

(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 2018/229065 A1**

(43) Date de la publication internationale  
20 décembre 2018 (20.12.2018)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
*H02K 1/27* (2006.01)      *H02K 1/14* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2018/065533
- (22) Date de dépôt international :  
12 juin 2018 (12.06.2018)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
17 55442      15 juin 2017 (15.06.2017)      FR
- (71) Déposant : MOTEURS LEROY-SOMER [FR/FR] ; Boulevard Marcellin Leroy CS 10015, 16915 ANGOULEME CEDEX 9 (FR).
- (72) Inventeur : JOURDAN, Dominique ; 51, allée Montrond, 69230 SAINT GENIS-LAVAL (FR).
- (74) Mandataire : CABINET NONY ; 11 rue Saint-Georges, 75009 PARIS (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,

(54) Title: ROTARY ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

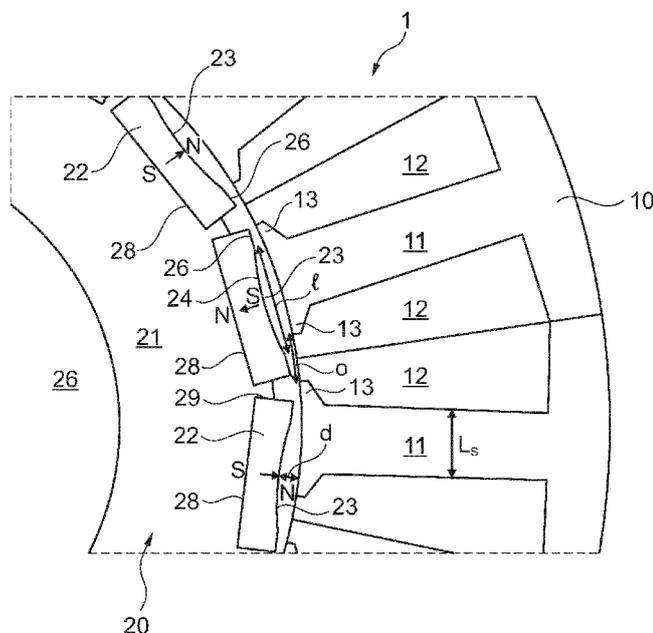


Fig. 1

(57) Abstract: A rotary electrical machine (1) comprising: - a stator (10), and - a rotor (20) comprising a shaft (21) and permanent magnets (22) arranged on the surface of the shaft, the permanent magnets (22) comprising a generally concave-shaped face directed towards the stator.

(57) Abrégé : Machine électrique tournante (1) comportant : - un stator (10), et - un rotor (20) comportant un arbre (21) et des aimants permanents (22) disposés en surface de l'arbre, les aimants permanents (22) comportant une face dirigée vers le stator de forme générale concave.

[Suite sur la page suivante]



WO 2018/229065 A1

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).

**Publiée:**

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

## MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

La présente invention concerne le domaine des machines électriques tournantes, et plus particulièrement mais non exclusivement celles utilisées pour la motorisation de robots.

5 La demande EP 1 793 482 porte sur une machine électrique tournante à ondulation de couple réduite en charge, qui est destinée à l'entraînement de cabines d'ascenseurs, et comporte un rotor extérieur ayant des faces sensiblement planes dirigées vers le stator.

On connaît également des machines électriques tournantes à rotor extérieur, 10 dans lesquelles les aimants permanents du rotor extérieur ont une face principale dirigée vers le stator, de forme cylindrique de révolution.

Dans le cas d'un rotor intérieur, la face principale d'un aimant dirigée vers le stator est généralement de forme convexe.

Or, en particulier dans le domaine de la motorisation des robots, il peut être 15 nécessaire de réduire le crantage magnétique d'une machine électrique tournante, notamment par exemple pour un moteur à aimants permanents piloté par un variateur de fréquence. Le crantage magnétique est aussi appelé couple de détente (« *cogging* » en anglais), et correspond à une ondulation de couple à vide ou à très faible charge.

Il existe donc un besoin, en particulier dans le domaine de la motorisation des 20 robots, pour disposer de machines électriques tournante à faible ondulation de couple à vide ou sous très faible charge.

L'invention vise à répondre à tout ou partie de ce besoin et a pour objet, selon l'un de ses aspects, une machine électrique tournante comportant :

- un stator, et  
25 - un rotor comportant un arbre et des aimants permanents disposés en surface de l'arbre, les aimants permanents comportant une face dirigée vers le stator de forme générale concave.

La présence d'une face de forme générale concave dirigée vers le stator pour 30 les aimants permanents du rotor permet d'optimiser les ondulations de couple à vide ou sous très faible charge.

On peut ainsi chercher à minimiser les ondulations de couples tout en obtenant un couple pointe minimum à atteindre, pour un entrefer mécanique préfixé.

En outre, le rotor a une meilleure capacité à résister à la désaimantation.

### **Rotor**

Par « face de forme générale concave », on entend que la face des aimants permanents du rotor dirigée vers le stator présente une courbure lui conférant une surface en creux. La face peut être entièrement concave, ou comporter une ou des portions concaves et une ou des portions planes.

La présence de portions planes peut permettre de mieux éviter les interférences entre le rotor et le stator.

Dans un mode de réalisation, le rotor peut être intérieur. Dans ce cas, la face des aimants dirigée vers le stator correspond à la face des aimants opposée à un axe de rotation X de la machine.

En variante, le rotor peut être extérieur, ce qui peut lui permettre notamment de tourner à une vitesse relativement élevée en limitant le risque de détachement des aimants. Dans ce cas, la face des aimants dirigée vers le stator correspond à la face des aimants dirigée vers l'axe de rotation X de la machine.

Dans le cas d'un rotor extérieur, la concavité de la face dirigée vers le stator des aimants permanents du rotor est supérieure à une concavité seulement conférée par une forme cylindrique de la face, laquelle serait due à la disposition extérieure du rotor pour permettre le placement du stator à l'intérieur de celui-ci et de ménager un entrefer suffisant entre le rotor et le stator. Autrement dit, la concavité des faces dirigées vers le stator des aimants permanents du rotor est plus profonde qu'une surface cylindrique de révolution.

L'arbre du rotor peut être massif, étant par exemple creux ou plein.

En variante, il pourrait ne pas être massif, comportant par exemple un empilement de tôles feuilletées. Les tôles peuvent être recouvertes chacune d'un vernis isolant, afin de limiter les pertes par courant induit

Une face concave d'un aimant permanent du rotor peut comporter une portion concave. La largeur  $l$  de la portion concave, mesurée perpendiculairement à un rayon du rotor, peut être comprise entre  $0,1\pi(D_S-2d)/P$  et  $2\pi(D_S-2d)/P$  mm (millimètres),

Où  $D_S$  est le diamètre d'alésage du stator,

$P$  le nombre de pôles du rotor, et

$d$  l'entrefer simple, c'est-à-dire la plus petite largeur de l'entrefer.

La largeur  $l$  de la portion concave, mesurée perpendiculairement à un rayon du rotor, peut être comprise entre 2 et 56 mm, mieux entre 4 et 40 mm, voire entre 8 et 20 mm, encore mieux entre 8 et 12 mm.

Une largeur d'un aimant permanent du rotor mesuré perpendiculairement à l'axe de rotation est par exemple comprise entre  $0,1\pi(D_s-2d)/P$  et  $2\pi(D_s-2d)/P$  mm (millimètres).

La largeur d'un aimant permanent du rotor mesuré perpendiculairement à l'axe de rotation est par exemple comprise entre 4 et 56 mm, mieux entre 6 et 50 mm, voire entre 8 et 40 mm, encore mieux entre 10 et 20 mm, étant par exemple de l'ordre de 13 mm.

La plus grande profondeur  $p$  de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, peut être comprise entre 0,01 mm et l'épaisseur  $h$  de l'aimant correspondant, notamment entre 0,05 et 3 mm, voire entre 0,1 et 1,5 mm.

La plus grande profondeur de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, peut être située au milieu de la face concave de l'aimant permanent correspondant. Un aimant permanent est de préférence symétrique par rapport à un plan le coupant en son milieu, ce plan passant par l'axe de rotation de la machine et un rayon du rotor. En variante, la plus grande profondeur de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, est située ailleurs qu'au milieu de la face concave de l'aimant permanent correspondant. Un aimant permanent peut ne pas être symétrique par rapport à un plan le coupant en son milieu.

La portion concave peut être en section une portion de cercle ou d'ellipse. Le rayon du cercle ou le grand axe de l'ellipse peut être compris par exemple compris entre  $0,1 h^*$ , où  $h$  est l'épaisseur de l'aimant, et  $100 h$  mm, notamment entre 4 et 56 mm, mieux entre 6 et 40 mm, étant par exemple de l'ordre de 13 mm.

La portion concave d'une face concave peut être disposée entre deux portions latérales planes. La présence de portions latérales planes sur la face de forme générale concave permet de bénéficier de l'avantage de la concavité pour la face des aimants orientée vers le stator, tout en ayant un entrefer suffisant entre le rotor et le stator.

La largeur d'une portion latérale plane mesurée perpendiculairement à un rayon du rotor est par exemple comprise entre 0 et la largeur  $L$  de l'aimant, mieux entre 0,75 et 7 mm, étant par exemple de l'ordre de 2 mm.

La portion concave peut constituer de 20 à 100% de la largeur totale de l'aimant correspondant, mieux entre 25 et 90%, voire entre 40 et 80%. Dans un mode de réalisation, la portion concave constitue 75% de la largeur totale de l'aimant correspondant. Dans un autre mode de réalisation, en l'absence de portion latérale plane, la  
5 portion concave constitue 100% de la largeur totale de l'aimant correspondant.

Les aimants permanents du rotor peuvent présenter, lorsque la machine est observée selon l'axe de rotation, une section transversale de forme allongée. En particulier, les aimants permanents du rotor peuvent présenter, lorsque la machine est observée selon l'axe de rotation du rotor, une section transversale de forme générale rectangulaire de  
10 grand côté orienté perpendiculairement à un rayon de la machine.

Les aimants permanents du rotor peuvent avoir une épaisseur  $h$ , mesurée selon un rayon du rotor, comprise entre 0,5 et 32  $d$ , où  $d$  est la plus petite largeur de l'entrefer, notamment entre 1 et 20 mm, mieux entre 2 et 10 mm, voire entre 3 et 5 mm.

Un ratio  $p/h$  entre la plus grande profondeur de la concavité de la portion  
15 concave, mesurée selon un rayon du rotor, et l'épaisseur d'un aimant permanent est par exemple comprise entre 0,01 et 0,9, mieux entre 0,1 et 0,4.

Le rotor et le stator ménagent entre eux un entrefer. L'entrefer peut avoir une largeur, mesurée selon un rayon de la machine, comprise entre 0,5 et 3 mm, mieux entre 0,6 et 1,4 mm, étant par exemple de l'ordre de 0,9 mm. L'entrefer est de préférence  
20 supérieur à 5/10 mm, mieux supérieur à 7/10 mm, afin de permettre la rotation du rotor dans le ou autour du stator.

La largeur  $d_0$  de l'entrefer, mesurée selon un rayon passant par le milieu d'un aimant, peut être comprise entre 0,5 et 5 mm, mieux entre 0,75 et 3 mm, étant par exemple de l'ordre de 1,6 mm. L'entrefer peut être au plus large au milieu d'un aimant, pour la  
25 machine selon l'invention, dans la mesure où la concavité de la face concave de l'aimant y est la plus profonde.

L'alésage  $D_R$  du rotor, qui correspond au diamètre extérieur du rotor dans le cas d'un rotor intérieur, est par exemple compris entre 15 et 100 mm, mieux entre 20 et 70 mm, étant par exemple de l'ordre de 65 mm.

30 Les aimants peuvent être monolithiques ou non. Dans un mode de réalisation, un pôle du rotor est formé d'un aimant permanent d'un seul bloc. En variante, un pôle du

rotor est formé de plusieurs aimants qui peuvent être disposés les uns à la suite des autres lorsque l'on se déplace le long de l'axe de rotation du rotor.

Les aimants permanents peuvent être réalisés en ferrites, en plasto-ferrites, en terres rares ou plasto-terres rares, ou AlNiCo.

5 Les aimants permanents peuvent être formés à partir d'une poudre, puis usinés.

L'induction rémanente dans les aimants permanents d'un pôle du rotor peut être comprise entre 0,2 Tesla et 1,5 Tesla, mieux entre 0,3 Tesla et 1,3 Tesla, étant par exemple de l'ordre de 1,2 Tesla.

10 Les aimants permanents du rotor comportent une face de fixation opposée à la face concave dirigée vers le stator. La face de fixation peut être plane. Une face plane peut faciliter l'installation des aimants sur l'arbre. En variante, la face de fixation pourrait être convexe, ce qui peut permettre d'améliorer les performances électromagnétiques de la machine. La convexité de la face de fixation peut être dirigée vers l'axe de rotation dans le cas d'un rotor intérieur, ou vers l'extérieur dans le cas d'un rotor extérieur, ce qui peut  
15 permettre d'améliorer les performances électromagnétiques de la machine.

Dans le cas d'une face plane, la face plane est orientée perpendiculairement au rayon passant par l'axe de rotation et coupant l'aimant correspondant à mi-longueur.

20 Les aimants permanents peuvent être fixés à l'arbre du rotor par collage, par exemple sur une surface cylindrique de l'arbre ou dans un logement prévu à cet effet à la surface de l'arbre. En variante, ils peuvent être sertis dans un logement correspondant de l'arbre. Le logement peut avoir une surface plane ou concave, en fonction de la forme de la face de fixation des aimants.

L'arbre du rotor peut être réalisé par un empilage de tôles magnétiques.

### **Stator**

25 Le stator peut être à bobinage concentré. Le stator peut comporter des dents et des bobines disposées sur les dents. Le stator peut ainsi être bobiné sur dents, autrement dit à bobinage non réparti. En variante, le stator pourrait être à bobinage réparti.

Les dents du stator peuvent comporter des épanouissements polaires. En variante, les dents du stator pourraient être dépourvues d'épanouissements polaires.

30 L'ouverture des encoches du stator, mesurée circonférentiellement, entre les épanouissements polaires le cas échéant, est par exemple comprise entre 0,175 mm et  $\pi \cdot D_s - N \cdot L_s$  mm (millimètres),

où  $D_s$  est le diamètre d'alésage du stator,

$N$  le nombre de dents du stator, et

$L_s$  est la largeur des dents du stator,

par exemple inférieure à 8 mm, notamment entre 0,5 et 3 mm, étant par  
5 exemple de l'ordre de 1,5 mm.

Les dents du stator peuvent avoir des faces d'extrémités dirigées vers le rotor de forme concave, notamment dans le cas d'un rotor intérieur. En variante, dans le cas d'un rotor extérieur, les dents du stator peuvent avoir des faces d'extrémités dirigées vers le rotor de forme convexe.

10 Les faces d'extrémité des dents du stator peuvent être par exemple des portions de cylindre, qui peuvent avoir un rayon de courbure correspondant à la distance séparant le sommet des dents de l'axe de rotation  $X$  de la machine.

L'alésage  $D_s$  du stator, qui correspond au diamètre intérieur du stator dans le cas d'un stator extérieur, est par exemple compris entre 20 et 220 mm, mieux entre 25 et  
15 110 mm, étant par exemple de l'ordre de 70 mm.

Les dents du stator forment une culasse du stator qui peut être d'un seul tenant, ou en variante qui peut être formée d'un chapelet de dents reliées entre elles par des ponts de matière, ou encore d'une pluralité de dents séparées. Dans tous les cas, le stator peut comporter une carcasse extérieure entourant la culasse.

20 Les dents du stator peuvent être réalisées avec un empilage de tôles magnétiques, recouvertes chacune d'un vernis isolant, afin de limiter les pertes par courant induit.

### **Machine**

La machine peut constituer un générateur ou un moteur.

25 La machine électrique tournante selon l'invention peut avoir un diamètre extérieur par exemple compris entre 40 et 280 mm, mieux entre 50 et 220 mm, étant par exemple de l'ordre de 135 mm. Le diamètre peut par exemple être inférieur ou égal à 240 mm, étant notamment compris entre 40 mm et 190 mm.

La puissance de la machine peut être comprise entre 0,1 et 15 kW, étant par  
30 exemple de l'ordre de 0,75 kW, cette valeur n'étant nullement limitative.

La machine peut comporter un seul rotor intérieur ou, en variante, un seul rotor extérieur, ou en variante encore un rotor intérieur et un rotor extérieur, disposés radialement de part et d'autre du stator et accouplés en rotation.

Le nombre d'encoches par pôle et par phase peut être entier ou fractionnaire.

5 Le nombre de pôles P au rotor est par exemple compris entre 4 et 40 et le nombre de dents S au stator est par exemple compris entre 6 et 48.

L'invention a encore pour objet un robot comportant une machine électrique tournante telle que décrite plus haut pour sa motorisation.

### **Description détaillée**

10 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 celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique et partielle d'une machine électrique tournante conforme à l'invention,

15 - les figures 2a et 2b sont des vues en coupe respectivement transversale et longitudinale d'un aimant permanent de la machine de la figure 1, et

- la figure 3 est une vue analogue à la figure 1 d'une variante de réalisation.

On a représenté à la figure 1 une machine électrique tournante 1 conforme à l'invention, comportant un stator 10 extérieur et un rotor 20 intérieur comportant un arbre 21 et des aimants permanents 22 disposés en surface de l'arbre 21.

Le stator 10 est dans l'exemple décrit à bobinage concentré. Le stator 10 comporte des dents 11 portant chacune une bobine individuelle 12 disposée sur la dent correspondante. Les bobines 12 sont connectées électriquement entre elles de manière à être alimentées par un courant triphasé.

25 Les dents du stator comportent des épanouissements polaires 13. L'ouverture  $o$  des encoches du stator, mesurée circonférentiellement, entre les épanouissements polaires 13, est par exemple de l'ordre de 1,5 mm.

L'alésage du stator, qui correspond au diamètre intérieur du stator, est de l'ordre de 90 mm.

30 Le stator comporte encore une carcasse extérieure entourant la culasse, non représentée.

Au rotor, l'arbre 21 est massif, étant creux en son milieu, ménageant un espace 26.

Conformément à l'invention, les aimants permanents 22 du rotor comportent une face 23 dirigée vers le stator, qui est de forme générale concave. La face 23 des  
5 aimants dirigée vers le stator correspond à la face des aimants opposée à l'axe de rotation X de la machine.

La face concave 23 d'un aimant permanent 22 du rotor comporte une portion concave 24.

La largeur  $l$  de la portion concave 24, mesurée perpendiculairement à un rayon  
10 du rotor, en section, est de l'ordre de 9 mm, dans l'exemple décrit.

La largeur  $L$  d'un aimant permanent 22 du rotor mesuré perpendiculairement à l'axe de rotation, en section, est de l'ordre de 13 mm.

La plus grande profondeur  $p$  de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, en section, est de l'ordre de 0,5 mm.

La plus grande profondeur de la concavité de la portion concave, mesurée  
15 selon un rayon du rotor, est dans l'exemple décrit située au milieu de la face concave de l'aimant permanent correspondant. L'aimant permanent est symétrique par rapport à un plan P le coupant en son milieu, ce plan passant par l'axe de rotation de la machine et un rayon du rotor.

La portion concave 24 est dans l'exemple décrit en section une portion de  
20 cercle, de rayon  $R$  de l'ordre de 20 mm.

La portion concave 24 de la face concave 23 est disposée entre deux portions latérales planes 26.

La largeur  $e$  d'une portion latérale plane mesurée perpendiculairement à un  
25 rayon du rotor, en section, est de l'ordre de 2 mm.

La portion concave constitue dans l'exemple décrit environ 75 % de la largeur totale de l'aimant correspondant.

Les aimants permanents du rotor présentent, lorsque la machine est observée selon l'axe de rotation, une section transversale de forme générale rectangulaire, de grand  
30 côté orienté perpendiculairement à un rayon de la machine.

Les aimants permanents 22 du rotor ont une épaisseur  $h$ , mesurée selon un rayon du rotor, en section, de l'ordre de 3 mm.

Un ratio  $p/h$  entre la plus grande profondeur  $p$  de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, et l'épaisseur  $h$  de l'aimant permanent 22 est de l'ordre de 0,2.

Le rotor et le stator ménagent entre eux un entrefer 30. L'entrefer a une largeur, mesurée selon un rayon de la machine, en section, de l'ordre de 0,9 mm. La largeur  $d_0$  de l'entrefer, mesurée selon un rayon passant par le milieu d'un aimant 22, en section, est de l'ordre de 1,5 mm.

L'alésage du rotor, qui correspond au diamètre extérieur du rotor, est de l'ordre de 50 mm.

Les aimants permanents 22 du rotor comportent une face de fixation 28 opposée à la face concave 23 dirigée vers le stator, qui est dans l'exemple décrit de forme plane. La face plane est orientée perpendiculairement au rayon passant par l'axe de rotation et coupant l'aimant correspondant 22 à mi-longueur.

Les aimants permanents 22 sont fixés à l'arbre du rotor par collage dans un logement 29 prévu à cet effet à la surface de l'arbre 21. Le logement 29 a une surface plane correspondant à la forme de la face de fixation des aimants.

La face concave 23 peut comporter une ou des portions concaves 24 et une ou des portions planes 26, comme illustré précédemment, ou être entièrement concave, comme on l'a illustré à titre d'exemple à la figure 3.

Dans cet exemple, en l'absence de portion latérale plane, la portion concave 24 constitue 100% de la largeur totale de l'aimant correspondant.

Dans les exemples considérés, le rotor comporte 16 pôles et le stator 18 dents. On ne sort pas du cadre de la présente invention si leur nombre est différent.

L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, et le rotor peut par exemple comporter un nombre de pôles différent, de même que pour les dents du stator.

En outre, dans l'exemple décrit, le rotor est intérieur, mais on ne sort pas du cadre de la présente invention si le rotor est extérieur, ou si la machine comporte à la fois un rotor intérieur et un rotor extérieur disposés chacun radialement de part et d'autre du stator et accouplés en rotation.

La machine peut être utilisée non seulement en moteur mais également en générateur, pour effectuer une récupération d'énergie, par exemple.

La machine selon l'invention peut trouver des applications autres que la motorisation de robots.

## REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (1) comportant :
  - un stator (10), et
  - 5 - un rotor (20) comportant un arbre (21) et des aimants permanents (22) disposés en surface de l'arbre, les aimants permanents (22) comportant une face dirigée vers le stator de forme générale concave, une face concave (23) d'un aimant permanent du rotor comporte une portion concave (24), la portion concave (24) d'une face concave étant disposée entre deux portions latérales planes (26).
- 10 2. Machine électrique selon la revendication précédente, dans laquelle le rotor (20) est intérieur.
3. Machine selon l'une des deux revendications précédentes, dans laquelle une face concave (23) d'un aimant permanent du rotor comporte une portion concave (24), de largeur ( $l$ ) mesurée perpendiculairement à un rayon du rotor comprise entre 2 et 56 mm,  
15 mieux entre 8 et 12 mm.
4. Machine selon la revendication précédente, la plus grande profondeur ( $p$ ) de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, est comprise entre 0,05 et 3 mm, mieux entre 0,1 et 1,5 mm.
5. Machine selon l'une des deux revendications précédentes, la portion  
20 concave étant en section une portion de cercle ou d'ellipse.
6. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les aimants permanents du rotor ayant une épaisseur ( $h$ ), mesurée selon un rayon du rotor, comprise entre 2 et 10 mm, mieux entre 3 et 5 mm.
7. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, un ratio  
25 ( $p/h$ ) entre la plus grande profondeur de la concavité de la portion concave, mesurée selon un rayon du rotor, et l'épaisseur d'un aimant permanent étant compris entre 0 et 0,9, mieux entre 0,1 et 0,4.
8. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le rotor et le stator ménageant entre eux un entrefer (30), l'entrefer ayant une largeur, mesurée selon  
30 un rayon de la machine, comprise entre 0,5 et 3 mm, mieux entre 0,6 et 1.4 mm.

9. Machine selon la revendication précédente, la largeur ( $d_0$ ) de l'entrefer mesurée selon un rayon passant par le milieu d'un aimant est comprise entre 0,5 et 5 mm, mieux entre 0,75 et 3 mm.

5 10. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les aimants permanents étant fixés à l'arbre du rotor par collage, notamment sur une surface cylindrique de l'arbre ou dans un logement (29) prévu à cet effet à la surface de l'arbre.

11. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, les aimants permanents comportant une face de fixation (28) opposée à la face concave dirigée vers le stator qui est plane.

10 12. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le stator (10) étant à bobinage concentré, comportant des dents (11) et des bobines (12) disposées sur les dents.

13. Machine selon la revendication précédente, les dents du stator comportant des épanouissements polaires (13).

15 14. Machine selon la revendication précédente, l'ouverture ( $o$ ) des encoches du stator, mesurée circonférentiellement, entre les épanouissements polaires (13) le cas échéant, est comprise entre 0,175 et 8 mm, mieux entre 0,5 et 3 mm.

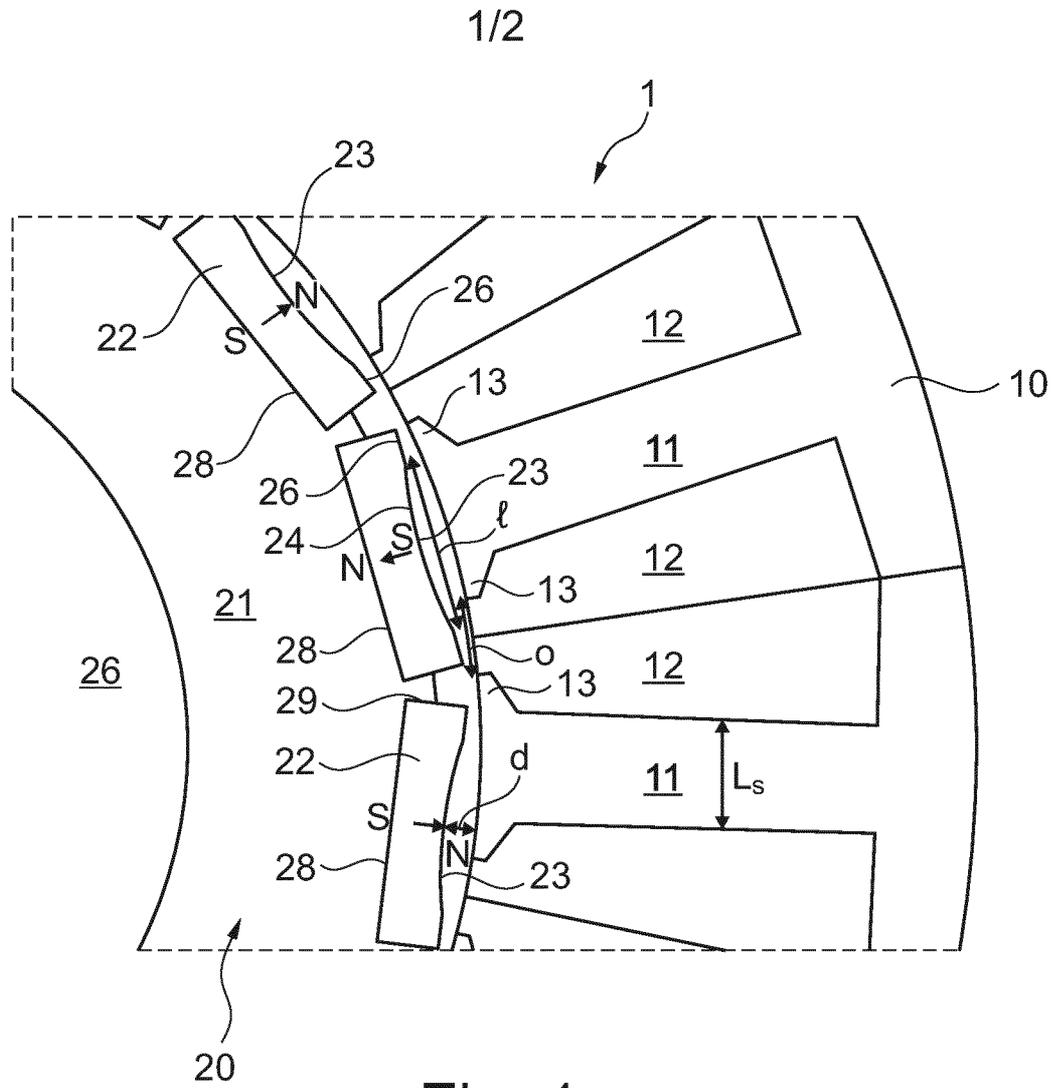


Fig. 1

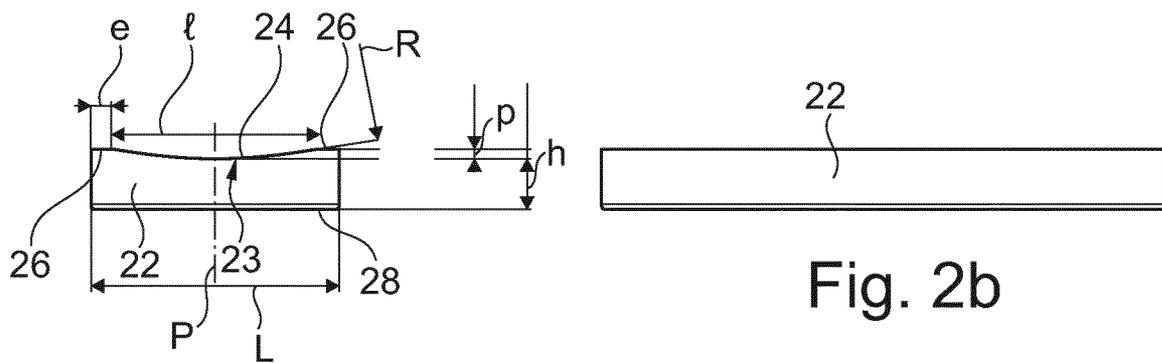
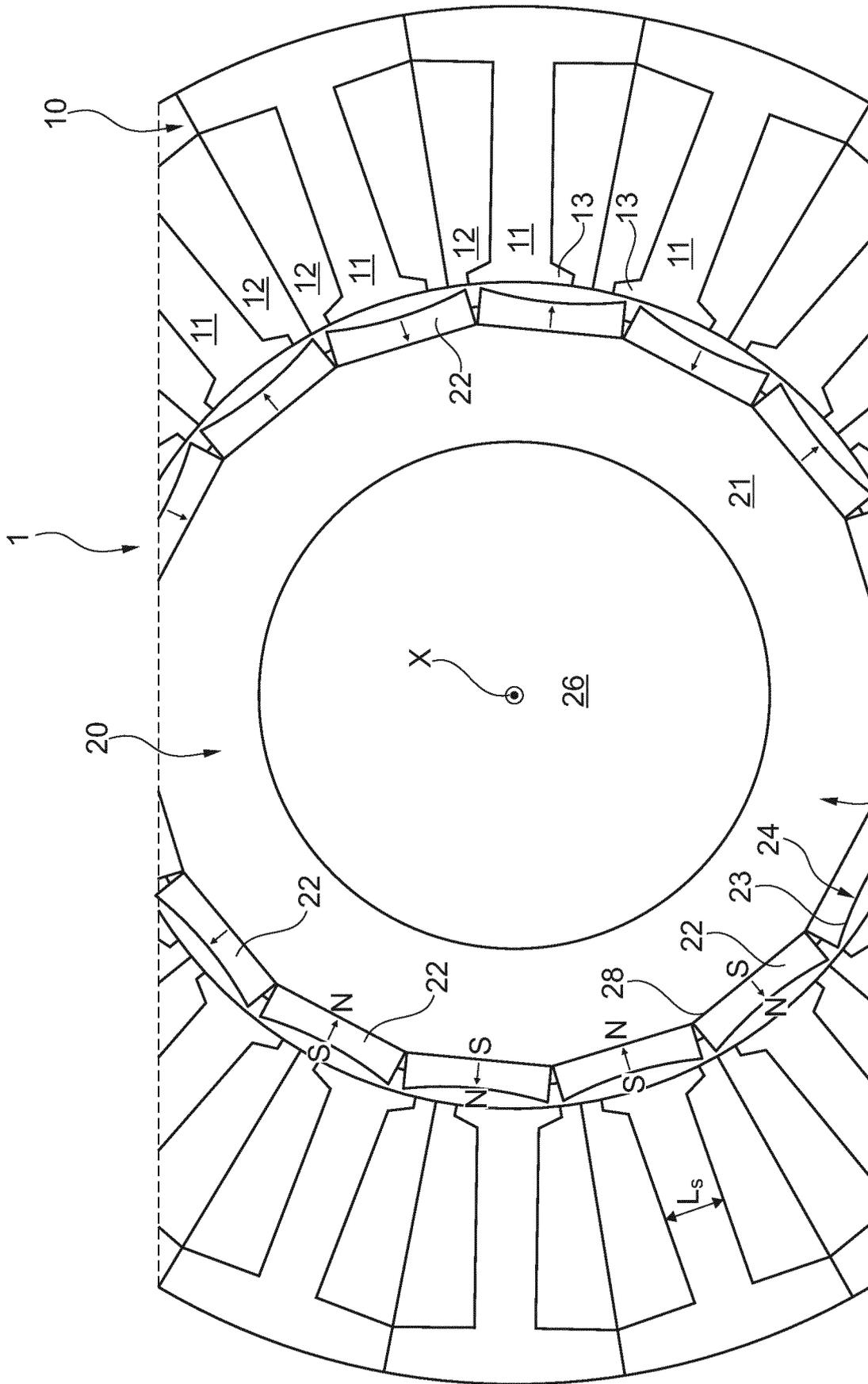


Fig. 2a

Fig. 2b



20 Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/065533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H02K1/27 H02K1/14  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02K  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008/157619 A1 (WU LIJIAN [CN] ET AL) 3 July 2008 (2008-07-03) paragraph [0063] - paragraph [0066]; figure 6 paragraph [0083]; figure 8 -----	1,3-10, 12-14
X	US 6 727 630 B1 (MASLOV BORIS A [US] ET AL) 27 April 2004 (2004-04-27) column 6, line 49 - column 7, line 30; figures 1-4 column 7, line 56 - column 8, line 4; figure 7 -----	1-5, 11-13
X	US 2012/126654 A1 (ISLAM MOHAMMAD S [US] ET AL) 24 May 2012 (2012-05-24) paragraph [0017] - paragraph [0021]; figures 1-4 -----	1-5, 12-14
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  17 July 2018	Date of mailing of the international search report  25/07/2018
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Zavelcuta, Florin
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/065533

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/068749 A1 (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD [JP]) 14 May 2015 (2015-05-14) abstract; figures 1-7 -----	1-14
A	DE 10 2014 222064 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 May 2016 (2016-05-04) -----	1-14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2018/065533
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008157619 A1	03-07-2008	TW 200828739 A US 2008157619 A1	01-07-2008 03-07-2008
-----			
US 6727630 B1	27-04-2004	US 6727630 B1 WO 03105318 A1	27-04-2004 18-12-2003
-----			
US 2012126654 A1	24-05-2012	NONE	
-----			
WO 2015068749 A1	14-05-2015	CN 105723593 A JP 6326614 B2 JP 2015092792 A WO 2015068749 A1	29-06-2016 23-05-2018 14-05-2015 14-05-2015
-----			
DE 102014222064 A1	04-05-2016	NONE	
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/065533

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
 INV. H02K1/27 H02K1/14  
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
 H02K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2008/157619 A1 (WU LIJIAN [CN] ET AL) 3 juillet 2008 (2008-07-03) alinéa [0063] - alinéa [0066]; figure 6 alinéa [0083]; figure 8 -----	1,3-10, 12-14
X	US 6 727 630 B1 (MASLOV BORIS A [US] ET AL) 27 avril 2004 (2004-04-27) colonne 6, ligne 49 - colonne 7, ligne 30; figures 1-4 colonne 7, ligne 56 - colonne 8, ligne 4; figure 7 -----	1-5, 11-13
X	US 2012/126654 A1 (ISLAM MOHAMMAD S [US] ET AL) 24 mai 2012 (2012-05-24) alinéa [0017] - alinéa [0021]; figures 1-4 -----	1-5, 12-14
	-/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 juillet 2018

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

25/07/2018

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Zavelcuta, Florin

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2015/068749 A1 (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD [JP]) 14 mai 2015 (2015-05-14) abrégé; figures 1-7 -----	1-14
A	DE 10 2014 222064 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 mai 2016 (2016-05-04) -----	1-14

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/065533

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008157619 A1	03-07-2008	TW 200828739 A US 2008157619 A1	01-07-2008 03-07-2008
US 6727630 B1	27-04-2004	US 6727630 B1 WO 03105318 A1	27-04-2004 18-12-2003
US 2012126654 A1	24-05-2012	AUCUN	
WO 2015068749 A1	14-05-2015	CN 105723593 A JP 6326614 B2 JP 2015092792 A WO 2015068749 A1	29-06-2016 23-05-2018 14-05-2015 14-05-2015
DE 102014222064 A1	04-05-2016	AUCUN	