

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

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

**3 082 373**

②① N° d'enregistrement national : **18 54963**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 K 1/16 (2018.01)**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ STATOR DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE.

②② Date de dépôt : 07.06.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 13.12.19 Bulletin 19/50.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 24.12.21 Bulletin 21/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦② Inventeur(s) : SAINT-MICHEL JACQUES.

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

⑦④ Mandataire(s) : CABINET NONY.

**FR 3 082 373 - B1**



### **Stator de machine électrique tournante**

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

5 Dans les stators connus, la culasse ménage des encoches totalement ouvertes ou semi-ouvertes en direction de l'entrefer, de manière à permettre l'introduction de 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.

10 On connaît des stators dans lesquels les encoches peuvent être fermées par des cales non magnétiques. Cependant, de telles cales risquent de se détacher et de gêner le fonctionnement de la machine.

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 15 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 20 performances électromagnétiques satisfaisantes. Il existe également un besoin pour améliorer encore les stators de machines électriques et notamment diminuer les ondulations de couple.

#### **Stator**

L'invention vise à répondre à ce besoin et elle y parvient, selon l'un de ses 25 aspects, grâce à un stator de machine électrique tournante, comportant une masse statorique comportant des encoches, dans lesquelles sont logés des conducteurs électriques introduits axialement dans les encoches, chacune des encoches étant de contour continûment fermé.

Par « continûment fermé », on entend que les encoches présentent un contour 30 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.

Les encoches fermées ne sont pas ouvertes radialement vers l'extérieur.

Le stator selon l'invention est dépourvu de cales magnétiques rapportées.

La masse statorique peut être réalisée par empilement de tôles magnétiques, les encoches étant venues par découpage des tôles. La fermeture des encoches du côté de l'entrefer est obtenue par les ponts de matière venus d'un seul tenant avec le reste des tôles formant la masse statorique.

En variante, la masse statorique peut être réalisée au moins partiellement par une technique de fabrication additive, notamment par frittage de poudre et usinage. Le stator peut comporter une pluralité de galettes empilées, réalisées chacune par fabrication additive.

On élimine le risque de détachement de cales de fermeture des encoches.

La présence des encoches fermées permet de renforcer mécaniquement le stator et de réduire les vibrations.

On obtient un effet de crantage minimisé (en anglais « cogging torque »).

Ce stator permet de réduire fortement les perturbations électromagnétiques liées à la présence des ouvertures des encoches donnant sur l'entrefer dans l'art antérieur.

Du fait que les encoches sont fermées, le risque de fuite de vernis d'imprégnation vers l'entrefer est éliminé. Le stator peut être utilisé comme une enceinte fermée d'imprégnation en assurant une étanchéité aux extrémités du stator seulement. L'outillage est ainsi simplifié. Ceci réduit également la quantité de vernis ou résine perdue et les opérations de nettoyage nécessaires.

#### 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.

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 est réalisée d'un seul tenant avec les dents. Le stator est ainsi 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.

5 Les performances électromagnétiques de la machine en sont améliorées.

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

10 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.

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

15 Au moins certains et mieux tous les ponts de matière peuvent présenter chacun au moins une zone à perméabilité magnétique réduite se présentant sous l'une ou plusieurs des formes suivantes:

- au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure s'étendant selon l'axe longitudinal du stator dans l'épaisseur du pont de matière ou au
- 20 moins un écrasement localisé de la matière dans la largeur du pont de matière, et/ou
- au moins une ouverture dans la largeur du pont de matière, et/ou
- au moins un traitement localisé dans la largeur du pont de matière diminuant localement la perméabilité magnétique du pont de matière.

25 La zone de perméabilité magnétique réduite formé par le rétrécissement localisé, l'écrasement localisé, l'ouverture ou le traitement localisé du pont de matière permettent que ladite zone du pont de matière soit saturée magnétiquement lors du fonctionnement de la machine, ce qui limite le passage du flux et augmente l'efficacité de la machine.

30 De plus, la présence des ponts de matière réduit le risque de perte de vernis dans l'entrefer lors de l'imprégnation par un vernis du stator complet. Ceci permet de réduire le besoin de nettoyage.

Elle permet également de réduire la fuite du vernis dans l'entrefer pendant le fonctionnement de la machine sur laquelle le stator est monté. Ceci simplifie la maintenance de la machine. Le terme « vernis » doit ici s'entendre avec un sens large et couvrir tout type de matériau d'imprégnation, notamment polymère.

5 De préférence, les rainures sont ouvertes vers l'encoche.

Chaque zone à perméabilité magnétique réduite magnétiquement s'étend préférentiellement sur toute l'épaisseur de la masse statorique.

En variante, la zone à perméabilité magnétique réduite s'étend sur une longueur inférieure ou égale à l'épaisseur de la masse statorique.

10 La zone à perméabilité magnétique réduite de chaque pont de matière est, de préférence, continue dans l'épaisseur de la masse statorique, rectiligne ou non.

En variante, la zone à perméabilité magnétique réduite est discontinue dans l'épaisseur de la masse statorique.

Par exemple, la masse statorique se présente sous forme de tôles empilées, 15 présentant des dents reliées entre elles à leur base du côté de l'entrefer par des ponts de matière, au moins certains et mieux tous les ponts de matière de chacune des tôles présentant chacune au moins une zone à perméabilité magnétique réduite. Les zones à perméabilité magnétique réduite des ponts de matière de chacune des tôles peuvent ne pas être centrées.

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

Au moins deux tôles adjacentes peuvent présenter au moins deux zones à perméabilité magnétique réduite agencées en quinconce l'une par rapport à l'autre en se recoupant partiellement ou non. L'agencement en quinconce peut être réalisé par retournement de certaines tôles, notamment d'une tôle sur deux, de l'empilement de tôles 25 formant la masse statorique ou par découpage angulaire des tôles ou par utilisations de tôles différentes.

#### Rainures

De préférence, dans le cas où le fond des encoches présente au moins une rainure, les rainures sont ouvertes vers les encoches.

30 Le fond des encoches 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, préférentiellement, 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.

La rainure dans le fond de l'encoche forme, de préférence, un jeu entre le pont de matière et le conducteur électrique correspondant, ce qui peut faciliter la pénétration du vernis lors de l'imprégnation du stator.

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 les encoches, ou au contraire être décalées par rapport à un plan de symétrie de la ou des encoches.

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

En variante, la ou les rainures peuvent s'étendre sur la surface interne du stator, i. e. la surface du stator qui définit l'entrefer avec le rotor.

Lorsque la ou les rainures sont situées sur la surface interne du stator qui définit l'entrefer avec le rotor, elles peuvent permettre le repérage angulaire du stator, et permettre ainsi de faciliter l'empilage des tôles et l'indexation. Le stator peut alors être dépourvu de reliefs sur sa surface extérieure, ce qui peut permettre d'améliorer le contact entre la culasse et des moyens de refroidissement.

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.

#### Ecrasement localisé

L'écrasement localisé est réalisé dans l'épaisseur du pont de matière, c'est-à-dire selon un axe radial du stator, et constitue un rétrécissement localisé ayant une perméabilité magnétique réduite. L'écrasement forme, de préférence, une rainure dans le

fond de l'encoche. Dans ce cas, l'écrasement localisé peut être tel que décrit ci-dessus pour les rainures.

En variante, l'écrasement localisé est réalisé dans l'épaisseur du stator, c'est-à-dire selon un axe parallèle à l'axe longitudinal du stator, et présente une perméabilité magnétique réduite.

#### Ouverture

L'ouverture précitée s'étend préférentiellement selon l'axe longitudinal du stator sur toute l'épaisseur de la masse statorique.

L'ouverture peut être de section transversale ovale, circulaire, ou de forme polygonale par exemple à arêtes arrondies, notamment rectangulaire.

Le pont de matière peut ne présenter qu'une seule ouverture dans sa largeur.

L'ouverture peut être au centre du pont de matière.

L'ouverture peut présenter deux zones amincies de part et d'autre de celle-ci, les zones amincies étant saturées magnétiquement lors du fonctionnement de la machine.

En variante, le pont de matière présente une pluralité de microperforations dans sa largeur. Les microperforations diminuent la section de tôle et permettent au pont de matière de saturer magnétiquement pour un flux magnétique moindre.

#### Traitement

Le traitement localisé permet de modifier localement la perméabilité au flux magnétique de la matière du pont.

Le traitement localisé peut s'étendre sur toute la largeur du pont de matière ou sur une portion seulement de celle-ci.

Ce traitement peut être un traitement thermique qui modifie localement l'orientation des grains de métal et entraîne une baisse de la perméabilité magnétique dans le sens circonférentiel.

En variante, le traitement thermique est une contrainte thermique liée à la dégradation de la matière lors de la découpe laser du pont de matière.

#### Conducteurs électriques

Les conducteurs électriques peuvent être disposés dans les encoches de manière concentrée ou répartie. Par « concentrée », on comprend que les conducteurs électriques sont disposés chacun autour d'une seule dent.

De préférence, les conducteurs électriques sont disposés de manière répartie dans les encoches. Par « répartie », on entend 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 adjacentes.

5

Les conducteurs électriques peuvent être disposés de manière rangée dans les encoches. Par « rangé », on entend que les conducteurs 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.

10

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 définie comme sa dimension circonférentielle autour de l'axe de rotation de la machine.

15

En variante, une encoche peut comporter plus d'une rangée de conducteurs électriques. Ils peuvent être disposés dans l'encoche en une ou plusieurs rangées, par exemple en une rangée unique, ou en deux rangées, ou en trois ou quatre rangées.

20

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.

25

Chaque encoche peut comporter deux à huit conducteurs électriques, notamment deux à quatre conducteurs électriques, par exemple deux ou quatre conducteurs électriques.

Les conducteurs électriques peuvent être en forme d'épingles. L'épingle peut être en forme de U (« U-pin » en anglais) ou droite, étant en forme de I (« I-pin » en anglais). Ils sont disposés de manière rangée dans les encoches. Les conducteurs électriques peuvent être introduits dans les encoches correspondantes par l'une ou les deux extrémités axiales de la machine.

30



Un conducteur électrique en forme de I passe dans une encoche unique, et est soudé à chacune de ses extrémités à deux autres conducteurs électriques, au niveau des extrémités axiales du stator. Un conducteur électrique en forme de U passe dans deux encoches différentes, et est soudé à chacune de ses extrémités 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.

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.

Chaque encoche peut recevoir au moins deux conducteurs électriques, notamment au moins deux conducteurs électriques de phases différentes. Ces deux conducteurs électriques peuvent se superposer radialement. De préférence, les deux conducteurs électriques sont séparés entre eux par un isolant, notamment au moins une feuille d'isolant, encore mieux au moins deux feuilles d'isolant, lorsqu'une feuille est enroulée autour de chaque conducteur électrique ou faisceau de conducteurs électriques associés à une même phase.

#### Encoches

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

Au moins une dent, mieux toutes les dents, peut 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  
5 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 comporte des secteurs rapportés.

Les secteurs peuvent comporter des dents reliées entre elles par des ponts de  
10 matière, et du côté opposé par une culasse. Les secteurs sont réalisés par découpage.

### **Tôles**

L'invention a encore pour objet une tôle de masse statorique d'un stator, notamment du stator tel que décrit précédemment, présentant des dents reliées entre elles à leur base du côté de l'entrefer par des ponts de matière, au moins certaines et mieux tous  
15 les ponts de matière présentant chacune au moins une zone à perméabilité magnétique réduite se présentant sous la forme :

- d'au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure ou d'un écrasement localisé, et/ou
- d'au moins une ouverture dans la largeur de l'épaisseur du pont de matière,  
20 et/ou
- d'au moins un traitement localisé dans la largeur du pont de matière diminuant localement la perméabilité magnétique du pont de matière.

Lorsque le stator est formé par empilement de tôles telles que décrites ci-dessus, les dents des tôles sont alignées pour former les dents du stator et les ponts de  
25 matière des tôles forment par empilement les ponts de matière du stator.

Les caractéristiques décrites précédemment en relation avec le stator s'applique sur la tôle ci-dessus.

### **Machine et rotor**

L'invention a encore pour objet une machine électrique tournante, tel qu'un  
30 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.

La machine électrique tournante peut comporter un rotor. Le rotor peut être un rotor bobiné ou à aimants permanents. Dans le cas où la machine est destinée à fonctionner en alternateur, le rotor peut être bobiné. Dans le cas où la machine est destinée à fonctionner en moteur, le rotor peut être à aimants permanents.

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

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

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

#### **Procédé de fabrication et machine**

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.

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 est 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 statorique du stator. Dans le cas où un conducteur électrique est en forme de I, il est soudé à deux autres conducteurs électriques des deux côtés opposés de la machine.

30 Le stator peut être vrillé. (« skewing » en anglais). Un tel vrillage permet notamment de serrer les bobinages dans les encoches et de réduire les harmoniques d'encoches.

### **Description détaillée**

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 :

- 5                   - la figure 1 est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un stator réalisé conformément à l'invention,
- la figure 2 en est une vue de dessus, selon la flèche II,
- la figure 3 est une vue en perspective, schématique et partielle, des conducteurs électrique du stator des figures 1 et 2, pris isolément,
- 10                  - la figure 4 représente en coupe transversale, de manière schématique et partielle, la masse statorique du stator selon l'invention,
- la figure 5 représente de manière schématique et partielle une portion de la masse statorique du stator de la figure 1,
- la figure 6 est une vue en coupe transversale, schématique et partielle, du
- 15   stator, et
- la figure 7 illustre une variante de réalisation.

On a illustré aux figures 1 à 6 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

25 dans des encoches 21 ménagées entre des dents 23 d'une masse statorique 25. Les encoches 21 sont fermées, c'est-à-dire que l'on peut faire le tour complet de chaque encoche 21 sans rencontrer de découpe dans la masse statorique. 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

30 dernière et les dents 23 sont d'un seul tenant. La culasse 29 peut être équipée le cas échéant de nervures longitudinales semi-circulaires 31 destinées à loger des conduits de circulation d'un liquide de refroidissement.

Les conducteurs électriques 22 sont disposés de manière répartie dans les encoches 21. Ils peuvent avoir une forme de I ou de U.

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

5 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  
10 comporter plusieurs conducteurs électriques dans sa dimension radiale.

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

Dans l'exemple décrit, une encoche comporte au moins deux conducteurs électriques de phases différentes. Dans la variante de réalisation de la figure 7, une encoche  
15 comporte quatre conducteurs électriques.

Chaque conducteur électrique 22 est entouré d'une feuille d'isolant 37 permettant d'isoler les conducteurs électriques des parois 33 et 36 de l'encoche et les conducteurs électriques 22 de phases différentes, comme visible sur la figure 6.

Les encoches 21 sont, dans l'exemple décrit, à bords radiaux 33 parallèles entre eux, et sont en section dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation X de la machine de  
20 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 ou d'un écrasement localisé 40. Dans la suite, il ne sera fait référence qu'à une rainure mais il faut bien comprendre qu'un  
25 écrasement localisé est également possible en lieu et place de la rainure.

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 X de la machine. Dans une variante de réalisation non illustrée, la rainure pourrait ne pas être centrée, ou le fond 35 pourrait comporter plusieurs rainures.

30 Les rainures 40 présentent, en section dans un plan perpendiculaire à l'axe X, une forme courbe, notamment sensiblement semi-circulaire. Elles présentent une profondeur  $p$  comprise entre 0,2 mm et 1 mm, par exemple égale à 0,42 mm.

Les rainures 40 forment 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.

5 La plus petite largeur  $l$  des ponts de matière 27 est de préférence comprise entre 0,3 mm et 0,6 mm, par exemple égale à 0,4 mm.

10 La masse statorique 25 est formée d'un paquet de tôles magnétiques empilées selon l'axe X, les tôles étant par exemple identiques et superposées exactement. Elles peuvent être maintenues entre elles par clipsage, par 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. En variante, la masse statorique peut encore être formée d'une ou plusieurs bandes de tôle découpées enroulées sur elles-mêmes.

15 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 longitudinal X.

20 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 ou à aimants permanents.

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

**REVENDEICATIONS**

1. Machine électrique tournante (1) comportant un stator (2) et un rotor (1) à amants permanents, le stator (2) comportant une masse statorique (25) comportant des encoches (21), dans lesquelles sont logés des conducteurs électriques (22) introduits axialement dans les encoches, chacune des encoches étant de contour continûment fermé.  
5
2. Machine 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).  
10
3. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les ponts de matière (27) présentant au moins un rétrécissement localisé formé par au moins une rainure (40).  
15
4. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les conducteurs électriques (22) étant disposés de manière répartie dans les encoches (21).  
20
5. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les conducteurs électriques (22) étant en section transversale de forme générale rectangulaire.  
25
6. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, chaque encoche (21) comportant deux à huit conducteurs électriques (22), notamment deux à quatre conducteurs électriques.
7. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les conducteurs électriques (22) étant en forme d'épingles, de U ou de I.
8. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, étant à bords radiaux parallèles entre eux.
9. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, étant en section transversale de forme rectangulaire ou hexagonale.  
30
10. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, au moins une dent (23), mieux toutes les dents, étant en section transversale de forme générale trapézoïdale.
11. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, la masse statorique (25) étant réalisée par empilement de tôles magnétiques, les encoches étant venues par découpage des tôles.

12. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, la masse statorique (25) étant réalisée au moins partiellement par une technique de fabrication additive.

13. Stator (2) de machine électrique tournante, comportant une masse statorique (25) comportant des encoches (21), dans lesquelles sont logés des conducteurs électriques (22) introduits axialement dans les encoches, chacune des encoches étant de contour continûment fermé, au moins une encoche (21), mieux toutes les encoches, étant en section transversale de forme hexagonale.

14. Machine électrique tournante (1) comportant un stator (2) selon la revendication précédente et un rotor (1).

15. Procédé de fabrication d'un stator de machine électrique tournante, notamment d'un stator d'une machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 ou 14 ou selon la revendication 13, 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.

16. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel soit on dispose un même conducteur électrique en forme de U dans deux encoches différentes non consécutives de la masse statorique du stator, soit on relie entre eux deux conducteurs électriques en forme de I préalablement introduits dans deux encoches différentes non consécutives de la masse statorique du stator.



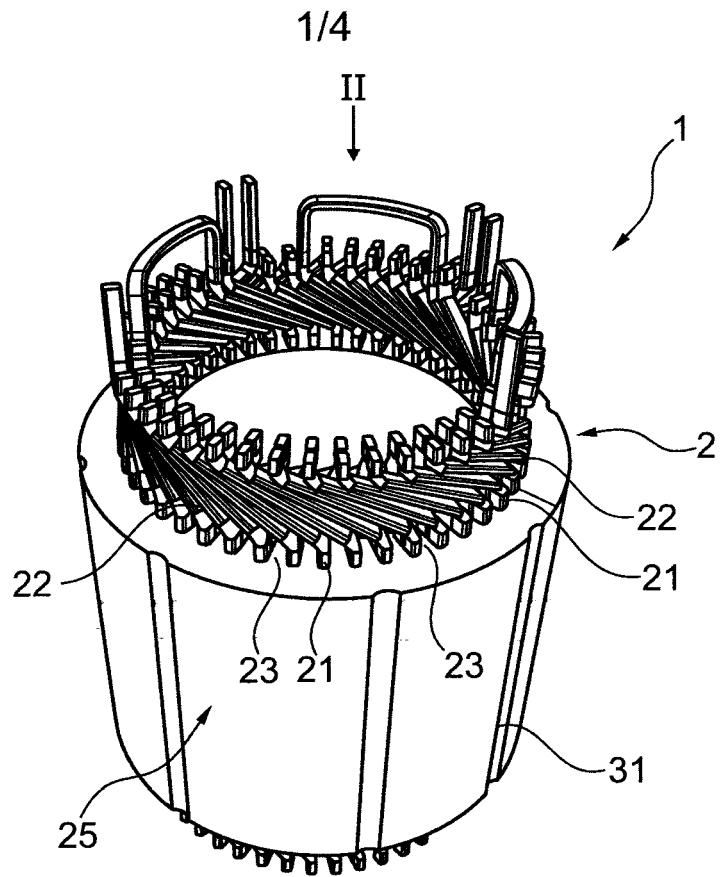


Fig. 1

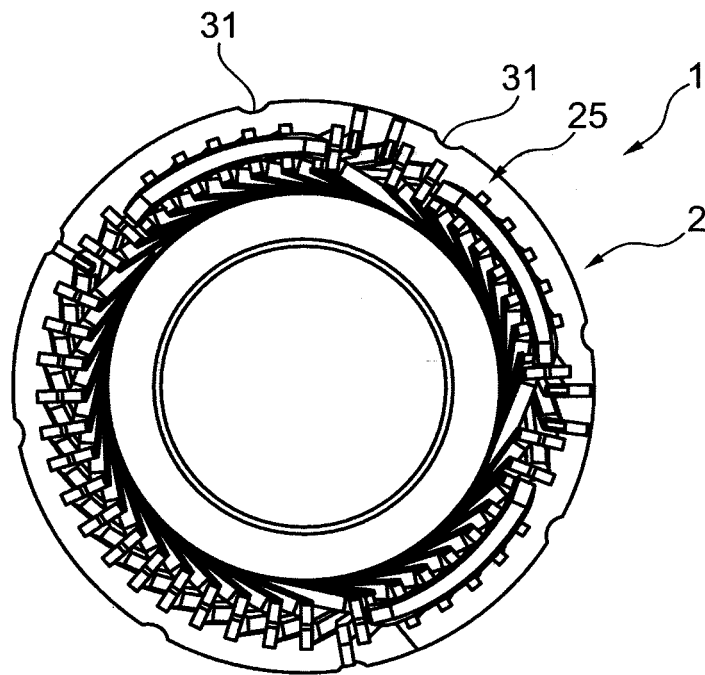


Fig. 2

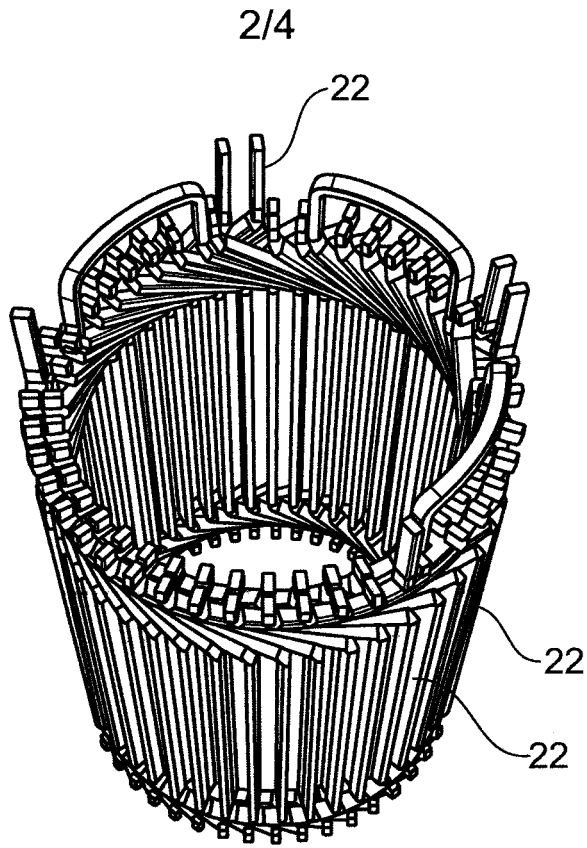


Fig. 3

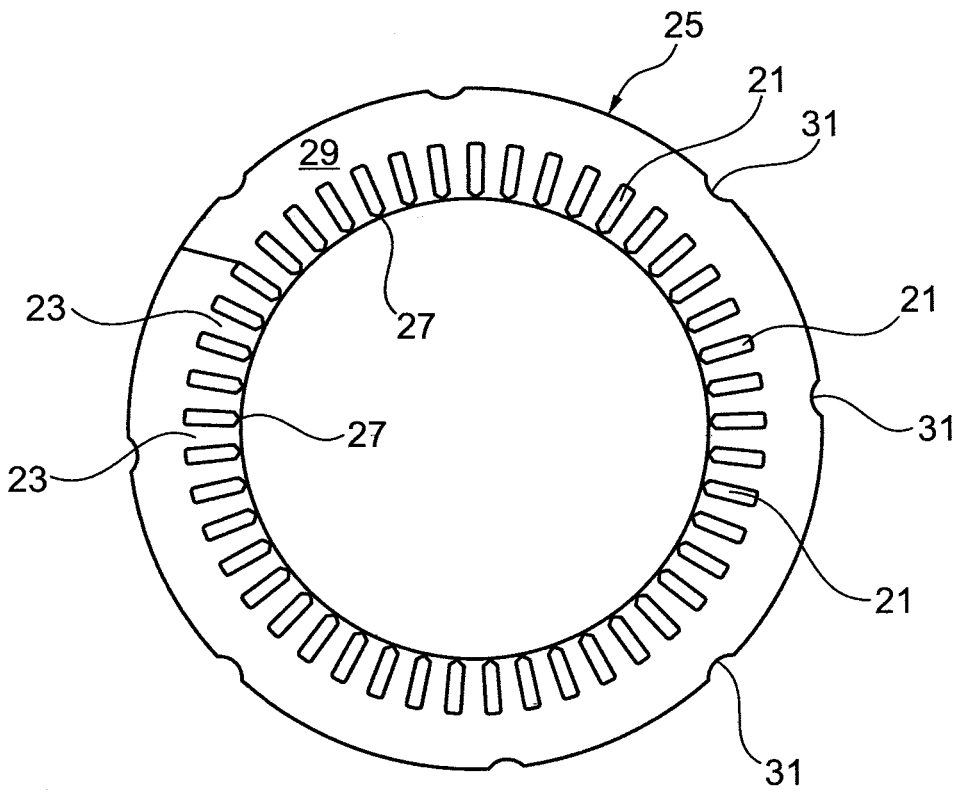


Fig. 4

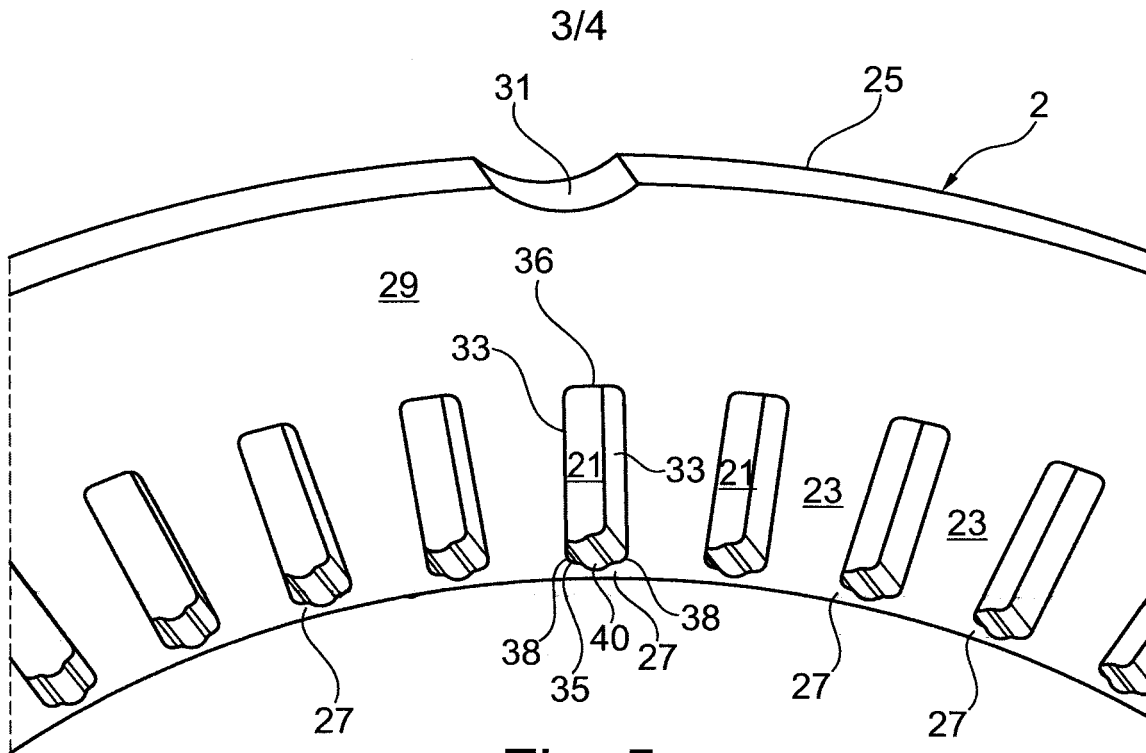


Fig. 5

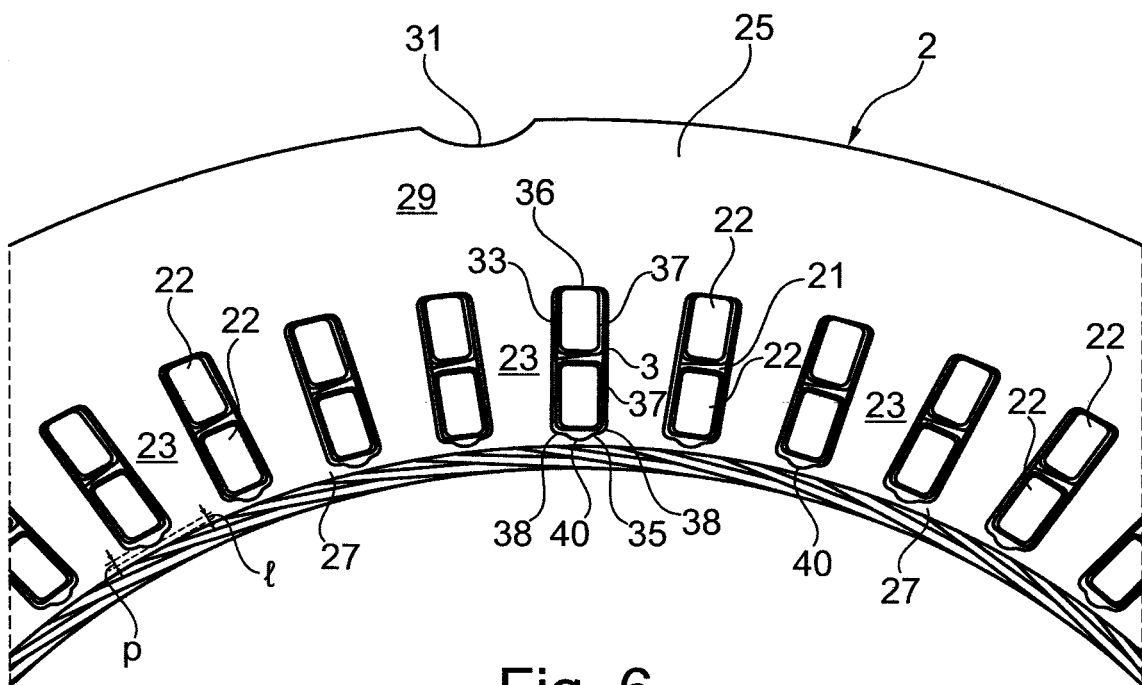


Fig. 6

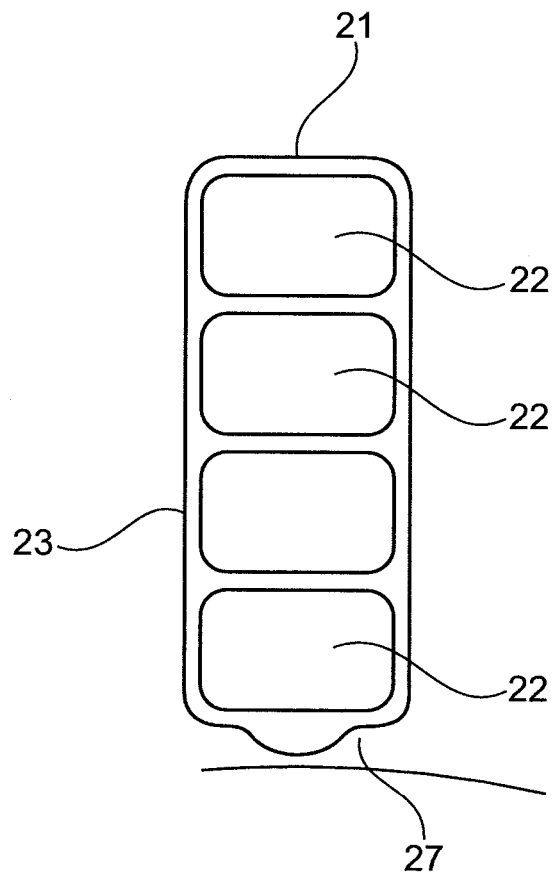


Fig. 7

# 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**

FR 3 019 947 A1 (LEROY SOMER MOTEURS [FR])  
16 octobre 2015 (2015-10-16)

US 2007/075604 A1 (HSU JOHN S [US])  
5 avril 2007 (2007-04-05)

JP H02 211027 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND  
CO LTD) 22 août 1990 (1990-08-22)

JP 2007 295763 A (HITACHI LTD)  
8 novembre 2007 (2007-11-08)

US 2003/201687 A1 (ASAI JIRO [JP])  
30 octobre 2003 (2003-10-30)

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

NEANT

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

NEANT