

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
21 janvier 2016 (21.01.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/009137 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 15/00 (2006.01) H02K 15/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051905

(22) Date de dépôt international :
9 juillet 2015 (09.07.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1456774 15 juillet 2014 (15.07.2014) FR

(71) Déposant : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
MOTEUR [FR/FR]; 2 rue André Bouille, F-94046 Creteil
Cedex (FR).

(72) Inventeurs : GRESSIER, Samuel; 24 chemin Montor, F-
62780 Cucq (FR). LUITTRE, Olivier; 34 rue d'en haut, F-
62170 Beaumerie Saint Martin (FR). VO, Ngoc-Toan; 15
route de Campigneulles les petites, F-62170 Sorrus (FR).
HURTRELLE, Guylain; 28 avenue de Verdun, F-62600
Berck (FR). LEFRANCOIS, Olivier; 2 avenue du Mont
Levin, F-62630 Etaples (FR). PAINDAVOINE, Sébas-
tien; 3bis Résidence Le Village, F-62170 Estréelles (FR).

(74) Mandataire : RIBEIL, Alexandre; Valeo Equipements
Electriques Moteur, 2, rue André Bouille, F-94046 Creteil
Cedex (FR).

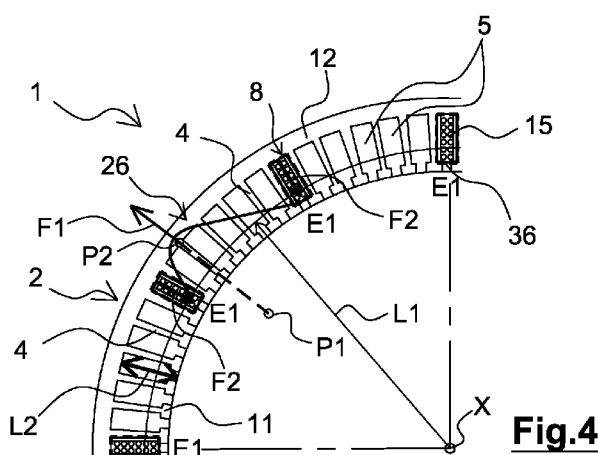
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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), eurasien (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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A WOUND STATOR OF A ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) Titre : PROCEDE DE REALISATION D'UN STATOR BOBINE DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE



(57) Abstract : The invention relates mainly to a method for producing a wound stator (1), including: a step of preparing a phase winding; an insertion step which includes inserting said phase winding into a corresponding series of notches (5) in said stator (1); and an intermediate step of forming lead out wires of the winding (26) each extending between two notches (5) of each series of the inserted phase windings, by applying a first radial force (F1) from an axis (X) of said stator (1) toward the outside of said stator (1), characterised in that said method also comprises a step of positioning a bearing surface facing at least one notch (5) such as to apply a second radial force (F2) resulting from the application of the first force (F1) from the outside toward the axis (X) of said stator (1).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/009137 A1

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

L'invention porte principalement sur un procédé de réalisation d'un stator bobiné (1) comprenant: - une étape de préparation d'un enroulement phase, - une étape d'insertion comprenant une insertion dudit enroulement de phase dans une série d'encoches (5) correspondante dans ledit stator (1), et - une étape de formage intermédiaire de chignons de bobinage (26) s'étendant chacun entre deux encoches (5) de chaque série des enroulements de phase insérés, par application d'une première force radiale (F1) allant d'un axe (X) dudit stator (1) vers l'extérieur dudit stator (1), caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de positionnement d'une surface d'appui en face d'au moins une encoche (5) de manière à contrecarrer une deuxième force radiale (F2) résultant de l'application de la première force (F1) allant de l'extérieur vers l'axe (X) dudit stator (1).

PROCEDE DE REALISATION D'UN STATOR BOBINE DE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

L'invention porte sur un procédé de réalisation d'un stator bobiné de machine électrique tournante, ainsi que sur le stator bobiné correspondant. L'invention
5 trouve une application particulièrement avantageuse pour le bobinage d'un stator de machine électrique tournante, telle que par exemple un alternateur, un alterno-démarrreur, voire un démarrreur de véhicule automobile.

De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre
10 menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur comme décrit dans le document EP0803962 ou d'un moteur électrique comme décrit dans le document EP0831580. La machine électrique comporte un boîtier portant le stator. Ce boîtier est configuré pour porter à rotation l'arbre du rotor par exemple par
15 l'intermédiaire de roulements.

Le rotor comporte un corps formé par un empilage de feuilles de tôles maintenues sous forme de paquet au moyen d'un système de fixation adapté, tel que des rivets traversant axialement le rotor de part en part. Le rotor comporte des pôles formés par exemple par des aimants permanents
20 logés dans des cavités ménagées dans la masse magnétique du rotor, comme cela est décrit par exemple dans le document EP0803962. Alternativement, dans une architecture dite à pôles "saillants", les pôles sont formés par des bobines enroulées autour de bras du rotor.

Le stator comporte un corps ferromagnétique constitué par un empilage de
25 tôles minces ainsi qu'un bobinage reçu dans des encoches du stator ouvertes vers l'intérieur. Le bobinage est formé par une pluralité d'enroulements de phase correspondant chacun à une phase de la machine. Chaque enroulement est formé par un ensemble de spires formées chacune par un ou plusieurs fils continus généralement en cuivre. Ces fils suivent une
30 forme ondulée et présentent des structures de boucle situées alternativement de chaque côté du stator reliant entre eux des structures de segment situées

à l'intérieur des encoches. Un ensemble de structures de boucle dépassant d'un côté du stator constitue un chignon du bobinage.

Le bobinage du stator est classiquement réalisé phase par phase. Par exemple, pour une machine hexaphasée, les six enroulements de phase
5 sont réalisés de la même façon les uns après les autres. Des cales de fermeture sont insérées dans les encoches lors de la réalisation de chaque enroulement de phase.

L'inconvénient de ce type de bobinage est que les chignons du premier enroulement de phase entravent l'insertion de l'enroulement de la phase
10 suivante et ainsi de suite, la dernière phase étant gênée par les chignons de tous les enroulements de phase précédents.

Pour résoudre ce problème, on réalise une opération de formage intermédiaire consistant à libérer l'espace au-dessus et en dessous des encoches de la phase suivante à insérer, par application dans les chignons
15 d'une force radiale allant de l'intérieur vers l'extérieur du stator. Cette force est appliquée au moyen de mors agissant simultanément et de manière identique sur les parties inférieure et supérieure des chignons du bobinage.

Toutefois, l'effort transmis par les mors sur les fils des chignons induit un effort dans les encoches ayant tendance à faire ressortir les cales de
20 fermeture des encoches, ou les fils dans le cas où le procédé ne fait pas intervenir de cale de fermeture. L'expansion radiale des mors est donc limitée par ce phénomène, ce qui ne permet donc pas de libérer suffisamment d'espace dans les encoches du stator en vue d'insérer les enroulements de phase suivants.

25 La conséquence est que les encoches ne sont pas remplies de façon optimum, en sorte que le coefficient de remplissage des encoches (c'est-à-dire le rapport entre la section de fil conducteur nu et la section complète de l'encoche), et donc les performances de la machine, sont dégradées. Les procédés connus permettent en effet de réaliser des stators bobinés ayant
30 un taux de remplissage maximal de 52% pour les applications triphasées et de 50% pour les applications hexaphasées.

L'invention vise à remédier efficacement à ces inconvénients en proposant un procédé de réalisation d'un stator bobiné comprenant:

- une étape de préparation d'un enroulement de phase,
- une étape d'insertion comprenant une insertion dudit enroulement de phase
- 5 dans une série d'encoches correspondante dans ledit stator, et
- une étape de formage intermédiaire de chignons de bobinage s'étendant chacun entre deux encoches consécutives de chaque série des enroulements de phase insérés, par application d'une première force radiale allant d'un axe dudit stator vers l'extérieur dudit stator,
- 10 caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de positionnement d'une surface d'appui en face d'au moins une encoche de manière à contrecarrer une deuxième force radiale résultant de l'application de la première force allant de l'extérieur vers l'axe dudit stator.

Ainsi, du fait du maintien des fils à l'intérieur des encoches, il est possible

15 d'augmenter la première force appliquée lors de l'étape de formage intermédiaire, ce qui permet de mieux libérer les encoches des phases suivantes à insérer. L'invention permet ainsi d'augmenter de manière substantielle le taux de remplissage pouvant atteindre plus de 55% pour des applications hexaphasées.

20 Selon une mise en œuvre, l'étape d'insertion comprend en outre une insertion de cales de fermeture dans la série d'encoches correspondant à l'enroulement de phase inséré, dans ce cas, ladite surface d'appui est plaquée contre au moins une desdites cales de fermeture lors de l'étape de formage intermédiaire.

25 Selon une mise en œuvre, ladite première force radiale est appliquée sur une partie desdits chignons de bobinage de manière à libérer au moins la série d'encoches correspondant à l'enroulement de phase suivant à insérer. Pour cela, la force radiale allant d'un axe dudit stator vers l'extérieur dudit stator est appliquée suivant un rayon aligné avec au moins une encoche de la série

30 d'encoches de l'enroulement de phase suivant à insérer.

Selon une mise en œuvre, ladite première force radiale est appliquée sur une partie desdits chignons de bobinage de manière à libérer d'abord la série d'encoches correspondant au dernier enroulement de phase à insérer, puis

la série d'encoches correspondant à l'enroulement de phase suivant à insérer. Pour cela, la force radiale allant d'un axe dudit stator vers l'extérieur dudit stator est appliquée d'abord suivant un rayon aligné avec au moins une encoche de la série d'encoches correspondant au
5 dernier enroulement de phase à insérer puis suivant un rayon aligné avec au moins une encoche de la série d'encoches de l'enroulement de phase suivant à insérer.

Selon une mise en œuvre, lesdits chignons de bobinage comprenant une première partie inférieure située du côté d'une des deux extrémités axiales
10 du stator et une deuxième partie supérieure située du côté de l'autre extrémité axiale dudit stator, ladite première force radiale est appliquée sur chacune des deux parties à l'aide de mors entre une position de départ et une position d'arrivée, dans laquelle les distances radiales des mors par rapport à l'axe du côté de la partie inférieure et du côté de la partie
15 supérieure sont différentes.

Selon une mise en œuvre, ladite étape d'insertion comprenant une étape de basculement d'une position horizontale vers une position verticale dudit enroulement de phase à l'aide d'une couronne de basculement située d'un côté d'une des deux extrémités axiales du stator, ladite position d'arrivée est
20 plus proche de l'axe du côté de ladite couronne de basculement.

Selon une mise en œuvre, l'insertion desdites cales de fermeture étant réalisée d'une première extrémité axiale du stator vers une deuxième extrémité axiale du stator, ladite position d'arrivée est plus éloignée dudit axe du côté de ladite deuxième extrémité du stator. Cela permet de faciliter
25 l'insertion des cales de fermeture.

Selon une mise en œuvre, lors du positionnement d'une pluralité de surfaces d'appui, des dents dudit stator délimitant lesdites encoches sont positionnées à l'intérieur de logements de forme complémentaire s'étendant entre deux surfaces d'appui successives.

30 Selon une mise en œuvre, le positionnement desdites dents à l'intérieur desdits logements est tel que les surfaces d'appui obstruent sensiblement complètement l'espace de l'encoche sur un diamètre correspondant à

environ un diamètre intérieur du stator auquel on ajoute deux fois le tiers d'une profondeur d'encoche.

Selon une mise en œuvre, avant l'insertion de l'enroulement de phase, ledit procédé comporte une étape de mise en place de doigts radiaux au-dessus
5 d'au moins une face d'extrémité axiale de dents dudit stator.

Selon une mise en œuvre, lesdits doigts radiaux sont positionnés de manière à venir en contact contre une face de liaison s'étendant entre deux surfaces d'appui successives.

Selon une mise en œuvre, l'étape de préparation consiste à préparer deux
10 demi-enroulements de phase comprenant une superposition de spires planes identiques en étoile.

Selon une mise en œuvre, les spires des demi-enroulements sont décalées angulairement relativement les unes par rapport aux autres de manière à obtenir un bobinage ondulé réparti.

15 Selon une mise en œuvre, lesdits demi-enroulements de phase sont insérés en même temps dans une série d'encoches par torsion progressive des spires de manière à réaliser un basculement de l'enroulement de phase d'une position horizontale vers une position verticale.

Selon une mise en œuvre, ledit procédé comporte l'étape de réaliser
20 successivement des insertion d'un premier, d'un deuxième, et d'un troisième enroulement de phase d'un premier système triphasé, puis des insertions d'un premier, d'un deuxième, et d'un troisième enroulement de phase d'un deuxième système triphasé, en sorte que les insertions sont réalisées successivement dans une série d'encoches sur deux. On limite ainsi la
25 torsion sur les fils du bobinage lors des insertions successives.

Selon une mise en œuvre, ledit procédé comporte une étape de conformage des chignons de bobinage.

L'invention a également pour objet le stator bobiné de machine électrique tournante obtenu avec le procédé tel que précédemment défini.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

5 La figure 1 est une vue en perspective d'un stator bobiné obtenu suite à la mise en œuvre du procédé selon la présente invention;

La figure 2 est une vue de dessus des demi-enroulements de phase positionnés autour des lames d'un outil d'insertion utilisé avec le procédé selon la présente invention;

10 La figure 3 est une vue en perspective de l'intérieur du corps du stator et de l'outil d'insertion;

La figure 4 est une vue en coupe partielle du stator lors de l'étape de formage intermédiaire des chignons du bobinage suite à l'insertion d'un premier enroulement de phase;

15 La figure 5 montre une vue en perspective d'un outil de formage intermédiaire utilisé lors de la mise en œuvre du procédé de bobinage selon la présente invention;

La figure 6 est une vue en perspective détaillée des surfaces d'appui de l'outil de formage intermédiaire de la figure 5 positionnées en regard des encoches sans les cales de fermeture ni les fils de bobinage;

20 La figure 7 est une vue en coupe partielle d'un stator selon la présente invention montrant l'ordre des phases d'un système double triphasé obtenu avec le procédé selon la présente invention.

Les éléments identiques, similaires, ou analogues conservent la même référence d'une figure à l'autre.

25 La figure 1 montre une vue en perspective d'un stator bobiné 1 de machine électrique tournante pouvant être par exemple un alternateur ou un alternodémarreur. Cette machine est de préférence destinée à être mise en œuvre dans un véhicule automobile. On rappelle qu'un alternodémarreur est une machine électrique tournante apte à travailler de manière réversible, d'une

part, comme générateur électrique en fonction alternateur, et d'autre part comme moteur électrique, notamment pour démarrer ou redémarrer le moteur thermique du véhicule automobile dans un mode de fonctionnement dit "stop and start" (ou en français mode d'arrêt et de redémarrage du moteur
5 en fonction des conditions de circulation).

Ce stator 1 comporte un corps 2 de forme cylindrique annulaire d'axe X consistant en un empilement axial de tôles planes ayant chacune une faible épaisseur. Le corps 2 est délimité radialement par une face cylindrique interne 21 et par une face cylindrique externe 22. Le corps 2 est délimité
10 axialement par une face d'extrémité inférieure 23 et par une face d'extrémité supérieure 24.

Le corps 2 comporte sur sa circonférence des dents 4 délimitant deux à deux des encoches 5, deux encoches 5 consécutives étant ainsi séparées par une dent 4. Les encoches 5 débouchent axialement dans les faces d'extrémité
15 axiales 23, 24 du corps 2. Les encoches 5 sont ouvertes radialement dans la face interne 21 du corps 2. Les encoches 5 toutes sensiblement identiques sont réparties angulairement de manière régulière autour de l'axe X. Les encoches 5 sont par exemple au nombre de 36, 48, 60, 72, 84, ou 96. Dans l'exemple de réalisation, le stator 1 comporte 36 encoches.

20 Des isolants 8 visibles sur la figure 4 sont de préférence disposés dans les encoches 5, avant de réaliser insertion du bobinage, pour éviter de blesser les conducteurs lors de cette opération délicate et pour isoler électriquement les conducteurs par rapport au corps 2.

Pour améliorer les performances magnétiques de la machine, chaque dent 4
25 comporte de préférence un pied de dent 11 qui s'étend circonférentiellement de part et d'autre de l'extrémité libre de chaque dent 4. La partie pleine 12 du stator 1 qui s'étend entre le fond des encoches 5 et la périphérie externe 22 est appelée culasse.

Des enroulements de phase E1-Ek correspondant chacun à une des phases
30 de la machine électrique sont insérés dans les encoches 5. Chaque enroulement de phase E1-Ek est constitué de spires 13 ondulées empilées radialement. Ces spires 13 sont formées par des conducteurs électriques

comportant chacun un ou plusieurs fils 15. Les fils 15, généralement en cuivre, sont recouverts d'une couche émail pour leur isolement. Ces fils 15 présentent de préférence une section ronde. En variante, les fils 15 pourraient présenter une section carrée, rectangulaire, ou en forme de méplat.

Dans un enroulement de phase E1-Ek donné, chaque spire 13 comporte une série de structures de segment 18 qui sont reçues dans une série d'encoches 5 associée. Chaque spire 13 comporte également des structures de boucle 19 reliant les structures de segment 18 consécutives et s'étendant alternativement en saillie de part et d'autre des faces d'extrémité axiale 23, 24. Les chignons de bobinage 26 correspondent aux structures de boucle 19 s'étendant entre deux encoches 5 de chaque série des enroulements de phase E1-Ek. Les chignons 26 comprennent une partie supérieure située du côté de la face d'extrémité supérieure 24 et une partie inférieure située du côté de la face d'extrémité inférieure 23.

Deux encoches 5 consécutives d'une série d'encoches donnée sont séparées par des encoches 5 adjacentes correspondant chacune à une autre série d'encoches 5 associée à l'un des autres enroulements de phase. Autrement dit, pour un stator 1 comportant k enroulements de phase E1-Ek, les fils 15 d'un enroulement de phase E1-Ek sont reçus dans une encoche 5 sur k encoches adjacentes. Ainsi, pour un stator 1 d'une machine triphasée, deux encoches adjacentes sont laissées libres entre deux encoches 5 de chaque série. En d'autres termes, les fils 15 d'un enroulement de phase E1-Ek sont insérés dans une encoche sur trois encoches adjacentes. De manière générale, la machine pourra comporter de trois à sept phases.

On décrit ci-après le procédé de réalisation du stator bobiné 1 selon la présente invention basé sur l'insertion successive des enroulements de phase E1-Ek. Plus précisément, le procédé comporte une étape de préparation d'un enroulement d'une phase E1-Ek à partir d'un fil 15. Cet enroulement de phase E1-Ek comprend deux demi-enroulements de phase supérieur 271 et inférieur 272 représentés sur les figures 2 et 3.

Chaque demi-enroulement 271, 272 comprend une superposition de spires planes 13 identiques en étoile, présentant chacune une pluralité de structure

de boucles 19 reliant entre elles les structures de segment 18 d'orientation sensiblement radiale destinées à être insérées dans les encoches 5.

Les spires 13 d'un même demi-enroulement 271, 272 se superposent l'une sur l'autre. Le demi-enroulement supérieur 271 est plaqué au-dessus du
5 demi-enroulement inférieur 272, les axes de symétries des deux demi-enroulements 271, 272 étant alignés et sensiblement confondus avec l'axe X du stator 1.

Les spires 13 du demi-enroulement supérieur 271 sont également décalées angulairement relativement aux spires 13 du demi-enroulement inférieur 272,
10 en sorte que chaque structure de boucle 19 d'un des demi-enroulements 271 destinée à s'étendre d'un des côtés du stator est intercalée angulairement entre deux structures de boucle 19 de l'autre demi-enroulement 272 destinées à s'étendre du même côté du stator. On obtiendra ainsi un bobinage ondulé réparti.

15 Le procédé comporte ensuite une étape d'insertion des deux demi-enroulements 271, 272 d'une phase dans la série d'encoches 5 correspondante. A cet effet, comme on peut le voir sur la figure 3, un outil d'insertion 30 sur lequel ont été transférés les demi-enroulements 271, 272 est positionné du côté de la face d'extrémité inférieure 23 du corps 2, les
20 spires 13 en étoile étant centrées sur l'axe X du corps 2 et s'étendant dans des plans sensiblement perpendiculaires à cet axe.

Les demi-enroulements 271, 272 sont alors insérés en même temps dans les encoches 5 de la série correspondante, par torsion progressive des spires 13 de manière à réaliser un basculement de l'enroulement de phase E1-Ek
25 d'une position horizontale vers une position verticale dans laquelle lesdites spires 13 sont orientées dans une direction parallèle à l'axe X.

Plus précisément, l'outil d'insertion 30 comporte des lames 31 positionnées suivant un cercle centré sur l'axe X associées chacune à une contre-lame 32 située derrière la lame 31, ainsi qu'une couronne de basculement 33 située
30 du côté de l'extrémité axiale inférieure 23.

L'insertion des demi-enroulements 271, 272 est effectuée en déplaçant la couronne de basculement 33 vers le haut de manière à pousser les spires 13 dans les encoches 5 par torsion, et ce jusqu'à ce que les spires 13 remplissent les encoches 5 sur toute leur longueur. En parallèle, les lames 5
31 déplacées dans la même direction que la couronne 33 viennent glisser sur la face cylindrique interne 21 du corps 2 de manière à servir de guide pour les structures de segment 18; tandis que des contre-lames 32 assurent un guidage des lames 31 pendant leur mouvement.

Par ailleurs, des cales de fermeture 36 représentées sur la figure 4 sont
10 insérées dans chaque encoche 5 de la série correspondant à l'enroulement de phase E1-Ek inséré. L'insertion des cales 36 est réalisée en allant de l'extrémité axiale inférieure 23 vers l'extrémité axiale supérieure 24 du stator.

Le stator 1 est ensuite positionné autour d'un outil de formage intermédiaire 39 montré sur la figure 5, en sorte que des surfaces d'appui 40 située sur
15 une circonférence de la partie centrale 43 de l'outil sont plaquées contre les cales de fermeture 36. Ces surfaces d'appui 40 s'étendent suivant toute la hauteur des encoches 5 entre les deux faces d'extrémité axiale 23, 24 du stator 1 de manière à obturer les encoches 5.

En l'occurrence, comme cela est bien visible sur la figure 6, les dents 4 du
20 stator 1 sont positionnées à l'intérieur de logements 44 de forme complémentaire s'étendant entre deux surfaces d'appui 40 successives. De préférence, le positionnement est tel que les surfaces d'appui 40 obstruent sensiblement complètement l'espace des encoches 5 compris entre les face d'extrémité inférieure 23 et supérieure 24 du stator, sur un diamètre L1
25 correspondant environ à un diamètre intérieur du corps 2 auquel on ajoute deux fois le tiers de la profondeur L2 d'encoche mesurée suivant une direction radiale.

Les surfaces d'appui 40 sont reliées ensemble via leurs extrémités axiales par des faces de liaison 47 qui s'étendent du côté des faces d'extrémité
30 supérieure 24 et inférieure 23 du corps 2.

Une étape de formage intermédiaire est ensuite réalisée sur les chignons de bobinage 26. A cet effet, l'outil 39 comportent une première série de mors 48

inférieurs répartis suivant un cercle et situés sous la partie centrale 43, ainsi qu'une deuxième série de mors 48 supérieurs répartis suivant un cercle et situés au-dessus de la partie centrale 43.

5 Ces mors 48 sont destinés à appliquer sur les chignons 26 une première force radiale F1 allant de l'axe X du stator 1 vers l'extérieur du stator 1. Cette première force radiale F1 est appliquée par la première et la deuxième série de mors 48 respectivement sur la partie inférieure et la partie supérieure des chignons 26, de manière à libérer au moins la série d'encoches 5 correspondant à l'enroulement de la phase suivante à insérer. De
10 préférence, les mors 48 sont activés de manière à libérer d'abord les encoches 5 de la série correspondant au dernier enroulement de phase E1-Ek à insérer puis les encoches 5 de la série correspondant à l'enroulement de phase suivant E1-Ek à insérer.

On note que, lors de l'étape de formage intermédiaire, les surfaces d'appui
15 40 situées en face des encoches 5 permettent de contrecarrer la deuxième force radiale F2 résultant de l'application de la première force F1 et allant de l'extérieur vers l'axe X du stator 1. On empêche ainsi les fils 15 d'exercer dans les encoches 5 une contrainte susceptible de faire ressortir les cales de fermeture 36 des phases précédemment insérées. En outre, du fait du
20 maintien des cales 36, il est possible d'augmenter l'effort appliqué par les mors 48, ce qui permet de mieux libérer les encoches 5 pour l'insertion de l'enroulement de phase suivant.

Les mors 48 se déplacent entre une position de départ P1 et une position d'arrivée P2 (cf. figure 4). De préférence, les distances radiales séparant les
25 positions d'arrivée des mors 48 par rapport à l'axe X du côté de la face inférieure 23 et du côté de la face supérieure 24 du stator 1 sont différentes. En l'occurrence, la position d'arrivée P2 est plus proche de l'axe X du côté de la couronne de basculement 33. La position d'arrivée P2 des mors 48 est alors plus éloignée par rapport à l'axe X du côté de la face d'extrémité
30 supérieure 24, c'est-à-dire du côté opposé au côté par lequel sont insérées les cales de fermeture 36. Cela permet de faciliter l'insertion des cales 36 pour l'enroulement de phase E1-Ek suivant à insérer.

Le stator 1 est ensuite indexé dans la position d'insertion de l'enroulement de phase suivant E1-Ek à insérer. Les opérations sont réalisées n-1 fois, n étant le nombre de phases à insérer. Ainsi, les opérations sont réalisées cinq fois pour les applications hexaphasées (1 vers 2, 2 vers 3, 3 vers 4, 4 vers 5, et 5 vers 6), ou deux fois pour les applications triphasées (1 vers 2, et 2 vers 3).

De préférence, on considère un stator 1 à six phases de type double triphasés comportant, comme montré sur la figure 7, des séries d'encoches 5 correspondant successivement au premier enroulement de phase E1 d'un premier système triphasé, au premier enroulement de phase E1' d'un deuxième système triphasé, au deuxième enroulement de phase E2 du premier système triphasé, au deuxième enroulement de phase E2' du deuxième système triphasé, au troisième enroulement de phase E3 du premier système triphasé, au troisième enroulement de phase E3' du deuxième système triphasé. Dans ce cas, on réalise successivement les insertions du premier E1, du deuxième E2, et du troisième E3 enroulement de phase du premier système triphasé, puis les insertions du premier E1', du deuxième E2', et du troisième E3' enroulement phase du deuxième système triphasé. Autrement dit, les insertions sont faites dans une série d'encoches 5 sur deux afin de limiter la torsion sur les fils 15 du bobinage. Bien entendu, entre chaque insertion, on réalise les étapes de formage intermédiaire décrites ci-dessus.

A la fin de l'insertion des enroulements de phase E1-Ek, une machine indépendante réalise une étape de conformage des parties supérieure et inférieure des chignons 26 en fonction d'un dimensionnel du chignon à obtenir. Un tel dimensionnel dépend de l'application envisagée.

De préférence, avant l'insertion des enroulements phase E1-Ek, le procédé comporte une étape de mise en place de doigts radiaux 50 au-dessus des faces d'extrémité axiale des dents 4 du stator 1. Comme cela est visible sur la figure 6, les doigts 50 sont positionnés de manière à venir en contact contre une face de liaison 47 s'étendant entre deux surfaces d'appui 40. On limite ainsi le risque que les chignons 26 puissent glisser le long des doigts 50 classiquement plus court et viennent en contact avec les tôles du corps 2 présentant des bavures susceptibles d'endommager les fils 15. On évite ainsi

que les fils conducteurs 15 entrent en contact avec le corps 3 du stator 1 lors des opérations d'insertion des enroulements de phase E1-E6.

En variante, il est possible de réaliser un stator 1 ne comportant pas de cales de fermeture 36, les surfaces d'appui 40 étant alors positionnées en face des encoches 5 pour éviter une sortie des fils 15 lors des opérations de formage intermédiaire.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les détails d'exécution par tous autres équivalents.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un stator bobiné (1) comprenant:

- une étape de préparation d'un enroulement de phase (E1-Ek),
- une étape d'insertion comprenant une insertion dudit enroulement de

5 phase (E1-Ek) dans une série d'encoches (5) correspondante dans ledit stator (1), et

- une étape de formage intermédiaire de chignons de bobinage (26) s'étendant chacun entre deux encoches (5) consécutives de chaque série des enroulements de phase (E1-Ek) insérés, par application d'une première
- 10 force radiale (F1) allant d'un axe (X) dudit stator (1) vers l'extérieur dudit stator (1),

caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de positionnement d'une surface d'appui (40) en face d'au moins une encoche (5) de manière à contrecarrer une deuxième force radiale (F2) résultant de l'application de la

15 première force (F1) et allant de l'extérieur vers l'axe (X) dudit stator (1).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape d'insertion comprend en outre une insertion de cales de fermeture (36) dans la série d'encoches (5) correspondant à l'enroulement de phase (E1-Ek) inséré, dans ce cas, ladite surface d'appui (40) est plaquée contre au moins

20 une desdites cales de fermeture (36) lors de l'étape de formage intermédiaire.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite première force radiale (F1) est appliquée sur une partie desdits chignons de bobinage (26) de manière à libérer au moins la série d'encoches (5)

25 correspondant à l'enroulement de phase (E1-Ek) suivant à insérer.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite première force radiale (F1) est appliquée sur une partie desdits chignons de bobinage (26) manière à libérer d'abord la série d'encoches (5) correspondant au dernier enroulement de phase (E1-Ek) à insérer, puis la

30 série d'encoches (5) correspondant à l'enroulement de phase (E1-Ek) suivant à insérer.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits chignons de bobinage (26) comprenant une première partie inférieure située du côté d'une des deux extrémités axiales (23) du stator et une deuxième partie supérieure située du côté de l'autre extrémité axiale (24) dudit stator (1), ladite première force radiale (F1) est appliquée sur chacune des deux parties à l'aide de mors (48) entre une position de départ (P1) et une position d'arrivée (P2), dans laquelle les distances radiales des mors (48) par rapport à l'axe (X) du côté de la partie inférieure et du côté de la partie supérieure sont différentes.

10 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite étape d'insertion comprenant une étape de basculement d'une position horizontale vers une position verticale dudit enroulement de phase (E1-Ek) à l'aide d'une couronne de basculement (33) située d'un côté d'une des deux extrémités axiales du stator, ladite position d'arrivée (P2) est plus proche de l'axe (X) du côté de ladite couronne de basculement (33).

7. Procédé selon la revendication 2 et la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'insertion desdites cales de fermeture (36) étant réalisée d'une première extrémité axiale (23) du stator vers une deuxième extrémité axiale (24) du stator, ladite position d'arrivée (P2) est plus éloignée dudit axe (X) du côté de ladite deuxième extrémité (24) du stator.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que lors du positionnement d'une pluralité de surfaces d'appui (40), des dents (4) dudit stator (1) délimitant lesdites encoches (5) sont positionnées à l'intérieur de logements (44) de forme complémentaire s'étendant entre deux surfaces d'appui (40) successives.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le positionnement desdites dents (4) à l'intérieur desdits logements (44) est tel que les surfaces d'appui (40) obstruent sensiblement complètement l'espace de l'encoche sur un diamètre correspondant à environ un diamètre intérieur du stator auquel on ajoute deux fois le tiers d'une profondeur d'encoche (5).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, avant l'insertion de l'enroulement de phase (E1-Ek),

ledit procédé comporte une étape de mise en place de doigts radiaux (50) au-dessus d'au moins une face d'extrémité axiale de dents (4) dudit stator.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits doigts radiaux (50) sont positionnés de manière à venir en contact contre une
5 face de liaison (47) s'étendant entre deux surfaces d'appui (40) successives.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'étape de préparation consiste à préparer deux demi-enroulements de phase (271, 272) comprenant une superposition de spires planes (13) identiques en étoile.

10 13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les spires (13) des demi-enroulements sont décalées angulairement relativement les unes par rapport aux autres de manière à obtenir un bobinage ondulé réparti.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que
15 lesdits demi-enroulements de phase (271, 272) sont insérés en même temps dans une série d'encoches (5) par torsion progressive des spires (13) de manière à réaliser un basculement de l'enroulement de phase (E1-Ek) d'une position horizontale vers une position verticale.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14,
20 caractérisé en ce qu'il comporte l'étape de réaliser successivement des insertion d'un premier (E1), d'un deuxième (E2), et d'un troisième (E3) enroulement de phase d'un premier système triphasé, puis des insertions d'un premier (E1'), d'un deuxième (E2'), et d'un troisième (E3') enroulement de phase d'un deuxième système triphasé, en sorte que les insertions sont
25 réalisées successivement dans une série d'encoches (5) sur deux.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de conformage des chignons de bobinage (26).

17. Stator bobiné (1) de machine électrique tournante obtenu avec le
30 procédé défini selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/4

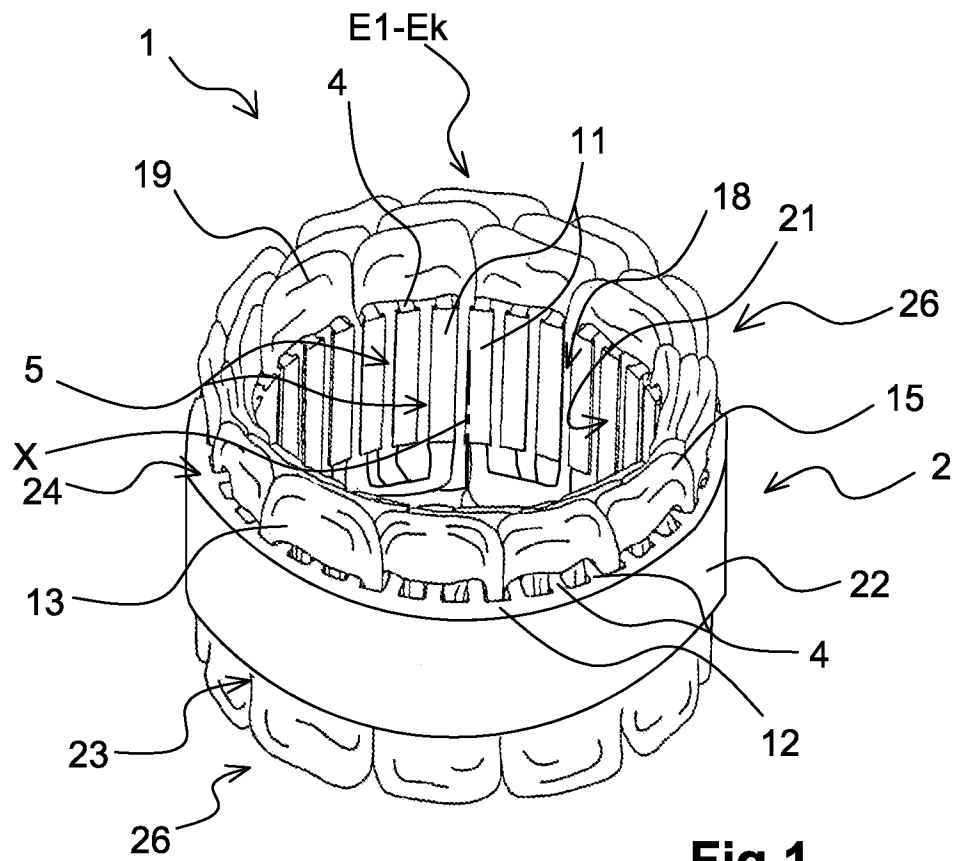


Fig.1

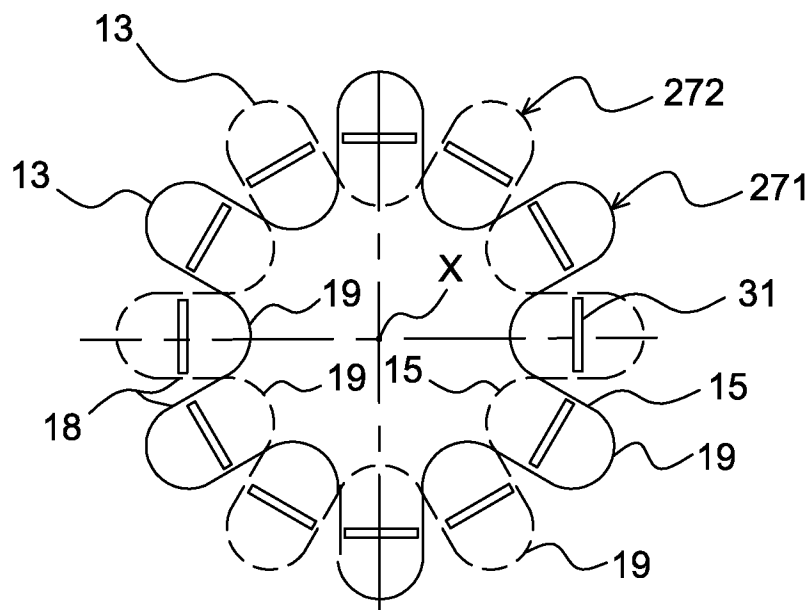


Fig.2

2/4

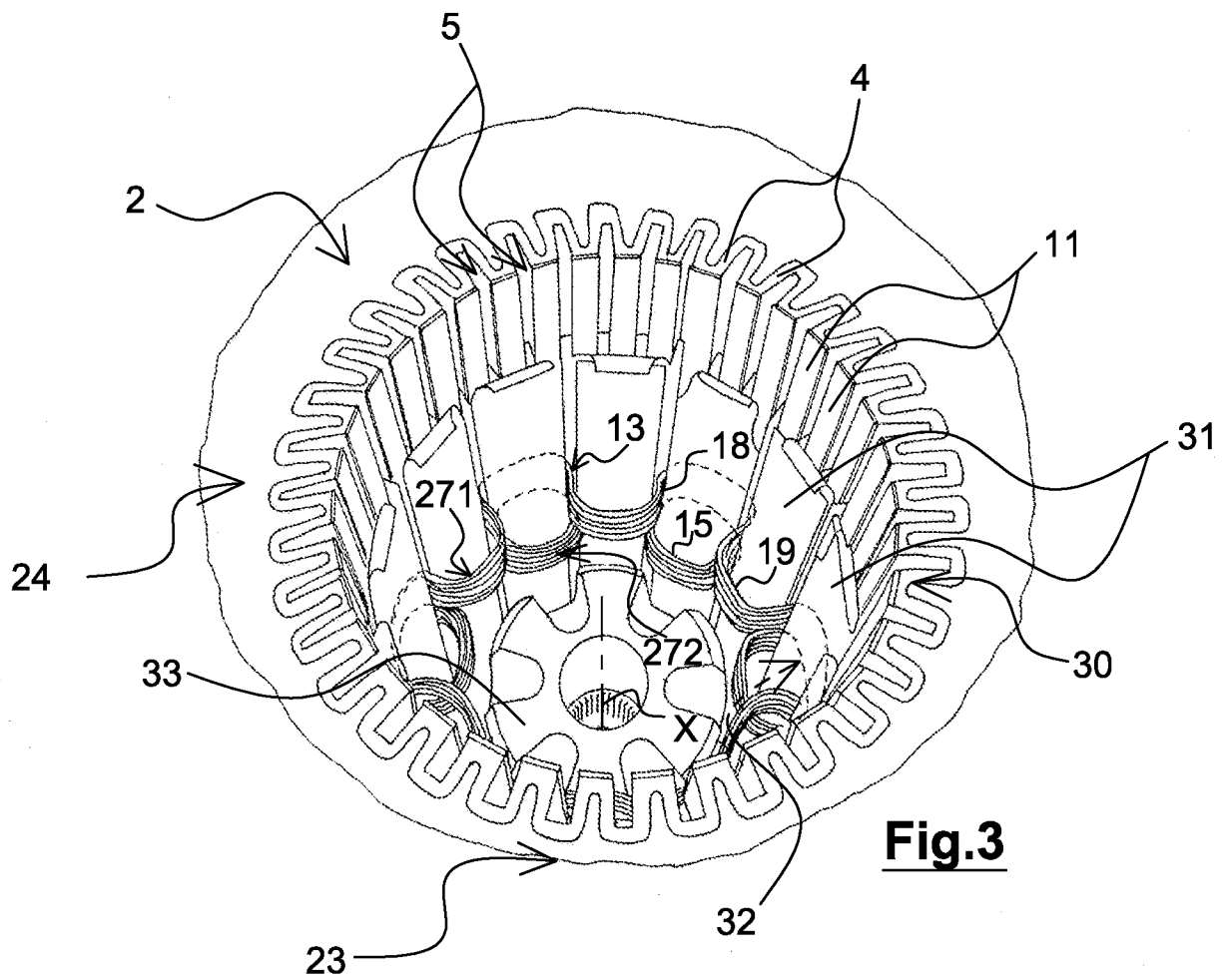


Fig.3

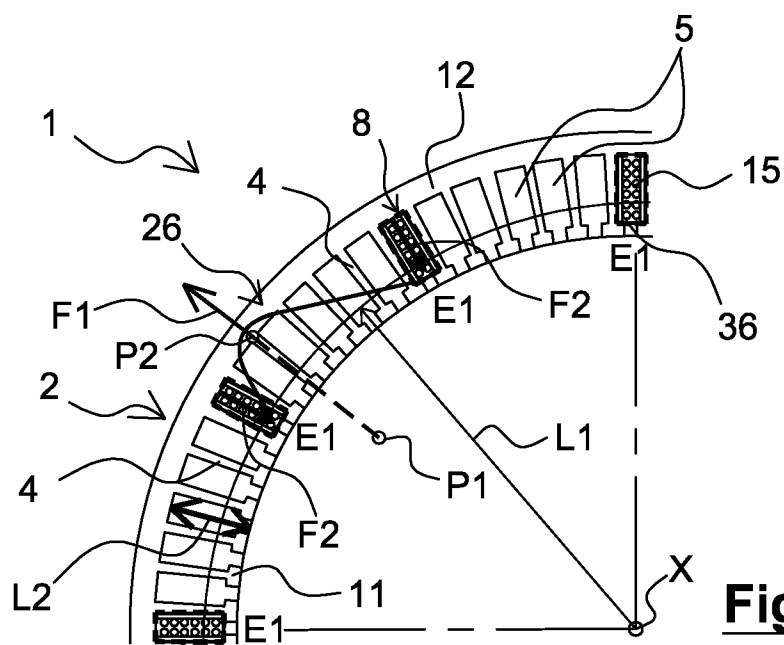


Fig.4

3/4

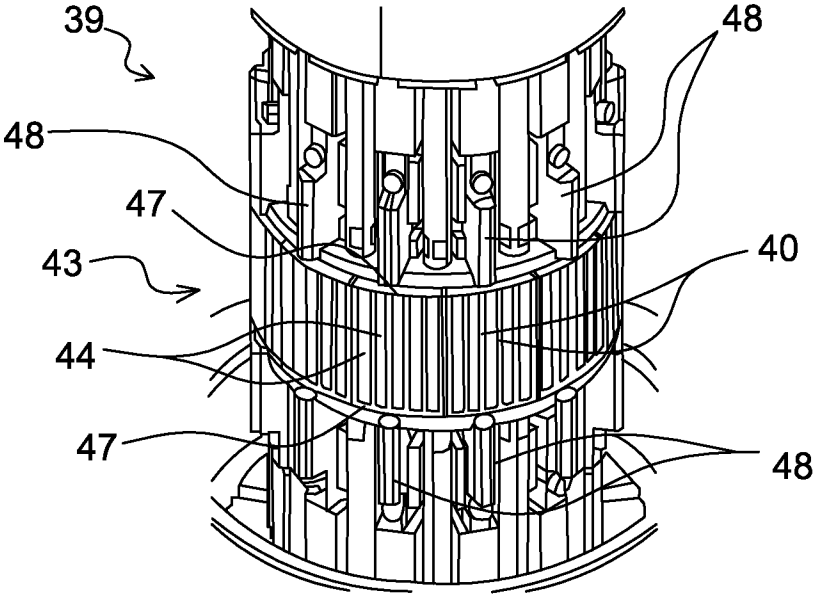


Fig.5

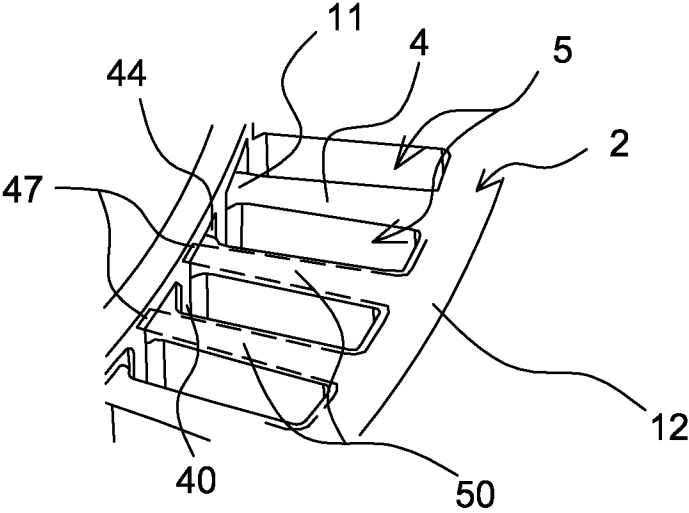


Fig.6

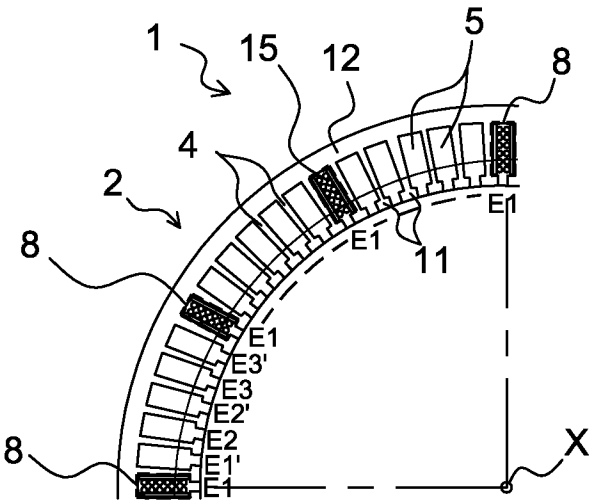


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051905

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K15/00 H02K15/06
ADD.

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.
Y	FR 2 846 481 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 30 April 2004 (2004-04-30) figures 1-8 pages 13,14	1-17
Y	----- JP S60 144130 A (TOSHIBA KK) 30 July 1985 (1985-07-30) abstract figures 1-8	1-17
A	----- FR 2 886 483 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 1 December 2006 (2006-12-01) figures 1-5	1
A	----- US 4 290 190 A (ARNOLD RICHARD B) 22 September 1981 (1981-09-22) figure 7	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

17 December 2015

Date of mailing of the international search report

05/01/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Le Chenadec, Hervé

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/051905

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2846481	A1	30-04-2004	BR 0314209 A 28-06-2005
		CN 1706087 A 07-12-2005	
		EP 1559183 A1 03-08-2005	
		FR 2846481 A1 30-04-2004	
		KR 20050051720 A 01-06-2005	
		MX PA05004498 A 26-07-2005	
		PL 206829 B1 30-09-2010	
		WO 2004040739 A1 13-05-2004	
JP S60144130	A	30-07-1985	JP S6240942 B2 31-08-1987
			JP S60144130 A 30-07-1985
FR 2886483	A1	01-12-2006	CN 101176251 A 07-05-2008
			EP 1886398 A2 13-02-2008
			FR 2886483 A1 01-12-2006
			JP 2008543265 A 27-11-2008
			KR 20080021622 A 07-03-2008
			WO 2007000533 A2 04-01-2007
US 4290190	A	22-09-1981	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051905

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K15/00 H02K15/06 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
Y	FR 2 846 481 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 30 avril 2004 (2004-04-30) figures 1-8 pages 13,14	1-17
Y	JP S60 144130 A (TOSHIBA KK) 30 juillet 1985 (1985-07-30) abrégé figures 1-8	1-17
A	FR 2 886 483 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 1 décembre 2006 (2006-12-01) figures 1-5	1
A	US 4 290 190 A (ARNOLD RICHARD B) 22 septembre 1981 (1981-09-22) figure 7	1
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 17 décembre 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/01/2016
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 Le Chenadec, Hervé

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051905

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2846481	A1	30-04-2004	BR 0314209 A	28-06-2005
			CN 1706087 A	07-12-2005
			EP 1559183 A1	03-08-2005
			FR 2846481 A1	30-04-2004
			KR 20050051720 A	01-06-2005
			MX PA05004498 A	26-07-2005
			PL 206829 B1	30-09-2010
			WO 2004040739 A1	13-05-2004

JP S60144130	A	30-07-1985	JP S6240942 B2	31-08-1987
			JP S60144130 A	30-07-1985

FR 2886483	A1	01-12-2006	CN 101176251 A	07-05-2008
			EP 1886398 A2	13-02-2008
			FR 2886483 A1	01-12-2006
			JP 2008543265 A	27-11-2008
			KR 20080021622 A	07-03-2008
			WO 2007000533 A2	04-01-2007

US 4290190	A	22-09-1981	AUCUN	
