

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 022 088

21 N° d'enregistrement national : 14 55111

51 Int Cl<sup>8</sup> : H 02 K 1/27 (2013.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.06.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.12.15 Bulletin 15/50.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : BOUARROUDJ LILYA, LEROY VIRGINIE et KIM NAM-GOOK.

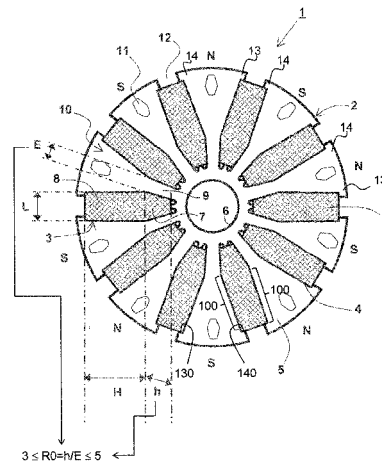
73 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée.

54 ROTOR A AIMANTS PERMANENTS A CONCENTRATION DE FLUX POUR MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE.

57 La présente invention concerne un rotor (1) à aimants permanents (3) pour machine électrique tournante comprenant une pluralité de pôles Nord (N) et pôles Sud (S) alternés et formés à partir d'une pluralité d'aimants permanents (3) agencés dans des premiers évidements (4) se prolongeant axialement et répartis régulièrement entre une partie circulaire (5) et une partie centrale (6) de la masse magnétique (2) dudit rotor (1) de manière à définir une pluralité de sections polaires circulaire (10), lesdits premiers évidements (4) étant séparés par des languettes centrales (9) d'épaisseur E, lesdits aimants permanents (3) présentant une section radiale polygonale qui comporte une partie sensiblement rectangulaire (8) proche de ladite partie circulaire (5) adjacente à une partie sensiblement trapézoïdale (7) proche de ladite partie centrale (6),

Ledit rotor (1) se caractérise en ce qu'un rapport RO (h/E) d'une première hauteur h de ladite partie trapézoïdale (7) sur l'épaisseur E d'une languette centrale (9) est prédéterminé de manière à rendre maximum le rendement de ladite machine électrique.



FR 3 022 088 - A1



## ROTOR A AIMANTS PERMANENTS A CONCENTRATION DE FLUX POUR MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

### DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un rotor à aimants permanents pour machine électrique tournante.

5 Elle concerne également une machine électrique tournante comprenant un tel rotor.

Elle trouve une application particulière mais non limitative dans le domaine des moteurs électriques de traction ou des moteurs d'accessoires dans des véhicules automobiles électriques et hybrides.

10

### ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

De par leurs performances accrues en termes de rendement et de puissance massique et volumique, les machines synchrones à aimants permanents trouvent aujourd'hui une large application dans le domaine des véhicules automobiles.

15 Ces machines électriques sont réalisables dans une large gamme de puissance et de vitesse et trouvent des applications aussi bien dans les véhicules de type « tout électrique » que dans les véhicules à bas CO<sub>2</sub> de types dits « mild-hybrid » et « full-hybrid » (en terminologie anglaise).

20 Les applications « mild-hybrid » concernent généralement des machines électriques de l'ordre de 8 à 20 kW, par exemple, un moteur électrique monté en face avant d'un moteur thermique et couplé à celui-ci par une courroie de transmission. Il est possible avec un tel moteur électrique de réduire la cylindrée de la motorisation thermique (« engine downsizing » en terminologie anglaise) en prévoyant une assistance électrique en couple qui

25 fournit un appoint de puissance, notamment lors des reprises. De plus, une

traction à faible vitesse, par exemple en environnement urbain, peut également être assurée par ce même moteur électrique.

Les applications de type « full-hybrid » concernent généralement des moteurs de 30 à 50 kW pour des architectures de type série et/ou parallèle avec un  
5 niveau d'intégration plus abouti du ou des moteurs électriques dans la chaîne de traction du véhicule.

Des machines à aimants permanents aux terres rares tels que les aimants de type Néodyme-Fer-Bore (NeFeB), Samarium-Fer (SmFe), ou Samarium-Cobalt (SmCo) présentent de remarquables performances en terme de flux  
10 magnétique car les aimants aux terres rares peuvent présenter des rémanences dépassant le tesla.

Cependant, des machines à aimants permanents comprenant un rotor présentant une structure dite "à concentration de flux" ont permis d'obtenir des flux magnétiques importants avec des aimants de moindre rémanence,  
15 par exemples des aimants obtenus à partir de ferrites frittées ou liées.

La mise en œuvre d'aimants aux terres rares dans un rotor de machine électrique destinée aux applications de l'automobile n'étant plus économiquement rentable, l'autre terme de l'alternative est donc constitué  
par les aimants basés sur des ferrites.

20 Mais le rémanent ou l'induction d'une ferrite étant plus faible que dans le cas d'un aimant aux terres rares, il était nécessaire d'augmenter le volume de l'aimant en ferrite pour obtenir un flux magnétique équivalent. Il a ainsi été proposé dans la demande de brevet FR2982093 un rotor à aimants permanents à concentration de flux ayant en partie une forme trapézoïdale  
25 qui permet d'augmenter le volume des aimants dans le rotor.

Cependant, il est toujours nécessaire d'optimiser les caractéristiques dimensionnelles et magnétiques de ce type de rotor de manière à améliorer le flux magnétique tout en respectant des contraintes dimensionnelles et mécaniques spécifiées.

### DESCRIPTION GENERALE DE L'INVENTION

A cette fin l'invention propose un rotor pour machine électrique tournante comprenant une pluralité de pôles Nord et pôles Sud alternés et formés à partir d'une pluralité d'aimants permanents agencés dans des premiers évidements se prolongeant axialement et répartis régulièrement entre une  
5 ladite partie circonférentielle et une partie centrale de la masse magnétique dudit rotor de manière à définir une pluralité de sections polaires circonférentielles, lesdits premiers évidements étant séparés par des languettes centrales d'épaisseur E, lesdits aimants permanents présentant une section radiale  
10 polygonale qui comporte une partie sensiblement rectangulaire proche de ladite partie circonférentielle adjacente à une partie sensiblement trapézoïdale proche de ladite partie centrale. Un rapport R0 d'une première hauteur h de ladite partie trapézoïdale sur l'épaisseur E d'une languette centrale est prédéterminé de manière à rendre maximum le rendement de  
15 ladite machine électrique.

L'optimisation du rapport R0 permet d'améliorer le rendement de la machine électrique et de respecter les contraintes mécaniques spécifiées notamment  
20 lorsque la machine électrique tourne à des vitesses élevées.

Selon des modes de réalisation non limitatifs, le rotor peut comporter en outre une ou plusieurs caractéristiques supplémentaires parmi les suivantes :

Selon un mode de réalisation non limitatif, le rapport R0 est compris entre 3  
25 et 5.

Selon une première variante de réalisation non limitative, le rapport R0 est sensiblement égal à 3,14.

30 Selon une deuxième variante de réalisation non limitative, le rapport R0 est sensiblement égal à 4,44.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un premier évidement débouche sur la partie circonférentielle par l'intermédiaire d'une ouverture séparant une section polaire circonférentielle d'une section polaire circonférentielle voisine, les deux sections polaires circonférentielles formant des premiers et deuxièmes pieds en regard et adaptés pour maintenir un aimant permanent dans ledit premier évidement, lesdits pieds comportant une face inférieure, lesdites sections polaires comportant deux faces longitudinales et présentant un évidement circulaire au niveau de la jonction entre chaque face longitudinale et la face inférieure d'un pied.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un évidement circulaire prend naissance à la jonction de ladite face longitudinale et de ladite face inférieure et s'étend le long de la face longitudinale d'une section polaire.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un évidement circulaire prend naissance à la jonction de ladite face longitudinale et de ladite face inférieure et s'étend le long de la face inférieure d'un pied.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un évidement circulaire est défini de telle sorte que son centre se situe au niveau de la jonction de ladite face longitudinale d'une section polaire et de ladite face inférieure d'un pied.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un rapport R1 du diamètre de l'évidement circulaire sur la hauteur d'un pied est compris entre 0,4 et 1.

Selon un mode de réalisation non limitatif, un rapport R2 de la hauteur d'un pied sur la largeur d'un pied est compris entre 0,4 et 2.

Selon une première variante de réalisation non limitative, le rapport R1 est sensiblement égal à 0,7 et le rapport R2 est sensiblement égal à 0,5.

Selon une deuxième variante de réalisation non limitative, le rapport R1 est sensiblement égal à 0,5 et le rapport R2 est sensiblement égal à 1,6.

5 Il est également proposé une machine électrique tournante comportant un rotor selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes.

Selon un premier mode de réalisation non limitatif, ladite machine électrique tournante est une machine réversible.

10 Selon un deuxième mode de réalisation non limitatif, ladite machine électrique tournante est un moteur de compresseur de climatisation électrique.

#### BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

15 L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des Figures qui l'accompagnent.

- la Figure 1 représente une vue en coupe radiale simplifiée d'un rotor à aimants permanents selon un mode de réalisation non limitatif de l'invention ;

20 - la Figure 2 représente selon un premier mode de réalisation non limitatif la structure d'une partie d'une section polaire du rotor de la Figure 1 qui coopère avec un aimant permanent ;

- la Figure 3 représente selon un deuxième mode de réalisation non limitatif la structure d'une partie d'une section polaire du rotor de la Figure 1 qui coopère avec un aimant permanent ;

25 - la Figure 4 représente selon un troisième mode de réalisation non limitatif la structure d'une partie d'une section polaire du rotor de la Figure 1 qui coopère avec un aimant permanent ;

30 - la Figure 5 représente deux sections polaires du rotor de la Figure 3 qui coopèrent avec un aimant permanent.

## DESCRIPTION DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

Les éléments identiques, par structure ou par fonction, apparaissant sur différentes Figures conservent, sauf précision contraire, les mêmes références.

5

La coupe radiale simplifiée d'un rotor 1 à aimants permanents selon un mode de réalisation non limitatif, représentée sur la Figure 1, montre bien l'agencement dans la masse magnétique 2 des aimants permanents 3 dans des premiers évidements 4 répartis régulièrement entre une partie  
10 circonférentielle 5 et une partie centrale 6 de manière à former une pluralité de pôles Nord N et pôles Sud S alternés. Les aimants permanents sont en ferrites.

Une première réalisation concrète d'une machine comprenant un tel rotor est  
15 dans un exemple non limitatif un moteur à compresseur de climatisation électrique, ledit compresseur servant à assurer la circulation du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique et participant au fonctionnement de la climatisation en comprimant le fluide lorsqu'il est en phase gazeuse.

Une deuxième réalisation concrète d'une machine comprenant un tel rotor  
20 est dans un exemple non limitatif un moteur/génératrice de 8 à 20 KW pour des applications dans des véhicules automobiles du type dits «mild-hybrid». La machine est dite réversible. Dans son mode de fonctionnement en moteur cette machine peut être conçue pour le démarrage du moteur thermique, l'assistance en couple du moteur thermique ainsi que pour la traction  
25 électrique à faible vitesse du véhicule.

Dans une forme de réalisation particulière de la machine non limitative illustrée sur la Figure 1, un rotor 1 comportant dix aimants permanents 3 tourne à l'intérieur d'un stator (non représenté) ayant une pluralité  
30 d'encoches. Les aimants 3 sont disposés de manière radiale de façon à obtenir une structure de rotor de type à concentration de flux. Le stator et le

rotor 1 sont réalisés de manière classique avec des paquets de tôles métalliques formant des masses magnétiques 2. Dans un exemple non limitatif, la tôle Fer Silicium est utilisée.

Comme illustré sur la Figure 1, une partie de l'aimant 3 proche de la partie centrale 6 du rotor 1 comporte une forme en coin. De la sorte une section radiale d'un aimant 3 dans le rotor 1 présente une partie sensiblement trapézoïdale 7 proche de la partie centrale du rotor 1 et une partie sensiblement rectangulaire 8 proche de la partie circonférentielle 5.

Un premier évidement 4 débouche sur la partie circonférentielle 5 par l'intermédiaire d'une ouverture 12 séparant une section polaire circonférentielle 10 d'une section polaire circonférentielle voisine 10, les deux sections polaires circonférentielles 10 formant des premiers et deuxièmes pieds 13, 14 en regard et adaptés pour maintenir un aimant permanent 3 dans ledit premier évidement 4.

Les sections polaires 10 comprennent deux faces longitudinales 100 qui s'étendent de part et d'autre des aimants 3 et notamment de leur partie sensiblement rectangulaire 8, et les pieds 13, 14 associés comprennent une face inférieure 130, 140. Une face longitudinale 100 d'une section polaire 10 est perpendiculaire à la face inférieure d'un pied 13, 14.

Les premiers évidements 4 contenant les aimants 3 sont séparés par des languettes centrales 9 formant cloisons ayant une épaisseur E qui est choisie de valeur faible pour minimiser les fuites de flux par la partie centrale 6 du rotor. Dans cette forme de réalisation particulière, l'épaisseur E est constante, mais on notera qu'elle pourra être variable dans certaines formes de réalisation. Ces languettes 9 maintiennent radialement les sections polaires 10 circonférentielles définies dans la masse magnétique 2 par les premiers évidements 4. Les sections polaires 10 maintenant elles-mêmes radialement les aimants 3, les languettes 9 doivent présenter une résistance mécanique minimale pour résister aux efforts centripètes résultant de l'effet de la rotation du rotor 1 sur les aimants 3 et les sections polaires 10. L'épaisseur E des languettes doit donc être suffisante pour leur permettre de

résister aux contraintes mécaniques  $\sigma$ , et notamment lorsque la machine électrique tourne à des vitesses élevées.

Le rotor 1 comprend en outre une pluralité de seconds évidements 11 agencés dans les sections polaires 10 comme le montre bien la Figure 1.

5 Outre leur fonction de contribuer au contrôle du champ magnétique dans le rotor 1, ces seconds évidements 11 diminuent la masse des sections polaires 10, et, par conséquent, diminuent les contraintes mécaniques  $\sigma$  supportées par les languettes 9 dues à ces sections polaires 10, ce qui permet d'accroître concurremment la masse des aimants 3.

10

Des essais avec des machines électriques comprenant un rotor 1 ayant des aimants 3 en forme de coin, et des simulations sur ordinateur, ont conduit l'entité inventive à considérer qu'un rapport R0 d'une première hauteur h de ladite partie trapézoïdale 7 sur l'épaisseur E d'une languette centrale 9, est  
 15 un paramètre qui permet d'optimiser le rendement de la machine et de dimensionner des aimants permanents de rotor 1 adaptées aux machines électriques qui tournent à des vitesses élevées.

Les essais réalisés ont montré qu'un rapport R0 compris entre 3 et 5 permettait d'obtenir des résultats satisfaisants pour les aimants 3 et  
 20 languettes centrales 9 en terme de tenue aux forces centrifuges s'exerçant dans la gamme de vitesse de 0 à 22000 rpm (rotations par minute).

On notera que l'épaisseur E d'une languette 9 est imposée par les contraintes mécaniques  $\sigma$  selon la formule suivante :

$$\sigma = F / V = (m \times R_a \times w^2 / pp) / (E \times L)$$

25 soit

$E = (m \times R_a \times w^2 / pp) / (\sigma \times L)$  [1], avec F la force centrifuge ( $F = m \times R_a \times w^2$ ), m la masse aimant plus fer,  $R_a$  le rayon par rapport au centre de gravité du rotor, w la vitesse angulaire (rd/s), pp le nombre de paire de pôles, V le volume de la languette,  $\sigma$  les contraintes mécaniques et L la longueur du  
 30 rotor.

Par ailleurs, on notera que le rapport R0 est défini au niveau électrotechnique par  $h/E = (B_s + B_p) / (B_{aim} \times 2)$  [2], avec  $B_s$  l'induction

magnétique à saturation dans la languette,  $B_p$  l'induction magnétique à saturation dans la section polaire,  $B_{aim}$  l'induction rémanente de l'aimant. On notera que  $B_{aim}$  dépend de la température de l'aimant ferrite.

En partant de la formule [2], on détermine le rapport  $R_0=h/E$ , puis avec la  
5 formule [1], on détermine l'épaisseur  $E$ . On en déduit ainsi la hauteur  $h$ .

Ainsi, prenons comme exemple non limitatif un aimant ferrite où  $B_s = 2.2T$  et  $B_p = 1.8T$ .

Dans le cas d'un rotor 1 pour moteur de compresseur électrique (vitesse aux alentours de 10000rpm), on obtient le rapport  $R_0=h/E = 4,44$  avec  $B_{aim} =$   
10  $0.45T$  pour une température aimant ferrite de  $25^\circ C$ . Dans ce cas, la machine est bien refroidie par le réfrigérant du compresseur.

Dans le cas d'un rotor 1 pour machine réversible (vitesse aux alentours de 16000rpm), on obtient le rapport  $R_0=h/E = 3,14$  avec  $B_{aim} = 0.35T$  pour une température aimant ferrite de  $120^\circ C$ . Dans ce cas, la machine est refroidie  
15 par l'huile de la boîte de vitesse du véhicule automobile.

Des essais avec des machines électriques comprenant un rotor 1 ayant des aimants 3 en forme de coin, et des simulations sur ordinateur, ont conduit l'entité inventive à s'apercevoir que des contraintes mécaniques importantes  
20  $\sigma_1$  due à la force centrifuge s'exerçant sur les aimants se concentraient au coin des aimants 32, à l'accroche des pieds 13,14.

Dans le but d'éviter une détérioration du rotor 1 due à ces efforts mécaniques importants, dans un mode de réalisation non limitatif, les sections polaires 10 présentent un évidement circulaire 18 au niveau de la jonction entre chaque  
25 face longitudinale 100 et la face inférieure 130, 140 d'un pied 13, 14. Une section polaire 10 comprend ainsi deux évidements 18. On notera qu'une jonction se fait au niveau d'un coin 32 d'un aimant permanent 3.

Grâce à ces évidements circulaires 18, on obtient une diminution des contraintes mécaniques. Cela permet ainsi de réduire la largeur  $L_1$  des pieds  
30 13, 14 qui maintiennent un aimant 3 dans un évidement 4. Par ailleurs, la réduction de la largeur  $L_1$  des pieds 13, 14 a pour effet d'augmenter la

largeur des ouvertures 12. Cette augmentation a pour effet de réduire le flux de fuites au niveau des ouvertures 12, et par conséquent d'augmenter le flux magnétique généré.

5 Différentes variantes de réalisation de cette évidement circulaire 18 sont illustrées sur les Figures 2 à 4 en coupe radiale et sont décrites ci-après. Sur ces Figures sont représentées une partie d'une section polaire 10 avec un de ses pieds 13, et une partie de l'aimant permanent 3. Bien entendu, ce qui est décrit ci-après s'applique également pour le deuxième pied 14.

10 Dans une première variante de réalisation non limitative illustrée sur la Figure 2, ledit évidement circulaire 18 prend naissance à la jonction 15 de la face longitudinale 100 et de la face inférieure 130 et s'étend le long de la face longitudinale 100 de la section polaire 100.

15 Comme on peut le voir sur la Figure, l'évidement circulaire 18 comprend une extrémité 16 qui se raccorde à la face longitudinale 100 de la section polaire 10 sans angle vif. Cela permet de ne pas avoir de point de fragilité au niveau mécanique.

20 Comme on peut le voir également, l'évidement circulaire 18 est tangent à une surface de contact avec le pied 13. Dans l'exemple illustré non limitatif, la surface de contact est la face supérieure d'une laminette 17 disposée entre la face supérieure 30 de l'aimant permanent 3 et la face inférieure 130 du pied 13. La laminette 17 a pour fonction de répartir les efforts mécaniques s'exerçant sur le haut de l'aimant 3 et le pied 13 et d'absorber par déformation un éventuel déplacement de l'aimant 3. Dans le cas où la machine est soumise à une vitesse de rotation très élevée, l'aimant 3 a en effet tendance à s'éloigner de l'axe de rotation du rotor, sous l'effet de la force centrifuge. Dans un autre exemple, dans le cas où il n'y a pas de laminette 17, la surface de contact est la face supérieure 30 de l'aimant 3.

25 On notera que l'on peut prévoir de décaler l'évidement circulaire 18 suivant la largeur de l'aimant 3 ce qui permet de ne pas diminuer la surface d'appui du pied 13 sur l'aimant 3 et l'épaisseur E1 au dessus de l'aimant 3 (E1 qui correspond à la hauteur du pied 13).

Dans une deuxième variante de réalisation non limitative illustrée sur la Figure 3, ledit évidement circulaire 18 prend naissance à la jonction de ladite face longitudinale 100 et ladite face inférieure 130 et s'étend le long de la face inférieure 130, 140 du pied 13.

5 Comme on peut le voir sur la Figure, l'évidement circulaire 18 comprend une extrémité 16 qui se raccorde à la face inférieure 130 du pied 13 sans angle vif. Cela permet de ne pas avoir de point de fragilité au niveau mécanique.

Comme on peut le voir également, l'évidement circulaire est tangent à une surface perpendiculaire au pied 13. Dans l'exemple illustré non limitatif, la surface perpendiculaire est la face latérale de la laminette 17 qui est  
10 disposée entre la face latérale 31 de l'aimant permanent 3 et la face longitudinale 100 de la section polaire 10. Dans un autre exemple, dans le cas où il n'y a pas de laminette 17, la surface perpendiculaire est la face latérale 31 de l'aimant 3.

15 On notera que l'on peut prévoir de décaler l'évidement circulaire 18 suivant la hauteur de l'aimant 3, mais cela vient diminuer la surface d'appui du pied 13 sur l'aimant 3 et la hauteur E1 du pied 13.

Dans une troisième variante de réalisation non limitative illustrée sur la Figure 4, ledit évidement circulaire 18 est défini de telle sorte que son centre  
20 C se situe au niveau de la jonction de ladite face longitudinale 100 et de ladite face inférieure 130, 140. Comme on peut le voir, le centre C se trouve en regard du coin 32 de l'aimant 3.

Comme on peut le voir sur la Figure, l'évidement circulaire 18 comprend une première extrémité 16 qui se raccorde à la face inférieure 130 sans angle vif,  
25 et une deuxième extrémité 16' qui se raccorde à la face longitudinale 100 sans angle vif.

Des essais avec des machines électriques comprenant un rotor 1 ayant des aimants 3 en forme de coin, et des simulations sur ordinateur, ont conduit  
30 l'entité inventive à considérer qu'un rapport  $R1$  du diamètre  $D1$  de l'évidement circulaire sur la hauteur  $E1$  d'un pied 13,14 ( $D1$  et  $E1$  étant

illustrés sur la Figure 5) est un paramètre qui permet d'optimiser le rendement de la machine (maximisation du flux magnétique) tout en minimisant les contraintes mécaniques  $\sigma_1$ . Il en est de même avec un rapport  $R_2$  de la hauteur  $E_1$  d'un pied 13,14 sur la largeur  $L_1$  d'un pied 13,14 ( $L_1$  étant illustré sur la Figure 5).

- Les essais réalisés ont montré qu'un rapport  $R_1$  ( $D_1/E_1$ ) compris entre 0,4 et 1 et un rapport  $R_2$  ( $E_1/L_1$ ) compris entre 0,4 et 2 permettaient d'obtenir un bon compromis entre un évidement circulaire optimale d'un point de vue magnétique et d'un point de vue mécanique.
- 10 Dans le cas d'un rotor 1 pour moteur de compresseur (comportant une vitesse de rotation de 10000rpm dans un exemple non limitatif), on obtient dans un exemple non limitatif  $R_1 = 0,7$  et  $R_2=0,5$ .
- Dans le cas d'un rotor 1 pour alterno-démarrreur (comportant une vitesse de rotation de 18000rpm dans un exemple non limitatif), on obtient dans un
- 15 exemple non limitatif  $R_1=0,5$  et  $R_2=1,6$ .

Bien entendu la description de l'invention n'est pas limitée à l'application, aux modes de réalisation et aux exemples décrits ci-dessus.

- 20 D'autres modes de réalisation basées sur des valeurs numériques différentes de celles spécifiées ci-dessus, et correspondant à d'autres essais ou simulation de machines électriques tournantes comportant un rotor de type décrit, ne sortiraient pas du cadre de la présente invention dans la mesure où ils résultent des revendications ci-après.

25

## REVENDEICATIONS

- 5 1. Rotor (1) pour machine électrique tournante comprenant une pluralité de pôles Nord (N) et pôles Sud (S) alternés et formés à partir d'une pluralité d'aimants permanents (3) agencés dans des premiers évidements (4) se prolongeant axialement et répartis régulièrement entre une partie circonférentielle (5) et une partie centrale (6) de la
- 10 masse magnétique (2) dudit rotor (1) de manière à définir une pluralité de sections polaires circonférentielles (10), lesdits premiers évidements (4) étant séparés par des languettes centrales (9) d'épaisseur E, lesdits aimants permanents (3) présentant une section radiale polygonale qui comporte une partie sensiblement rectangulaire
- 15 (8) proche de ladite partie circonférentielle (5) adjacente à une partie sensiblement trapézoïdale (7) proche de ladite partie centrale (6), **caractérisé en ce qu'un rapport  $R_0$  ( $h/E$ ) d'une première hauteur h de ladite partie trapézoïdale (7) sur l'épaisseur E d'une languette centrale (9) est prédéterminé de manière à rendre maximum le rendement de**
- 20 ladite machine électrique.
2. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que le rapport  $R_0$  est compris entre 3 et 5.**
- 25 3. Rotor selon la revendication 2, **caractérisé en ce que le rapport  $R_0$  est sensiblement égal à 3,14.**
4. Rotor selon la revendication 2, **caractérisé en ce que le rapport  $R_0$  est sensiblement égal à 4,44.**
- 30 5. Rotor selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un premier évidement (4) débouche sur la partie**

5           circonférentielle (5) par l'intermédiaire d'une ouverture (12) séparant  
une section polaire circonférentielle (10) d'une section polaire  
circonférentielle voisine (10), les deux sections polaires  
circonférentielles (10) formant des premiers et deuxièmes pieds (13,  
14) en regard et adaptés pour maintenir un aimant permanent (3)  
dans ledit premier évidement (4), lesdits pieds (13, 14) comportant  
une face inférieure (130, 140), lesdites sections polaires (10)  
comportant deux faces longitudinales (100) et présentant un  
10           évidement circulaire (18) au niveau de la jonction (15) entre chaque  
face longitudinale (100) et la face inférieure (130, 140) d'un pied (13,  
14).

15           6. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'un**  
évidement circulaire (18) prend naissance à la jonction (15) de ladite  
face longitudinale (100) et de ladite face inférieure (130, 140) et  
s'étend le long de la face longitudinale (100) de la section polaire  
(100).

20           7. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'un**  
évidement circulaire (18) prend naissance à la jonction (15) de ladite  
face longitudinale (100) et de ladite face inférieure (130, 140) et  
s'étend le long de la face inférieure (130, 140) d'un pied (13, 14).

25           8. Rotor selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'un**  
évidement circulaire (18) est défini de telle sorte que son centre (C) se  
situe au niveau de la jonction (15) de ladite face longitudinale (100)  
d'une section polaire (10) et de ladite face inférieure (130, 140) d'un  
pied (13, 14).

30           9. Rotor selon l'une quelconque des revendications 6 à 8,  
**caractérisé en ce qu'un rapport R1 du diamètre (D1) de l'évidement**

circulaire (18) sur la hauteur (E1) d'un pied (13,14) est compris entre 0,4 et 1.

5 10. Rotor selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, **caractérisé en ce qu'un rapport R2 de la hauteur (E1) d'un pied (13,14) sur la largeur (L1) d'un pied (13,14) est compris entre 0,4 et 2.**

10 11. Rotor selon la revendication précédente 9 et la revendication précédente 10, **caractérisé en ce que le rapport R1 est sensiblement égal à 0,7 et le rapport R2 est sensiblement égal à 0,5.**

12. Rotor selon la revendication précédente 9 et la revendication précédente 10, **caractérisé en ce que le rapport R1 est sensiblement égal à 0,5 et le rapport R2 est sensiblement égal à 1,6.**

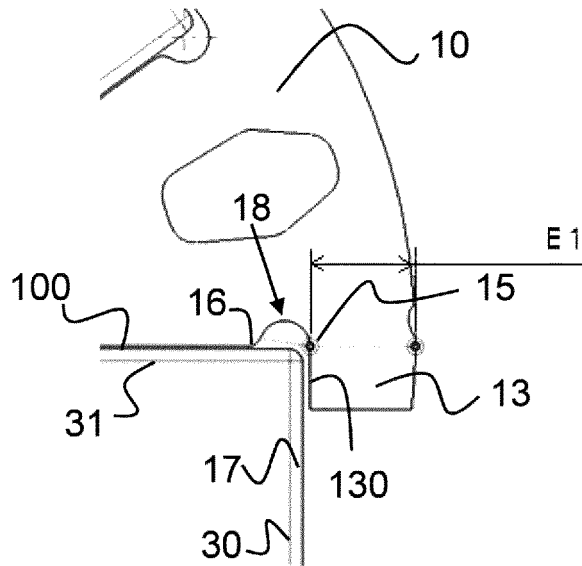
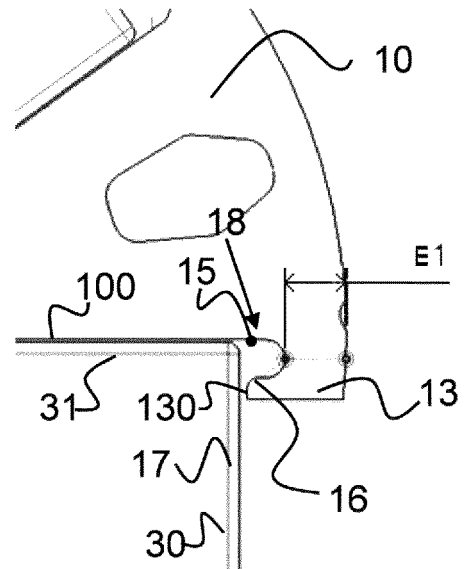
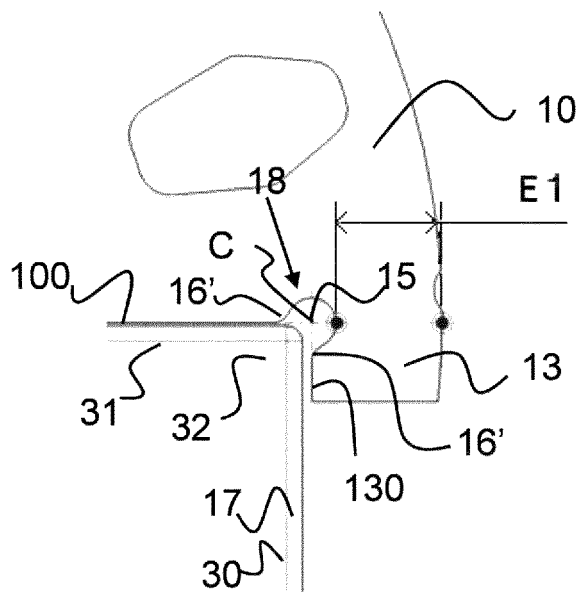
15 13. Machine électrique tournante, **caractérisé en ce qu'elle comporte un rotor (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.**

20 14. Machine électrique tournante selon la revendication précédente 13, **caractérisé en ce que ladite machine électrique tournante est une machine réversible.**

25 15. Machine électrique tournante selon la revendication précédente 13, **caractérisé en ce que ladite machine électrique tournante est un moteur de compresseur de climatisation électrique.**



2/3

Fig. 2Fig. 3Fig. 4

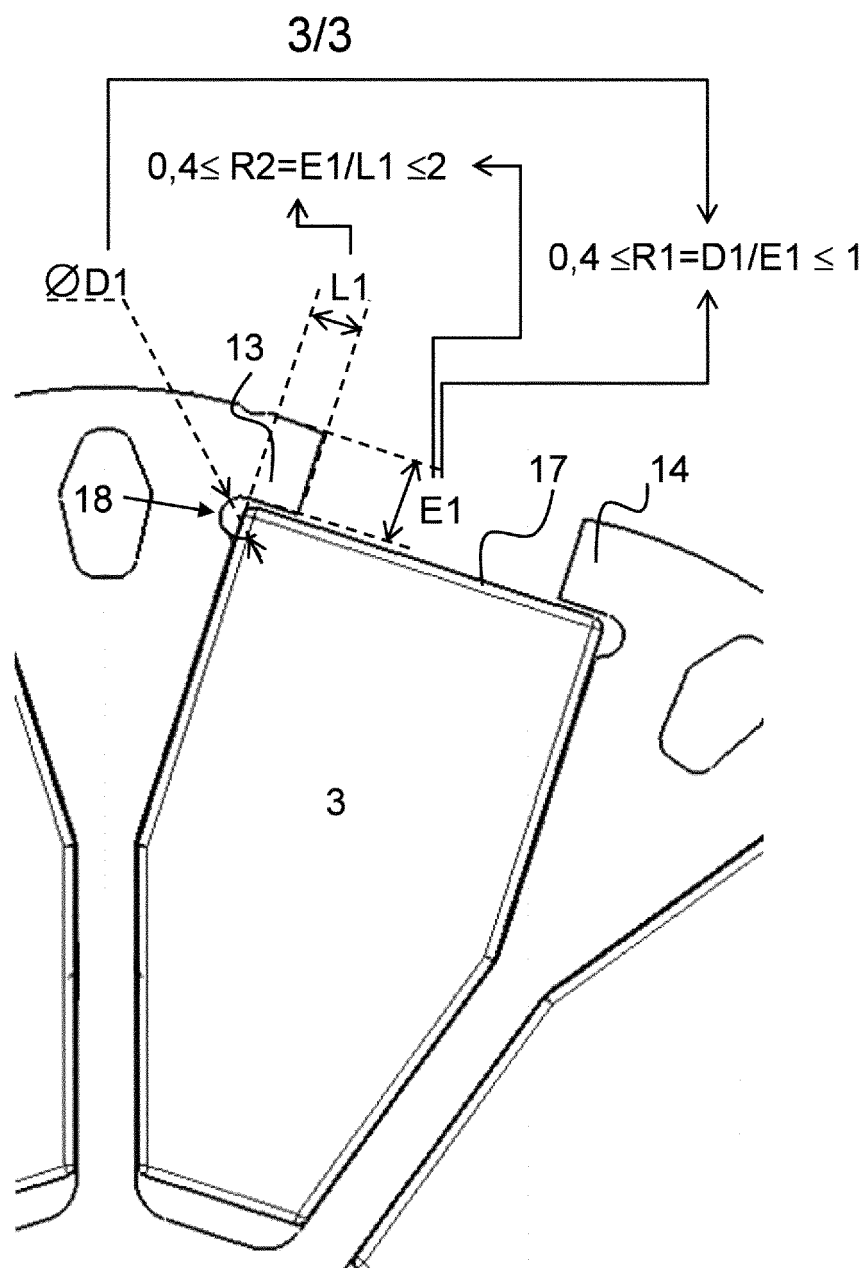


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 804458  
FR 1455111

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2013/009505 A1 (WATANABE KENJI [JP] ET AL) 10 janvier 2013 (2013-01-10) * alinéas [0021] - [0024], [0029], [0037], [0038], [0040]; figures 2,3 * -----	1-15	H02K1/27  DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  H02K
A	US 2013/278105 A1 (HAN MOON KYU [KR] ET AL) 24 octobre 2013 (2013-10-24) * alinéas [0044], [0051]; figures 3, 7b * -----	1-15	
A	FR 2 982 093 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 3 mai 2013 (2013-05-03) * le document en entier * -----	1-15	
A	FR 2 983 658 A1 (VALEO EQUIP ELECTR MOTEUR [FR]) 7 juin 2013 (2013-06-07) * le document en entier * -----	1-15	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 avril 2015		Fernandez, Victor	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1455111 FA 804458**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-04-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013009505	A1	10-01-2013	BR 102012016875	A2 24-03-2015
			CN 102868245	A 09-01-2013
			CN 202759303	U 27-02-2013
			EP 2544336	A2 09-01-2013
			JP 5240593	B2 17-07-2013
			JP 2013021776	A 31-01-2013
			US 2013009505	A1 10-01-2013
-----				
US 2013278105	A1	24-10-2013	EP 2658091	A2 30-10-2013
			KR 20130119264	A 31-10-2013
			US 2013278105	A1 24-10-2013
-----				
FR 2982093	A1	03-05-2013	CN 103891105	A 25-06-2014
			EP 2771962	A2 03-09-2014
			FR 2982093	A1 03-05-2013
			JP 2014531191	A 20-11-2014
			KR 20140094516	A 30-07-2014
			US 2014361656	A1 11-12-2014
			WO 2013060960	A2 02-05-2013
-----				
FR 2983658	A1	07-06-2013	CN 103988400	A 13-08-2014
			EP 2786470	A2 08-10-2014
			FR 2983658	A1 07-06-2013
			JP 2015503318	A 29-01-2015
			US 2014354104	A1 04-12-2014
			WO 2013079842	A2 06-06-2013
-----				