

(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 2023/094758 A1

(43) Date de la publication internationale
01 juin 2023 (01.06.2023)

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/2783 (2022.01) H02K 15/03 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2022/052144

(22) Date de dépôt international :
21 novembre 2022 (21.11.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2112534 25 novembre 2021 (25.11.2021) FR

(71) Déposant : SAFRAN [FR/FR] ; 2 boulevard du Général
Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : DAGUSE, Benjamin ; Safran c/o Centre
d'Excellence Propriété Intellectuelle Rond-Point René Ra-

vaud-Réau, 77550 MOISSY CRAMAYEL (FR). AYAT,
Sabrina Siham ; Safran c/o Centre d'Excellence Propriété
Intellectuelle Rond-point René Ravaud, Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR).

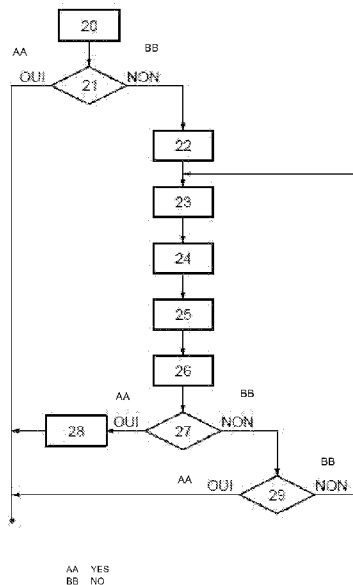
(74) Mandataire : CASALONGA ET ASSOCIÉS ; 31 rue de
Fleurus, 75006 PARIS (FR).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR DIMENSIONING A MULTI-POLE ORIENTED-FLUX MAGNETIC RING, AND ASSOCIATED ROTOR, ROTATING ELECTRIC MACHINE AND AIRCRAFT

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DIMENSIONNEMENT D'UN ANNEAU MAGNÉTIQUE À FLUX ORIENTÉ MULTIPOLAIRE, ROTOR, MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE, ET AÉRONEF ASSOCIÉS

[Fig. 4]



(57) Abstract: The method for dimensioning a multi-pole oriented-flux magnetic ring for a rotor of a rotating electric machine, the magnetic ring comprising a predetermined number of pairs of poles, the magnetic ring being formed by at least one oriented-flux magnet, comprises: - determining a characteristic dimension (20) of the magnet equal to the minimum value out of the outer perimeter of the ring and the axial length of the ring, - determining a reference value (20) equal to the minimum value out of a predetermined reference length and twice the value π , - comparing (21) the characteristic dimension of the magnet with the reference value, and - if the characteristic dimension of the magnet is greater than the reference value, the method comprises circumferentially dividing the magnet into at least two sub-magnets.

(57) Abrégé : Procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique à flux orienté multipolaire, rotor, machine électrique tournante, et aéronef associés Le procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique à flux orienté multipolaire pour un rotor d'une machine électrique tournante, l'anneau magnétique comportant un nombre prédéterminé de paires de pôles, l'anneau magnétique étant formé par au moins un aimant à flux orienté, comprend : - la détermination d'une dimension caractéristique (20) de l'aimant égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau et la longueur axiale de l'anneau, - la détermination d'une valeur de référence (20) égale à la valeur minimale parmi une longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur π , - la comparaison (21) de la dimension caractéristique de l'aimant à la valeur de référence, et - si la dimension caractéristique de l'aimant est supérieure à la valeur de référence, le procédé comprend la segmentation circulaire de l'aimant en au moins deux sous-aimants.

WO 2023/094758 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, 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, ME, 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).

Publiée:

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

DESCRIPTION

TITRE : Procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique à flux orienté multipolaire, rotor, machine électrique tournante, et aéronef associés

5

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne l'optimisation d'aimants permanent à flux orienté selon une topologie de Halbach, et plus particulièrement un
10 procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique à flux orienté multipolaire.

L'invention concerne en outre un rotor comportant un tel anneau magnétique, une machine électrique tournante comportant un tel rotor, et un aéronef comportant une telle machine électrique tournante.

15

Etat de la technique antérieure

Afin d'augmenter les performances magnétiques d'une machine électrique tournante, il est connu d'agencer des aimants permanents
20 dans ladite machine selon une topologie de Halbach pour obtenir un meilleur guidage du flux magnétique dans l'entrefer de la machine.

Dans cette topologie, les champs magnétiques des aimants successifs sont orientés de manière à amplifier le champ magnétique résultant dans l'entrefer tout en éliminant le champ magnétique
25 résultant du côté opposé des aimants.

Il est connu de solidariser un aimant multipolaire à flux orienté de forme annulaire sans segmentation radial sur un support cylindrique pour former un rotor.

La figure 1 illustre un exemple d'un tel rotor 1 connu de l'état
30 de la technique.

Le rotor 1 comprend une culasse 2 de rayon l_c et un anneau 3 magnétique à flux orienté multipolaire comportant un aimant 4 multipolaire à flux orienté selon une topologie de Halbach.

L'aimant 4 a une longueur axiale l_z , une hauteur l_R et comporte
35 les $N_p/2$ paires de pôles.

Le rayon du rotor 1 est égal à la somme R du rayon l_c de la culasse 2 et de la hauteur l_R de l'aimant formant l'anneau 6.

Cependant, l'aimant génère d'importantes pertes par courant de Foucault.

5 En outre, comme le support et l'aimant sont constitués de matériaux différents ayant des coefficients de dilatation différents, lors de l'échauffement de l'aimant annulaire, des contraintes apparaissent dans le rotor, susceptibles de fissurer ou casser l'aimant annulaire.

10 Le document EP3736944 divulgue un exemple d'un rotor comportant des aimants permanents selon une topologie de Halbach.

Afin de minimiser les pertes par courant de Foucault proportionnelles au carré de la plus petite dimension des aimants, chaque pôle magnétique rotorique est composé de dix aimants segmentés selon une direction axiale.

15 Cependant pour agencer les aimants permanents selon la topologie Halbach, il est nécessaire de fabriquer, découper et coller sur le rotor un nombre considérable d'aimants augmentant ainsi la durée et la complexité de fabrication du rotor.

20 Le but de l'invention est de pallier tout ou partie de ces inconvénients.

Exposé de l'invention

25 Au vu de ce qui précède, l'invention a pour objet un procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique à flux orienté multipolaire pour un rotor d'une machine électrique tournante, l'anneau magnétique comportant un nombre prédéterminé de paires de pôles, l'anneau magnétique étant formé par au moins un aimant à flux orienté.

Le procédé comprend :

30 - la détermination d'une dimension caractéristique de l'aimant égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau et la longueur axiale de l'anneau,

- la détermination d'une valeur de référence égale à la valeur minimale parmi une longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur π ,

- la comparaison de la dimension caractéristique de l'aimant à la valeur de référence, et

5 - si la dimension caractéristique de l'aimant est supérieure à la valeur de référence, le procédé comprend la segmentation circonférentielle de l'aimant en au moins deux sous-aimants.

10 La segmentation circonférentielle de l'aimant en au moins deux sous-aimants selon le procédé permet de minimiser les pertes par courant de Foucault dans l'anneau formé par les sous-aimants tout en minimisant le nombre de sous-aimants à fabriquer et coller sur une culasse rotorique pour former l'anneau magnétique afin de réduire la durée et la complexité de fabrication d'un rotor comportant la culasse et l'anneau.

15 De préférence, si la dimension caractéristique de l'aimant est inférieure ou égale à la valeur de référence, l'aimant n'est pas segmenté circonférentiellement en sous-aimants.

Avantageusement, la segmentation circonférentielle de l'aimant en au moins deux sous-aimants comprend :

20 - la décomposition du nombre de pôles de l'anneau en nombres premiers,

- la détermination d'un nombre caractéristique égal au plus petit nombre premier parmi un ensemble de nombres premiers comprenant les nombres premiers,

25 - a) la détermination d'une deuxième valeur de référence égale à la valeur minimale parmi la longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur π divisée par une somme caractéristique égale à au moins la valeur du nombre caractéristique,

- b) la détermination d'une deuxième dimension caractéristique égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau divisé par le nombre caractéristique et la longueur axiale de l'anneau,

30 - c) la comparaison de la deuxième dimension caractéristique de l'aimant à la deuxième valeur de référence, et

- si la deuxième dimension caractéristique est inférieure ou égale à la deuxième valeur de référence, l'aimant est segmenté en un nombre de sous-aimants égal à la somme, chaque sous-aimant ayant un

secteur angulaire par rapport au centre de l'anneau égal à la valeur deux fois Pi divisée par la somme, et chaque sous-aimant comprenant un nombre de pôles égal aux nombres de pôles de l'anneau divisé par la somme.

5 De préférence, si la deuxième dimension caractéristique est supérieure à la deuxième valeur de référence et si l'ensemble de nombres premiers n'est pas vide, le procédé comprend :

- la détermination du nombre caractéristique égal au plus petit nombre premier parmi l'ensemble de nombres premiers auquel est
10 retranché le plus petit nombre premier précédemment choisi,

- la répétition de l'étape a), dans laquelle la somme caractéristique est égale à la multiplication du nombre caractéristique par le plus petit nombre premier précédemment choisi,

- la répétition de l'étape b), et

15 - la répétition de l'étape c).

Avantageusement, si l'ensemble de nombres premiers est vide, l'aimant n'est pas segmenté en sous-aimants.

De préférence, si un premier sous-aimant est constitué d'un premier matériau et le deuxième sous-aimant est constitué d'un
20 deuxième matériau différent du premier matériau, la deuxième valeur de référence est égale à la valeur minimale multipliée par un coefficient égal à la multiplication d'un premier coefficient par un deuxième coefficient, le premier coefficient étant égal à la masse volumique du deuxième matériau divisée par la masse volumique du premier matériau,
25 et le deuxième coefficient étant égal à la conductivité électrique du deuxième matériau divisée par la conductivité électrique du premier matériau.

Il est également proposé un rotor pour machine électrique tournante comportant un anneau magnétique obtenu par un procédé tel
30 que défini précédemment.

Il est également proposé une machine électrique tournante comportant un rotor tel que défini précédemment.

Il est également proposé un aéronef comportant une machine électrique tournante tel que défini précédemment.

Brève description des dessins

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[Fig 1] illustre schématiquement un rotor connu de l'état de la technique ;

[Fig 2] illustre schématiquement un aéronef selon l'invention ;

[Fig 3] illustre schématiquement un exemple du rotor selon l'invention ;

[Fig 4] illustre schématiquement un exemple d'un procédé de mise en œuvre du dispositif de dimensionnement selon l'invention ;

[Fig 5] illustre schématiquement un deuxième exemple du rotor selon l'invention ; et

[Fig 6] illustre schématiquement un troisième exemple du rotor selon l'invention.

Exposé détaillé d'au moins un mode de réalisation

On se réfère à la figure 2 qui illustre schématiquement un aéronef 5 comprenant une machine électrique tournante 6 comportant un stator 7 bobiné ayant un axe central B, et un rotor 8 disposé dans le stator 7 et comportant N_p pôles soit $N_p/2$ paires de pôles.

La figure 3 illustre un exemple du rotor 8 selon l'invention déterminé à partir du rotor 1 connu de l'état de la technique et illustré à la figure 1.

Le rotor 8 comprend la culasse 2 entourée d'un anneau 9 multipolaire à flux orienté formé par des sous-aimants 10 segmentés à flux orienté selon une topologie de Halbach.

On suppose que les sous-aimants 10 sont de mêmes dimensions.

Chaque sous-aimant 10 a une longueur axiale l_{z1} , une hauteur l_{R1} et une longueur circonférentielle l_{θ} définie par un secteur angulaire θ par rapport au centre de l'anneau 6.

La hauteur l_{R1} des sous-aimants 10 est égale à la hauteur l_R de l'aimant formant l'anneau 6 du rotor 1 connu de l'état de la technique.

Les sous-aimants 10 sont segmentés selon une direction axiale.

La somme de la longueur axiale l_{z1} des sous-aimants 10 est égale à la longueur axiale l_z de l'aimant 7.

Le rayon du rotor 8 est égal à la somme R du rayon l_c de la culasse 2 et de la hauteur l_{R1} des sous-aimants 10.

Chaque sous-aimant 10 comprend $1/n_H$ pôle, n_H étant le nombre de sous-aimants 10 pour former un pôle.

La longueur circonférentielle l_θ ou orthogonale est égale à :

$$l_\theta = \frac{2\pi R}{N_p n_H} \quad (1)$$

Lorsque les sous-aimants 10 segmentés ne sont pas tous de même taille au sein d'un même pôle de l'anneau 9, il convient de sélectionner la longueur orthogonale du plus petit sous-aimant du pôle.

Par exemple, il est connu, pour une topologie de Halbach comportant deux sous-aimants par pôle, de décomposer les sous-aimants de sorte que la longueur orthogonale d'un premier sous-aimant soit égale à la moitié de la longueur orthogonale du deuxième sous-aimant.

Dans ce cas la longueur circonférentielle l_θ ou orthogonale est égale à :

$$l_\theta = \frac{2\pi R}{3N_p} \quad (2)$$

Les dimensions des sous-aimants 10 sont déterminées de sorte que les pertes par courant de Foucault sont minimisées dans l'anneau 9 formé par les sous-aimants 10, et de sorte que le nombre de sous-aimants 10 à fabriquer et coller sur la culasse 2 soit réduit pour réduire la durée et la complexité de fabrication du rotor 8 par un dispositif de dimensionnement pour dimensionner les sous-aimants 10 afin de minimiser les pertes par courant de Foucault dans lesdits sous-aimants 10 et afin de minimiser le nombre de sous-aimants 10 formant l'anneau 9.

Le dispositif comprend par exemple une unité de traitement configuré.

La figure 4 illustre un exemple d'un procédé de mise en œuvre du dispositif.

5 On suppose qu'au début du procédé l'anneau 9 comprend l'aimant multipolaire formant l'anneau 3 du rotor illustré à la figure 1.

Durant une étape 20, le dispositif 11 détermine une dimension caractéristique $l_{z,SFM}$ de l'aimant 4 formant l'anneau 3 égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur $2\pi R$ de l'anneau 3 du rotor 1 et la longueur axiale l_z de l'anneau. Le dispositif 11 détermine en outre une valeur V_{ref} de référence égale à la valeur minimale parmi une longueur de référence l_{ref} prédéterminée et deux fois la valeur π .

La longueur de référence l_{ref} est par exemple égale à la valeur maximale choisie parmi la longueur axiale l_z , la hauteur l_R ou le périmètre de l'anneau égal à $2\pi R$ de l'aimant 4 illustré à la figure 1.

15 Durant une étape 21, le dispositif 11 compare la dimension caractéristique $l_{z,SFM}$ à la valeur V_{ref} .

Si la dimension caractéristique $l_{z,SFM}$ est inférieure ou égale à la valeur V_{ref} , l'aimant 4 formant l'anneau 3 du rotor 1 n'est pas segmenté circonférentiellement.

L'anneau 9 du rotor 8 est formé par l'aimant 4 multipolaire annulaire formant l'anneau 3 du rotor 1.

La figure 5 illustre un deuxième exemple du rotor 8 comportant des aimants annulaires 12, l'aimant 4 de l'anneau 3 ayant par exemple été segmenté axialement en aimants annulaires de longueur axiale l_{z1} pour minimiser les pertes par courant de Foucault.

Si la dimension caractéristique $l_{z,SFM}$ de l'aimant 4 est supérieure à la valeur de référence V_{ref} , l'aimant 4 est segmenté circonférentiellement en au moins deux sous-aimants 10.

30 Pour déterminer le nombre de sous-aimants 10 afin de minimiser les pertes par courant de Foucault dans lesdits sous-aimants 10 et afin de minimiser le nombre de sous-aimants 10 formant l'anneau 9, le dispositif décompose le nombre de pôles N_p du rotor 8 en nombres premiers (étape 22) de sorte que :

$$N_p = \prod_{k=1}^P P_k \quad (3)$$

où comme le nombre de pôles N_p est nécessairement paire, $P_1=2$,
et $P_k < P_{k+1}$.

5 En outre, une variable entière i est initialisée à la valeur 0.

Durant une étape 23, la variable i est incrémenté d'une unité.

10 Puis durant une étape 24, le dispositif 11 détermine un nombre caractéristique NUM égal au plus petit nombre premier P_i parmi un ensemble de nombres premiers comprenant les nombres premiers P_k , k variant de 1 à N_p .

15 Durant une étape 25, le dispositif 11 détermine en outre une deuxième valeur V_{ref2} de référence égale à la valeur minimale parmi la longueur de référence prédéterminée l_{ref} et deux fois la valeur P_i divisée par une somme caractéristique SOM égale à au moins la valeur du nombre caractéristique NUM tel que :

$$SOM = \prod_{n=1}^i P_n \quad (4)$$

20 Durant une étape 26, le dispositif 11 détermine en outre une deuxième dimension $l_{z,SFM2}$ caractéristique égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur $2\pi R$ de l'anneau 3 divisé par le nombre caractéristique NUM et la longueur axiale l_z de l'anneau.

Durant une étape 27, le dispositif 11 compare la deuxième dimension caractéristique $l_{z,SFM2}$ à la deuxième valeur V_{ref2} .

25 Si la deuxième dimension caractéristique $l_{z,SFM2}$ est inférieure ou égale à la deuxième valeur V_{ref2} , le dispositif 11 détermine que l'aimant 4 formant l'anneau 3 est segmenté en un nombre de sous-aimants 10 égal à la somme SOM, chaque sous-aimant 10 ayant un secteur angulaire par rapport au centre de l'anneau 9 égal à la valeur
30 deux fois P_i divisée par la somme SOM, et chaque sous-aimant 10 comprenant un nombre de pôles égal aux nombres de pôles N_p de l'anneau 9 divisé par la somme SOM (étape 28).

Si la deuxième dimension $l_{z,SFM2}$ caractéristique est supérieure à la deuxième valeur V_{ref2} , et l'ensemble de nombres premiers n'est

pas vide (étape 29), le procédé poursuit à l'étape 23 en incrémentant la valeur i , puis réitère l'étape 24 en déterminant le nombre caractéristique NUM égal au plus petit nombre premier parmi l'ensemble de nombres premiers auquel est retranché le plus petit nombre premier précédemment choisi,

Puis le procédé poursuit aux étapes suivantes.

Si l'ensemble de nombres premiers est vide (étape 29), l'aimant 4 n'est pas segmenté en sous-aimants 8.

L'anneau 9 du rotor 8 est formé par l'aimant 4 multipolaire annulaire formant l'anneau 3 du rotor 1.

Si un premier sous-aimant est constitué d'un premier matériau de masse volumique ρ_1 et de conductivité électrique r_1 , et un deuxième sous-aimant est constitué d'un deuxième matériau de masse volumique ρ_2 et de conductivité électrique r_2 , la deuxième valeur de référence Vref2 est multipliée par un coefficient COEFF tel que :

$$COEFF = \frac{r_2 \rho_2}{r_1 \rho_1} \quad (5)$$

La figure 6 illustre un troisième exemple du rotor 8 comportant l'anneau 9 formé par des sous-aimants 13, chaque sous-aimant 13 formant un pôle de l'anneau 9.

L'anneau 9 peut comprendre l'aimant annulaire 4, ou un ou plusieurs sous-aimants à flux orienté, chaque sous-aimant correspondant à une paire de pôles ou chaque sous-aimant correspondant à un pôle selon le résultat du procédé de dimensionnement.

REVENDICATIONS

1. Procédé de dimensionnement d'un anneau magnétique (9) à flux orienté multipolaire pour un rotor (8) d'une machine électrique tournante (6), l'anneau magnétique comportant un nombre prédéterminé de paires de pôles, l'anneau magnétique étant formé par au moins un aimant (4, 12) à flux orienté, caractérisé en ce que le procédé comprend :
- la détermination d'une dimension caractéristique (20) de l'aimant égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau et la longueur axiale de l'anneau,
 - la détermination d'une valeur de référence (20) égale à la valeur minimale parmi une longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur P_i ,
 - la comparaison (21) de la dimension caractéristique de l'aimant à la valeur de référence, et
 - si la dimension caractéristique de l'aimant est supérieure à la valeur de référence, le procédé comprend la segmentation circumférentielle de l'aimant en au moins deux sous-aimants (10, 13).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel si la dimension caractéristique de l'aimant (4, 12) est inférieure ou égale à la valeur de référence, l'aimant n'est pas segmenté circumférentiellement en sous-aimants.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la segmentation circumférentielle de l'aimant (4, 12) en au moins deux sous-aimants (10, 13) comprend :
- la décomposition (22) du nombre de pôles de l'anneau en nombres premiers,
 - la détermination d'un nombre caractéristique (24) égal au plus petit nombre premier parmi un ensemble de nombres premiers comprenant les nombres premiers,
 - a) la détermination d'une deuxième valeur (25) de référence égale à la valeur minimale parmi la longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur P_i divisée par une somme

caractéristique égale à au moins la valeur du nombre caractéristique,

5 - b) la détermination d'une deuxième dimension (26) caractéristique égale à la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau divisé par le nombre caractéristique et la longueur axiale de l'anneau,

10 - c) la comparaison (27) de la deuxième dimension caractéristique de l'aimant à la deuxième valeur de référence, et - si la deuxième dimension caractéristique est inférieure ou égale à la deuxième valeur de référence, l'aimant est segmenté en un nombre de sous-aimants (10, 13) égal à la somme, chaque sous-aimant ayant un secteur angulaire par rapport au centre de l'anneau égal à la valeur deux fois Pi divisée par la somme, et chaque sous-aimant comprenant un nombre de pôles égal aux
15 nombres de pôles de l'anneau divisé par la somme.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel si la deuxième dimension caractéristique est supérieure à la deuxième valeur de référence et si l'ensemble de nombres premiers n'est pas vide, le procédé comprend :

20 - la détermination du nombre caractéristique égal au plus petit nombre premier parmi l'ensemble de nombres premiers auquel est retranché le plus petit nombre premier précédemment choisi,
- la répétition de l'étape a), dans laquelle la somme caractéristique est égale à la multiplication du nombre
25 caractéristique par le plus petit nombre premier précédemment choisi
- la répétition de l'étape b), et
- la répétition de l'étape c).

30 5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel si l'ensemble de nombres premiers est vide, l'aimant (4, 12) n'est pas segmenté en sous-aimants.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel si un premier sous-aimant est constitué d'un premier

matériau et le deuxième sous-aimant est constitué d'un deuxième matériau différent du premier matériau, la deuxième valeur de référence est égale à la valeur minimale multipliée par un coefficient égal à la multiplication d'un premier coefficient par un deuxième coefficient, le premier coefficient étant égal à la masse volumique du deuxième matériau divisée par la masse volumique du premier matériau, et le deuxième coefficient étant égal à la conductivité électrique du deuxième matériau divisée par la conductivité électrique du premier matériau.

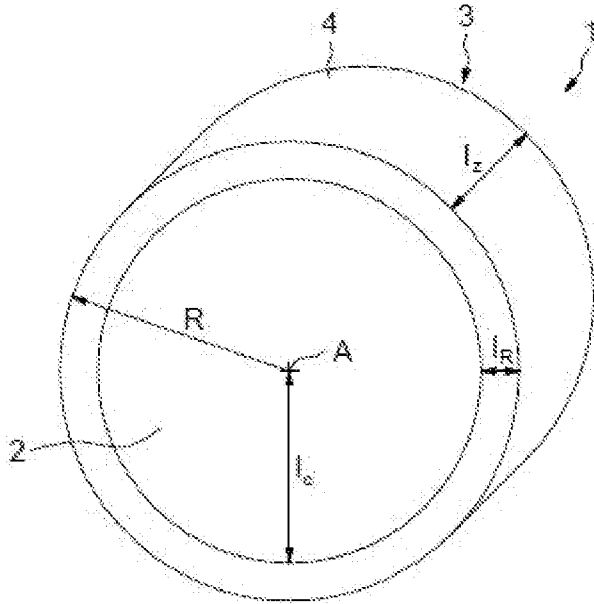
5
10
15
7. Rotor (8) pour machine électrique tournante (6) comportant un anneau magnétique (4, 10, 12, 13) comprenant un nombre prédéterminé de paires de pôles, l'anneau magnétique étant formé par un aimant (4, 12) à flux orienté segmenté en au moins deux sous-aimants, caractérisé en ce que la valeur minimale parmi le périmètre extérieur de l'anneau et la longueur axiale de l'anneau est supérieure à la valeur minimale parmi une longueur de référence prédéterminée et deux fois la valeur π .

8. Machine électrique tournante (6) comportant un rotor (8) selon la revendication 7.

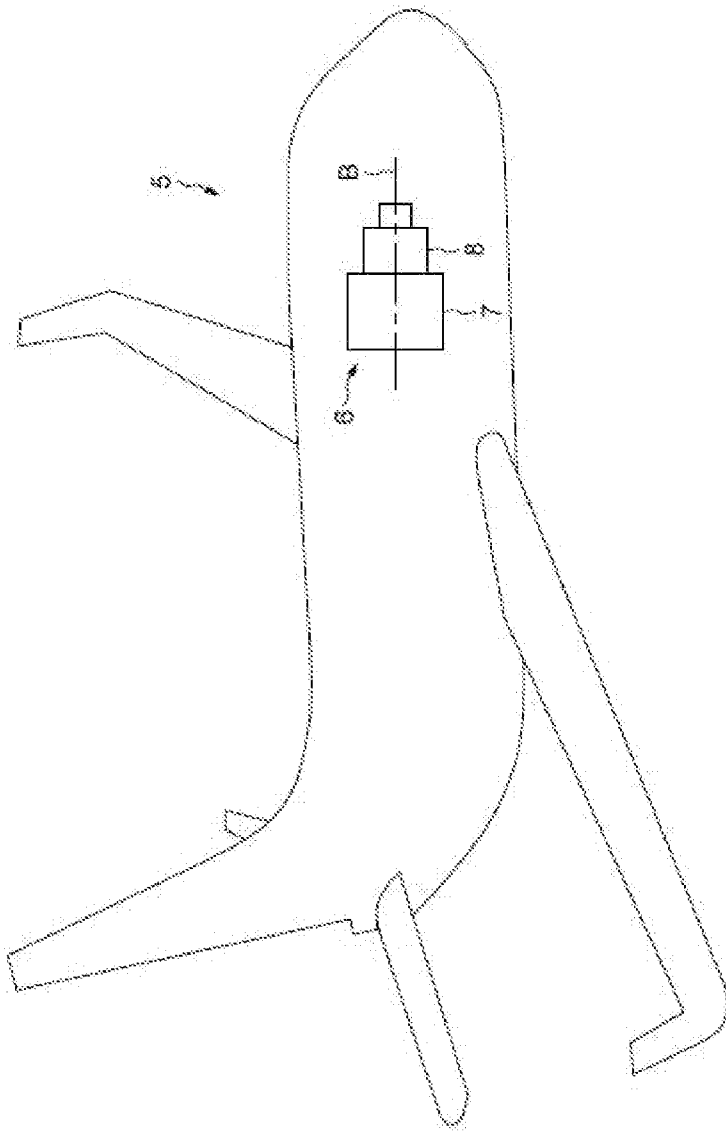
20
9. Aéronef (5) comportant une machine électrique tournante (6) selon la revendication 8.

[Fig. 1]

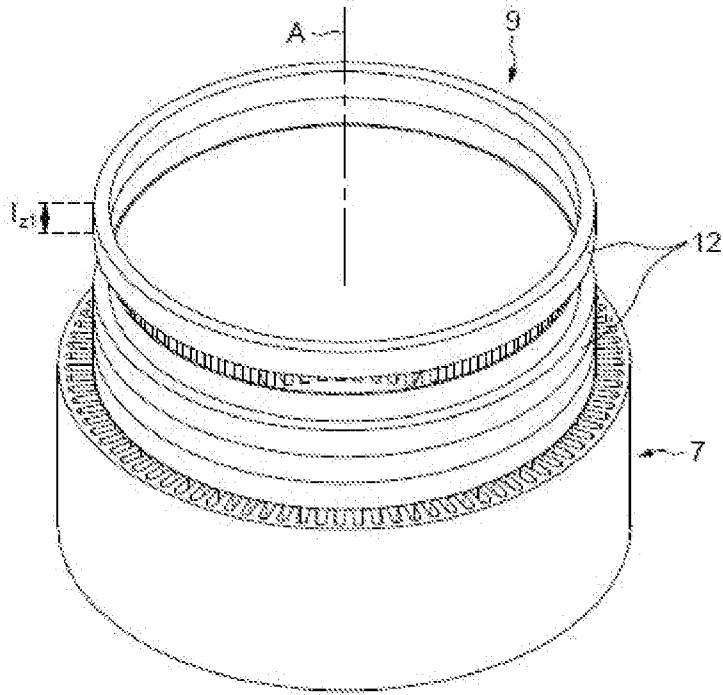
ART ANTERIEUR



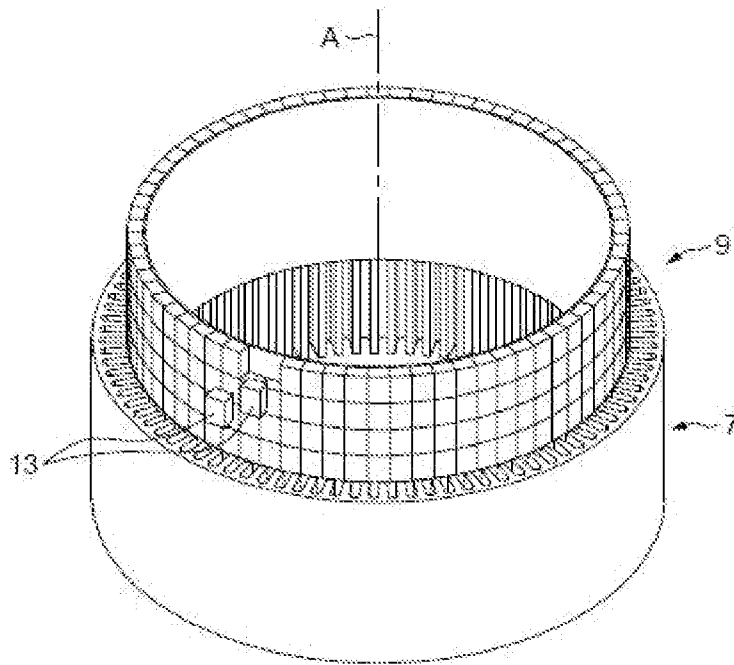
[Fig. 2]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2022/052144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02K 1/2783</i> (2022.01)i; <i>H02K 15/03</i> (2006.01)i		
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 2018287437 A1 (HARAN KIRUBA SIVASUBRAMANIAM [US]) 04 October 2018 (2018-10-04)	7-9
A	paragraphs [0076], [0077] figures 3, 8-10	1-6
X	US 8446121 B1 (PARSA LEILA [US] ET AL) 21 May 2013 (2013-05-21)	7-9
A	column 6, line 3 - line 17 column 18, line 14 - line 22 figures 4a, 11	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <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>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 13 February 2023		Date of mailing of the international search report 21 February 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Maas, Erik Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2022/052144

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018287437	A1	04 October 2018	NONE			
US	8446121	B1	21 May 2013	US	8446121	B1	21 May 2013
				US	8710786	B1	29 April 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2022/052144

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/2783 H02K15/03 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 2018/287437 A1 (HARAN KIRUBA SIVASUBRAMANIAM [US]) 4 octobre 2018 (2018-10-04)	7-9
A	alinéas [0076], [0077] figures 3, 8-10 <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6
X	US 8 446 121 B1 (PARSA LEILA [US] ET AL) 21 mai 2013 (2013-05-21)	7-9
A	colonne 6, ligne 3 - ligne 17 colonne 18, ligne 14 - ligne 22 figures 4a, 11 <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
13 février 2023	21/02/2023	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Maas, Erik	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2022/052144

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2018287437	A1	04-10-2018	AUCUN

US 8446121	B1	21-05-2013	US 8446121 B1 21-05-2013
		US 8710786 B1	29-04-2014
