

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/174190 A1

(43) Date de la publication internationale
03 septembre 2020 (03.09.2020)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

H02K 1/16 (2006.01) *H02K 29/03* (2006.01)
H02K 3/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2020/050382

(22) Date de dépôt international :

27 février 2020 (27.02.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1902069 28 février 2019 (28.02.2019) FR

(71) Déposant : **NIDEC PSA EMOTORS** [FR/FR] ; 212 boulevard Pelletier, 78955 CARRIERES SOUS POISSY (FR).

(72) Inventeurs : **ABID, Fatma** ; 1 RUE DE LA COMEDIE, 93160 NOISY LE GRAND (FR). **AL EIT, Moustafa** ; 11 RUE HENRI MOREAU, 92600 ASNIERES SUR SEINE (FR). **BAZHAR, Sara** ; 15 VILLA DE L'ERMITAGE,

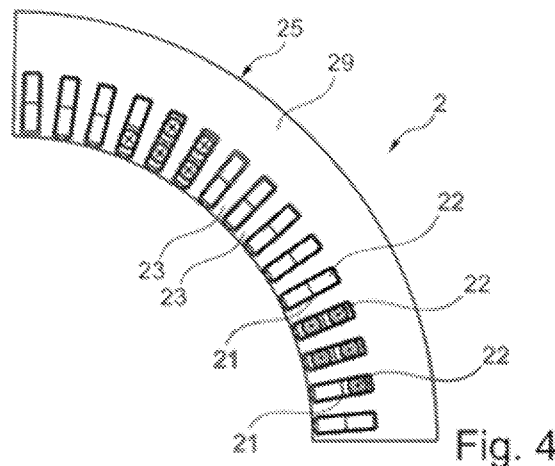
78390 BOIS D'ARCY (FR). **BELHAJ, Lamya** ; 163 RUE ARMAND SILVESTRE, 92400 COURBEVOIE (FR). **JANNOT, Xavier** ; 2 bis rue de Lunesse, 16000 ANGOULEME (FR). **SAINT-MICHEL, Jacques** ; 7 rue Truffière, 16000 Angoulême (FR).

(74) Mandataire : **MENES, Catherine** ; PSA AUTOMOBILES SA, VEIP-VV1400, Route de Gisy, 78140 Vélizy Villacoublay (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: STATOR FOR A ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : STATOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE



(57) Abstract: The invention relates to a stator (2) for a rotating electrical machine, comprising a stator mass (25) comprising teeth (23) and notches (21) between the teeth (23), each of the notches being, on the air gap side, completely closed, electrical conductors (22) being housed in the notches, the electrical conductors forming a fractional winding, for which the ratio q defined by $q=Ne/(2pm)$ is written as an irreducible fraction z/n , z and n being two non-zero integers, n being different from 1, wherein Ne is the number of stator notches, m the number of winding phases and p the number of pairs of stator poles.

(57) Abrégé : Stator (2) de machine électrique tournante, comportant une masse statorique (25) comportant des dents (23) et des encoches (21) entre les dents (23), chacune des encoches étant, du côté de l'entrefer, entièrement fermée, des conducteurs électriques (22) étant logés dans les encoches, les conducteurs électriques formant 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.



WO 2020/174190 A1

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Description

Titre : Stator de machine électrique tournante

La présente invention revendique la priorité de la demande française 1902069
5 déposée le 28 février 2019 dont le contenu (texte, dessins et revendications) est ici incorporé
par référence.

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

Domaine technique

10 L'invention porte plus particulièrement sur les machines synchrones ou
asynchrones, à courant alternatif. 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
15 machines électriques tournantes pour des applications industrielles et/ou de production
d'énergie, notamment navales ou éoliennes.

Technique antérieure

Les machines électriques utilisées dans les applications automobiles ont le plus
souvent un nombre d'encoches par pôle et par phase entier, et des encoches au stator ouvertes
20 ou semi-ouvertes.

Dans les demandes de brevet US 2003/0214196 et US 2007/0018525, et dans le
brevet US 7 348 705, les encoches sont semi-ouvertes, et logent 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
25 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. Dans la demande US 2007/0018525, le stator a un nombre d'encoches par pôle et
par phase fractionnaire.

Dans la demande de brevet CN205583868, le stator a un nombre d'encoche par
30 pôle et par phase fractionnaire, avec des encoches entièrement fermées du côté de l'entrefer,
et fermées du côté opposé à l'entrefer par une culasse rapportée. Cependant, le stator est à
bobinage concentré, étant bobiné sur dent.

Dans la demande de brevet US 2014/319953, les encoches du stator ne sont pas fermées.

Par ailleurs, 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.

On connaît également 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.

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.

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.

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

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 dents et des encoches entre les dents, chacune des encoches étant, du côté de l'entrefer, au moins partiellement fermée, notamment entièrement fermée, des conducteurs électriques étant logés dans les encoches, les conducteurs électriques formant un bobinage,

notamment un bobinage unique, 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. 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.

L'invention a notamment pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un stator de machine électrique tournante, comportant une masse statorique comportant des dents et des encoches entre les dents, chacune des encoches étant, du côté de l'entrefer, entièrement fermée, des conducteurs électriques étant logés dans les encoches, les conducteurs électriques formant 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. 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.

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 dents et des encoches entre les dents, chacune des encoches étant, du côté de l'entrefer, au moins partiellement fermée, des conducteurs électriques étant logés dans les encoches et étant répartis en au moins deux couches, notamment en deux couches seulement, les conducteurs électriques formant un bobinage unique 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. 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.

Bobinage fractionnaire

Un bobinage est constitué d'un nombre de phases m décalées dans l'espace de telle façon que lorsqu'elles sont alimentées par un système de courant multi-phasés, elles produisent un champ tournant.

Les conducteurs électriques peuvent former un bobinage unique, Par « bobinage unique », on entend que les conducteurs électriques sont reliés électriquement ensemble dans le stator, et que les connexions entre les phases sont faites dans le stator, et non pas à l'extérieur du stator, par exemple dans une boîte à bornes.

Les conducteurs électriques peuvent former un bobinage distribué. Le bobinage n'est pas concentré ou bobiné sur dent.

Le bobinage est dans l'invention fractionnaire. Le bobinage peut être fractionnaire.

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.

Dans un mode de réalisation, q peut être strictement supérieur à 1,5, étant notamment différent de 1,5, mieux supérieur ou égale à 2,25, étant par exemple notamment égal à 5/2 ou 7/2. On peut réduire ainsi les harmoniques de couple.

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.

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 60/8. On a dans ce cas $q=60/(2*4*3)=5/2$.

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 $q=63/(2*3*3)=7/2$.

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, pour un bobinage triphasé.

5 Un nombre d'encoches par pôle et par phase plus élevé permet de mieux filtrer les harmoniques.

[Tableau 1]

	3	6	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		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			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	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	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	X	
12						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	

Tableau 1

10 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.

On va maintenant expliciter les avantages d'un bobinage fractionnaire, éventuellement associé à des encoches fermées.

15 Les ondulations de couple et les efforts magnétiques qui dépendent du spectre de l'induction dans l'entrefer, constituent les sources principales du bruit d'origine électromagnétique. Ce bruit se manifeste d'une part par les ondulations de couple qui interagissent avec le système de transmission et d'autre part par les efforts magnétiques qui s'appliquent au stator de la machine qui peuvent, en fonction de leurs amplitudes et de leurs
 20 fréquences, exciter les modes propres de la machine, et donc la faire entrer en résonance.

Les harmoniques de forces magnétiques et d'ondulation de couple qui sont à la source de ces phénomènes sont dus aux harmoniques spatiales d'encoches. Ces harmoniques proviennent de la variation de la perméance d'entrefer qui dépend de l'ouverture d'encoche et de la distribution discrète de la force magnétomotrice.

Dans le cas des machines à encoches ouvertes ou semi-ouvertes, le spectre de la perméance est riche en harmonique, ce qui augmente le taux d'harmonique des efforts magnétiques ; la culasse statorique peut alors être davantage le sujet de problèmes de résonance puisque sa rigidité est d'autant plus faible si l'ouverture d'encoche est plus grande.

5 Dans les machines à pas entier, afin de réduire les harmoniques du champ d'entrefer, on adopte souvent un nombre d'encoches par pôle et par phase relativement élevé, par exemple supérieur à 3, ainsi qu'un raccourcissement du pas d'ouverture des bobines. Afin de réduire les harmoniques d'encoches, qui sont dus à la distribution du bobinage, on peut procéder au vrillage du stator ou du rotor de la machine. Cependant, ce procédé ajoute
10 une étape supplémentaire de fabrication.

On comprend que le bobinage fractionnaire permet de réduire le contenu harmonique de la force magnétomotrice dans l'entrefer, réduisant ainsi les ondulations de couple et les amplitudes des pressions magnétiques radiales et tangentielles.

Par exemple, une comparaison des taux d'harmoniques entre une machine 48
15 encoches 8 pôles à nombre d'encoches par pôles et par phase entier avec et sans raccourcissement et une machine 60 encoches 8 pôles à nombre d'encoches par pôle et par phase fractionnaire est illustré dans le tableau 2 ci-après, qui montre l'intérêt du pas fractionnaire.

[Tableau 2]

Machine	Taux d'harmonique (p.u)
q entier sans raccourcissement	1
q entier avec raccourcissement	0.76
q fractionnaire	0.15

20

Tableau 2 : Taux d'harmonique en p.u entre un nombre q entier et fractionnaire

Dans le tableau 3 ci-dessous, on montre une comparaison des ondulations du couple en % entre des machines 48 encoches 8 pôles à nombre d'encoches par pôle et par
25 phase entier avec un rotor droit et un rotor vrillé, des machines 72 encoches 6 pôles à nombre d'encoches par pôle et par phase entier avec un rotor droit et un rotor vrillé d'une part, et d'autre part une machine 63 encoches 6 pôles à nombre d'encoches par pôle et par phase fractionnaire avec un rotor droit. On comprend l'intérêt du bobinage fractionnaire sur la réduction du taux d'ondulation du couple sans avoir recours à un vrillage du rotor.

[Tableau 3]

Machine	Ondulation du couple [%]	
	4000 rpm	11000 rpm
Bobinage entier 48/8 + rotor droit	19.2	22.1
Bobinage entier 48/8 + rotor vrillé	5.5	9.1
Bobinage entier 72/6 + rotor droit	14.6	15.3
Bobinage entier 72/6 + rotor vrillé	2.4	5.2
Bobinage fractionnaire 63/6 + rotor droit	2.3	4.6

Tableau 3 : Ondulation du couple en [%]

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

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'observés perpendiculairement à l'axe de rotation de la machine.

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.

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.

Conducteurs électriques

5 Dans un « conducteur électrique » circule le courant d'une même phase d'une voie d'enroulement.

Dans chaque encoche, il peut y avoir une ou plusieurs couches. Par « couche » (« *layer* » en anglais), on désigne les conducteurs en série appartenant à une même phase disposés dans une même encoche. Dans chaque couche d'une encoche, il y a les conducteurs
10 électriques d'une même phase. De manière générale, les conducteurs électriques d'un stator peuvent être réparties en une couche ou en plusieurs couches, par exemple deux, trois ou quatre couches. Lorsque les conducteurs électriques sont repartis en une seule couche, chaque encoche ne loge que des conducteurs électriques d'une même phase.

Dans l'invention, les conducteurs électriques peuvent être répartis en au moins
15 deux couches, notamment en deux couches seulement. Dans ce cas, une ou des encoches peuvent loger des conducteurs électriques de deux phases différentes. C'est toujours le cas pour un bobinage à pas raccourci.

Dans un mode de réalisation, le bobinage peut ne pas comporter plus de deux couches. Dans un mode de réalisation, il est notamment dépourvu de quatre couches.

20 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.

Par « reliés électriquement », on entend tout type de liaison électrique, notamment par soudure, avec différentes méthodes de soudures possible, notamment laser,
25 induction, friction, ultrasons, vibrations, ou brasure, ou par serrage mécanique, notamment par sertissage, vissage ou rivetage par exemple.

Les première et deuxième encoches sont de préférence non consécutives.

Les premier et deuxième conducteurs électriques peuvent être reliés électriquement à la sortie des première et deuxième encoches, c'est-à-dire que la liaison
30 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 de 38 mm environ.

Une majorité des conducteurs électriques logés dans une première encoche peuvent être reliés électriquement chacun à un deuxième conducteur électrique respectif logé
5 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.

10 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.

Les premier et deuxième conducteurs électriques peuvent comporter chacun une portion oblique. Les portions obliques peuvent s'étendre dans une direction circonférentielle,
15 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.

Un conducteur électrique peut comporter deux portions obliques, une à chacune de ses deux extrémités. Les deux portions obliques d'un même conducteur électrique
20 peuvent s'étendre dans des directions opposées. Elles peuvent être symétriques l'une par rapport à l'autre.

Une majorité des conducteurs électriques peuvent comporter une ou des portions obliques telles que décrites ci-dessus.

Les conducteurs électriques peuvent être disposés dans les encoches de manière
25 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.

Les conducteurs électriques peuvent être disposés de manière rangée dans les
30 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.

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.

Les conducteurs électriques peuvent être adjacents les uns aux autres par leurs grands côtés, autrement appelé le plat.

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.

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 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.

Épingles

Des conducteurs électriques au moins, voir une majorité des conducteurs électriques, peuvent être en forme d'épingles, 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).

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.

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.

Il n'y a pas besoin dans ce cas d'une culasse rapportée, ce qui permet d'améliorer la tenue mécanique du stator et sa conductivité thermique.

5 En variante, les conducteurs électriques pourraient comporter du fil rond. Dans un mode de réalisation, le stator peut comporter une frette magnétique telle que définie ci-après et des conducteurs électriques en forme de fil rond. Ceux-ci peuvent être insérés dans les encoches du côté de l'entrefer, avant la mise en place de la frette.

10 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.

15 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.

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.

20 Un conducteur électrique, étant en forme d'épingle en U, peut comporter une première et une seconde jambe s'étendant axialement respectivement dans des première A et seconde R encoches. On peut également parler d'ouverture du conducteur électrique. Les première A et seconde R encoches sont séparées par un nombre N_d de dents. Il s'agit du nombre de dents entre l'encoche aller et l'encoche retour d'un même conducteur électrique.
25 Le nombre N_d de dents peut être strictement supérieur à 5, étant par exemple supérieur ou égal à 6. Il peut être par exemple de 6, 7 et/ou 8, ou de 9, 10 et/ou 11.

30 Le nombre N_d de dents peut être le même pour tous les conducteurs électriques en forme d'épingle en U du stator. On peut également parler pour le nombre N_d de dents de pas d'un conducteur électrique. Lorsque ce dernier est le même pour tous les conducteurs électriques du stator qui sont en forme d'épingle en U, on peut faciliter ainsi la fabrication des épingles en U, et on simplifie l'étape de positionnement de celles-ci dans la masse

statorique, notamment leur insertion. Avantageusement, une telle configuration permet d'améliorer le lissage du champ dans l'entrefer, et de réduire les harmoniques du stator.

Brins

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.

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, lesquelles évoluent avec le carré de la fréquence d'alimentation, ce qui est particulièrement avantageux lorsque la vitesse de fonctionnement est élevée. On peut ainsi obtenir un meilleur rendement à haute vitesse.

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.

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.

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.

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.

Dans un mode de réalisation, chaque conducteur électrique comporte un seul brin. Dans un autre mode de réalisation, chaque conducteur électrique comporte trois brins.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Les conducteurs électriques peuvent être réalisés en cuivre ou aluminium.

Isolants

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.

Encoches partiellement fermées ou entièrement fermées

5 Les encoches peuvent être au moins partiellement fermée. Une encoche partiellement fermée permet de ménager une ouverture au niveau de l'entrefer, qui peut servir par exemple à la mise en place des conducteurs électriques pour le remplissage de l'encoche. Une encoche partiellement fermée est notamment ménagée entre deux dents qui comportent chacune des épanouissements polaires au niveau de leur extrémité libre, lesquels viennent fermer l'encoche au moins en partie.

10 En variante, les encoches peuvent être entièrement fermée. Par « encoche entièrement fermée », on désigne des encoches qui ne sont pas ouvertes radialement vers l'entrefer.

15 Les encoches peuvent être fermées du côté de l'entrefer par une frette magnétique. La frette peut être rapportée sur les dents du côté de l'entrefer. La frette magnétique peut avoir de préférence la même perméabilité magnétique que le stator. Elle peut notamment être réalisée dans le même matériau que la masse statorique. Elle peut être de forme générale annulaire et disposée dans l'entrefer. Elle forme des ponts de matière entre les dents, qui ferment les encoches du côté de l'entrefer. Ces ponts de matière ne sont pas d'un seul tenant avec les dents définissant l'encoche. Cette frette magnétique peut
20 notamment être en une seule pièce sur toute la circonférence du stator. Elle peut être formée d'un empilement de tôles laminées.

25 La frette magnétique peut présenter au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure. La frette peut notamment comporter au moins une rainure par pont de matière fermant une encoche, lesdites rainures pouvant être disposées devant chacune des encoches.

Lorsque l'on utilise une frette, il est alors possible d'utiliser des conducteurs électriques à fil rond.

En variante, le stator est dépourvu d'une frette rapportée servant à la fermeture des encoches.

30 Dans un mode de réalisation, au moins une encoche, voire chaque encoche, peut être continûment fermée du côté de l'entrefer par un pont de matière venu d'un seul tenant avec les dents définissant l'encoche. Toutes les encoches peuvent être fermées du côté de

l'entrefer par des ponts de matière fermant les encoches. Les ponts de matière peuvent être venus d'un seul tenant avec les dents définissant l'encoche. La masse statorique est alors dépourvue de découpe entre les dents et les ponts de matière fermant les encoches, et les encoches sont alors continûment fermées du côté de l'entrefer par les ponts de matière venus
5 d'un seul tenant avec les dents définissant l'encoche.

En outre, les encoches peuvent également être fermées du côté opposé à l'entrefer par une culasse rapportée ou d'un seul tenant avec les dents. Les encoches ne sont alors pas ouvertes radialement vers l'extérieur. La masse statorique peut être dépourvue de découpe entre les dents et la culasse.

10 Dans un mode de réalisation, chacune des encoches est de contour continûment fermé. 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.

15 La présence des 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 et l'échauffement de la machine. Les encoches fermées
20 permettent d'avoir un entrefer cylindrique fermé, de réduire les flux de fuite dans les encoches, ce qui permet de diminuer les pertes AC dans le bobinage statorique. L'autonomie de la batterie en est donc rallongée grâce au rendement de la machine augmenté en raison de la diminution des pertes AC.

En outre, la présence de ces encoches fermées permet d'améliorer la rigidité
25 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, ce qui peut être particulièrement avantageux lorsque le stator est destiné à être associé à un
30 système de boîte de vitesse.

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.

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 réalisée 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.

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.

Ponts de matière

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.

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

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

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.

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.

Les ponts de matière sont de préférence indéformables. Ceci accroît la rigidité du stator et améliore la durée de vie de la machine électrique.

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.

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

5 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.

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

Rainures

10 Les ponts de matière peuvent présenter chacun 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.

De préférence, les rainures sont ouvertes vers les encoches.

15 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
20 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.
25 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.

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

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

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.

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
5 appropriée, par exemple semi-elliptique ou ondulée.

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

Encoches

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

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 Joule AC.

15 La nervure peut s'étendre parallèlement à l'axe de rotation de la machine.

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
20 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.

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

25 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.

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

30 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.

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.

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.

Les encoches peuvent être configurées pour permettre le passage d'un fluide de refroidissement. Certaines ou toutes les encoches peuvent loger des conduits de circulation 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.

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.

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.

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.

En variante, la masse statorique peut être fabriquée à partir d'une poudre magnétique compactée ou agglomérée.

Machine et rotor

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.

5 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.

10 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.

15 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.

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.

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

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.

25 **Procédé de fabrication**

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.

30 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.

On peut relier entre eux deux conducteurs électriques en forme de I préalablement introduits dans deux encoches différentes non consécutives de la masse
5 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.

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.

10 **Brève description des dessins**

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 :

[Fig 1] La figure 1 est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un
15 stator réalisé conformément à l'invention.

[Fig 2] La figure 2 est une vue en perspective, schématique et partielle, du stator de la figure 1.

[Fig 3] La figure 3 une vue de détail, en perspective, du stator de la figure 1.

[Fig 4] La figure 4 représente en coupe transversale, de manière schématique et
20 partielle, le stator selon l'invention.

[Fig 5] La figure 5 représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, la masse statorique du stator selon l'invention.

[Fig 6] La figure 6 illustre la variation du champ radial d'entrefer, en Tesla, en fonction de la position angulaire en °.

[Fig 7] La figure 7 est une vue en perspective d'une variante de réalisation.
25

[Fig 8] La figure 8 est une vue de détail, en perspective, du stator de la figure 5.

[Fig 9] La figure 9 représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, le stator de la figure 7.

[Fig 10] La figure 10 représente en coupe transversale, de manière schématique
30 et partielle, une variante de réalisation.

Description détaillée

On a illustré aux figures 1 à 5 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.

Les exemples illustrés ci-dessous sont schématiques et les dimensions relatives des différents éléments constitutifs n'ont pas été nécessairement respectées.

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.

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.

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.

Les première et deuxième encoches sont non consécutives. Dans l'exemple illustré, elles sont séparées par 7 autres encoches. En variante, les première et deuxième encoche sont séparées par 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 ou 11 autres encoches, par exemple.

On voit en particulier sur la figure 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, notamment de 27 mm environ.

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.

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.

5 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 voit notamment sur la figure 4 isolément une bobine d'une phase dans le cas d'un bobinage
10 fractionnaire triphasé. On a alors $q=60/(3 \times 8)=5/2$ pour cette machine à 60 encoches et 8 pôles. Une bobine est formée par les conducteurs électriques aller d'une même phase passant dans des encoches adjacentes, et par les conducteurs électriques retours d'une même phase passant dans des encoches adjacentes.

Les conducteurs électriques 22 sont disposés de manière rangée dans les
15 encoches 21, selon une rangée de conducteurs électriques alignés.

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
20 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.

Les conducteurs électriques 22 sont en cuivre ou aluminium, ou tout autre matériau conducteur émaillé ou revêtu de tout autre revêtement isolant adapté.

On a illustré à la figure 6 la variation du champ radial d'entrefer dû à la réaction
25 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.

30 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.

Dans la variante de réalisation des figures 7 à 9, 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.

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.

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 voit notamment sur la figure 9 isolément une bobine d'une phase dans le cas d'un bobinage fractionnaire triphasé. On a alors $q = 63 / (3 \times 6) = 7/2$ pour cette machine à 63 encoches et 6 pôles. Une bobine est formée par les conducteurs électriques aller d'une même phase passant dans des encoches adjacentes, et par les conducteurs électriques retours d'une même phase passant dans des encoches adjacentes.

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.

Les encoches 21 sont, dans les exemples décrits et comme visible sur la figure 5, 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.

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 figure 5.

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.

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.

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.

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.

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 à la figure 10. 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.

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.

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

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.

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.

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

Revendications

1. Stator (2) de machine électrique tournante (1), comportant une masse statorique (25) comportant des dents (23) et des encoches (21) entre les dents (23), chacune
5 des encoches étant, du côté de l'entrefer, entièrement fermée, des conducteurs électriques (22) étant logés dans les encoches, les conducteurs électriques formant 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
10 de paires de pôles du stator,
une partie au moins des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, étant en forme d'épingles, notamment de U ou de I.
2. Stator selon la revendication précédente, les conducteurs électriques formant un bobinage distribué.
- 15 3. Stator selon l'une des revendications précédentes, une majorité des conducteurs électriques étant en forme d'épingle, notamment de U ou de I, s'étendant axialement dans les encoches.
4. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, les encoches étant fermées du côté de l'entrefer par une frette magnétique.
- 20 5. Stator selon la revendication précédente, la frette magnétique présentant au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure (40).
6. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins une encoche étant continûment fermée du côté de l'entrefer par un pont de matière (27) venu d'un seul tenant avec les dents (23) définissant l'encoche.
- 25 7. Stator selon la revendication précédente, les ponts de matière (27) présentant chacun au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure (40).
8. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, les encoches étant fermées du côté opposé à l'entrefer par une culasse (29) rapportée ou d'un seul tenant avec les dents.
- 30 9. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, les conducteurs électriques (22) étant en section transversale de forme générale rectangulaire.

10. Stator selon l'une quelconque 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.

5 11. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, un conducteur électrique, étant en forme d'épingle en U, comportant une première et une seconde jambe s'étendant axialement respectivement dans des première A et seconde R encoches, les première A et seconde R encoches étant séparées par un nombre Nd de dents, le nombre Nd de dents étant strictement supérieur à 5, étant notamment supérieur ou égal à
10 6.

12. 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, notamment chacun une nervure.

13. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel
15 au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, a un fond rectiligne ou en forme d'arc de cercle.

14. Stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les encoches sont configurées pour permettre le passage d'un fluide de refroidissement.

15. Stator (2) de machine électrique tournante (1), comportant une masse
20 statorique (25) comportant des dents (23) et des encoches (21) entre les dents (23), chacune des encoches étant, du côté de l'entrefer, au moins partiellement fermée, des conducteurs électriques (22) étant logés dans les encoches et étant répartis en au moins deux couches, notamment en deux couches seulement, les conducteurs électriques formant un bobinage unique fractionnaire, pour lequel le rapport q défini par $q = Ne / (2pm)$ s'écrit sous la forme
25 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,
une partie au moins des conducteurs électriques, voire une majorité des conducteurs électriques, étant en forme d'épingles, notamment de U ou de I.

30 16. Machine électrique tournante (1) comportant un stator (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes et un rotor (1).

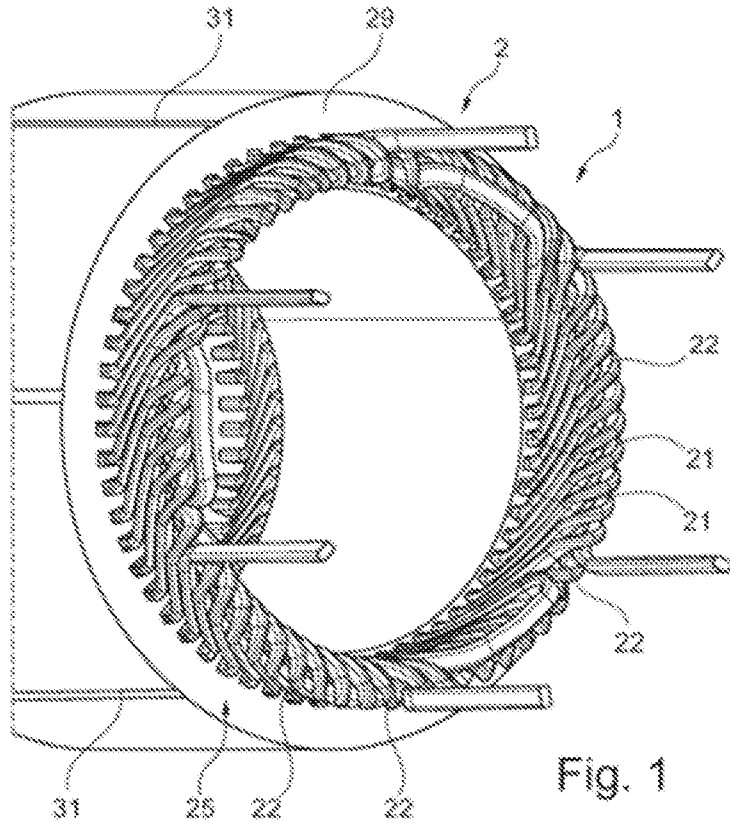


Fig. 1

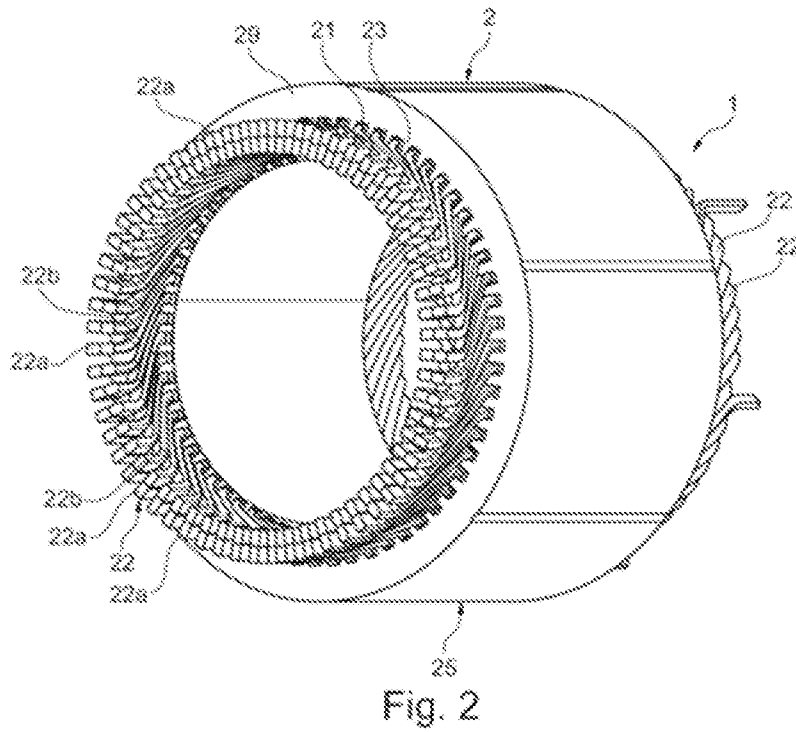


Fig. 2

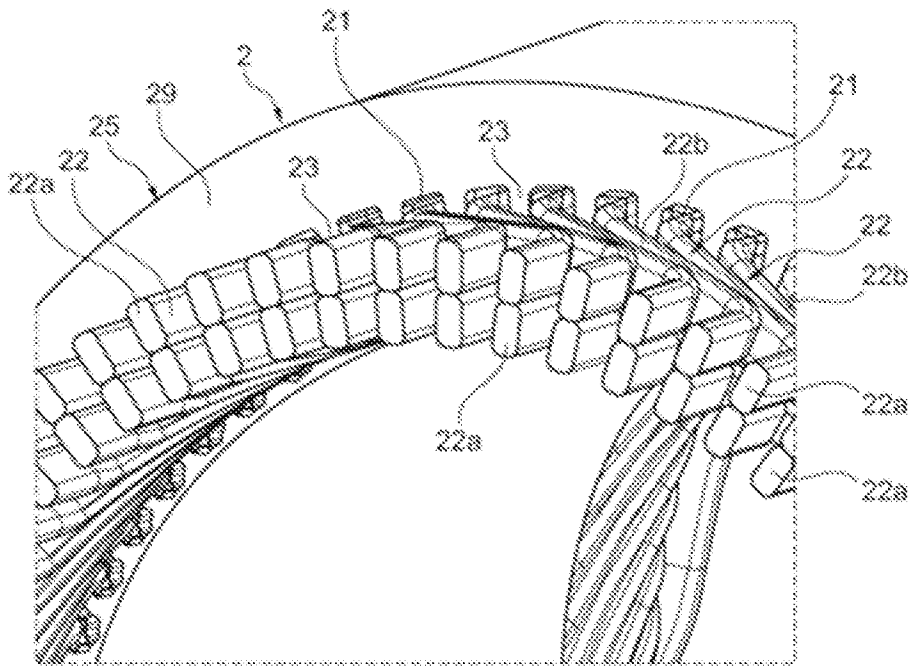


Fig. 3

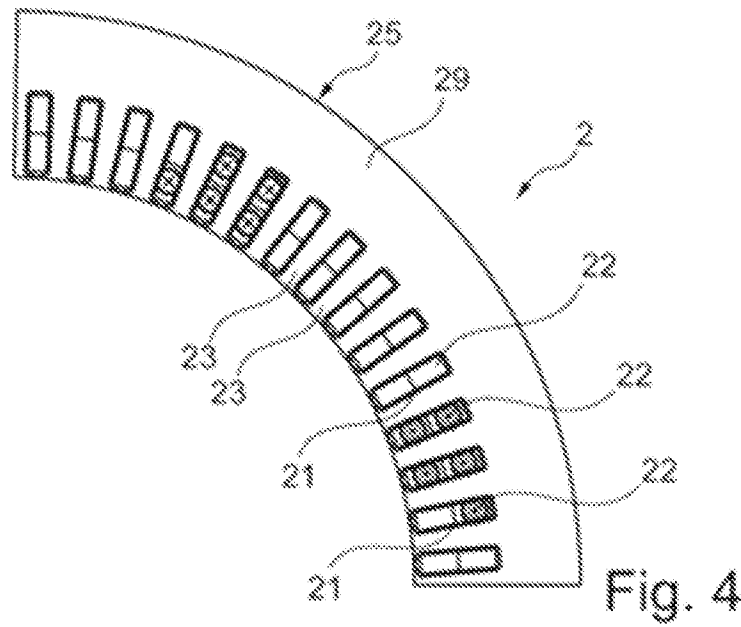


Fig. 4

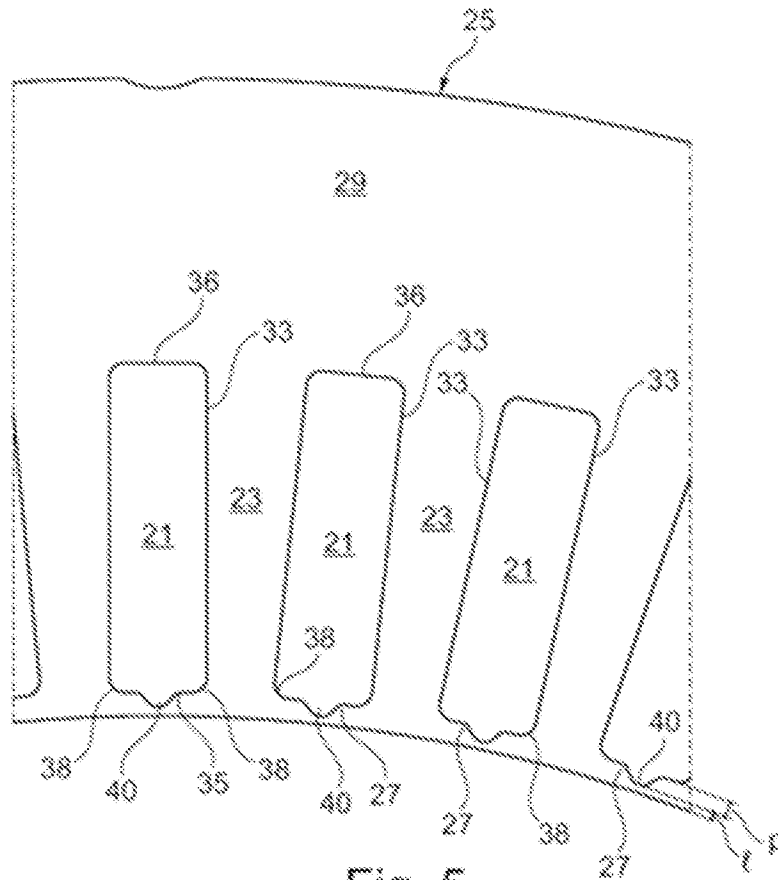


Fig. 5

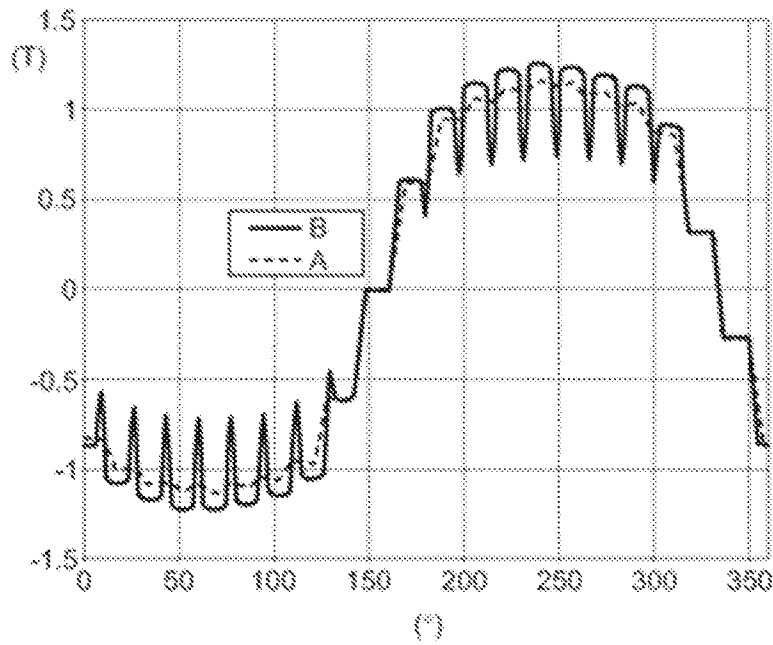


Fig. 6

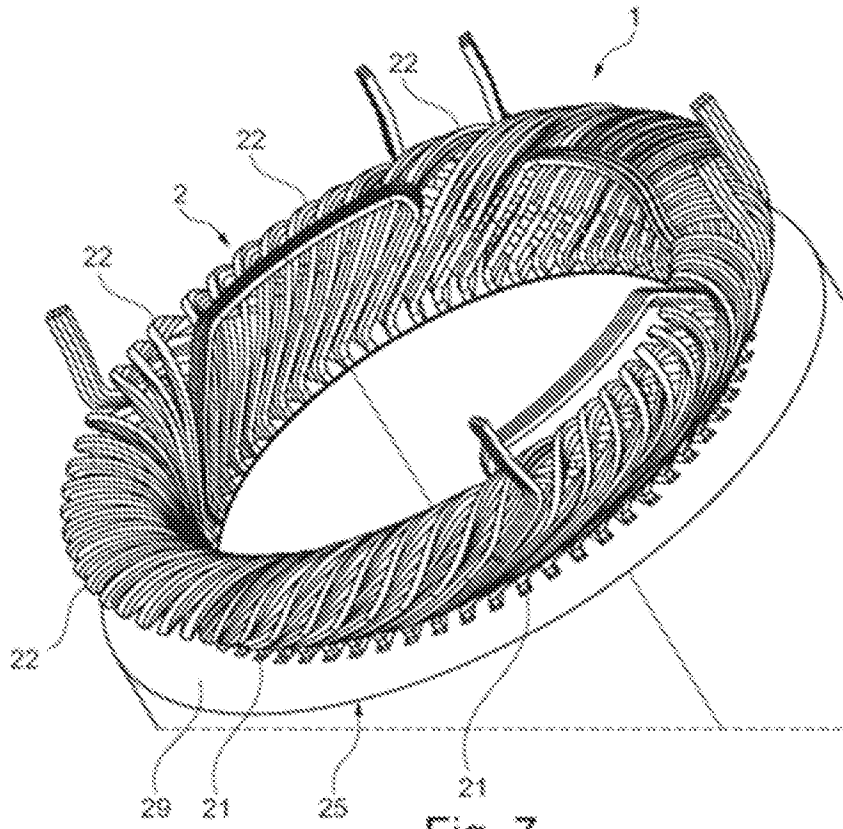


Fig. 7

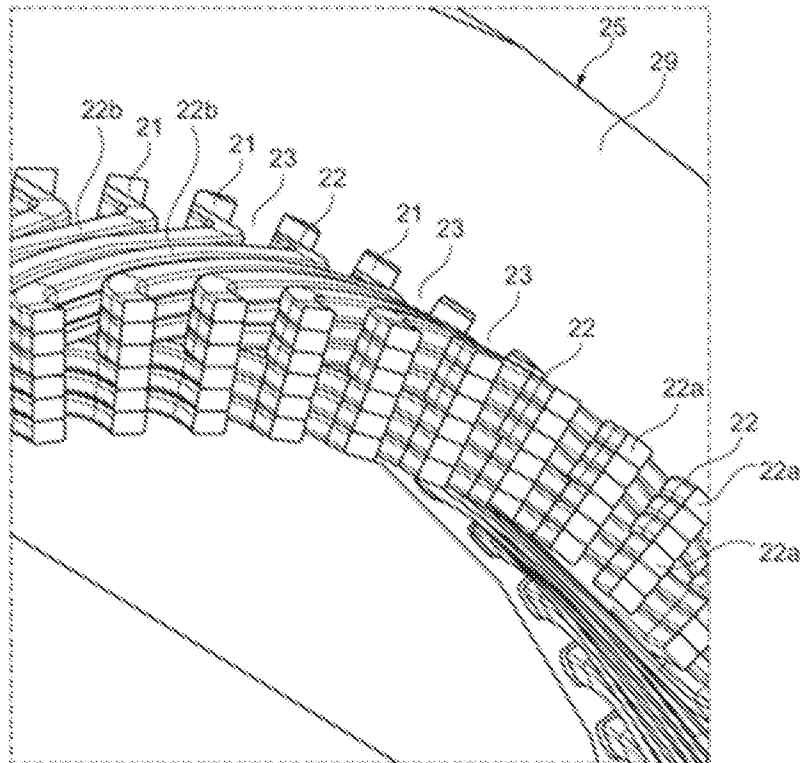


Fig. 8

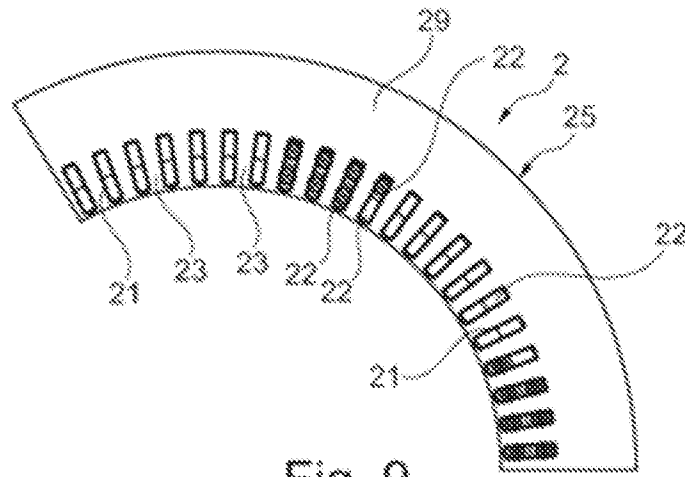


Fig. 9

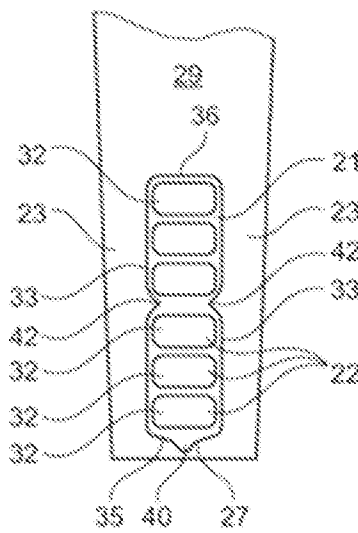


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2020/050382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02K 1/16 (2006.01)i; H02K 3/28 (2006.01)i; H02K 29/03 (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007018525 A1 (CAI WILLIAM [US] ET AL) 25 January 2007 (2007-01-25) cited in the application paragraphs [0010], [0025], [0048] - [0049]; figures 2,4-6,7a, 7c-e	1-16
A	FR 3019947 A1 (LEROY SOMER MOTEURS [FR]) 16 October 2015 (2015-10-16) page 12, line 25 - page 14, line 23; figures 1,2a,2c	5-8
A	US 2017353083 A1 (SHRESTHA GHANSHYAM [US] ET AL) 07 December 2017 (2017-12-07) paragraph [0012]; figure 2	14
A	WO 9834325 A1 (ASEA BROWN BOVERI [SE]; LEIJON MATS [SE] ET AL.) 06 August 1998 (1998-08-06) figure 2	12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 May 2020		Date of mailing of the international search report 05 June 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Maître, Jérôme Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2020/050382

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2007018525	A1	25 January 2007	DE	102006033666	A1	22 February 2007
				US	2007018525	A1	25 January 2007
FR	3019947	A1	16 October 2015	CN	106165251	A	23 November 2016
				EP	3130061	A2	15 February 2017
				FR	3019947	A1	16 October 2015
				US	2017033620	A1	02 February 2017
				WO	2015155730	A2	15 October 2015
US	2017353083	A1	07 December 2017	CN	110337782	A	15 October 2019
				EP	3465904	A2	10 April 2019
				US	2017353083	A1	07 December 2017
				WO	2017218204	A2	21 December 2017
WO	9834325	A1	06 August 1998	AU	725272	B2	12 October 2000
				BR	9807542	A	14 November 2000
				CA	2278602	A1	06 August 1998
				CN	1246977	A	08 March 2000
				EP	1016193	A1	05 July 2000
				JP	2001510019	A	24 July 2001
				KR	20000070683	A	25 November 2000
				NZ	337068	A	24 November 2000
				PL	334996	A1	27 March 2000
				TR	199901801	T2	21 September 1999
				WO	9834325	A1	06 August 1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2020/050382

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/16 H02K3/28 H02K29/03 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H02K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2007/018525 A1 (CAI WILLIAM [US] ET AL) 25 janvier 2007 (2007-01-25) cité dans la demande alinéas [0010], [0025], [0048] - [0049]; figures 2,4-6,7a, 7c-e -----	1-16
A	FR 3 019 947 A1 (LEROY SOMER MOTEURS [FR]) 16 octobre 2015 (2015-10-16) page 12, ligne 25 - page 14, ligne 23; figures 1,2a,2c -----	5-8
A	US 2017/353083 A1 (SHRESTHA GHANSHYAM [US] ET AL) 7 décembre 2017 (2017-12-07) alinéa [0012]; figure 2 -----	14
A	WO 98/34325 A1 (ASEA BROWN BOVERI [SE]; LEIJON MATS [SE] ET AL.) 6 août 1998 (1998-08-06) figure 2 -----	12
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 28 mai 2020	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/06/2020	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Maître, Jérôme	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2020/050382

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007018525	A1	25-01-2007	DE 102006033666 A1	22-02-2007
			US 2007018525 A1	25-01-2007

FR 3019947	A1	16-10-2015	CN 106165251 A	23-11-2016
			EP 3130061 A2	15-02-2017
			FR 3019947 A1	16-10-2015
			US 2017033620 A1	02-02-2017
			WO 2015155730 A2	15-10-2015

US 2017353083	A1	07-12-2017	CN 110337782 A	15-10-2019
			EP 3465904 A2	10-04-2019
			US 2017353083 A1	07-12-2017
			WO 2017218204 A2	21-12-2017

WO 9834325	A1	06-08-1998	AU 725272 B2	12-10-2000
			BR 9807542 A	14-11-2000
			CA 2278602 A1	06-08-1998
			CN 1246977 A	08-03-2000
			EP 1016193 A1	05-07-2000
			JP 2001510019 A	24-07-2001
			KR 20000070683 A	25-11-2000
			NZ 337068 A	24-11-2000
			PL 334996 A1	27-03-2000
			TR 199901801 T2	21-09-1999
			WO 9834325 A1	06-08-1998
