

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/001495 A2

(43) Date de la publication internationale
7 janvier 2016 (07.01.2016)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/000131

(22) Date de dépôt international :
1 juillet 2015 (01.07.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1401594 4 juillet 2014 (04.07.2014) FR

(71) Déposant : WHYLOT SAS [FR/FR]; Calfatech, Parc
d'Activités Quercypôle, F-46100 Cambes (FR).

(72) Inventeurs : RAVAUD, Romain; Coste Bru, F-46100
Corn (FR). TIEGNA, Hugue; 15 Bis Avenue Fernand
Lacroix - APPT C25, F- 46100 Figeac (FR). MAYEUR,
Loïc; La Croix du Fabre, F- 12300 Saint Santin (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : RADIAL-FLUX ELECTROMAGNETIC MOTOR COMPRISING MULTIPLE AIR GAPS AND A ROTOR SUR-
ROUNDED BY TWO STATORS, WITH REDUCED COGGING TORQUE

(54) Titre : MOTEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE POLYENTREFERS ET À FLUX MAGNÉTIQUE RADIAL À ROTOR ENCA-
DRÉ PAR DEUX STATORS AVEC DIMINUTION DU COUPLE DE DÉTENTE

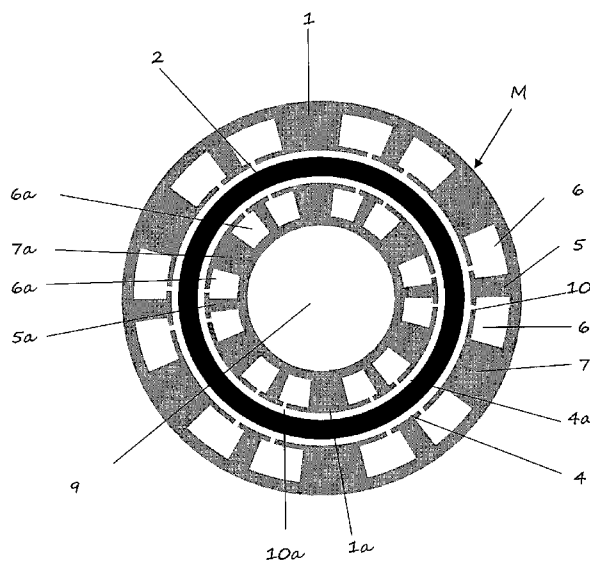


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to an electromagnetic motor (M) with radial flux, intended in particular to aid power-assisted steering in a motor vehicle. The motor comprises at least two stators (1, 1a) surrounding at least one rotor (2), an air gap (4, 4a) being defined between each of the stators (1, 1a) and the surrounded rotor (2). The magnet or magnets (3) borne by the rotor (2) extend(s) fully inside the rotor (2) between the two air gaps (4, 4a) and each of the coil elements (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) of the series of coil elements borne by a corresponding stator (1, 1a) comprises a spacer element (5, 5a) disposed between each slot (6, 6a) of one tooth (7, 7a) and the slot (6, 6a) of the successive tooth (7, 7a). In this way, cogging torque is prevented. The invention is suitable for use in the field of electromagnetic motors.

(57) Abrégé : La présente invention porte sur un moteur (M) électromagnétique à flux radial notamment destiné à l'aide à la direction assistée dans un véhicule automobile, le moteur comportant au moins deux stators (1, 1a) encadrant au moins un rotor

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/001495 A2

(2), un entrefer (4, 4a) étant défini entre chacun des stators (1, 1a) et le rotor (2) ainsi encadré. Le ou les aimants (3) portés par le rotor (2) s'étendent complètement dans le rotor (2) entre les deux entrefers (4, 4a) et chacun des éléments de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) des séries d'éléments de bobinage portées par un stator (1, 1a) respectif comprend un élément de séparation (5, 5a) disposé entre chaque encoche (6, 6a) d'une dent (7, 7a) et l'encoche (6, 6a) de la dent (7, 7a) successive. Ainsi, la création d'un couple de détente est évitée. Applications dans le domaine des moteurs électromagnétiques.

« Moteur électromagnétique polyentrefers et à flux magnétique radial à rotor encadré par deux stators avec diminution du couple de détente »

5 La présente invention concerne un moteur électromagnétique polyentrefers et à flux magnétique radial à rotor encadré par deux stators avec diminution du couple de détente qui trouve une application particulière mais non limitative comme moteur de direction assistée dans un véhicule automobile.

10 Dans cette application de direction assistée, un moteur électrique est utilisé en complément de la force de direction manuelle exercée par le conducteur du véhicule.

Un tel moteur électromagnétique polyentrefers et à flux magnétique comporte au moins deux stators encadrant au moins un rotor, un entrefer, 15 donc au moins un double entrefer, étant défini entre chacun desdits au moins deux stators et ledit au moins un rotor ainsi encadré.

Le rotor porte au moins une série d'aimants permanents, tandis qu'au moins une série d'éléments de bobinage est portée par chaque stator. De manière classique, chacun des éléments de bobinage comprend une dent 20 portant une bobine, la dent étant encadrée sur chacun de ses côtés par une encoche, un fil métallique bon conducteur étant enroulé sur la dent pour former la bobine.

Quand la série ou les séries de bobinages sont alimentées électriquement, le rotor qui est solidarisé à l'arbre de sortie du moteur est 25 soumis à un couple résultant du champ magnétique, le flux magnétique créé étant un flux radial.

Dans ce qui va suivre, il va être pris comme application du moteur un moteur pour direction assistée de véhicule automobile. Ceci n'est cependant pas limitatif et un tel moteur peut être utilisé pour diverses autres applications.

30 Dans une application du moteur pour une direction assistée, les contraintes majeures sont notamment la réduction de la masse et de l'encombrement axial du moteur pour un rendement optimal. C'est pour cela qu'un moteur polyentrefers est préféré, en étant plus compact et en délivrant plus de puissance.

Selon l'état de la technique, un élément à bobinage comprend du fer, le fer pouvant être constitué par le moyen de support du bobinage ou un noyau de fer central pour la canalisation du champ magnétique passant à travers l'élément à bobinage. Par exemple, l'élément de bobinage peut présenter
5 aussi des dents en fer sur lesquelles respectivement un bobinage est enroulé.

Le document CN201869064 décrit un moteur polyentrefers avec un double stator faisant office d'élément à bobinage entourant un rotor faisant office d'élément à aimants permanents, ces aimants étant à base de terres rares. Le rotor est donc positionné entre les deux stators, un enroulement
10 étant intégré dans une fente d'assemblage de la dent support d'un bobinage du stator qui comprend aussi un noyau de fer.

Pour le rotor, les aimants permanents sont noyés dans un anneau conducteur pour fournir un champ magnétique à pôles multiples pour les entrefers sur les côtés gauche et droit simultanément. Chaque stator peut
15 entraîner le rotor en rotation et les deux stators peuvent travailler simultanément ou en alternance. Un tel moteur à double stator et un seul rotor à aimants permanents en terres rares délivre une puissance de sortie augmentée et son efficacité est améliorée par rapport à un moteur à entrefer simple.

Cependant, en plus d'être lourd de par la présence de fer, un tel moteur
20 à aimants permanents présente le désavantage de posséder hors tension un couple résiduel appelé couple de détente. Ce couple de détente, appelé aussi cogging torque en anglais, est dû à l'interaction magnétique entre les aimants permanents de l'élément à aimants permanents, par exemple le rotor, et le fer
25 présent dans l'élément à bobinage, par exemple le stator, le fer étant fréquemment utilisé pour la réalisation des dents et/ou des parois des encoches du moyen de support du bobinage. Ce couple est indésirable pour le bon fonctionnement d'un tel moteur.

De plus, la présence de fer dans l'élément ou les éléments à bobinage
30 du moteur ou de la génératrice polyentrefers crée des pertes fer. Ces pertes fer peuvent être de deux types. Le premier type concerne les pertes par hystérésis du fait de la magnétisation permanente du chemin magnétique. Le second type concerne les pertes par courants de Foucault produits par le champ magnétique tournant.

Ces pertes conduisent à un échauffement de l'ensemble du moteur ou de la génératrice de même qu'à des pertes de couple dues à une plus faible intensité de courant disponible pour le fonctionnement du moteur, ceci notamment à des vitesses élevées de fonctionnement.

5 Le document DE-A-198 38 378 décrit un moteur à flux radial comprenant au moins un double entrefer comportant au moins deux stators encadrant au moins un rotor, un entrefer étant défini entre chacun desdits au moins deux stators et ledit au moins un rotor ainsi encadré, au moins un aimant permanent étant porté par ledit au moins un rotor, tandis qu'une série
10 d'éléments de bobinage est portée par chaque stator en étant répartis successivement, chacun des éléments de bobinage comprenant une dent portant une bobine, chaque dent étant encadrée sur chacun de ses côtés par une encoche, ledit au moins un aimant s'étendant dans la portion du rotor comprise entre les deux entrefers et chacun des éléments de bobinage des
15 séries comprenant une dent non bobinée entre deux dents.

Dans ce document, l'aimant est composé d'une série d'aimants séparés chacun par des pièces intermédiaires et est donc discontinu. De plus, c'est une dent similaire aux autres dents qui ne porte pas de bobinage qui a été prise comme élément de séparation. Il n'est donc pas possible dans le
20 moteur selon ce document d'avoir un élément de séparation qui soit plus petit ou plus grand qu'une dent de la série ou d'avoir un élément de séparation d'une matière différente qu'une dent de la série.

Le document WO-A-93/15547 reprend sensiblement les caractéristiques du précédent document en montrant un aimant discontinu
25 formé de plusieurs parties mais sans toutefois divulguer d'élément de séparation entre les éléments de bobinage.

Le problème à la base de la présente invention est, d'une part, d'obtenir un moteur électromagnétique à flux radial qui présente un encombrement le plus réduit possible en particulier dans sa direction axiale et
30 qui puisse délivrer un couple massique élevé et, d'autre part, de réduire voire d'annuler le couple de détente existant dans un moteur polyentrefers à aimants permanents.

A cet effet, on prévoit selon l'invention un moteur électromagnétique à flux radial notamment destiné à l'aide à la direction assistée dans un véhicule
35 automobile, le moteur comprenant au moins un double entrefer comportant au

moins deux stators encadrant au moins un rotor, un entrefer étant défini entre chacun desdits au moins deux stators et ledit au moins un rotor ainsi encadré, au moins un aimant permanent étant porté par ledit au moins un rotor, tandis qu'une série d'éléments de bobinage est portée par chaque stator en étant

5 répartis successivement, chacun des éléments de bobinage comprenant une dent portant une bobine, chaque dent étant encadrée sur chacun de ses côtés par une encoche, caractérisé en ce que le rotor comprend un unique aimant s'étendant complètement dans la portion du rotor comprise entre les deux

10 entrefers et en ce que chacun des éléments de bobinage des séries comprend un élément de séparation disposé entre chaque encoche d'une dent et l'encoche de la dent successive.

La présente invention permet de répondre à des contraintes de puissance et d'encombrement en ce sens qu'elle fournit un couple massique élevé pour un diamètre réduit et une longueur axiale plus petite que la

15 structure classique à un seul entrefer de même diamètre. L'aimant ou les aimants occupent toute la place du rotor entre les deux entrefers, donc l'espace maximal prévu pour le ou les aimants, ce qui augmente l'efficacité du moteur et rend le moteur nettement plus compact.

En effet, d'une part, comme l'aimant occupe toute la place du rotor

20 entre les deux entrefers, l'aimant s'étend donc dans un espace le plus grand possible, ce qui augmente l'efficacité du moteur et rend le moteur nettement plus compact. De plus, l'aimant d'un seul tenant est plus facile à positionner entre les deux entrefers que ne le serait une série d'aimants.

D'autre part, chaque élément de séparation, quand ferromagnétique,

25 sert à la canalisation du flux magnétique émis par les éléments de bobinage aussi bien pour le stator interne que pour le stator externe, ceci entre toutes les dents.

L'association aimant unique occupant une place maximale sur le rotor et éléments de séparations sur chaque stator permet d'augmenter très

30 nettement les performances du moteur ainsi constitué.

De manière facultative, l'invention comprend en outre au moins l'une quelconque des caractéristiques suivantes :

- l'élément de séparation fait saillie de l'élément de bobinage de manière similaire aux dents, c'est-à-dire en présentant la même hauteur.

- les dents et les éléments de séparation faisant partie d'une série d'éléments de bobinage d'un même chaque stator présentent des largeurs différentes.

5 - les dents du stator externe sont décalées par rapport aux dents du stator interne de sorte que l'angle au sommet au centre du moteur encadrant une largeur de dent avec ses encoches associées du stator externe est décalé par rapport à l'angle au sommet encadrant une largeur de dent avec ses encoches associées du stator interne.

- les dents ne comprennent pas de fer.

10 - les dents sont en matériau plastique, composite, céramique ou en verre. Dans ce cas, les éléments de séparation peuvent être réalisés en matériau isolant.

- les encoches de toutes les séries de bobinage présentent des moyens de canalisation du flux magnétique.

15 - les encoches sont fermées sur la majeure partie de leur face en vis-à-vis de l'entrefer associée, une ouverture de passage de flux magnétique étant présente sur ladite face. Les deux stators sont constitués de plusieurs dents de forme différente et des encoches semi-fermées dans le but de réduire le couple de détente. De plus, cela peut agir sur la configuration du flux magnétique émis par les éléments de bobinage.

20 - ledit au moins un rotor comprend plusieurs aimants, les bobines de la série d'éléments de bobinage d'au moins un stator étant décalées vis-à-vis desdits aimants dudit au moins un rotor.

25 - ledit au moins un aimant est choisi parmi les aimants ferrites, les aimants à base de terres rares comme des aimants néodyme-fer-bore ou des aimants samarium cobalt, des aimants à base d'aluminium, de nickel et de cobalt, avec ou sans liant thermoplastique.

- le rotor et les stators sont sous forme cylindrique.

30 - le rotor comprend un support pour ledit au moins un aimant, aucune partie du support n'étant intercalée entre les deux entrefers.

35 - ledit au moins un rotor est relié à un arbre de sortie du moteur passant par un espace cylindrique creux médian au moteur traversant le moteur axialement, cet espace creux médian étant délimité par la périphérie interne du stator interne. Ce mode de réalisation est particulièrement intéressant étant donné qu'il permet d'obtenir un moteur compact avec la

partie mécanique d'entraînement logé dans le moteur. L'association avec un rotor composé uniquement d'un aimant ou d'aimants avec un tel entraînement mécanique intégré permet une nette diminution de poids du moteur.

5 - ledit au moins un rotor est relié à l'arbre de sortie par une pièce de forme étoilée.

- le diamètre de l'espace cylindrique creux médian est supérieur au diamètre de l'arbre d'entraînement de manière à laisser un passage entre l'arbre d'entraînement et l'espace cylindrique creux médian.

10 - le passage présente des moyens de ventilation pour son refroidissement.

L'invention concerne aussi une direction assistée de véhicule automobile, caractérisée en ce qu'elle contient au moins un tel moteur. Le moteur selon l'invention est très compact et relativement léger du fait de l'absence au moins partiel de fer, ce qui le rend particulièrement bien adapté à
15 une utilisation dans un véhicule automobile étant donné qu'un encombrement réduit est un critère important de choix dans le domaine de l'automobile.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard
20 des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une vue en coupe radiale d'un mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux radial selon la présente invention,

25 - la figure 2 est une représentation schématique d'une vue en coupe axiale d'un mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux radial selon la présente invention,

- la figure 3 est une représentation schématique d'une vue en coupe radiale d'un autre mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux radial selon la présente invention,

30 - la figure 4 est une représentation schématique d'une vue agrandie en coupe radiale d'une portion de rotor intercalée entre deux portions d'un stator conformément à un mode de réalisation d'un moteur polyentrefers à flux radial selon la présente invention.

En se référant aux figures, d'une manière générale, un moteur M ou une génératrice polyentrefers radial comporte au moins deux stators 1, 1a encadrant au moins un rotor 2, un entrefer 4, 4a étant défini entre chacun desdits au moins deux stators 1, 1a encadrant respectivement ledit au moins
5 un rotor 2. On peut ainsi définir un stator interne 1a et un stator externe 1, ce dernier formant la périphérie du moteur M.

Aux figures, il est montré deux entrefers 4 et 4a, ce qui n'est pas limitatif et le moteur M se compose de d'un rotor 2 comprenant une série d'aimants 3 permanents et de deux stators 1, 1a comprenant une série
10 d'éléments de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a qui vont être décrits ultérieurement. Il existe donc un entrefer externe 4 et un entrefer interne 4a.

Ledit au moins un rotor 2 est relié à un arbre de sortie du moteur passant par un espace cylindrique creux médian 9 au moteur M traversant le moteur M axialement, l'arbre de sortie n'étant pas représenté aux figures.

15 Dans le mode de réalisation du moteur montré à la figure 1, la série d'aimants comprend huit aimants dont un seul est référencé 3. Ceci n'est pas limitatif.

Dans le mode de réalisation du moteur montré à la figure 1, les stators 1, 1a sont dits bobinés, c'est-à-dire qu'ils présentent une série
20 d'éléments de bobinage successifs composés respectivement d'un bobinage de fil métallique bon conducteur d'électricité, par exemple en aluminium ou en cuivre, d'une dent 7, 7a et de deux encoches 6, 6a encadrant chaque dent 7, 7a sur chacun de ses côtés. Pour chaque stator 1, 1a seule une dent 7 et 7a, et une de leurs encoches 6, 6a les encadrant sont référencées par stator 1,
25 1a. Les encoches 6, 6a sont avantageusement fermées et individuelles.

Chaque dent 7, 7a sert de noyau à un bobinage du fil métallique ou enroulement. Le nombre de dents 7, 7a est de préférence fonction du nombre de paires d'aimants 3 et du nombre de phases du courant d'alimentation.

Selon la présente invention, ledit au moins un aimant 3 s'étend
30 complètement dans la portion du rotor 2 comprise entre les deux entrefers 4, 4a et chacun des éléments de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a des séries comprend un élément de séparation 5, 5a disposé entre chaque encoche 6, 6a d'une dent 7, 7a et l'encoche 6, 6a de la dent 7, 7a successive.

Le terme élément de séparation 5, 5a caractérise un élément se
35 trouvant entre deux encoches 6, 6a en vis-à-vis de dents de bobinage

adjacentes 7, 7a. Cet élément de séparation 5, 5a peut être en matériau ferromagnétique quand les dents 7, 7a de bobinage sont en fer ou en matériau ferromagnétique. En alternative, l'élément de séparation 5, 5a peut être en matériau isolant quand les dents 7, 7a ne contiennent pas de fer.

5 Avantageusement, les dents 7, 7a et les éléments de séparation 5, 5a pour chaque stator interne ou externe font partie d'un même élément.

Un élément de bobinage selon la présente invention comprend donc un bobinage, une dent 7, 7a pour le support du bobinage, une encoche 6, 6a disposée de chaque côté de la dent 7, 7a et un élément de séparation 5, 5a.

10 L'élément de séparation 5, 5a fait avantageusement saillie de l'élément de bobinage de manière similaire à la dent 7, 7a associée, c'est-à-dire par exemple en s'étendant sensiblement parallèlement à la dent 7, 7a associée et à la même hauteur que celle-ci.

Les dents 7, 7a et les éléments de séparation 5, 5a faisant partie

15 d'une série d'éléments de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a d'un même chaque stator 1, 1a peuvent présenter des largeurs différentes, les dents 7, 7a pouvant être plus larges que les éléments de séparation 5, 5a. L'inverse est cependant possible.

Avantageusement, chaque stator 1 ou 1a forme une même et seule

20 pièce en portant les dents 7 ou 7a, les éléments de séparation 5 ou 5a avec des encoches 6 ou 6a. Les dents 7 ou 7a et les éléments de séparation 5 ou 5a sont alors à base du même matériau.

A la figure 2, le rotor 2 et les stators 1, 1a sont sous forme cylindrique. Ceci n'est pas limitatif car il peut exister d'autres formes de réalisation. Par

25 exemple, le rotor 2 peut être de forme cylindrique et les stators 1, 1a sous forme de couronnes.

A la figure 2, l'espace cylindrique creux médian, précédemment référencé par 9 à la figure 1 et délimité par la périphérie interne du stator interne 1a, est occupé par un arbre 15 du moteur M qui le traverse

30 axialement. L'arbre 15 tourne par l'intermédiaire de roulements 11, 11a autour d'un châssis 13 logeant le moteur M, une portion du châssis 13 pénétrant à l'intérieur de l'espace creux médian en entourant l'arbre 15.

Le rotor 2 est solidarisé à l'arbre 15 par l'intermédiaire d'une entretoise 14 tandis que le châssis 13 est fermé par un couvercle 12. L'entretoise 14

35 peut être sous la forme d'une pièce étoilée.

Ainsi le moteur M comprend sa partie électrique 1, 1a, 2 avec sa partie mécanique 11, 15 logée à l'intérieur de la partie électrique 1, 1a, 2 ce qui en fait un moteur extrêmement compact, avantageusement fermée par le châssis 13 et son couvercle 12.

5 Le diamètre de l'espace cylindrique creux médian est supérieur au diamètre de l'arbre 15 entouré de la portion du châssis 13 de manière à laisser un passage entre l'arbre d'entraînement et l'espace cylindrique creux médian. Ce passage présente avantageusement des moyens de ventilation pour son refroidissement, par exemple des moyens de brassage naturel d'air
10 ou sous l'action d'un ventilateur incorporé dans cet espace creux.

Dans une forme de réalisation, la présente invention concerne une direction assistée de véhicule automobile contenant au moins un tel moteur M.

Dans un mode de réalisation visible à la figure 3, les dents 7 du stator externe 1 sont décalées par rapport aux dents 7a du stator interne 1a de sorte
15 que l'angle au sommet $\alpha 5$ au centre du moteur M encadrant une largeur de dent 7 avec ses deux encoches 6 associées l'entourant du stator externe 1 est décalé par rapport à l'angle au sommet $\alpha 4$ encadrant une largeur de dent 7a avec ses deux encoches 6a associées du stator interne 1a. Il s'ensuit que
20 les dents 7 du stator externe 1 ne présentent pas individuellement le même angle au sommet, $\alpha 5$ que l'angle au sommet $\alpha 4$ pour les dents du stator interne 1a pouvant leur être respectivement associées.

De plus, à la figure 3, il est visible un angle au sommet $\alpha 3$ qui correspond à une largeur d'une encoche 6 du stator externe 1 et un angle au
25 sommet $\alpha 1$ correspondant à une largeur d'une encoche 6a du stator interne 1a. Il est aussi montré un angle au sommet $\alpha 2$ correspondant à la différence d'angle entre un côté de l'encoche 6a du stator interne 1a et le côté correspondant de l'encoche 6 du stator externe 1.

Les dents 7, 7a peuvent contenir du fer comme c'est le cas de
30 manière usuelle. Cependant, avantageusement pour diminuer le couple de détente, les dents 7, 7a ne comprennent pas de fer. Dans ce cas, les dents 7, 7a peuvent être en matériau plastique, composite, céramique ou en verre.

Comme il est par exemple visible aux figures 1 et 4, les encoches 6, 6a de toutes les séries de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a peuvent présenter des
35 moyens de canalisation du flux magnétique créé par les bobines. Dans ce

mode de réalisation, les encoches 6, 6a sont fermées sur la majeure partie de leur face en vis-à-vis de l'entrefer 4, 4a associée, une ouverture 10, 10a de passage de flux magnétique étant présente sur ladite face. Cette ouverture 10 pour le stator externe 1 ou 10a pour le stator interne 1a peut prendre les dimensions ou la forme désirée pour l'obtention d'un flux magnétique de configuration spécifique. Cette ouverture 10, 10a peut être différente entre encoches 6, 6a du stator interne 1a et du stator externe 1.

Dans un mode de réalisation montré à la figure 1, ledit au moins un rotor 2 comprend plusieurs aimants 3. Dans un mode de réalisation montré à la figure 3, ledit au moins un rotor 2 comprend un unique aimant.

Ceci n'est pas forcément combiné avec l'autre caractéristique illustrée à la figure 3 concernant des angles au sommet différents pour les dents 7 avec leurs encoches 6 associées du stator externe 1 par rapport aux dents 7a avec leurs encoches 6a associées en correspondance sur le stator interne 1a.

Les deux modes de réalisation sont possibles pris unitairement ou en combinaison, l'important étant qu'il n'y ait pas d'élément présent sur ledit au moins un rotor 2, par exemple mais non limitativement un support de fer, entre l'aimant ou les aimants 3 et les stators 1, 1a.

Dans une alternative, le rotor 2 peut comprendre un support pour ledit au moins un aimant 3, aucune partie du support n'étant cependant intercalée entre les deux entrefers 4, 4a, ce support n'étant pas montré aux figures.

Il peut y avoir aussi deux séries concentriques d'aimants 3, l'une en vis-à-vis du stator externe 1 et l'autre en vis-à-vis du stator interne 1a. Dans ce cas, les deux séries d'aimants 3 peuvent présenter leurs aimants successifs montés selon une structure de Halbach.

Chaque série concentrique d'aimants 3 arrangée selon une structure de Halbach établit un champ magnétique augmenté du côté tourné vers la série d'éléments de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a associée du stator 1, 1a en vis-à-vis, tandis que le champ magnétique est diminué ou annulé sur son côté opposé. On réduit ainsi la déperdition du champ magnétique.

Dans une forme de réalisation préférentielle, au moins un rotor 2 comprend plusieurs aimants 3, les bobines de la série d'éléments de bobinage 5, 6, 7, 5a, 6a, 7a d'au moins un stator 1, 1a étant décalées vis-à-vis desdits aimants 3 dudit au moins un rotor 2.

Ledit au moins un aimant 3 peut être choisi parmi les aimants ferrites, les aimants à base de terres rares comme des aimants néodyme-fer-bore ou des aimants samarium cobalt, des aimants à base d'aluminium, de nickel et de cobalt, avec ou sans liant thermoplastique.

- 5 L'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et illustrés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemples.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Moteur (M) électromagnétique à flux radial notamment destiné à l'aide à la direction assistée dans un véhicule automobile, le moteur comprenant au moins un double entrefer (4, 4a) comportant au moins deux stators (1, 1a) encadrant au moins un rotor (2), un entrefer (4, 4a) étant défini entre chacun desdits au moins deux stators (1, 1a) et ledit au moins un rotor (2) ainsi encadré, au moins un aimant (3) permanent étant porté par ledit au moins un rotor (2), tandis qu'une série d'éléments de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) est portée par chaque stator (1, 1a) en étant répartis successivement, chacun des éléments de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) comprenant une dent (7, 7a) portant une bobine, chaque dent (7, 7a) étant encadrée sur chacun de ses côtés par une encoche (6, 6a), caractérisé en ce que le rotor comprend un unique aimant s'étendant complètement dans la portion du rotor (2) comprise entre les deux entrefers (4, 4a) et en ce que chacun des éléments de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) des séries comprend un élément de séparation (5, 5a) disposé entre chaque encoche (6, 6a) d'une dent (7, 7a) et l'encoche (6, 6a) de la dent (7, 7a) successive.
- 10
- 15
- 20
2. Moteur (M) électromagnétique selon la revendication précédente, dans lequel l'élément de séparation (5, 5a) fait saillie de l'élément de bobinage de manière similaire aux dents (7, 7a).
3. Moteur (M) électromagnétique selon la revendication précédente, dans lequel les dents (7, 7a) et les éléments de séparation (5, 5a) faisant partie d'une série d'éléments de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) d'un même chaque stator (1, 1a) présentent des largeurs différentes.
- 25
4. Moteur (M) électromagnétique selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel les dents (7) du stator externe (1) sont décalées par rapport aux dents (7a) du stator interne (1a) de sorte que l'angle au sommet (α_5) au centre du moteur (M) encadrant une largeur de dent (7) avec ses encoches (6) associées du stator externe (1) est
- 30

décalé par rapport à l'angle au sommet (α_4) encadrant une largeur de dent (7a) avec ses encoches (6a) associées du stator interne (1a).

5. Moteur (M) électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les dents (7, 7a) ne comprennent pas de fer.
- 5 6. Moteur (M) selon la revendication précédente, dans lequel les dents (7, 7a) sont en matériau plastique, composite, céramique ou en verre.
7. Moteur (M) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les encoches (6, 6a) de toutes les séries de bobinage (5, 6, 7, 5a, 6a, 7a) présentent des moyens de canalisation du flux magnétique.
- 10 8. Moteur (M) selon la revendication précédente, dans lequel les encoches (6, 6a) sont fermées sur la majeure partie de leur face en vis-à-vis de l'entrefer (4, 4a) associée, une ouverture (10, 10a) de passage de flux magnétique étant présente sur ladite face.
- 15 9. Moteur (M) ou génératrice électromagnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un aimant (3) est choisi parmi les aimants ferrites, les aimants à base de terres rares comme des aimants néodyme-fer-bore ou des aimants samarium cobalt, des aimants à base d'aluminium, de nickel et de cobalt, avec ou sans liant thermoplastique.
- 20 10. Moteur (M) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rotor (2) et les stators (1, 1a) sont sous forme cylindrique.
11. Moteur (M) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rotor (2) comprend un support pour ledit au moins un aimant (3), aucune partie du support n'étant intercalée entre les deux entrefers (4, 4a).
- 25 12. Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un rotor (2) est relié à un arbre de sortie du moteur passant par un espace cylindrique creux médian (9) au moteur (M) et traversant le moteur (M) axialement, cet espace creux médian (9) étant délimité par la périphérie interne du stator interne (1a).

13. Moteur selon la revendication précédente, dans lequel ledit au moins un rotor (2) est relié à l'arbre de sortie par une pièce de forme étoilée.
14. Moteur selon la revendication précédente, dans lequel le diamètre de l'espace cylindrique creux médian (9) est supérieur au diamètre de l'arbre d'entraînement de manière à laisser un passage entre l'arbre d'entraînement et l'espace cylindrique creux médian.
15. Moteur selon la revendication précédente, dans lequel le passage présente des moyens de ventilation pour son refroidissement.
16. Direction assistée de véhicule automobile, caractérisée en ce qu'elle contient au moins un moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/4

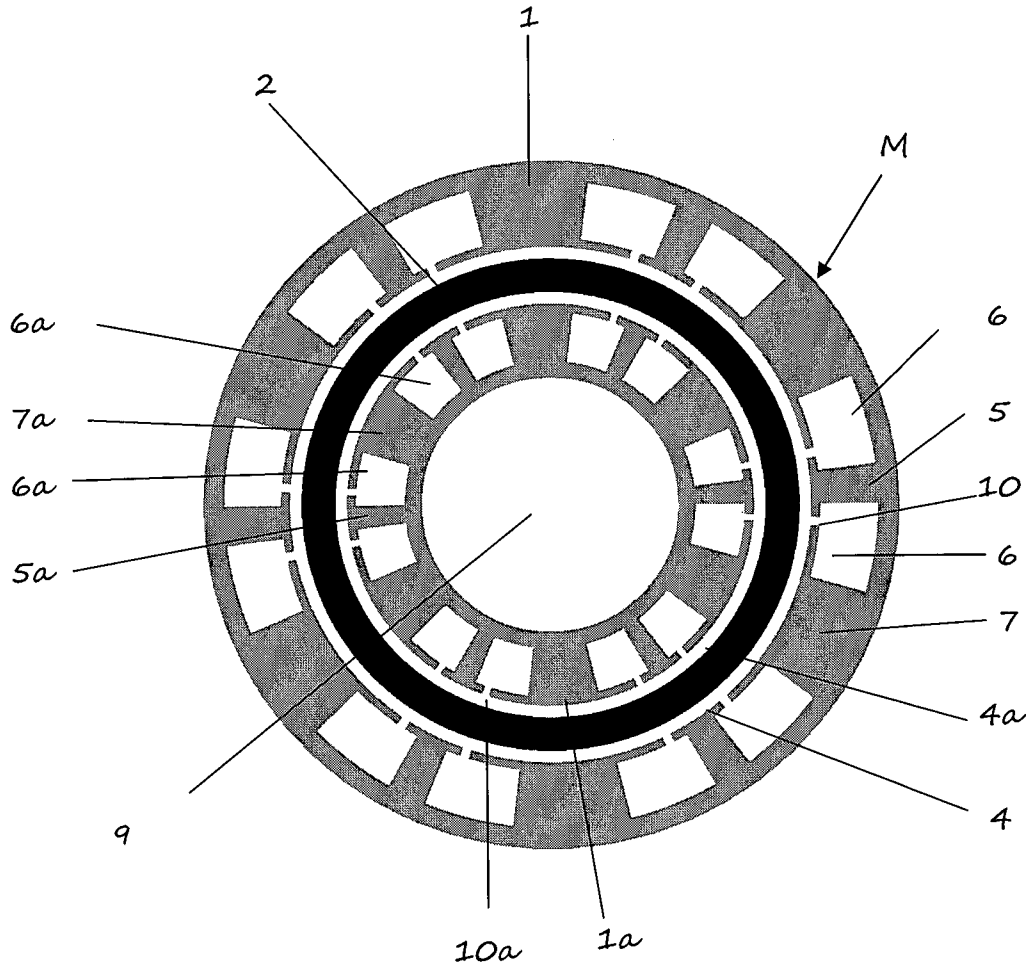


Fig. 1

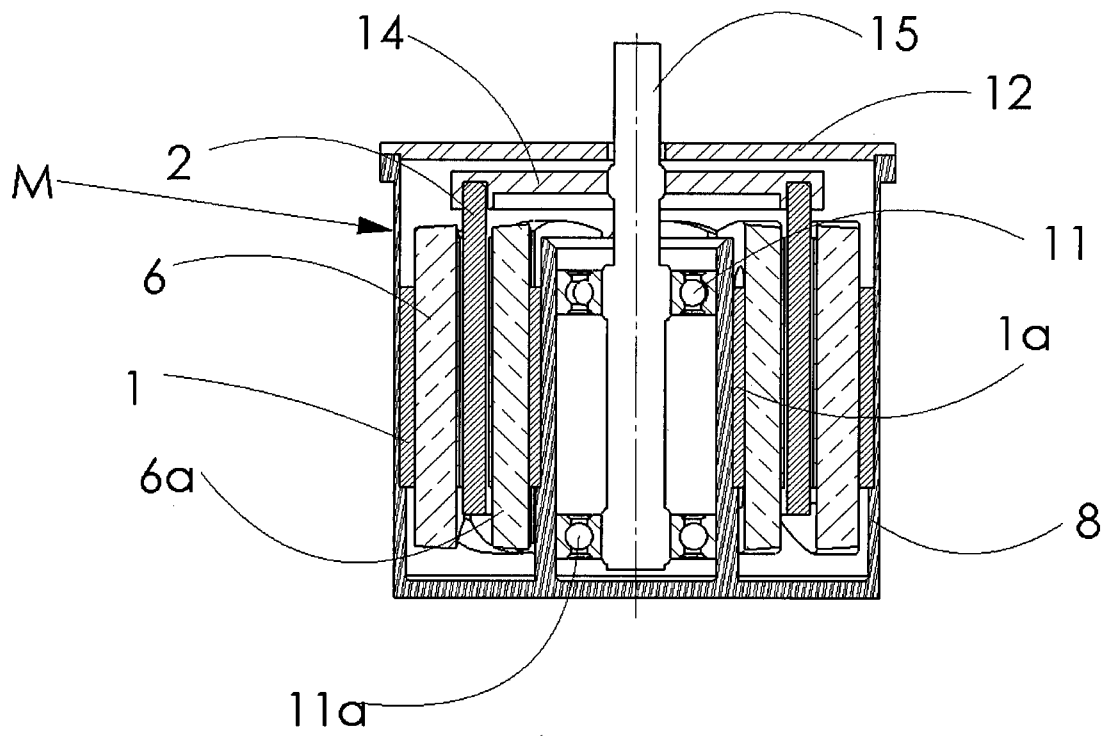


Fig. 2

3/4

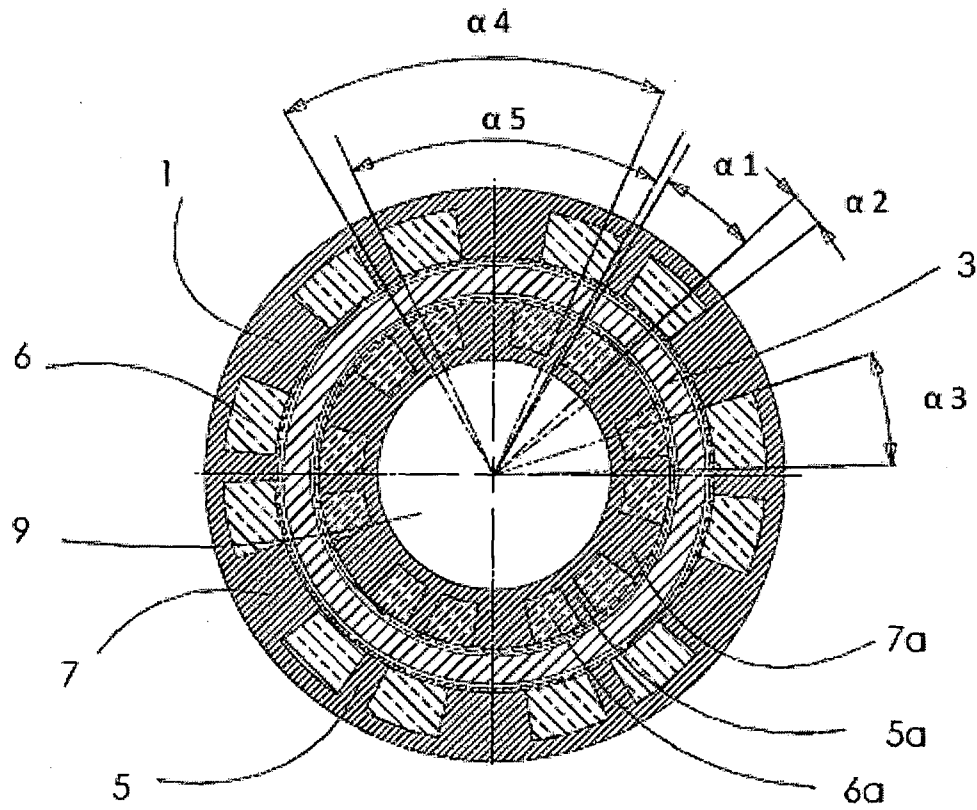


Fig.3

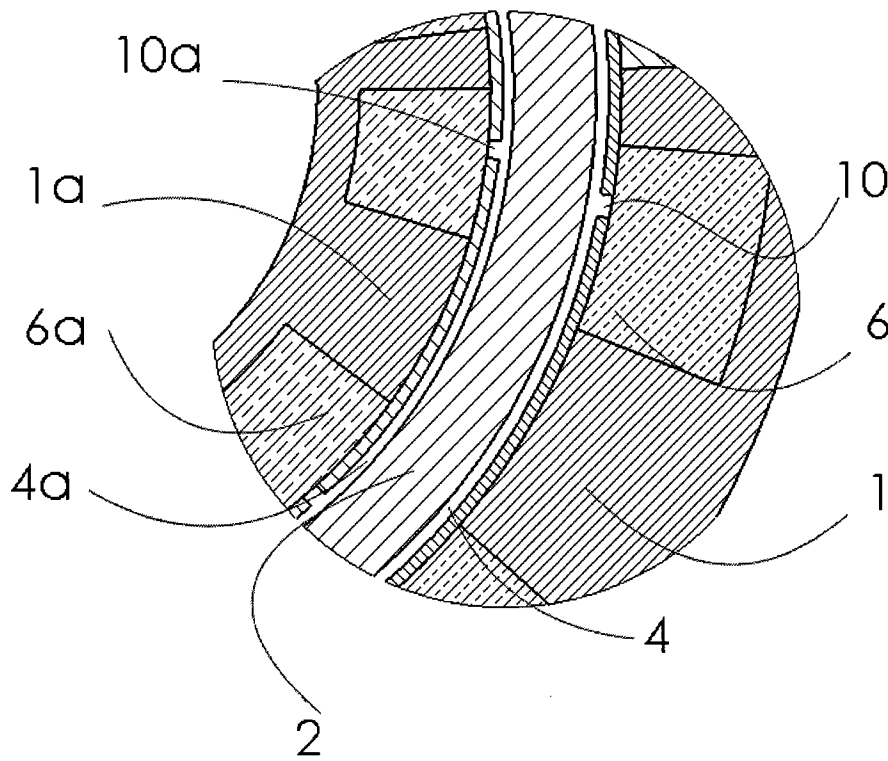


Fig. 4