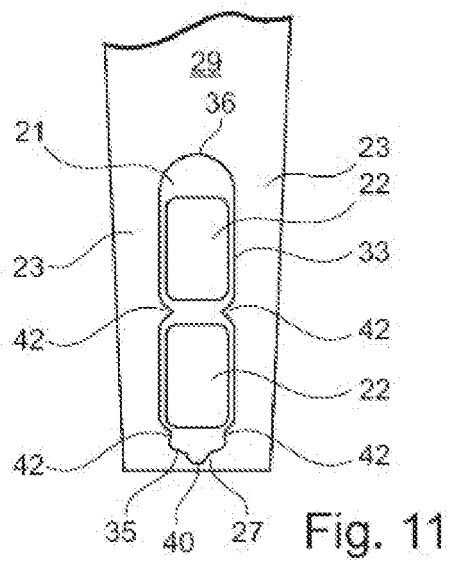


Fig. 11

[Fig. 12]

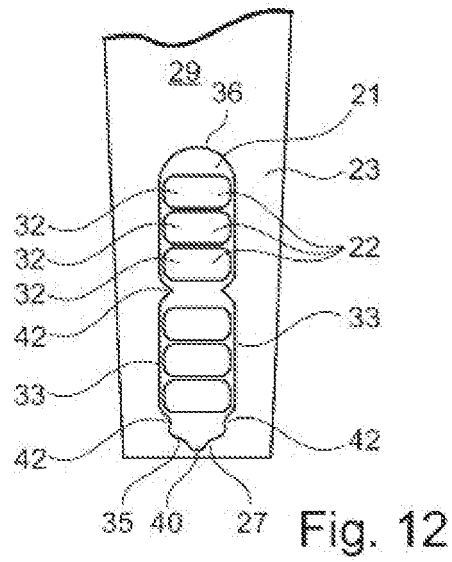


Fig. 12

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

CN 106 602 757 A (HEFEI HENGDA JIANGHAI PUMP CO LTD) 26 avril 2017 (2017-04-26)

WO 98/34325 A1 (ASEA BROWN BOVERI [SE]; LEIJON MATS [SE] ET AL.)
6 août 1998 (1998-08-06)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2010/001609 A1 (ISHIGAMI TAKASHI [JP] ET AL) 7 janvier 2010 (2010-01-07)

US 2018/115202 A1 (HIROTANI YU [JP] ET AL)
26 avril 2018 (2018-04-26)

JP WO20 1305 4439 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 30 mars 2015 (2015-03-30)

JP 6 305203 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP)
4 avril 2018 (2018-04-04)

CN 106 487 122 A (GUANGDONG MEIZHI PREC MFG CO) 8 mars 2017 (2017-03-08)

DE 10 2014 217416 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3 mars 2016 (2016-03-03)

US 2013/156071 A1 (WAN KOON HOONG [US] ET AL) 20 juin 2013 (2013-06-20)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT