

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 910 194**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 55552**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 K 1/27 (2006.01), H 02 K 15/03**

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 15.12.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.06.08 Bulletin 08/25.

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 :

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

72) Inventeur(s) : LABBE NICOLAS, METRAL JEAN SEBASTIEN, DUPEUX BENOIT et PLAIDEAU STEPHANE.

73) Titulaire(s) :

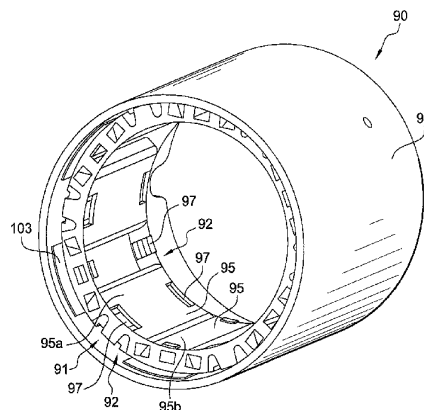
74) Mandataire(s) :

54) MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE, NOTAMMENT POUR DEMARREUR DE VEHICULE AUTOMOBILE.

57) L'invention concerne une machine électrique tournante, notamment pour démarreur de véhicule automobile, du type à N pôles magnétiques, comportant un stator comprenant:

- une pluralité d'aimants permanents (95), le nombre d'aimants étant strictement supérieur au nombre de pôles de la machine,

- au moins un support (91) portant de manière solidaire les aimants permanents.



FR 2 910 194 - A1



La présente invention concerne notamment une machine électrique tournante, en particulier pour un démarreur de véhicule automobile.

Le brevet EP-B1-985 334 décrit un démarreur comportant un stator pourvu  
5 d'une pluralité de pôles magnétiques disposés sur une surface circonférentielle interne d'une culasse. Chaque pôle magnétique est formé par un aimant permanent en ferrite aimanté de manière à ce que les pôles Nord et Sud apparaissent radialement. Des aimants auxiliaires peuvent être prévus entre les aimants précités. Ces aimants auxiliaires sont en ferrite et aimantés de manière  
10 à ce que les pôles Nord et Sud apparaissent circonférentiellement. Un espace est prévu entre chaque aimant auxiliaire et la culasse. Une telle disposition permet de réduire les fuites magnétiques.

Il a été constaté qu'une forte réaction magnétique d'induit dans une machine électrique à courant continu à balais, en particulier dans un démarreur  
15 présentant une force magnéto-motrice (fmm) de grande intensité en très basse tension et en puissance utile supérieure à 1 kW, peut entraîner une baisse de performance de la machine. Dans certains cas, un décalage angulaire des balais et/ou un enroulement de compensation ou d'aide à la commutation sont utilisés pour pallier les effets liés à la réaction d'induit. Le décalage angulaire des balais  
20 est optimal seulement pour un courant électrique prédéterminé. De plus l'enroulement précité est généralement encombrant.

Par ailleurs on connaît par l'article intitulé 'The application of Halbach cylinders to brushless AC servo motors', K. Atallah et D. Howe, IEEE Transactions On Magnetism, Vol. 34, No 4, Juillet 1998, une machine de type 'Brushless' dans  
25 laquelle la variation de l'induction par rapport à l'angle électrique dans l'entrefer est sinusoïdale. L'article 'New concept of permanent magnet excitation for electrical machines. Analytical and numerical computation', M. Marinescu et N. Marinescu, IEEE Transactions On Magnetism, Vol. 28, No. 2, March 1992, a trait à l'aimantation dans une machine du type 'Slotless', l'excitation magnétique étant  
30 soit sur le rotor soit sur le stator de la machine.

Il est connu, dans un démarreur de véhicule automobile, de réaliser un stator, ou inducteur, en collant des aimants permanents sur une culasse du stator. Le collage des aimants permanents peut, dans certains cas, s'avérer difficile à mettre en œuvre. Il est également connu de fixer des aimants permanents sur la  
5 culasse à l'aide d'agrafes, chacune adaptée pour un seul aimant permanent. La demande de brevet EP 1 035 629 et le brevet US 6 465 925 décrivent des exemples d'agrafes pour maintenir des aimants auxiliaires entre des aimants principaux. Le brevet US 4 707 630 enseigne de maintenir des aimants permanents contre une culasse à l'aide d'un cylindre réalisé en tôle d'acier  
10 s'appuyant contre une circonférence interne des aimants permanents.

L'un des buts de l'invention est de réduire les effets de la réaction magnétique d'induit.

Un autre but de l'invention est de faciliter la fixation d'aimants dans un stator de démarreur.

15 L'invention a pour objet, selon l'un de ses aspects, une machine électrique tournante à courant continu, notamment pour un démarreur de véhicule automobile, la machine comportant :

- un stator, ou inducteur, comportant une structure aimantée à aimantation permanente, s'étendant suivant une circonférence du stator,
- 20 - un rotor, ou induit,
- un groupe de balais agencés pour permettre l'alimentation électrique du rotor par commutation du courant électrique dans des sections du rotor,

la machine étant caractérisée par le fait que la structure aimantée du stator comporte au moins un secteur présentant une aimantation de direction différente  
25 de directions radiale et orthoradiale du stator.

L'invention telle que définie ci-dessus permet notamment de réaliser la structure aimantée avec deux transitions angulaires ou plus entre deux pôles magnétiques consécutifs de la machine. La direction d'aimantation peut ainsi varier de manière relativement progressive lorsque l'on se déplace sur la  
30 circonférence de la structure aimantée.

Le déposant a constaté de manière inattendue qu'une telle structure aimantée peut permettre d'augmenter le couple et la puissance massique de la machine, ainsi que réduire, voire sensiblement annuler, le déplacement de la ligne neutre magnétique lorsque le courant d'induit augmente, et donc annuler  
5 sensiblement les effets. La ligne neutre magnétique est définie comme le lieu où l'induction s'annule entre deux pôles consécutifs de l'inducteur.

Grâce à l'invention, il est ainsi possible de ne pas recourir à un enroulement de compensation et/ou d'aide à la commutation, ou à un décalage angulaire des balais.

10 L'invention peut permettre en outre d'améliorer la commutation et limiter l'usure des balais et le rayonnement vibro-acoustique de la machine.

Les transitions angulaires permettent encore de renforcer la stabilité mécanique d'aimants permanents de la structure aimantée.

Bien que les articles précités Attallah *et al* et Marinescu *et al* décrivent une  
15 aimantation avec plusieurs transitions angulaires entre les pôles magnétiques, leur enseignement est limité aux cas de machines dans lesquelles la variation de l'induction par rapport à l'angle électrique est idéalement sinusoïdale.

Or, dans une machine à balais, il est généralement admis que la variation de l'induction par rapport à l'angle électrique doit se rapprocher d'une forme  
20 trapézoïdale à large plateau, de manière à ce que l'induction soit maximale sur une plage angulaire la plus large possible.

Par conséquent, il existe un préjugé, surmonté dans l'invention, selon lequel l'enseignement des articles précités Attallah *et al* et Marinescu *et al* n'est pas adapté à une machine à balais.

25 De préférence, le secteur avec une aimantation de direction différente de directions radiale et orthoradiale s'étend sur un angle électrique supérieur à 10°, notamment 20°, voire 30° ou 40°.

L'angle électrique correspond à un angle effectivement mesuré au sein de la machine, encore appelé angle mécanique, multiplié par le nombre de paires de  
30 pôles de la machine, ce qui revient à considérer une machine quelconque

comme une juxtaposition au sein d'un même ensemble de plusieurs machines élémentaires à une seule paire de pôles.

Avantageusement la direction d'aimantation, dans le secteur à aimantation de direction différente de directions radiale et orthoradiale, forme avec la direction orthoradiale du stator un angle compris par exemple entre  $5^\circ$  et  $85^\circ$ , notamment entre  $10^\circ$  et  $80^\circ$ , voire entre  $20^\circ$  et  $70^\circ$  ou entre  $30^\circ$  et  $60^\circ$ .

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'aimantation au sein de la structure aimantée présente une direction non parallèle à elle-même lorsque l'on se déplace sur un tour du stator.

Si on le souhaite, la direction de l'aimantation au sein de la structure aimantée, par rapport à une direction radiale, varie sans saut angulaire supérieur à  $90^\circ$ , notamment sans saut angulaire supérieur ou égal à  $45^\circ$ , lorsque l'on se déplace sur la circonférence du stator.

La structure aimantée du stator peut être disposée contre une culasse et présenter une aimantation choisie de manière à ce que le champ magnétique généré par la structure aimantée à l'extérieur de celle-ci, et mesuré en l'absence de la culasse, soit plus faible que le champ généré à l'intérieur de la structure aimantée, l'énergie magnétique à l'extérieur de la structure aimantée étant notamment inférieure à 30% ou 20% de l'énergie magnétique à l'intérieur de la structure, l'énergie magnétique à l'extérieur de la structure, mesurée en l'absence de la culasse, étant notamment sensiblement nulle.

Avantageusement, entre deux pôles magnétiques consécutifs de la structure aimantée, l'angle entre la direction d'aimantation de la structure et une direction radiale du stator varie de manière monotone, c'est-à-dire cet angle varie de manière croissante ou décroissante, lorsque l'on se déplace d'un pôle magnétique vers un pôle suivant.

Ceci permet notamment de concentrer l'énergie magnétique vers l'entrefer de la machine.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, la structure aimantée du stator comporte une pluralité d'aimants permanents, l'un au moins des aimants présentant, dans une région centrale suivant une circonférence du stator, une

aimantation de direction d'aimantation différente de directions radiale et orthoradiale.

Par exemple, la structure aimantée du stator peut comporter une pluralité d'aimants permanents, l'un au moins des aimants permanents présentant en tout point une aimantation de direction d'aimantation différente de directions radiale et orthoradiale.

Si on le souhaite, cet aimant permanent présente une direction d'aimantation qui est sensiblement parallèle à elle-même en tout point de l'aimant.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, la structure aimantée du stator comporte au moins deux aimants permanents définissant deux pôles magnétiques consécutifs de la structure aimantée et cette structure comprend en outre deux aimants permanents interposés entre lesdits deux aimants définissant les pôles.

La structure aimantée peut présenter, le cas échéant, une épaisseur, mesurée suivant une direction radiale de la structure aimantée, sensiblement constante lorsque l'on se déplace circonférentiellement d'un pôle magnétique de la structure vers un pôle suivant.

En variante, la structure aimantée peut présenter une épaisseur qui varie lorsque l'on se déplace circonférentiellement d'un pôle magnétique de la structure vers un pôle suivant.

La structure aimantée peut par exemple comporter des aimants permanents d'épaisseurs différentes.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, la structure aimantée est dépourvue de zone interrompue ayant une ouverture d'angle électrique supérieure à  $1^\circ$ , notamment  $2^\circ$  ou  $5^\circ$ . La zone interrompue correspond par exemple à la présence d'une languette d'un support de la structure aimantée insérée dans une fente radiale de cette structure. Cette languette définit un entrefer entre deux aimants permanents de la structure aimantée.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'orientation de la direction d'aimantation au sein de la structure aimantée varie, entre deux pôles

magnétiques consécutifs, de manière sensiblement discontinue ou, en variante, de manière continue.

La machine selon l'invention peut être du type deux ou quatre pôles, ou de préférence six pôles ou plus.

- 5 La structure aimantée peut comporter un nombre d'aimants permanents strictement supérieur au nombre de pôles de la machine, notamment supérieur ou égal à deux fois le nombre de pôles

Par exemple, la machine peut être du type six pôles et la structure aimantée comporter 24 aimants permanents.

- 10 En variante, la structure aimantée comporte un nombre d'aimants permanents inférieur ou égal au nombre de pôles de la machine, étant notamment égal à la moitié du nombre de pôles.

Par exemple, la machine peut être de type six pôles et la structure aimantée comporter trois aimants permanents s'étendant chacun sur un angle d'environ

- 15 120°.

Le cas échéant, la structure aimantée comporte au moins un aimant permanent réalisé à base de NdFeB, notamment fritté. En variante, la structure aimantée comporte au moins un aimant réalisé en ferrite.

- L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce  
20 qui précède, une machine électrique tournante, notamment pour démarreur de véhicule automobile, du type à N pôles magnétiques (N étant un nombre entier), comportant un stator, ou inducteur, comprenant :

- une pluralité d'aimants permanents, le nombre d'aimants étant notamment strictement supérieur au nombre N de pôles de la machine,
- 25 - au moins un support portant de manière solidaire les aimants permanents.

- Grâce à l'invention, plusieurs aimants peuvent être solidarisés au support avant la fixation de l'ensemble ainsi obtenu sur le reste de la machine. Il est ainsi possible de former préalablement un ensemble solidaire formé par le support et les aimants permanents puis de rapporter cet ensemble contre la culasse du  
30 stator. La fabrication de la machine électrique peut ainsi être simplifiée.

De plus, si on le souhaite, l'invention peut permettre de disposer sur le support des aimants permanents de manière sensiblement adjacente deux à deux. Les aimants permanents peuvent être au contact deux à deux, sans espace entre eux. En variante, un faible espace, ou entrefer, est formé entre  
5 deux aimants consécutifs.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le support est agencé pour maintenir les aimants permanents à l'une au moins de leurs extrémités axiales, par exemple à leurs deux extrémités axiales opposées.

Par exemple, le support comporte une pluralité de pattes agencées pour  
10 maintenir les aimants à l'une au moins de leurs extrémités axiales.

L'une au moins des pattes du support peut notamment être rabattue, par exemple par pliage, sur l'aimant permanent pour assurer le maintien de celui-ci.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le support est réalisé d'un seul tenant.

15 En variante, le support comporte au moins deux pièces séparées, dont l'une au moins est notamment disposée à l'une des extrémités axiales des aimants permanents.

Le support peut, si on le souhaite, être déformable, notamment pour être enroulé, et agencé de manière à permettre la mise en place des aimants sur le  
20 support à plat, avant enroulement de celui-ci.

Le support comporte par exemple une pluralité de branches parallèles s'étendant notamment perpendiculairement à une circonférence du support, chaque branche ayant à ses deux extrémités opposées des pattes de maintien des aimants permanents. Ces pattes n'ont pas à être rabattues sur les aimants  
25 pour assurer leur maintien. Le support peut comporter des portions formant charnière, ayant une largeur réduite. Ces portions charnière permettent de faciliter l'enroulement du support une fois les aimants posés sur le support.

Ce support peut présenter des découpes laissant la face extérieure des aimants partiellement découverte.

Dans un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, le support est préformé de manière à présenter une forme annulaire ou cylindrique avant la mise en place des aimants permanents.

Le support peut comporter une pluralité de languettes, chacune s'intercalant  
5 entre deux aimants permanents consécutifs, permettant de les maintenir correctement à la fois radialement et angulairement. Un faible entrefer est alors formé entre deux aimants consécutifs.

Le support est réalisé par exemple au moins partiellement en tôle métallique, par exemple par pliage de la tôle. Le support peut par exemple être formé par  
10 une bande métallique pliée à plat pour lui conférer une forme annulaire. Cette manière de faire permet d'éviter des pertes de matière par exemple suite à une découpe. En variante, le support peut être réalisé par découpe et emboutissage d'une tôle.

Lorsque le support comporte une paroi cylindrique s'étendant suivant une  
15 direction axiale du stator et contre laquelle les aimants permanents viennent en appui, cette paroi cylindrique, par exemple en tôle, peut servir de virole pour le passage du flux magnétique et permettre de diminuer, le cas échéant, l'épaisseur de la culasse.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'un au moins des aimants  
20 permanents présente une aimantation de direction orthoradiale.

L'un au moins des aimants peut présenter une aimantation de direction différente de directions radiale et orthoradiale du stator.

Si on le souhaite, le support porte une pluralité d'aimants principaux de direction d'aimantation radiale et une pluralité d'aimants auxiliaires disposés  
25 chacun entre deux aimants principaux consécutifs, et présentant une direction d'aimantation orthoradiale. Les aimants auxiliaires peuvent par exemple présenter une épaisseur mesurée suivant une direction radiale du stator qui est plus faible que celle des aimants principaux. Ces aimants auxiliaires sont par exemple séparés de la culasse par un espace correspondant sensiblement à la  
30 différence d'épaisseur entre aimants principaux et aimants auxiliaires.

L'invention a encore pour objet un procédé pour fabriquer une machine électrique tournante telle que définie ci-dessus, comportant les étapes consistant à mettre en place une pluralité d'aimants permanents sur un support commun puis rapporter l'ensemble ainsi formé contre une culasse du stator.

5 Le procédé peut éventuellement comporter les étapes consistant à d'abord enrouler le support puis mettre en place les aimants permanents sur le support enroulé.

En variante, le procédé peut comporter les étapes consistant à placer les aimants permanents sur le support à plat puis à enrouler le support.

10 Lorsque le support comporte des pattes de maintien des aimants, ces pattes peuvent être rabattues sur les aimants après mise en place de ceux-ci sur le support.

En variante, les pattes du support sont préalablement rabattues, avant mise en place des aimants permanents sur le support, ces aimants étant par exemple  
15 fixés par encliquetage sur le support en déformant élastiquement les pattes.

La fixation du support dans la culasse du stator est réalisée par exemple par boutonnage. Toute autre manière de fixer le support sur la culasse peut être employée.

L'invention a également pour objet, indépendamment ou en combinaison  
20 avec ce qui précède, une machine électrique tournante comportant un stator comprenant au moins un aimant permanent et au moins un support de l'aimant permanent, la machine étant caractérisée par le fait que le support de l'aimant comporte au moins une patte et l'aimant comporte au moins une portion de fixation en creux ou en relief agencée pour coopérer avec la patte du support  
25 lorsque l'aimant est mis en place sur ce support.

Les pattes du support permettent notamment de maintenir radialement les aimants sur ce support et, le cas échéant, dans une direction circonférentielle également.

La réalisation sur l'aimant d'une portion de fixation en creux permet  
30 notamment d'y recevoir la patte du support, ce qui peut permettre d'éviter la

présence non souhaitée de protubérances radiales pouvant empêcher le montage correct du rotor dans le stator.

La machine électrique comporte un rotor, et ledit au moins un aimant permanent présente des faces intérieure et extérieure, la face intérieure étant en regard du rotor, la portion de fixation de l'aimant étant notamment réalisée, 5 notamment entièrement, sur l'une des faces intérieure et extérieure de l'aimant.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'aimant permanent comporte des portions de fixation en creux ou en relief à la fois sur les faces intérieure et extérieure.

10 La portion de fixation est formée, si on le souhaite, par une encoche réalisée sur une face de l'aimant.

L'encoche débouche par exemple sur un bord axial de l'aimant.

Cette encoche peut présenter une forme sensiblement rectangulaire. En variante, l'encoche peut présenter toute autre forme, par exemple sensiblement 15 en trapèze ou en arc de cercle.

Avantageusement la patte du support présente une forme épousant sensiblement celle de l'encoche, la patte étant notamment sensiblement rectangulaire.

Le cas échéant, la portion de fixation comporte un bourrelet faisant saillie sur 20 une face de l'aimant et la patte du support peut être agencée pour coopérer avec ce bourrelet pour maintenir l'aimant sur le support.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, des portions de fixation en creux ou en relief sont réalisées sur une face seulement de l'aimant, notamment une face intérieure.

25 L'un au moins des aimants peut comporter, si on le souhaite, une encoche réalisée sur une tranche axiale de l'aimant.

De préférence, l'aimant est réalisé par frittage, la portion de fixation de l'aimant étant issue du frittage.

La patte du support est par exemple rabattue contre la portion en creux ou en 30 relief de l'aimant, ce support étant notamment réalisé par pliage d'une tôle métallique.

La machine électrique selon l'invention peut être agencée pour opérer à une puissance maximale comprise entre 500 W et 2000 W par exemple.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de l'invention, et à  
5 l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente, schématiquement et partiellement, un démarreur de véhicule automobile conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention,
- les figures 2 et 3 représentent, schématiquement et partiellement, deux structures aimantées selon deux exemples de mise en œuvre de l'invention,
- 10 - les figures 4a et 4b sont deux graphes représentant la variation du potentiel-vecteur en fonction de l'angle dans l'entrefer, respectivement selon l'invention et l'état de la technique,
- la figure 5 illustre, schématiquement et partiellement, un autre exemple de structure aimantée selon l'invention,
- 15 - la figure 6 représente, schématiquement et partiellement, un aimant permanent conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 7 représente, schématiquement et partiellement, un support pour aimants selon la figure 6,
- les figures 8 et 9 illustrent, schématiquement et partiellement, la mise en  
20 place du support de la figure 7, avec les aimants permanents, dans une culasse de stator, à deux étapes de montage,
- la figure 10 représente, schématiquement et partiellement, un stator selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 11 est une vue schématique et partielle, en perspective, d'un  
25 aimant permanent selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 12 représente, schématiquement et partiellement, un support pour aimants selon la figure 11,
- la figure 13 illustre, schématiquement et partiellement, le support de la figure 12 avec les aimants permanents fixés dessus,
- 30 - la figure 14 représente, schématiquement et partiellement, un stator conforme à un autre exemple de mise en œuvre de l'invention,

- la figure 15 est une vue schématique et partielle, en perspective, d'un support conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention, à plat avant enroulement,

5 - la figure 16 représente, schématiquement et partiellement, un aimant permanent selon un exemple de mise en œuvre de l'invention, à disposer sur le support de la figure 15,

- la figure 17 illustre, schématiquement et partiellement, le support de la figure 15, après enroulement,

10 - la figure 18 représente, schématiquement et partiellement, un support avec des aimants permanents posés dessus, conforme à un autre exemple de mise en oeuvre de l'invention,

- la figure 19 illustre, schématiquement et partiellement, un stator conforme à un autre exemple de mise en œuvre de l'invention,

15 - la figure 20 représente, schématiquement et partiellement, un aimant permanent à disposer dans le stator de la figure 19,

- la figure 21 illustre, schématiquement et partiellement, les efforts exercés sur un aimant permanent du stator de la figure 19, et

- les figures 22 et 23 représentent, schématiquement et partiellement, deux autres exemples d'aimants avec des encoches.

20 On a représenté très schématiquement sur la figure 1 un démarreur 1 pour moteur à combustion de véhicule automobile.

Ce démarreur 1 à courant continu comprend, d'une part, un rotor 2, encore appelé induit, pouvant tourner autour d'un axe X, et d'autre part, un stator 3, encore appelé inducteur, autour du rotor 2.

25 Ce stator 3 comporte une culasse 4 portant une structure aimantée 5 à aimantation permanente.

Le rotor 2 comporte un corps de rotor 7 et un bobinage 8 enroulé dans des encoches du corps de rotor 7.

30 Dans l'exemple illustré, la machine électrique tournante formée par le démarreur 1 est de type six pôles.

Le bobinage 8 forme, de part et d'autre du corps de rotor 7, un chignon avant 9 et un chignon arrière 10.

Le rotor 2 est pourvu, à l'arrière, d'un collecteur 12 comprenant une pluralité de pièces de contact connectées électriquement aux éléments conducteurs, formés dans l'exemple considéré par des fils, du bobinage 8.

Un groupe de balais 13 et 14 est prévu pour l'alimentation électrique du bobinage 8, l'un des balais 13 étant relié à la masse du démarreur 1 et un autre des balais 14 étant relié à une borne électrique 15 d'un contacteur 17 via un fil 16. Les balais sont par exemple au nombre de quatre.

Les balais 13 et 14 viennent frotter sur le collecteur 12 lorsque le rotor 2 est en rotation, permettant l'alimentation du rotor 2 par commutation du courant électrique dans des sections du rotor 2.

Le démarreur 1 comporte en outre un ensemble lanceur 19 monté de manière coulissante sur un arbre d'entraînement 18 et pouvant être entraîné en rotation autour de l'axe X par le rotor 2.

Un ensemble réducteur de vitesses 20 est interposé entre le rotor 2 et l'arbre d'entraînement 18, de manière connue en soi.

En variante, le démarreur 1 peut être du type 'Direct Drive', dépourvu de réducteur de vitesses.

L'ensemble lanceur 19 comporte un élément d'entraînement formé par une poulie 21 et destiné à s'engager sur un organe d'entraînement du moteur à combustion, non représenté. Cet organe d'entraînement est par exemple une courroie.

La poulie 21 peut être remplacée par un élément d'engrenage, notamment une roue dentée, pour entraîner le moteur à combustion.

L'ensemble lanceur 19 comprend en outre une roue libre 22 et une rondelle poulie 23 définissant entre elles une gorge 24 pour recevoir l'extrémité 25 d'une fourchette 27.

Cette fourchette 27 est réalisée par exemple par moulage d'une matière plastique.

La fourchette 27 est actionnée par le contacteur 17 pour déplacer l'ensemble lanceur 19 par rapport à l'arbre d'entraînement 18, suivant l'axe X, entre une première position dans laquelle l'ensemble lanceur 19 entraîne le moteur à combustion par l'intermédiaire de la poulie 21, et une deuxième position dans laquelle l'ensemble lanceur 19 est désengagé du moteur à combustion.

Le contacteur 17 comprend, outre la borne 15 reliée au balai 14, une borne 29 reliée via un élément de liaison électrique, notamment un fil 30, à une alimentation électrique du véhicule, notamment une batterie.

On a représenté sur la figure 2 un exemple de structure aimantée 5 conforme à un premier exemple de mise en œuvre de l'invention.

Dans cet exemple, la structure aimantée 5 comporte un nombre d'aimants permanents, ce nombre étant égal à 24, strictement supérieur au nombre de pôles de la machine, qui est égal à six.

Six des 24 aimants présentent une aimantation de direction radiale, parallèle à la flèche F1 illustrée sur la figure 1.

Ces aimants 40a définissent les six pôles de la machine, dont trois pôles Nord N et trois pôles Sud S en regard de l'intérieur du stator.

Entre deux aimants 40a consécutifs, sont disposés trois aimants permanents dont :

- un aimant 40b ayant une direction d'aimantation sensiblement orthoradiale F2, perpendiculaire à la direction F1, et
- de par et d'autre de cet aimant 40b, deux aimants 40c ayant une direction d'aimantation différente de directions radiale et orthoradiale.

Dans l'exemple considéré, la direction d'aimantation est sensiblement uniforme au sein de chaque de aimant 40c et forme avec la direction radiale F1 un angle A1 d'environ 45°.

Les aimants 40c définissent ainsi chacun un secteur de la structure aimantée 5 ayant une direction d'aimantation différente de directions radiale et orthoradiale et présentant une ouverture angulaire A2 de 15°, qui correspond à un angle électrique de 45°.

Comme on peut le constater, les aimants 40c présentent en tout point, en particulier dans une région centrale suivant la circonférence F3 du stator 3, une direction d'aimantation différente de directions radiale F1 et orthoradiale F2.

Les aimants permanents 40a-40c peuvent présenter, comme illustré sur la figure 2, des dimensions identiques, de sorte que la structure aimantée 5 ait une épaisseur, mesurée suivant la direction radiale F1, sensiblement constante lorsque l'on se déplace sur la circonférence F3.

Entre deux pôles magnétiques N et S, la direction d'aimantation de la structure aimantée 5 présente quatre sauts angulaires, chacun de 45°.

L'aimantation présente alors un nombre de transitions angulaires, entre deux pôles N et S, égal à trois.

Entre deux pôles magnétiques consécutifs N et S de la structure aimantée 5, l'angle entre la direction d'aimantation de la structure et la direction radiale F1 varie de manière monotone et discontinue, sans rebroussement angulaire.

Ceci peut permettre de concentrer l'énergie magnétique vers l'entrefer, entre le rotor 2 et le stator 3, correspondant à une réduction significative de l'induction à l'extérieur de la structure aimantée 5 et une augmentation significative de l'induction à l'intérieur.

Autrement dit, le champ magnétique généré par la structure aimantée à l'extérieur de celle-ci, et mesuré en l'absence de la culasse 4, est plus faible que le champ généré à l'intérieur de la structure aimantée 5, l'énergie magnétique à l'extérieur de la structure aimantée étant notamment inférieure à 30% ou 20% de l'énergie magnétique à l'intérieur de la structure, l'énergie magnétique à l'extérieur de la structure, mesurée en l'absence de la culasse, étant notamment négligeable.

Il a été constaté qu'un nombre de transitions angulaires suffisant, par exemple égal à trois, permet d'assurer une bonne stabilité mécanique des aimants 40a-40c.

La figure 4a montre les variations du potentiel-vecteur (unités : Wb/m) en fonction de l'angle dans l'entrefer, pour plusieurs valeurs du courant I et un

nombre de transitions angulaires égal à deux. Ces variations ont été obtenues par une analyse par éléments finis.

On peut signaler que le graphe de la figure 4a est sous la forme d'une représentation classique en deux dimensions permettant de faire apparaître facilement un décalage éventuel de la ligne neutre magnétique.

On remarque sur la figure 4a une quasi-absence de déplacement de la ligne neutre magnétique, qui correspond au lieu où l'induction s'annule entre deux pôles consécutifs, lorsque le courant  $I$  varie.

Autrement dit, grâce à un nombre de transitions angulaires égal ou supérieur à deux entre des pôles magnétiques consécutifs, il est possible d'annuler sensiblement la réaction d'induit, ce qui est avantageux en ce qui concerne la commutation et le couplage électromagnétique.

Au contraire, dans un cas illustré à la figure 4b où la structure aimantée serait dépourvue de transition angulaire, il apparaît un déplacement  $d$  de la ligne neutre magnétique.

Il a été constaté que l'invention permet d'augmenter le couple et la puissance massiques.

Dans l'exemple considéré, les aimants permanents 40a-40c sont des aimants en ferrite fritté anisotropes.

L'aimantation des aimants 40a-40c est réalisée par exemple en dehors de la culasse 4.

En variante, les aimants permanents 40a-40c peuvent contenir des éléments terre rare, étant par exemple réalisés en NdFeB.

Dans l'exemple qui vient d'être décrit, la structure aimantée 5 comporte un nombre d'aimants permanents 40a-40c supérieur au nombre de pôles N et S de la machine.

En variante, comme illustré sur la figure 3, la structure 5 peut comporter un nombre d'aimants permanents inférieur au nombre de pôles de la machine.

Selon l'exemple de mise en œuvre illustré sur la figure 3, la structure 5 comporte trois aimants permanents 41 présentant chacun sensiblement une forme en portion de cylindre de révolution d'angle  $A_3$  égal à  $120^\circ$ .

Ces aimants 41 sont par exemple réalisés en NdFeB, avec des propriétés isotropes et présentant une aimantation de direction variant de manière sinusoïdale lorsque l'on se déplace sur la circonférence F2 du stator 3, le long d'un aimant 41.

5 Si on le souhaite, il est possible de procéder à l'aimantation des aimants 41 à l'intérieur de la culasse 4.

Dans l'exemple de la figure 3, le nombre de transitions angulaires entre deux pôles consécutifs de la machine reste égal à trois.

Bien entendu, on ne sort pas du cadre de la présente invention lorsque le  
10 nombre de transitions angulaires est différent de trois.

Ce nombre peut, selon le type de machine, être égal à deux ou supérieur ou égal à quatre. Par exemple, on a représenté sur la figure 5 une structure aimantée 5 présentant six transitions angulaires entre deux pôles magnétiques consécutifs.

15 Le nombre de pôles peut être différent de six, étant notamment supérieur à six. La machine peut comporter par exemple 8 pôles.

En variante, la machine peut comporter un nombre de pôles inférieur à six, par exemple 2 ou 4 pôles.

On va maintenant décrire différentes manières de fixer des aimants  
20 permanents dans le stator, conformément à l'invention.

On a illustré sur les figures 6 à 9 différents éléments d'un stator 50 conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention, par exemple pour équiper le démarreur 1.

Parmi ces éléments, figurent un support 51 et une pluralité d'aimants  
25 permanents 52 destinés à être montés sur le support 51.

Comme illustré sur la figure 7, le support 51 comporte une paroi cylindrique 53 d'axe X de section transversale circulaire.

Cette paroi 53 présente deux bords d'extrémité 54 opposés, sur chacun  
30 desquels se raccordent une pluralité de pattes 55 faisant saillie vers l'intérieur de la paroi 53.

Ces pattes 55 disposées de manière régulière sur le bord 54 correspondant sont au nombre de 24 sur chaque extrémité de la paroi 51 de manière à permettre la mise en place de 24 aimants permanents 52.

5 Chaque patte 55 comprend une première branche 57 perpendiculaire à l'axe X prolongée par une deuxième branche d'extrémité 58 perpendiculaire à la première.

Le support 51 est en outre pourvu d'organes de fixation 59 agencés pour permettre de fixer ce support 51 sur une surface intérieure 60 d'une culasse 61 par boutonnage.

10 Tout autre moyen adapté de fixation du support 51 sur la culasse 61 peut être utilisé.

Le support 51 peut être réalisé par exemple par roulage d'une tôle métallique.

Cette tôle peut être réalisée en matériau magnétique, par exemple en acier.

15 Chaque aimant permanent 52 présente des faces intérieure 63 et extérieure 64, comme on peut le voir sur la figure 6.

Ces faces 63 et 64 sont définies par des portions de cylindre de révolution de manière à ce que lorsque tous les aimants 52 sont placés sur le support 51 les faces 62 et 64 de l'ensemble des aimants forment deux surfaces sensiblement cylindriques concentriques.

20 Chaque aimant 52 comprend en outre deux faces latérales 65 convergeant en direction du centre du support 51.

Des portions de fixation en creux 67 sont formées sur chaque face 63 des aimants permanents 52 en vue de permettre le maintien de ces aimants sur le support 51 à l'aide des pattes 55.

25 Dans l'exemple considéré, chaque portion de fixation 67 est formée par une encoche débouchant sur un bord axial 69 de l'aimant 52.

L'encoche 67 présente une forme sensiblement rectangulaire. En variante, l'encoche peut présenter toute autre forme appropriée.

30 Les dimensions et la forme des encoches 67 sont sélectionnées de manière à épouser la branche 58 des pattes 55 lorsque les aimants 52 sont mis en place sur le support 51.

Ainsi une fois les aimants en place sur le support 51, chaque branche 58 s'engage dans une encoche 67 d'un aimant 52 et chaque branche 57 s'applique contre une extrémité axiale de l'aimant 52.

Les aimants 52 sont alors maintenus dans les directions radiale et  
5 circonférentielle, comme illustré sur la figure 8.

Ces aimants 52 sont mis en place sur le support 51 par encliquetage, à savoir par déformation élastique des pattes 55.

En variante, les pattes 55 peuvent être rabattues par pliage sur les aimants 52, une fois ceux-ci en place sur le support 51.

10 La profondeur des encoches 67 est sensiblement égale à l'épaisseur des branches 58 des pattes 55 de sorte que ces branches 58 ne font pas saillie dans l'entrefer de la machine électrique.

Les aimants 52 sont réalisés notamment par frittage, et les encoches 67 sont issues de ce frittage. En variante, ces encoches 67 peuvent être réalisées par  
15 enlèvement de matière.

La paroi cylindrique pleine 53 peut servir de virole à l'intérieur de la culasse 61 pour diminuer la saturation magnétique et permettre de diminuer, le cas échéant, l'épaisseur de la culasse 61.

Dans l'exemple considéré, les aimants 52 sont placés sur le support 51 en  
20 contact deux à deux. Ainsi on évite la présence d'entrefer entre des faces latérales 65 des aimants 52.

Bien entendu, le nombre d'aimants permanents 52 peut être différent de 24, en fonction des besoins.

Par exemple, comme illustré sur la figure 10, le stator peut comporter 8  
25 aimants permanents 52 fixés sur un support 51 pourvu de 8 paires de pattes 55.

Notamment lorsque l'on prévoit d'utiliser un nombre d'aimants relativement faible, par exemple inférieur à 8, chaque aimant ayant alors des dimensions plus importantes, il peut être avantageux de maintenir chaque aimant à l'aide  
davantage de pattes 55. Par exemple, chaque aimant 55 peut être maintenu par  
30 quatre pattes.

Dans l'exemple décrit ci-dessus, les aimants permanents comportent des encoches.

On ne sort pas du cadre de la présente invention lorsque l'on met en place sur le support un ou plusieurs aimants permanents dépourvus de portion de  
5 fixation en creux ou en relief, notamment dépourvu d'encoches 67 telles que décrites ci-dessus.

On a illustré en référence aux figures 11 à 13 un tel exemple de mise en œuvre de l'invention, dans lequel une pluralité d'aimants permanents 70 identiques, sans portion de fixation en creux ou en relief, au nombre de 24 dans  
10 l'exemple décrit, sont mis en place sur un support 71.

Chaque aimant 70 présente des faces radialement intérieure 74 et extérieure 75 sensiblement en portions de cylindre concentriques, ainsi que des faces latérales 76 convergeant radialement vers l'intérieur.

Le support 71 est initialement à plat pour permettre la mise en place des  
15 aimants permanents 70, comme illustré sur la figure 12.

Ce support 71 comporte une pluralité de branches 78 parallèles à l'axe X ayant chacune à des extrémités opposées des pattes 79 pour maintenir les aimants 70.

Les pattes 79 s'étendent perpendiculairement à la branche 78  
20 correspondante et présentent chacune une forme sensiblement rectangulaire.

Le support 71 est en outre pourvu d'une pluralité de languettes 80, perpendiculaires aux branches 78, chaque languette s'intercalant entre deux aimants 70 consécutifs, de manière de maintenir ces aimants angulairement et radialement.

Du fait de la présence de ces languettes 80, un faible entrefer sépare deux  
25 aimants 70 consécutifs. La structure aimantée formée par les aimants 70 est avantageusement dépourvue de zone interrompue, correspondant à l'entrefer, ayant une ouverture d'angle électrique supérieure à  $1^\circ$ , notamment  $2^\circ$  ou  $5^\circ$ .

Le nombre, les dimensions et la forme des languettes 80 sont choisis  
30 notamment en fonction des aimants 70 à maintenir.

Le support 71 comporte des portions 82 formant charnière de largeur réduite et permettant de faciliter l'enroulement de ce support 71 une fois les aimants 70 posés dessus. Les portions 82 sont alternées avec les branches 78.

Le support 71 est par exemple réalisé par découpe et pliage d'une bande de  
5 tôle métallique. Ce support 71 présente des découpes 83 laissant la face  
extérieure 75 des aimants 70 partiellement découverte.

Des bras 85 sont prévus à une extrémité du support 71 pour maintenir celui-ci à l'état enroulé.

Ces bras 85 sont par exemple engagés dans des encoches 86 réalisées sur  
10 des pattes 79, à une extrémité opposée du support 71.

En variante, le support 71 peut être agencé pour pouvoir être maintenu à l'état enroulé seulement par sa mise en place dans la culasse.

L'exemple qui vient d'être décrit peut, sans que l'on sorte du cadre de l'invention, être adapté pour un nombre d'aimants inférieur à 24, par exemple 12,  
15 8, 6, 4, 3 ou 2.

Dans les exemples décrits ci-dessus, le support des aimants est réalisé d'un seul tenant, notamment en tôle découpée et pliée.

On représenté sur les figures 14 à 16 différents éléments d'un stator 90 conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention, comportant un support  
20 91 formé par deux pièces séparées 92.

Chaque pièce 92 est réalisée à partir d'une bande de tôle découpée repliée à plat pour conférer à cette pièce 92 une forme annulaire, comme illustré sur la figure 17.

Bien entendu, les pièces 92 peuvent être réalisées dans d'autres matériaux.

25 Le diamètre extérieur des pièces 91 est égal au diamètre intérieur de la culasse 94 dans laquelle le support 91 avec des aimants permanents 95 est mis en place.

Chaque pièce 92 comporte une pluralité de pattes 97 de maintien des aimants 95. Ces pattes 97 présentent par exemple une forme sensiblement  
30 rectangulaire.

Certaines de ces pattes 97 s'étendent radialement et s'interposent chacune entre deux aimants 95 voisins disposés sur une circonférence de la pièce 92 correspondante.

5 D'autres pattes 97 s'étendent sensiblement suivant la circonférence de la pièce 92, en regard deux à deux, pour maintenir les aimants 95 dans une direction radiale.

Les aimants 95 comportent chacun deux paires d'encoches 99 de forme sensiblement rectangulaire, agencées pour recevoir les pattes 97 des pièces 92 lorsque les aimants 95 sont montés sur les pièces 92, celles-ci étant alors  
10 disposées aux extrémités opposées des aimants 95.

Deux des encoches 99 sont situées sur une face extérieure 100 de l'aimant et les deux autres encoches 99 sur une face intérieure 101. Ces encoches 99 débouchent sur des bords d'extrémité 102 de l'aimant 95.

Dans l'exemple considéré, les aimants 95 sont de deux types. Un premier  
15 groupe 95a d'aimants sont appelés aimants principaux, lesquels présentent une aimantation de direction radiale de manière à définir des pôles Nord et Sud alternés.

Un deuxième groupe 95b d'aimants 95 définissent des aimants auxiliaires, chacun étant disposé entre deux aimants principaux, ces aimants auxiliaires  
20 présentant une aimantation de direction sensiblement orthoradiale.

Un tel aimant auxiliaire est représenté sur la figure 14.

La présence des aimants auxiliaires permet de réduire les fuites magnétiques.

Les aimants auxiliaires peuvent présenter la même épaisseur, mesurée dans  
25 la direction radiale, que celle des aimants principaux.

En variante, les aimants auxiliaires peuvent présenter une épaisseur différente de celle des aimants principaux.

Il est possible de positionner les aimants auxiliaires de manière à ménager un espace entre ces aimants et la culasse 94. Autrement dit les aimants auxiliaires  
30 ne sont pas plaquées contre cette culasse 94.

L'espacement entre les aimants auxiliaires et la culasse est avantageusement déterminé par le positionnement des pattes 97 qui maintiennent ces aimants.

5 Dans une variante non illustrée, les aimants 95 peuvent être agencés de manière à présenter deux transitions angulaires ou plus, comme décrit plus haut.

Les pièces 92 comportent en outre des languettes 103 permettant de solidariser ces pièces 92 à la culasse 94 par boutonnage.

D'autres moyens appropriés de fixation du support 91 peuvent être utilisés.

10 Les pièces 92 du support 91 et les aimants 95 peuvent former un ensemble autonome avant emmanchement dans la culasse 94, ce qui peut permettre de simplifier les opérations d'assemblage.

Dans l'exemple illustré, la machine électrique comporte six pôles.

15 Eventuellement les pattes 97 qui s'étendent radialement peuvent être supprimées, et le maintien en rotation des aimants 95 est assuré par la coopération des pattes 97 circonférentielles avec les encoches 99 des aimants 95.

Il est alors possible d'éviter la présence d'entrefer entre les aimants principaux et les aimants auxiliaires, ce qui peut permettre d'améliorer l'efficacité de la machine électrique.

20 Dans l'exemple qui vient d'être décrit, les pièces 92 sont réalisées par découpe et pliage.

En variante, les pièces 92 du support 91 peuvent être réalisées par découpe et emboutissage, comme illustré sur la figure 18.

25 Dans l'exemple de mise en œuvre de la figure 18, le support 92 porte une alternance d'aimants principaux et d'aimants auxiliaires 95.

Les aimants principaux 95 peuvent être dépourvus d'encoches 99, comme illustré sur les figures 19 à 21.

30 Dans ce cas, le maintien de chaque aimant principal 95 contre la culasse 94 est obtenu non pas grâce à des pattes circonférentielles 97 mais à la forme des faces latérales 105 de l'aimant 95.

Comme représenté sur la figure 21, les faces 105 présentent chacune une portion plane 106 sur laquelle s'applique une patte 97 orientée sensiblement radialement.

Les portions 106 et les pattes 97 sont agencées de manière à ce que ces  
5 pattes 97 exercent sur les côtés de l'aimant 95 deux contraintes T1 donnant une  
contrainte résultante T2 radiale ayant tendance à appliquer l'aimant 97 contre la  
culasse.

Comme illustré sur la figure 19, le support 92 comporte des pattes 97 pour le  
maintien des aimants auxiliaires 95.

10 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de mise en œuvre  
qui viennent d'être décrits.

Dans le cas où l'on souhaite éviter la présence sur les aimants de portions de  
fixation en creux ou en relief, notamment d'encoches, il est possible de prévoir,  
sur le support des aimants, des pattes pour s'appliquer uniquement sur une face  
15 intérieure des aimants, sans patte de maintien s'appliquant sur la face extérieure  
des aimants. Les pattes du support s'étendent sur un diamètre inférieur au  
diamètre inscrit dans l'ensemble des aimants montés sur le support. Il s'agit de  
garantir que le rotor peut toujours être monté correctement dans le stator.

Par ailleurs, l'une au moins des portions de fixation des aimants permanents  
20 peut être formée, si on le souhaite, par un ou plusieurs bourrelets faisant saillie  
sur une face intérieure ou extérieure de l'aimant, la patte de maintien du support  
étant agencé pour coopérer avec ce ou ces bourrelets pour assurer son maintien  
radial et angulaire.

Dans un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, le support 51 précité  
25 peut être agencé pour recevoir une alternance d'aimants principaux et d'aimants  
auxiliaires, respectivement de directions d'aimantation radiale et orthoradiale.

Les pattes de maintien des aimants sur le support peuvent présenter une  
forme autre que rectangulaire, par exemple en trapèze.

Dans les exemples illustrés sur les figures 22 et 23, les aimants permanents  
30 95 comportent des encoches 110 s'étendant chacune sur une tranche axiale 111  
de l'aimant.

Dans l'exemple de la figure 22, chaque encoche 110 présente une forme sensiblement rectangulaire, avec une pente inclinée sélectionnée de manière à ce que qu'une patte de maintien engagée dans cette encoche permette un maintien à la fois radial et angulaire.

5 Dans l'exemple de la figure 23, chaque encoche 110 présente une forme trapézoïdale avec la grande base 112 située sur une circonférence intérieure, de manière à assurer un maintien à la fois radial et angulaire.

Dans une variante de la figure 6, il est possible de former des encoches sur les faces latérales 65 des aimants.

10

15

### Revendications

- 5 1. Machine électrique tournante, notamment pour démarreur de véhicule automobile, du type à N pôles magnétiques, comportant un stator (3) comprenant :
- une pluralité d'aimants permanents (52 ; 70 ; 95), le nombre d'aimants étant strictement supérieur au nombre de pôles de la machine,
- 10 - au moins un support (51 ; 71 ; 91) portant de manière solidaire les aimants permanents.
2. Machine selon la revendication précédente, caractérisée par le fait que le support (51 ; 71 ; 91) est agencé pour maintenir les aimants permanents à l'une
- 15 au moins de leurs extrémités axiales.
3. Machine selon la revendication précédente, caractérisée par le fait que le support comporte une pluralité de pattes (55 ; 79 ; 97) agencées pour maintenir les aimants à l'une au moins de leurs extrémités axiales.
- 20
4. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que l'une au moins des pattes du support est rabattue, notamment par pliage, sur l'aimant permanent pour assurer le maintien de celui-ci.
- 25
5. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le support (51 ; 71) est réalisé d'un seul tenant.
6. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par le
- 30 fait que le support (91) comporte au moins deux pièces (92) séparées, dont l'une

au moins est notamment disposée à l'une des extrémités axiales des aimants permanents.

5 7. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le support (71) est déformable, notamment pour être enroulé, et agencé de manière à permettre la mise en place des aimants sur le support avant enroulement de celui-ci.

10 8. Machine selon la revendication précédente, caractérisée par le fait que le support (71) comporte une pluralité de branches (78) parallèles chacune ayant à ses deux extrémités opposées des pattes (79) de maintien des aimants permanents.

15 9. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée par le fait que le support (51) est préformé de manière à présenter une forme cylindrique avant la mise en place des aimants permanents.

20 10. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le support comporte une pluralité de languettes (80), chacune s'intercalant entre deux aimants permanents consécutifs.

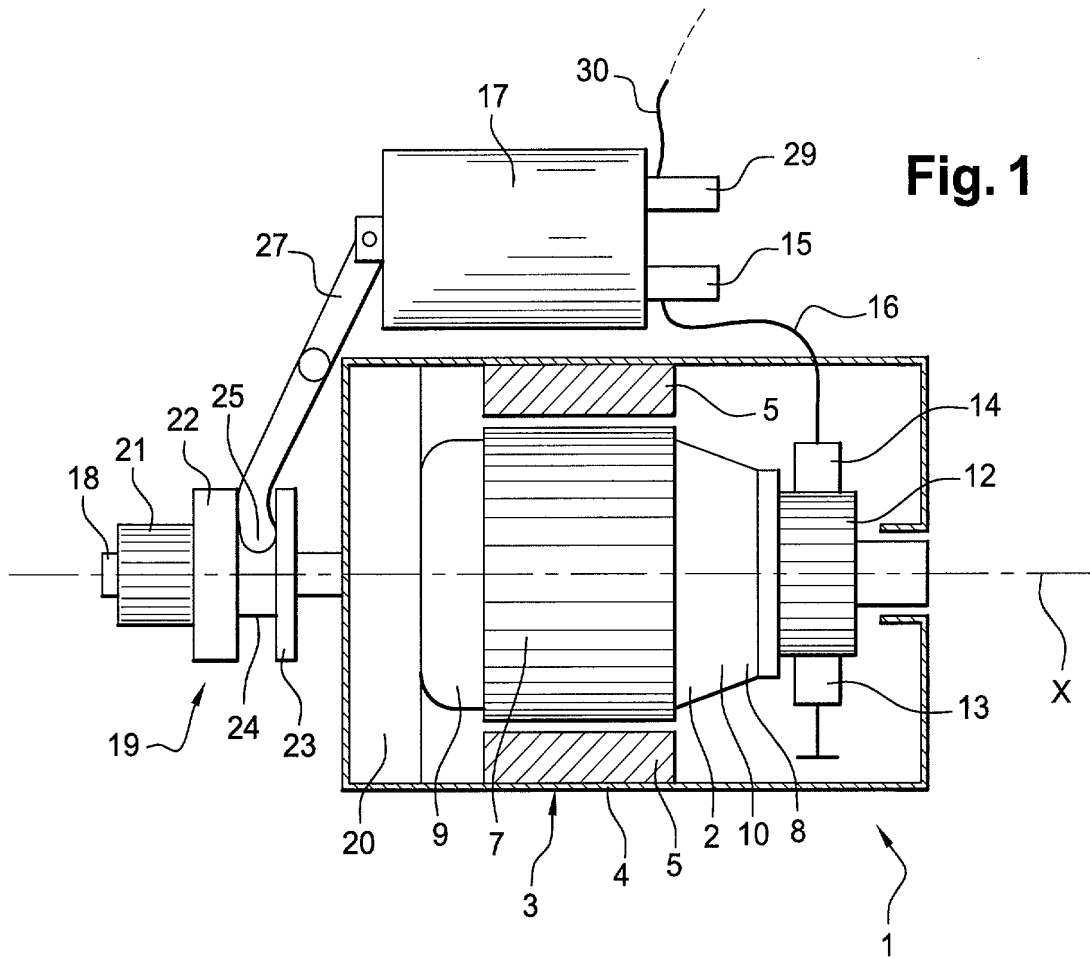
25 11. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le support est réalisé au moins partiellement en tôle métallique.

12. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que l'un au moins des aimants permanents (95b) présente une aimantation de direction orthoradiale.

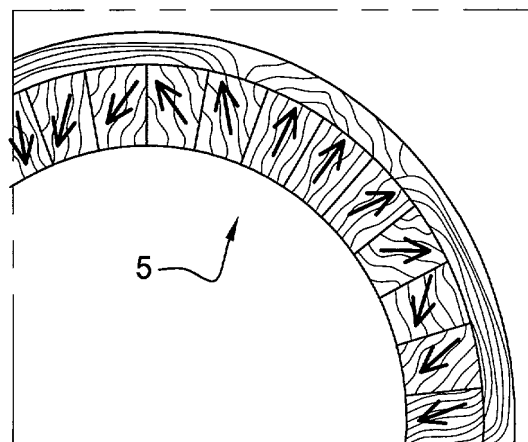
13. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par le fait que l'un au moins de aimants (40c) présente une aimantation de direction différente de directions radiale et orthoradiale du stator.

5 14. Procédé pour fabriquer une machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant les étapes consistant à mettre en place une pluralité d'aimants permanents sur un support commun (51 ; 71 ; 91) puis rapporter l'ensemble ainsi formé contre une culasse du stator.

10 15. Procédé selon la revendication précédente, comportant les étapes consistant à d'abord enrouler le support (51) puis mettre en place les aimants permanents sur le support enroulé.



**Fig. 1**



**Fig. 5**

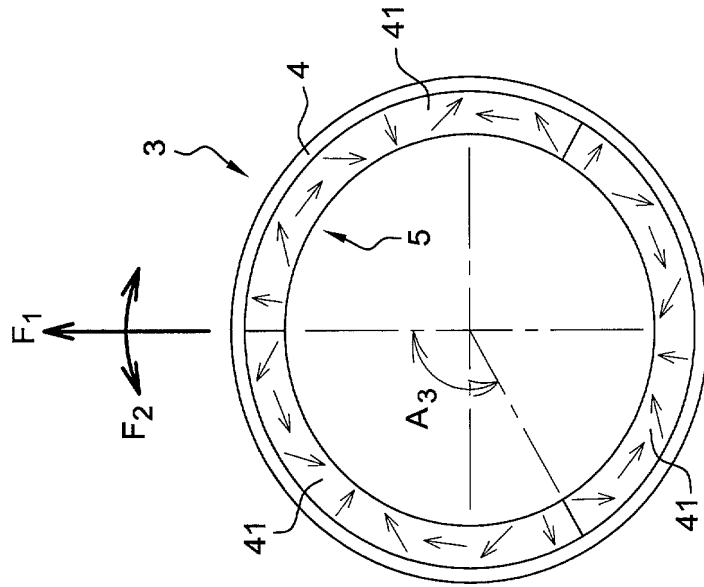


Fig. 3

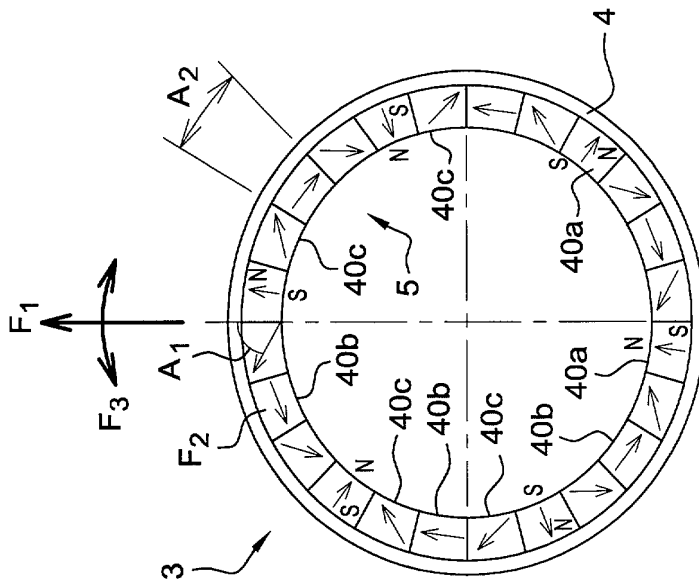


Fig. 2

3 / 11

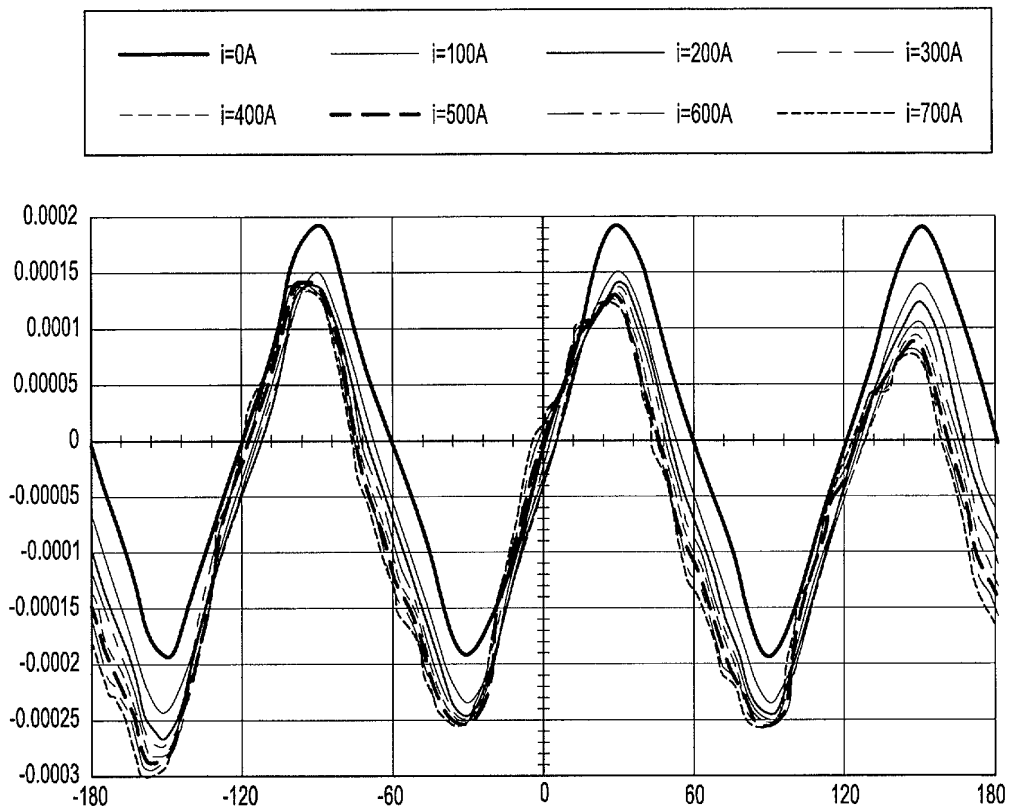


Fig. 4a

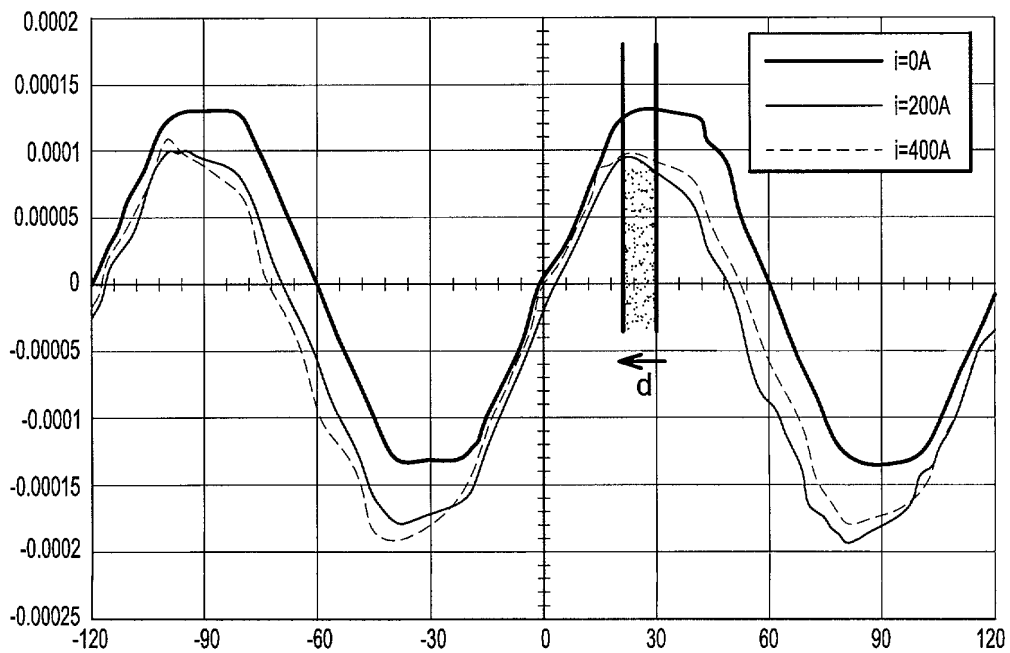
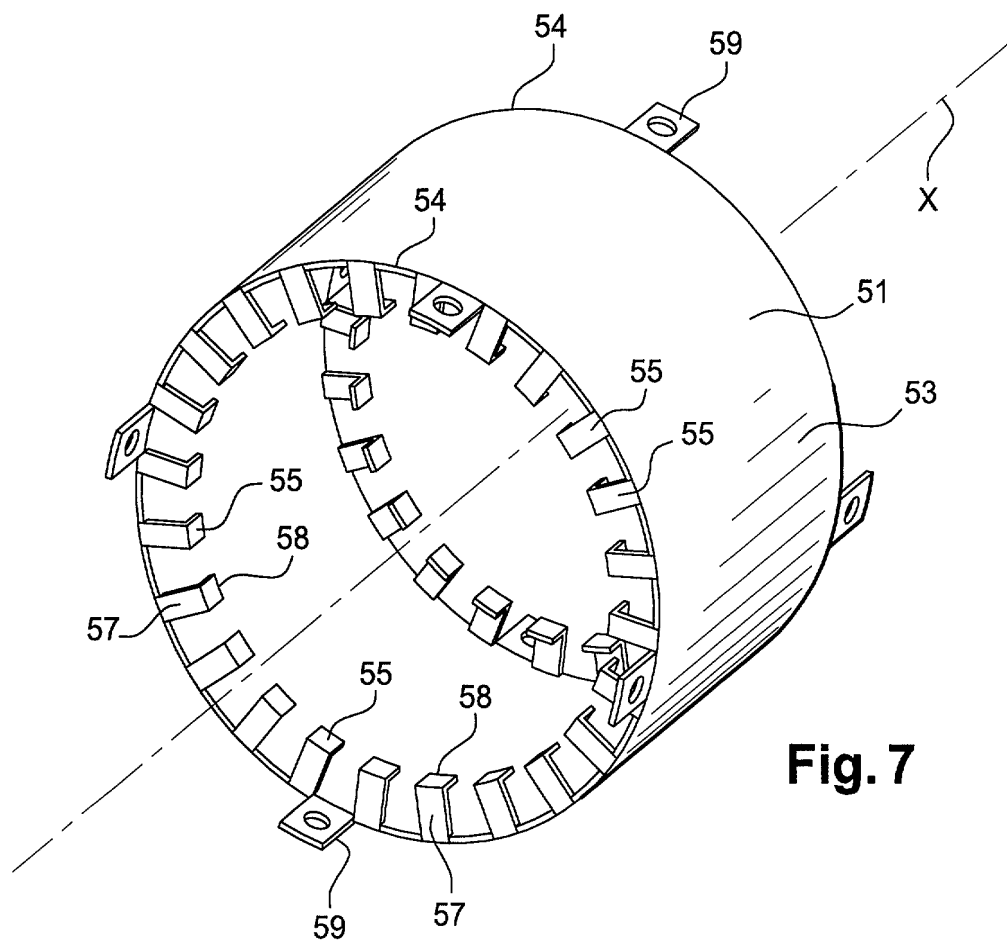
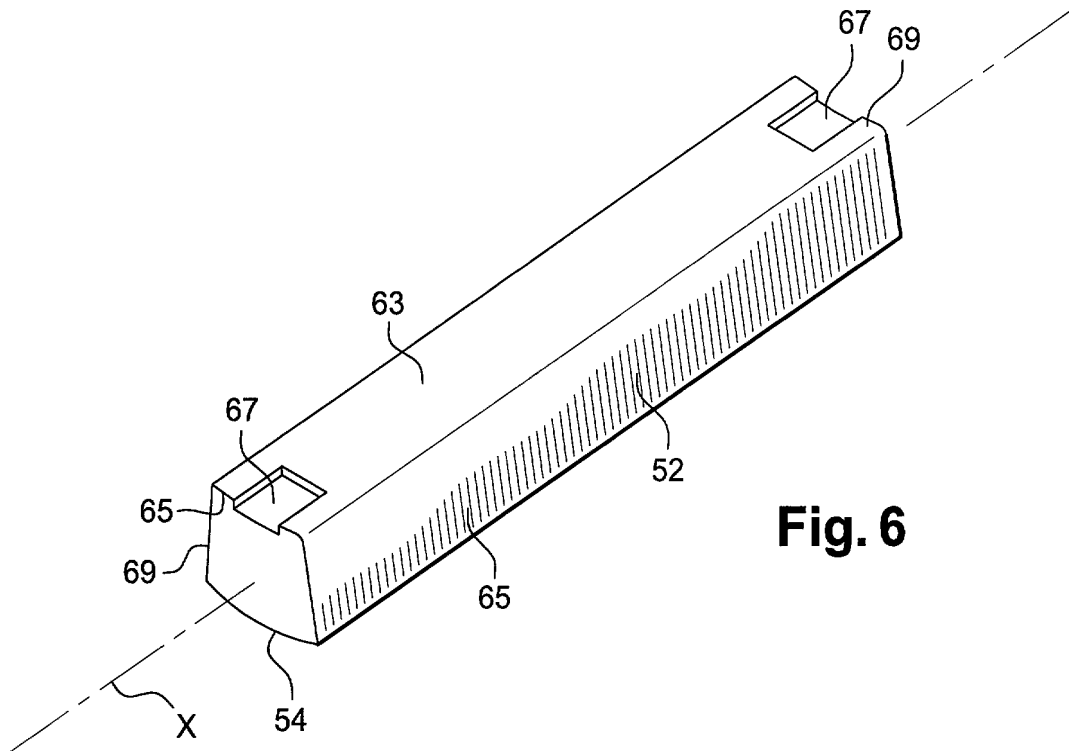
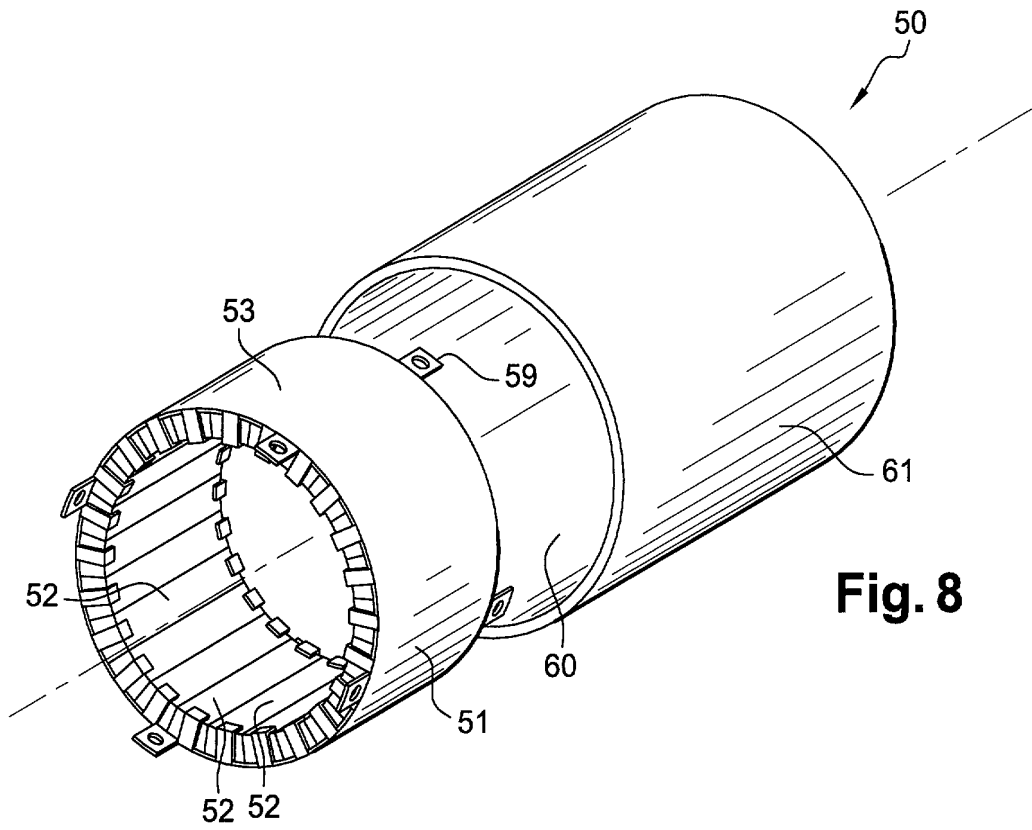


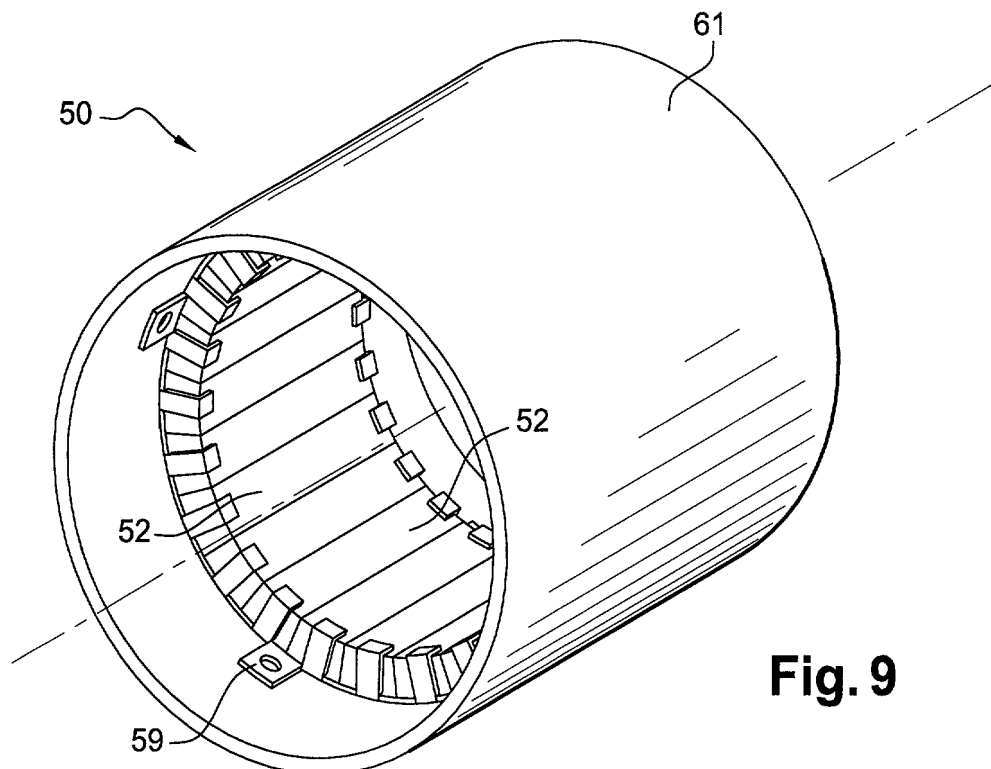
Fig. 4b

4 / 11



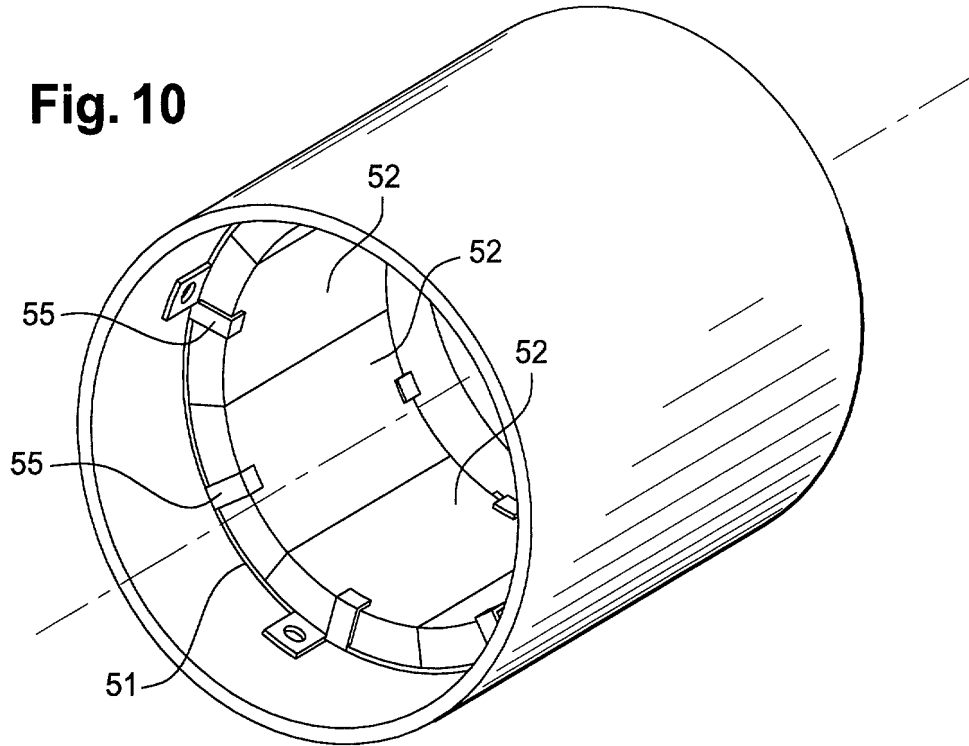


**Fig. 8**

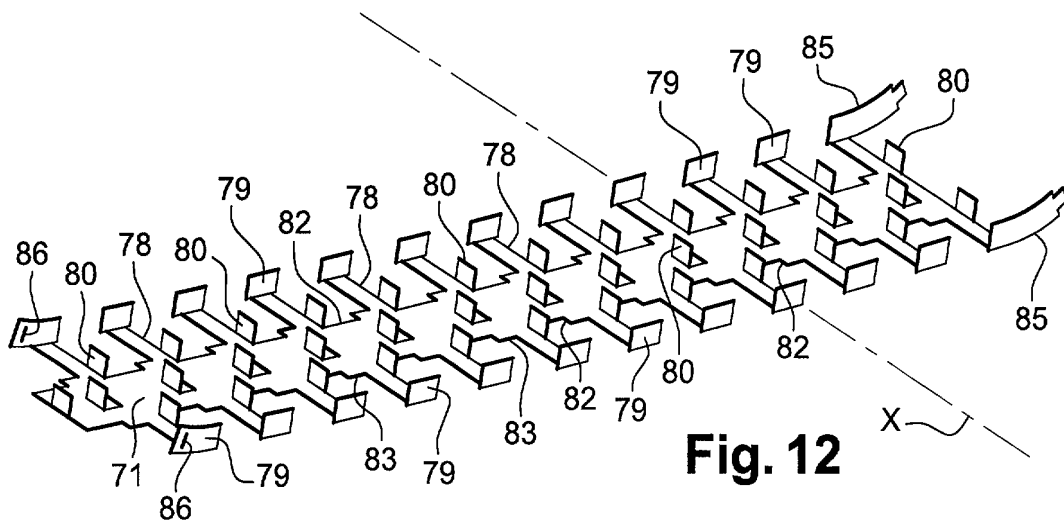
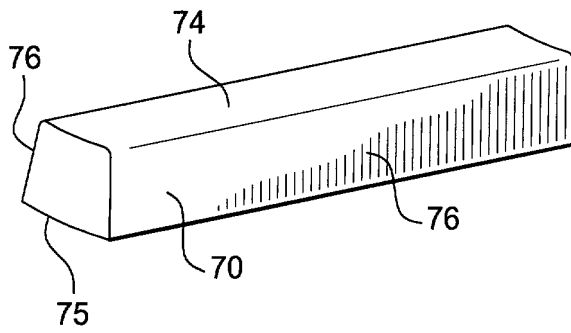


**Fig. 9**

**Fig. 10**

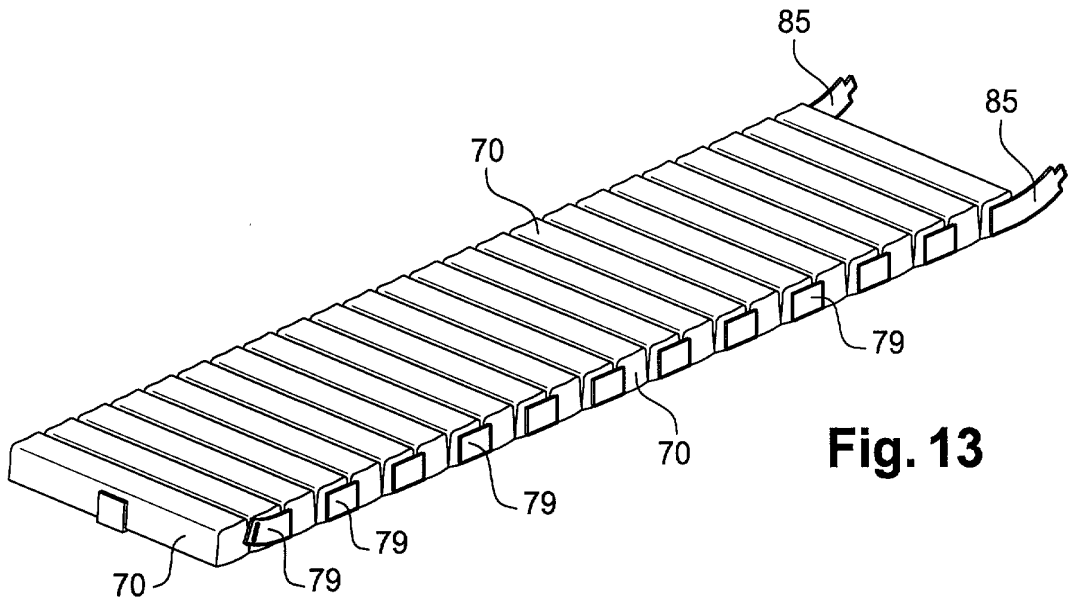


**Fig. 11**

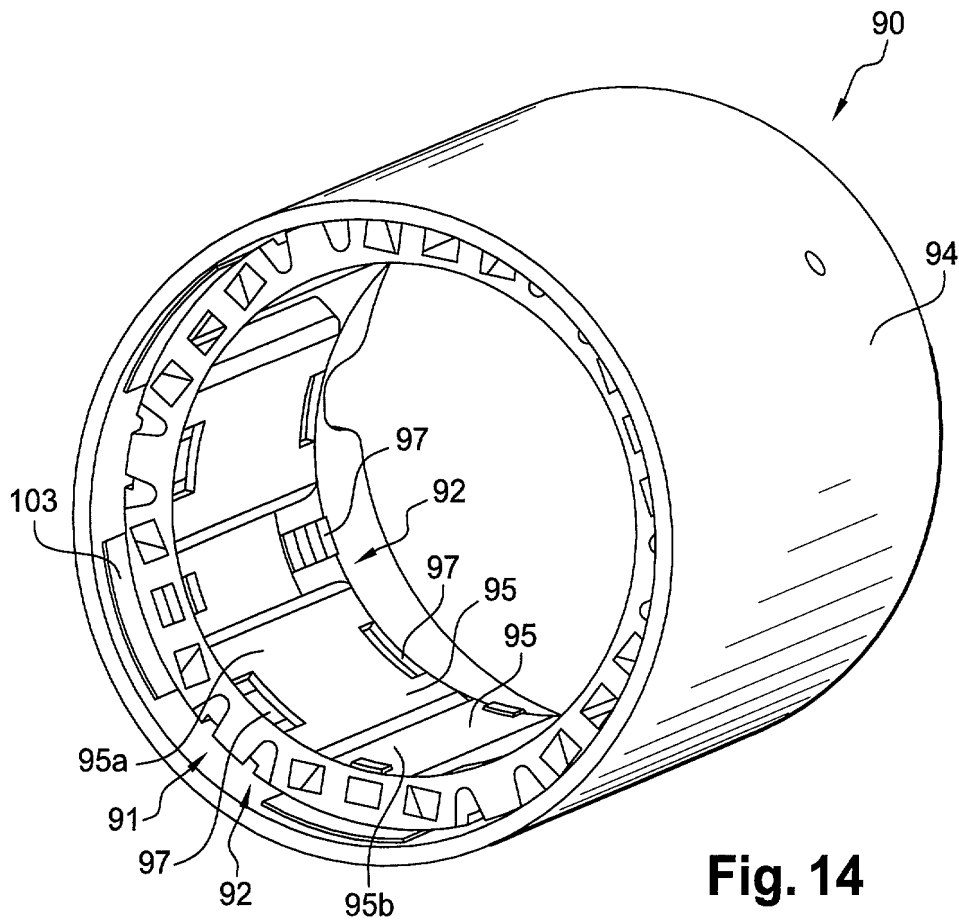


**Fig. 12**

7/11

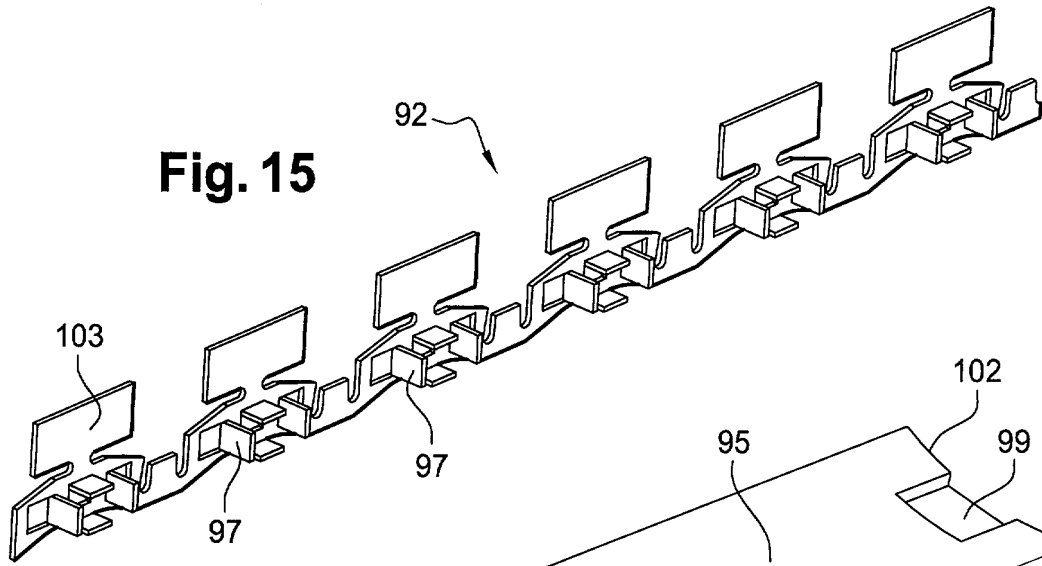


**Fig. 13**

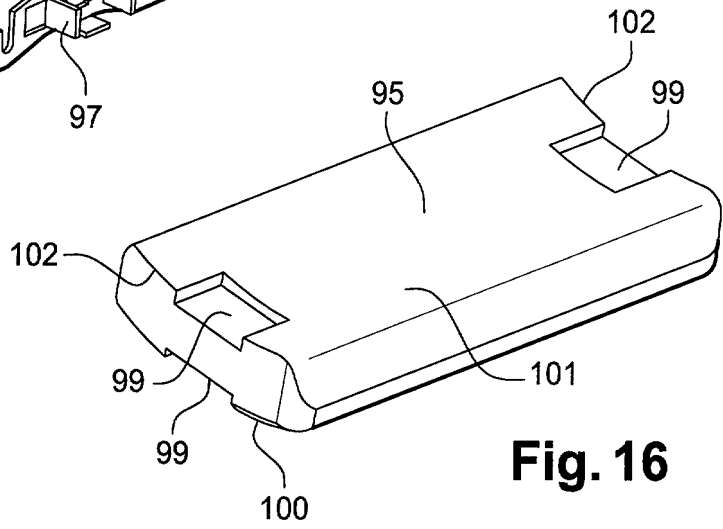


**Fig. 14**

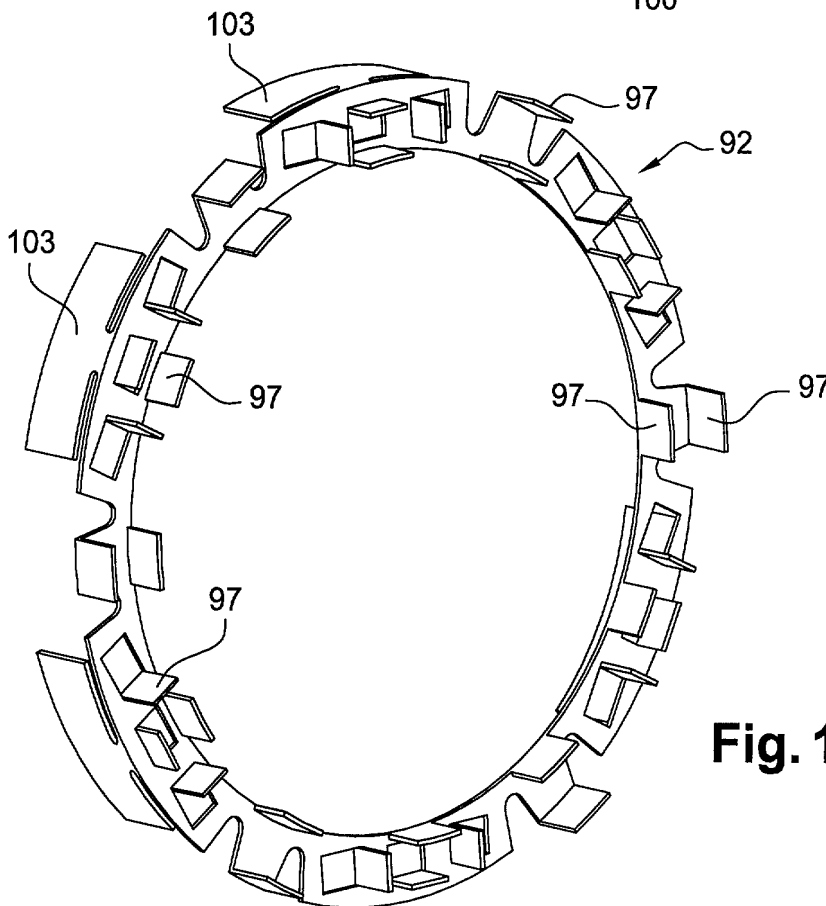
**Fig. 15**



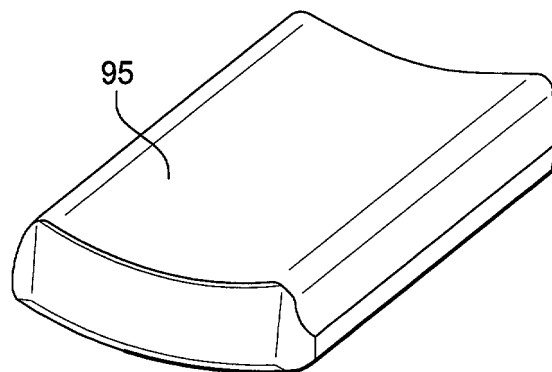
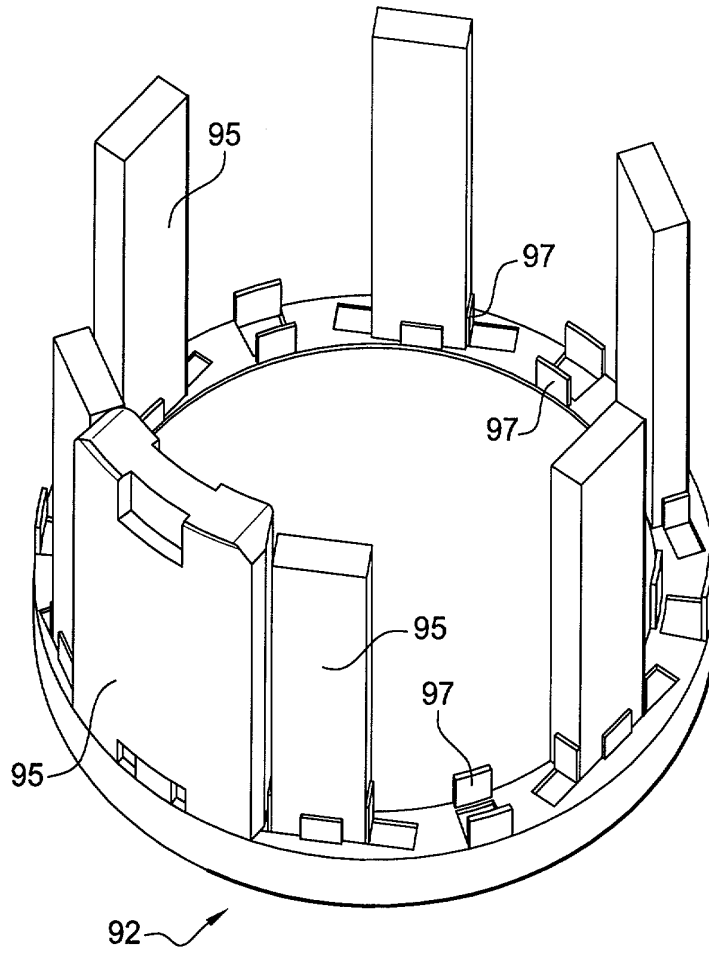
**Fig. 16**



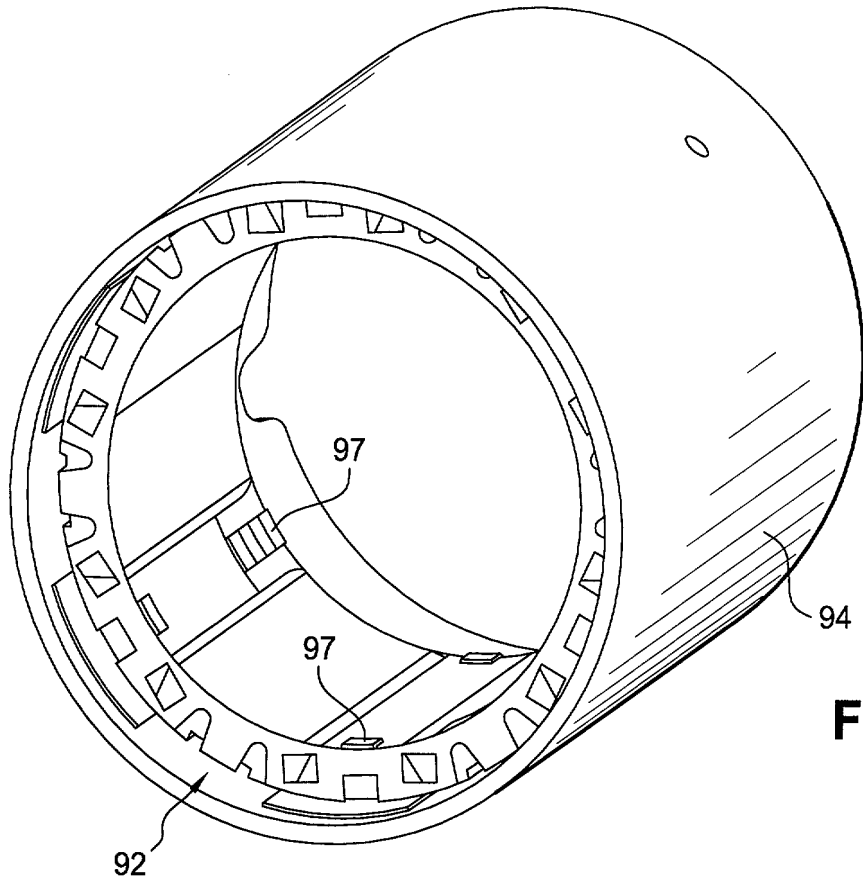
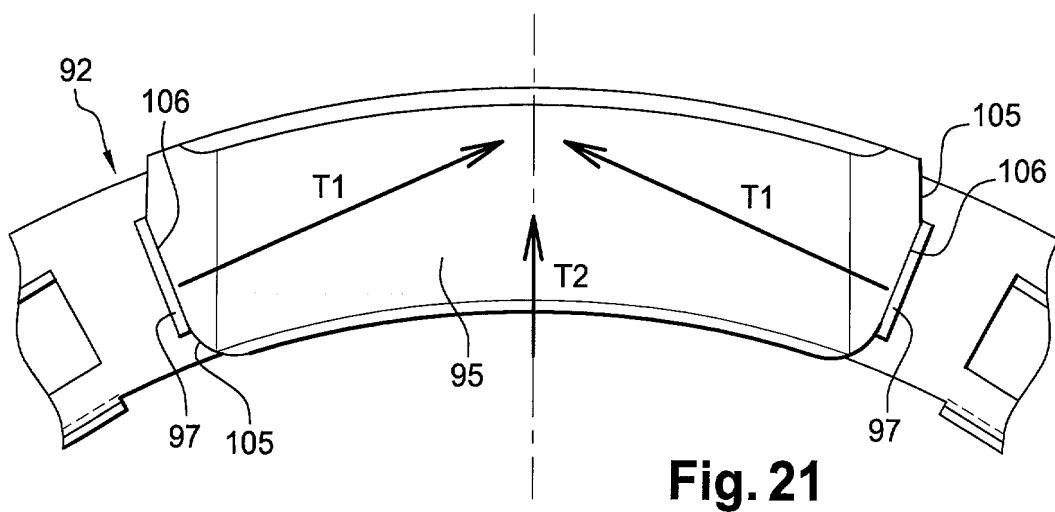
**Fig. 17**



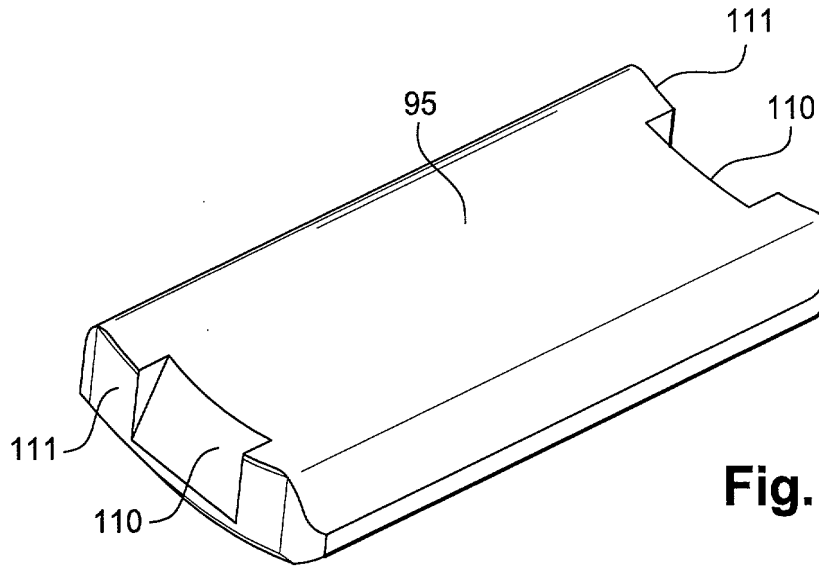
**Fig. 18**



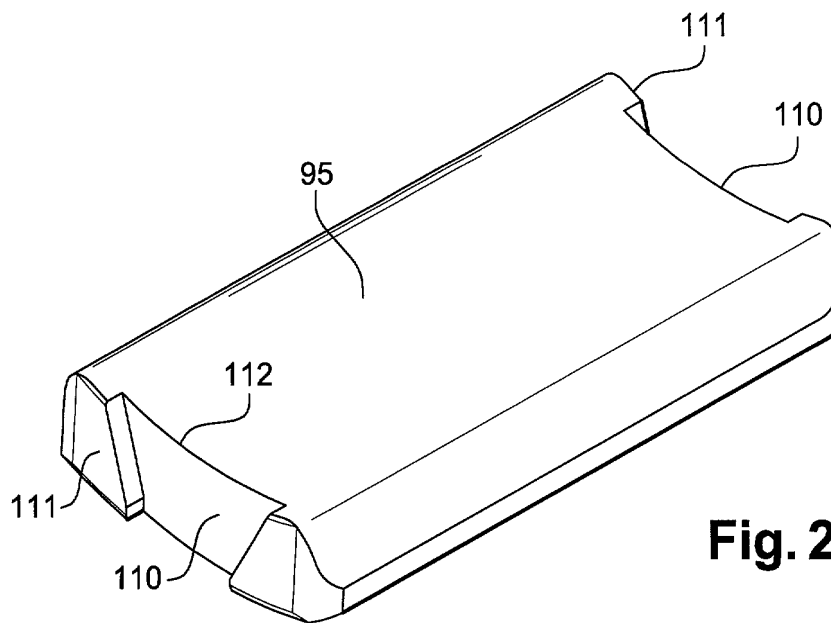
**Fig. 20**

**Fig. 19****Fig. 21**

11/11



**Fig. 22**



**Fig. 23**



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 687981  
FR 0655552

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		
X	EP 1 035 629 A2 (DENSO CORP [JP]) 13 septembre 2000 (2000-09-13)	1-4,6, 10-12	H02K1/27 H02K15/03
Y	* revendication 1; figures 1,2 *	5,7,8, 14,15	
	-----		
X	FR 2 841 399 A (SIEMENS VDO AUTOMOTIVE LA SUZE [FR]) 26 décembre 2003 (2003-12-26)	1,5,7,9, 14,15	
	* revendications 2,3,6; figure 1 *		
	-----		
Y	EP 1 211 778 A (VALEO MANDO ELECTRICAL SYS [KR]) 5 juin 2002 (2002-06-05)	5,7,8, 14,15	
	* alinéa [0014] - alinéa [0016]; revendication 1; figure 3 *		
	-----		
Y	FR 2 691 592 A (LEVY DANIEL [FR]) 26 novembre 1993 (1993-11-26)	1,13	
	* page 5, ligne 10 - ligne 12 *		
	-----		
Y	ZHU Z Q ET AL: "Novel permanent magnet machines using halbach cylinders" POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE, 2000. PROCEEDINGS. PIEMC 2000. THE THIRD INTERNATIONAL AUGUST 15-18, 2000, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2, 15 août 2000 (2000-08-15), pages 903-908, XP010523344 ISBN: 7-80003-464-X	1,13	
	* abrégé; figure 12 *		
	-----		
X	WO 91/07805 A (US ARMY [US]) 30 mai 1991 (1991-05-30)	1	
	* revendications 28,46,47 *		
	-----		
X	US 3 710 291 A (NICLOUD G) 9 janvier 1973 (1973-01-09)	1	
	* figures 1,3 *		
	-----		
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juin 2007		Roy, Christophe	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 687981  
FR 0655552

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	EP 1 300 922 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 9 avril 2003 (2003-04-09) * figure 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	DE 31 35 217 A1 (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG [DE]) 7 avril 1983 (1983-04-07) * figure 1 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juin 2007		Roy, Christophe	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0655552 FA 687981**

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 25-06-2007

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
EP 1035629	A2	13-09-2000	DE 60029504 T2 23-11-2006 JP 3417332 B2 16-06-2003 JP 2000261989 A 22-09-2000 US 6376956 B1 23-04-2002
FR 2841399	A	26-12-2003	AUCUN
EP 1211778	A	05-06-2002	JP 2002171703 A 14-06-2002 KR 20020042118 A 05-06-2002 US 2002063485 A1 30-05-2002
FR 2691592	A	26-11-1993	AUCUN
WO 9107805	A	30-05-1991	AU 6754390 A 13-06-1991 US 5349258 A 20-09-1994 US 5280209 A 18-01-1994
US 3710291	A	09-01-1973	DE 2158571 A1 08-06-1972 FR 2114151 A5 30-06-1972 GB 1354387 A 05-06-1974 IT 940645 B 20-02-1973 NL 7115880 A 23-05-1972
EP 1300922	A	09-04-2003	DE 10148652 A1 17-04-2003
DE 3135217	A1	07-04-1983	AUCUN