



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 699 399 B1

(51) Int. Cl.: H02K 37/12 (2006.01)
H02K 7/09 (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01340/08

(22) Date de dépôt: 22.08.2008

(43) Demande publiée: 26.02.2010

(24) Brevet délivré: 28.02.2014

(45) Fascicule du brevet publié: 28.02.2014

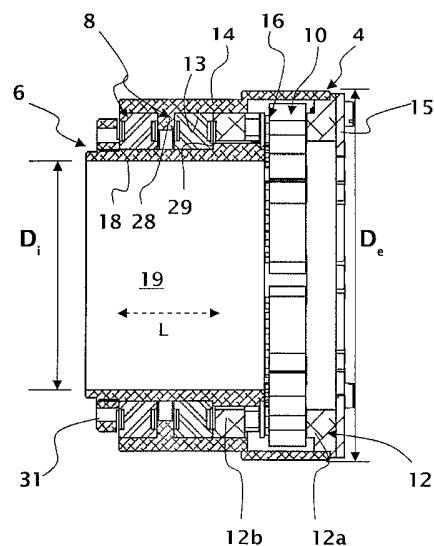
(73) Titulaire(s):
FAULHABER PRECISTEP SA, Rue Jardinière 33
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

(72) Inventeur(s):
Magdi Laoun, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

(74) Mandataire:
reuteler & cie S.A., Chemin de la Vuarpillière 29
1260 Nyon (CH)

(54) **Moteur électrique en forme de bague.**

(57) Moteur électrique en forme de bague de type pas-à-pas avec un passage central (19) comprenant un stator (4) comprenant un circuit magnétique (12) monté sur un corps (14) du stator et une pluralité de bobines (10) montées sur le circuit magnétique, et un rotor (6) monté au stator à travers un palier à roulement (8), le rotor comprenant un aimant anneau-disque multipolaire (16) monté sur un corps tubulaire (18) du rotor. Le circuit magnétique comprend au moins deux parties (12a, 12b) disposées de part et d'autre de l'aimant anneau-disque. L'aimant anneau-disque, les parties de circuit magnétique, et le palier à roulement sont disposés entre le corps tubulaire du rotor et le stator à essentiellement le même niveau radial.



Description

[0001] La présente invention concerne un moteur électrique en forme de bague, notamment un moteur de type pas-à-pas.

[0002] Il est connu de réaliser des moteurs électriques de type pas-à-pas en forme de bague ou avec un axe creux pour diverses applications, notamment dans le domaine de l'optique. Des exemples de moteurs de l'art antérieur de ce type sont décrits dans les publications US 4 772 904, US 4 695 145, US 4 763 150, US 2004/184 800, US 47 387 146, US 4 596 449, et JP 2004/254 357.

[0003] Certains des moteurs proposés dans l'art antérieur comprennent des rotors sous forme de bagues aimantées tels que décrits dans US 4 695 145. Le stator autour du rotor est encombrant, le rotor aimanté est coûteux et l'inertie du rotor est élevée. D'autres moteurs de l'art antérieur comprennent des aimants disques tels que décrits dans US 4 772 904, permettant de réduire la masse d'aimants utilisés dans le moteur et l'inertie du rotor, toutefois ces moteurs ont un faible couple.

[0004] Un but de l'invention est de réaliser un moteur en forme de bague avec un couple élevé et une faible inertie de rotation.

[0005] Il est avantageux de réaliser un moteur en forme de bague avec un faible encombrement, notamment une faible distance radiale entre diamètre extérieur et intérieur.

[0006] Il est avantageux de réaliser un moteur en forme de bague de type pas-à-pas avec une grande précision et un faible couple de détente.

[0007] Des buts de l'invention sont réalisés par l'invention selon la revendication 1.

[0008] Dans la présente invention, un moteur électrique en forme de bague de type pas-à-pas avec un passage central comprend un stator comprenant un circuit magnétique monté sur un corps du stator et une pluralité de bobines montées sur le circuit magnétique, et un rotor monté au stator à travers un palier, le rotor comprenant un aimant disque multipolaire monté sur un corps tubulaire du rotor. Le circuit magnétique comprend au moins deux parties disposées de part et d'autre de l'aimant disque. L'aimant disque, les parties de circuit magnétique, et le palier sont disposés dans une section diamétrale comprise entre le tube du rotor et le tube du stator. Le palier est de préférence disposé dans un espace entre le corps tubulaire du rotor et une paroi interne du boîtier du stator en porte-à-faux axial par rapport à l'anneau-disque aimanté et le circuit magnétique. Le palier est de préférence sous forme d'un ou deux roulements à billes ou à cylindres, mais d'autres types de paliers connus sont envisageables dans le cadre de l'invention.

[0009] Le corps du stator peut avoir une forme générale tubulaire, ou d'autres formes.

[0010] Avantageusement, l'aimant disque fixé au corps tubulaire du rotor permet d'avoir un rotor à très faible inertie. Le circuit magnétique en deux parties de part et d'autre de l'aimant disque ainsi que la pluralité de bobines sur des bras axiaux du circuit magnétique permet d'obtenir un couple élevé. La disposition des paliers de l'anneau disque aimanté, du circuit magnétique et des bobines du stator, sur essentiellement le même niveau radial (i.e. ayant approximativement le même diamètre moyen) permet d'avoir un moteur à faible encombrement, notamment une faible distance radiale entre le diamètre externe et interne, ou autrement exprimé, une faible section diamétrale.

[0011] De préférence, au moins l'une des parties de circuit magnétique comprend une première partie annulaire et des premiers bras axiaux s'étendant de la partie annulaire dans une direction essentiellement parallèle à l'axe de rotation du rotor et disposés de manière espacée sur la première partie annulaire. Les bobines sont montées sur les premiers bras axiaux. Les premiers bras axiaux comprennent à leurs extrémités libres des premiers dents formant des pas du moteur.

[0012] Dans une forme d'exécution avantageuse, chaque bobine constitue, avec un premier bras axial correspondant et sa denture, un secteur magnétique actif. Pour un moteur à deux phases, la moitié des secteurs forment une phase du moteur et l'autre moitié des secteurs forment la deuxième phase du moteur.

[0013] D'autres buts et aspects avantageux ressortiront des revendications, de la description détaillée ci-après est des dessins annexés dans lesquels:

La fig. 1 est une vue en perspective d'un moteur en forme de bague selon l'invention;

La fig. 2 est une autre vue du moteur de la fig. 1;

La fig. 3 est une vue en coupe selon la ligne A-A de la fig. 2;

La fig. 4a est une vue en perspective du circuit magnétique et de l'aimant disque du moteur selon une forme d'exécution de l'invention;

La fig. 4b est une vue agrandie d'une partie de la vue de la fig. 4a; et

La fig. 5 est une vue d'une partie du circuit magnétique.

[0014] Faisant référence aux figures, notamment les fig. 1 à 5, un moteur en forme de bague de type pas-à-pas selon l'invention comprend un stator 4, un rotor 6, et un palier 8 monté entre le rotor et le stator afin de permettre la rotation du rotor par rapport au stator. Le rotor comprend un corps 18 ayant une forme générale tubulaire et formant une cavité centrale traversante 19, et un aimant permanent multipolaire 16 sous forme d'un anneau-disque fixé au corps du rotor et s'étendant radialement vers l'extérieur dans la forme d'exécution de la fig. 3.

[0015] Les pôles nord-sud de l'aimant disque forment des segments de pôles alternés N, S répartis sur la circonférence de l'anneau-disque 16. Le nombre de segments est de préférence assez élevé afin d'avoir un grand nombre de pas, de préférence 40 segments ou plus. Le corps tubulaire du rotor est de préférence en un matériau non magnétique, tel qu'un alliage d'aluminium, de titane, ou certains alliages d'acier.

[0016] Le stator comprend un circuit magnétique 12, un boîtier ou corps 14, des bobines 10, et un dispositif de connexion 15. Le dispositif de connexion comprend, dans l'exemple illustré, un circuit imprimé réalisant la connexion des bobines entre elles ainsi que leur alimentation électrique.

[0017] Le circuit magnétique est formé d'au moins deux parties 12a, 12b en un matériau magnétique, c'est-à-dire ayant une grande perméabilité magnétique, disposé de part et d'autre de l'anneau-disque aimanté du rotor. Au moins l'une des parties de circuit magnétique comprend des premiers bras axiaux 20a s'étendant dans une direction axiale L (parallèle à l'axe de rotation du rotor) d'une partie annulaire 24, les premiers bras axiaux étant destinés au montage des bobines 10. Une pluralité de bras axiaux sont disposés de manière espacée sur la partie annulaire 24 de sorte à ce qu'il y ait une pluralité de bobines montées sur le circuit magnétique. A l'extrémité libre des premiers bras axiaux, le circuit magnétique comprend des premiers dents 22a formant les pas du moteur pas-à-pas.

[0018] Chaque bobine 10 constitue, avec un bras axial 20a correspondant et sa denture 22a, un secteur magnétique actif A1, B1, A2, B2, A1', B1', A2', B2', du moteur. Dans l'exemple illustré, le moteur comprend huit secteurs. Il est toutefois possible dans le cadre de cette invention d'avoir un stator avec moins de secteurs, mais au minimum deux, et de préférence quatre ou plus. Il est également possible de prévoir plus de huit secteurs.

[0019] Dans la forme d'exécution illustrée, les secteurs A1, A2, A1', A2' forment une phase du moteur et les secteurs B1, B2, B1', B2' forment une deuxième phase du moteur. Le flux magnétique traversant le secteur A1 est dans le sens opposé à celui traversant le secteur A2. Il en est de même par analogie concernant le flux traversant les bobines B1 et B2, A1' et A2', B1' et B2'. Chaque secteur est disposé selon un angle de phase déterminé. L'angle électrique de déphasage de chaque secteur par rapport au secteur A1 (pris arbitrairement comme référence) sont par exemple
A1: 0° (référence)

A2: 45°

B1: 90°

B2: 135°

A1': 0°

A2': 45°

B1': 90°

B2': 135°

[0020] Une telle disposition permet de diminuer efficacement le couple de détente du moteur, l'harmonique magnétique d'ordre 4 étant automatiquement annulée par le déphasage existant entre A1 et A2, entre B1 et B2, entre A1' et A2', et entre B1' et B2'. Par expérience, on constate que les harmoniques d'ordre 3, 5, ... sont minimum lorsque le rapport entre l'entrefer statorique et l'épaisseur de l'aimant disque coïncide avec le rapport entre la largeur des pôles et l'entrefer statorique. Les harmoniques d'ordre 3 et 5 sont très faibles (< 5%), cela étant possible par un rapport entre la largeur des pôles de l'aimant disque et l'entrefer E des dents statoriques. Cela permet d'avoir une tension induite relativement sinusoïdale et ainsi une très bonne régularité de la vitesse.

[0021] Le moteur comporte de préférence un nombre élevé de paires de pôles: dans le cas illustré 50 paires de pôles, soit 200 pas par tour. Cela permet d'avoir un couple élevé dû à la contribution d'un plus grand nombre de pôles agissant en même temps. A noter que la configuration géométrique du stator permet d'utiliser une proportion relativement élevée du volume d'aimant. Dans l'exemple ci-dessus, 40 dents statoriques sont actives (sur un maximum de 50 dans le cas d'un aimant à 50 paires de pôles). Le fait que le moteur soit un moteur pas-à-pas avec un grand nombre de pôles permet de l'utiliser en boucle ouverte. On bénéficie ainsi des avantages du moteur pas-à-pas par rapport au moteur brushless, notamment l'absence d'un codeur, une commande électrique simple et un coût plus faible.

[0022] Une deuxième partie de circuit magnétique 12b disposée sur le côté opposé de l'anneau-disque 16 de la première partie 12a, comprend une deuxième partie annulaire 23 et des deuxième dents 22b disposées en face des premiers dents 22a de la première partie 12a, de préférence en symétrie miroir. Les dents opposées 22a, 22b des premières et deuxième parties 12a, 12b du circuit magnétique de part et d'autre de l'anneau-disque aimanté 16 forment donc un entrefer E à travers lequel passe le flux magnétique H généré par les bobines 10 lorsqu'elles sont actives.

[0023] La deuxième partie 12b du circuit magnétique peut également comprendre des extensions axiales formant des deuxième bras axiaux 20b de longueur axiale égale ou différente de la longueur axiale des premiers bras axiaux 20a de la première partie 12a. Dans la forme d'exécution illustrée, des bobines 10 sont disposées autour des premiers bras axiaux

20a que d'un côté de l'anneau-disque aimanté 16, toutefois il est possible afin d'augmenter la puissance du moteur, de disposer des bobines des deux côtés de l'anneau-disque aimanté, c'est-à-dire sur les deux parties de circuit magnétique 12a, 12b.

[0024] La disposition des parties de circuits magnétiques 12a, 12b de part et d'autre de l'anneau-disque aimanté du rotor permet de fermer le circuit magnétique comme illustré par les flèches H indiquant la direction du flux magnétique dans la fig. 4b. Cela permet de maximiser le couple généré par le moteur.

[0025] Le circuit magnétique 12 est fixé au boîtier 14 du stator qui, dans l'exemple illustré, est formé d'un matériau non magnétique et a une forme essentiellement tubulaire et coaxiale par rapport au corps tubulaire 18 du rotor. Il est toutefois envisageable dans le cadre de cette invention de réaliser un boîtier de stator qui a une forme extérieure qui n'est pas axisymétrique.

[0026] Le palier 8 est avantageusement disposé essentiellement au même diamètre moyen que l'anneau-disque aimanté du rotor ainsi que le circuit magnétique du stator, dans un espace entre le corps tubulaire 18 du rotor et la paroi interne 13 du boîtier 14 du stator. Le palier 8 est donc disposé en porte-à-faux axial par rapport à l'anneau-disque aimanté et au circuit magnétique de manière à obtenir un moteur à faible encombrement et notamment une faible distance radiale entre diamètre extérieur D_e et diamètre intérieur D_i . Dans l'exemple illustré, le palier est avantageusement formé d'une paire de roulements à billes configurés en précontrainte en «O». Une épaulement 29 sur le rotor et une bague de fixation 31 permettent de fixer en précontrainte les couronnes radialement intérieures des roulements sur le rotor et d'assurer la précontrainte des billes contre les couronnes radialement extérieures fixées au boîtier du stator et séparées par une partie de paroi annulaire 28.

[0027] Dans le cadre de cette invention, il est envisageable d'avoir seulement un roulement à billes ou plus de deux roulements et il est également envisageable d'avoir d'autres types de paliers avec roulements à cylindres combinés avec un roulement radial et un roulement axial.

[0028] Dans une autre forme d'exécution, le rotor est disposé coaxialement autour du stator (le rotor et stator sont donc inversés par rapport à la forme d'exécution décrite ci-dessus), l'anneau-disque aimanté s'étendant donc radialement vers l'intérieur depuis le corps tubulaire du rotor. Les parties du circuit magnétique sont fixées au corps tubulaire intérieur formant partie du stator.

[0029] Un moteur selon l'invention peut avantageusement être utilisé dans les applications de robotique ou médicales (permet le passage de divers éléments au travers de la partie centrale du moteur, comme d'autres éléments mécaniques, tuyaux d'eau, d'air, câbles électriques) et d'optique (permet le passage de la lumière ou de faisceau au travers de lentilles disposées dans la partie centrale du moteur).

[0030] Un avantage important de l'utilisation d'un moteur selon l'invention réside dans le fait que l'on dispose d'un couple relativement élevé permettant de se passer d'un réducteur et permettant ainsi une prise directe avec la charge. De plus, l'utilisation d'un aimant anneau-disque fixé à un rotor tubulaire permet de limiter au maximum l'inertie de la partie tournante et ainsi d'avoir de grandes accélérations. Par ailleurs, la configuration du circuit magnétique et de l'aimant anneau-disque, permet une utilisation optimale du volume de l'aimant et une section de couronne faible. Le champ ne se ferme ni à l'extérieur du rotor ni à l'intérieur de celui-ci mais se referme sur lui-même au travers de l'aimant, permettant d'avoir une faible section de couronne.

[0031] La position déportée des roulements à billes par rapport au circuit magnétique du moteur permet une utilisation optimale du volume à disposition. Le montage s'en trouve grandement facilité. Lors de l'assemblage du stator avec les bobines, le rotor se trouve déjà en place. Le réglage de l'ensemble et le contrôle sont facilités.

[0032] Outre le fait de limiter l'inertie du rotor comme vu ci-dessus, l'utilisation d'un aimant anneau-disque permet de limiter aussi le volume du moteur. Par exemple, la technologie des moteurs hybrides nécessite un volume plus important.

[0033] Dans l'invention, la disposition et la géométrie des dents permettent d'avoir un faible couple de détente («cogging torque»), ce qui permet d'avoir un fonctionnement doux et silencieux, ce qui constitue un atout dans les applications qui nécessitent précision, vitesse et silence de fonctionnement. De plus, le fait d'avoir plusieurs secteurs actifs permet d'utiliser plusieurs petites bobines à section réduite ce qui permet leur intégration dans le faible volume à disposition de la couronne (en opposition à l'utilisation d'une seule grosse bobine par phase qui ne pourrait pas s'intégrer dans la couronne).

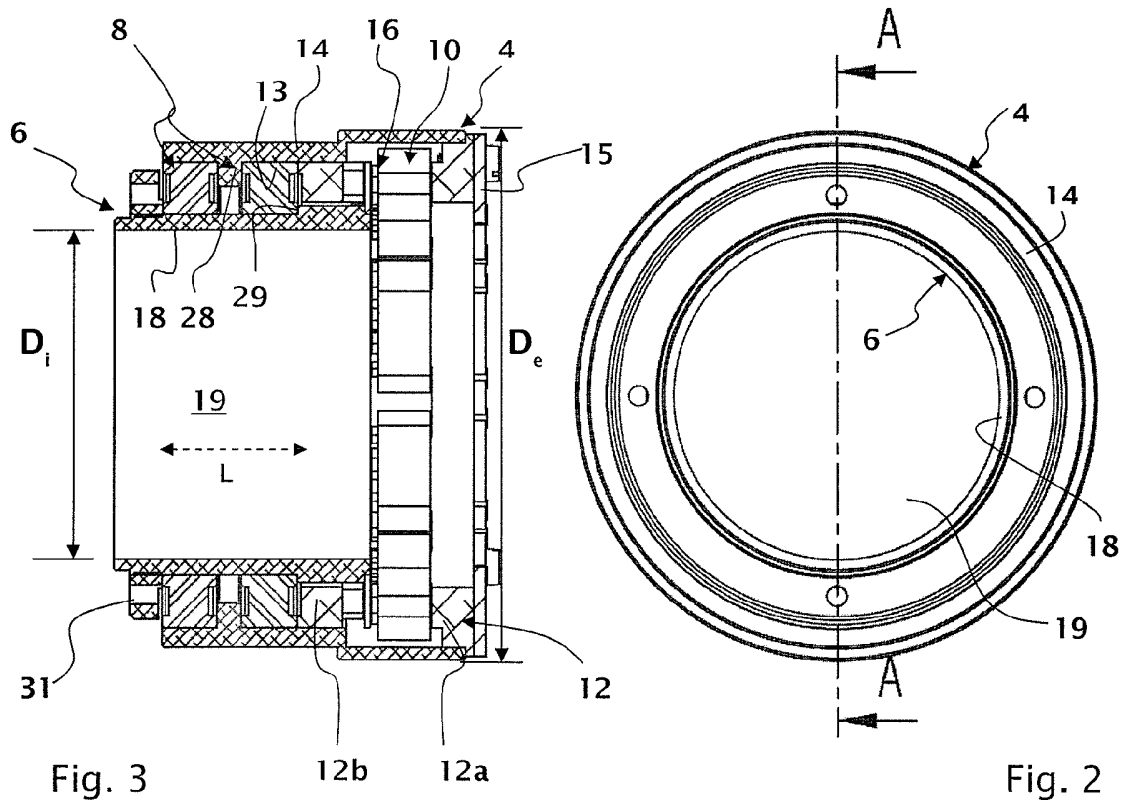
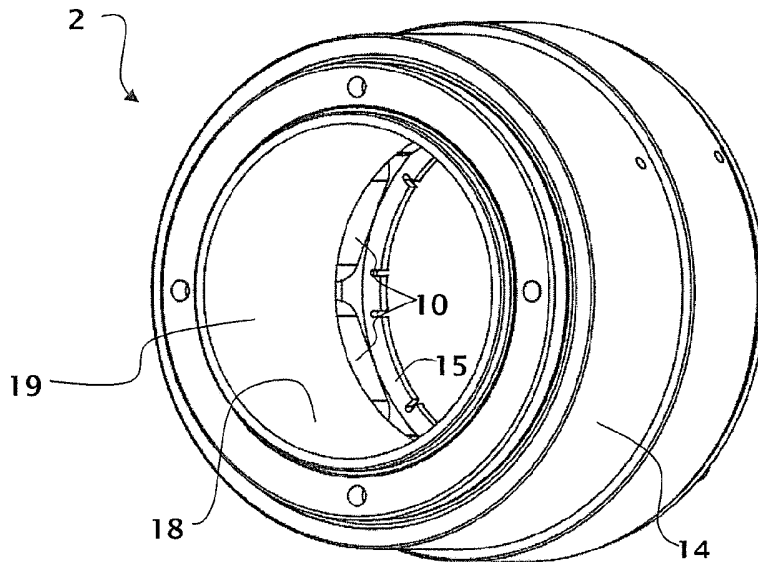
Revendications

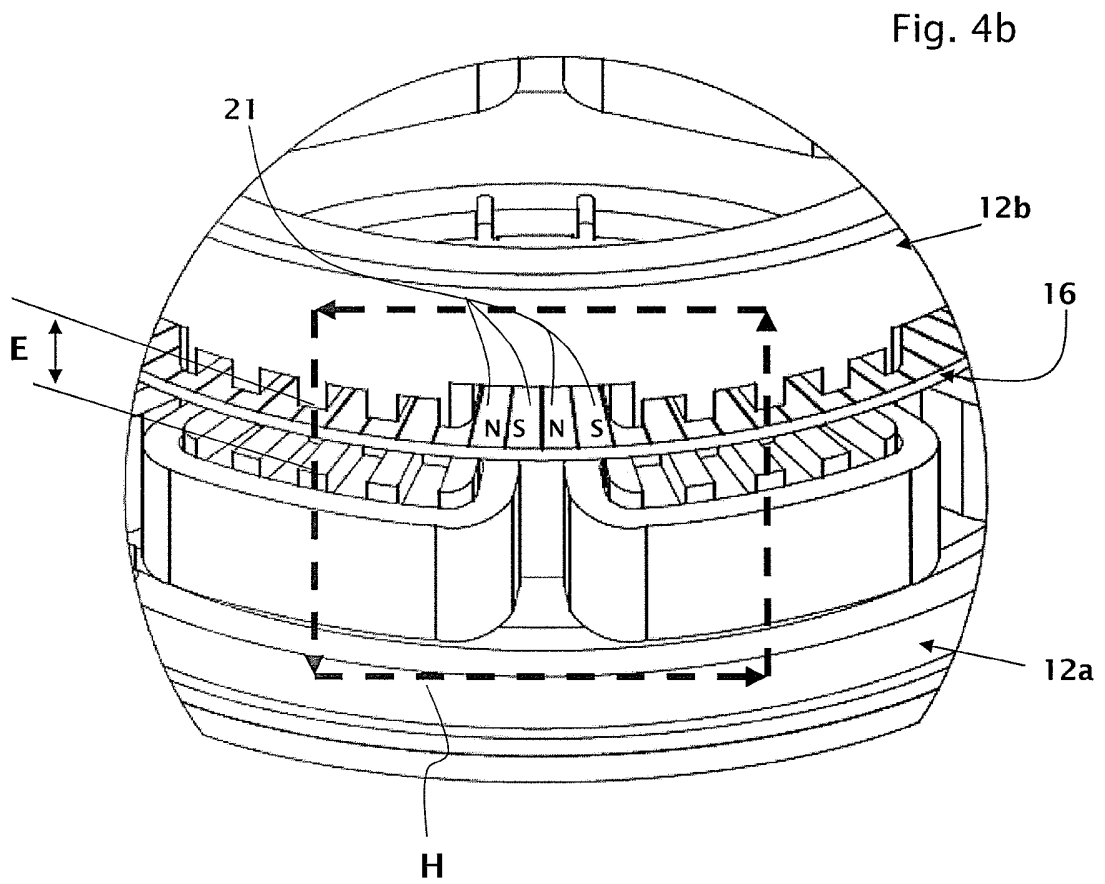
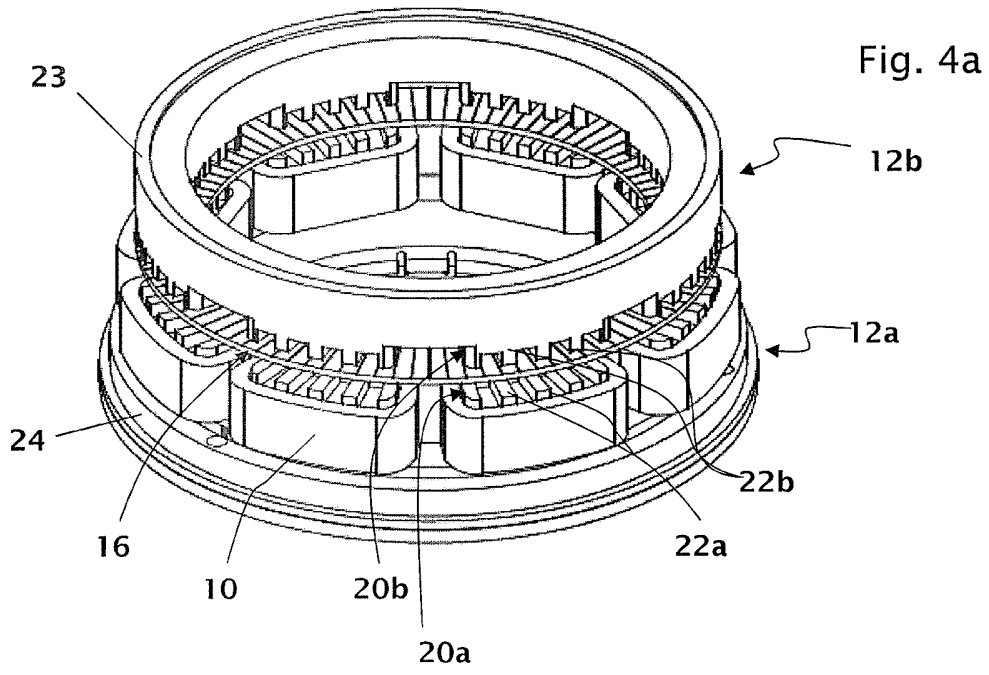
1. Moteur électrique en forme de bague de type pas-à-pas avec un passage central (19) comprenant un stator (4) comprenant un circuit magnétique (12) monté sur un corps (14) du stator et une pluralité de bobines (10) montées sur le circuit magnétique, et un rotor (6) monté au stator à travers un palier à roulement (8), le rotor comprenant un aimant anneau-disque multipolaire (16) monté sur un corps tubulaire (18) du rotor, caractérisé en ce que le circuit magnétique comprend au moins deux parties (12a, 12b) disposées de part et d'autre de l'aimant anneau-disque et en ce que l'aimant anneau-disque, les parties de circuit magnétique, et le palier à roulement sont disposés entre le corps tubulaire du rotor et le stator à essentiellement le même niveau radial.

CH 699 399 B1

2. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 1 caractérisé en ce que au moins l'une des parties de circuit magnétique (12a) comprend une première partie annulaire (24) et des premiers bras axiaux (20a) s'étendant de la première partie annulaire (24), dans une direction axiale L parallèle à l'axe de rotation du rotor et disposés de manière espacée sur ladite première partie annulaire (24).
3. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 2 caractérisé en ce que les premiers bras axiaux comprenant à leurs extrémités libres des premiers dents (22a) formant des pas du moteur.
4. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 2 ou 3 caractérisé en ce que les bobines (10) sont montées sur lesdits premiers bras axiaux (20a).
5. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 2, 3 ou 4 caractérisé en ce que une autre desdites parties de circuit magnétique (12b) comprend une deuxième partie annulaire (23) et des deuxièmes bras axiaux (20b) s'étendant de la deuxième partie annulaire (23) dans une direction axiale L parallèle à l'axe de rotation du rotor et disposés de manière espacée sur la deuxième partie annulaire (23), lesdits deuxièmes bras axiaux comprenant à leurs extrémités libres des deuxièmes dents (22b) formant des pas du moteur.
6. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque bobine (10) constitue, avec un premier bras axial (20a) correspondant et sa dent (22a), un secteur magnétique actif (A1, B1, A2, B2, A1', B1', A2', B2'), du moteur.
7. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 6 caractérisé en ce que le moteur comprend quatre ou huit secteurs magnétiques actifs.
8. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 6 ou 7 caractérisé en ce que la moitié des secteurs magnétiques actifs (A1, A2, A1', A2') forment une phase du moteur et l'autre moitié des secteurs magnétiques actifs (B1, B2, B1', B2') forment une deuxième phase du moteur.
9. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 8 caractérisé en ce que les flux magnétiques traversant des secteurs adjacents de la même phase sont de sens opposés.
10. Moteur électrique en forme de bague selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le palier (8) est disposé dans un espace entre le corps tubulaire (18) du rotor et une paroi interne (13) du corps (14) du stator en porte-à-faux axial par rapport à l'anneau-disque aimanté (16) et du circuit magnétique (12).
11. Moteur électrique en forme de bague selon la revendication 10 caractérisé en ce que le palier est formé d'une paire de roulements à billes configurés en précontrainte en «O».
12. Moteur électrique en forme de bague selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le corps tubulaire du rotor est en un matériau non-magnétique.
13. Moteur électrique en forme de bague selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le corps du stator a une forme tubulaire.

Fig. 1





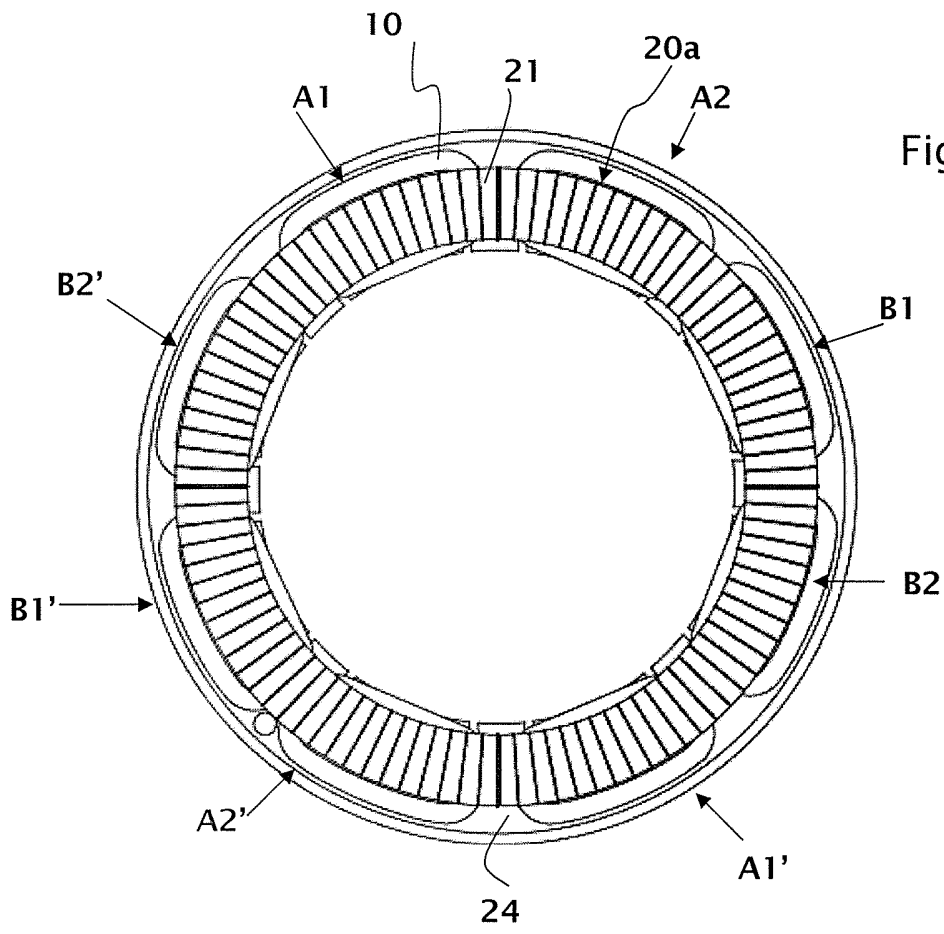


Fig. 5