



(43) Date de la publication internationale
28 juillet 2016 (28.07.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/116498 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/28 (2006.01) H02K 17/16 (2006.01)
H02K 15/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/051125

(22) Date de dépôt international :
20 janvier 2016 (20.01.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
15305057.0 20 janvier 2015 (20.01.2015) EP

(71) Déposant : GE ENERGY POWER CONVERSION
TECHNOLOGY LIMITED [GB/GB]; Boughton Road,
Rugby Warwickshire CV21 1BU (GB).

(72) Inventeurs : GALMICHE, Christophe; 442, Rue de la
Rompure, 54250 Champigneulle (FR). AYLLON, Sté-
phane; 442, Rue de la Rompure, 54250 Champigneulle
(FR).

(74) Mandataire : CREST, Véronique; Casaloga & Associés,
8 Avenue Percier, 75008 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, 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), 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, 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))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues (règle 48.2.h))

(54) Title : MAGNETIC MASS FOR A ROTOR, AND CORRESPONDING ROTOR, ELECTRIC MACHINE AND MANUFACTURING METHOD

(54) Titre : MASSE MAGNÉTIQUE POUR ROTOR, ROTOR, MACHINE ÉLECTRIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION CORRESPONDANTS

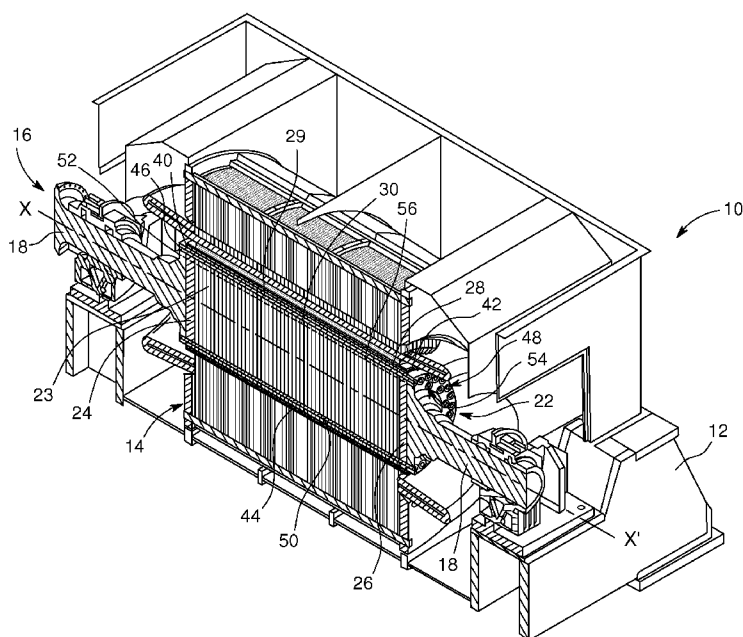


FIG. 1

(57) Abstract : Said magnetic mass (23) for a ro-
tor of an electric machine movable about an axis
of rotation (X-X') extends along the axis of ro-
tation (X-X') and comprises: - a plurality of first
longitudinal through-holes, each first longitudinal
hole being suitable for receiving a first respective
tie-rod (29) and being at a first distance relative to
the axis of rotation (X-X'), in a radial direction
substantially perpendicular to the axis of rotation
(X-X'), - a plurality of first tie-rods (29), each
first tie-rod (29) being received in a first respec-
tive longitudinal hole. The magnetic mass (23)
further comprises: - at least one second longitu-
dinal through-hole, the or each second longitudinal
hole being suitable for receiving a second respec-
tive tie-rod (30) and being at a second distance re-
lative to the axis of rotation (X-X') along a radial
direction substantially perpendicular to the axis of
rotation (X-X'), the second distance being dif-
ferent from the first distance, and - at least one se-
cond tie-rod (30), the or each second tie-rod (30)
being received in a second respective longitudinal
hole.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Cette masse magnétique (23) de rotor de machine électrique mobile autour d'un axe de rotation (X-X') s'étend selon l'axe de rotation (X-X') et comporte : - une pluralité de premiers trous longitudinaux traversants, chaque premier trou longitudinal étant propre à recevoir un premier tirant (29) respectif et étant à une première distance par rapport à l'axe de rotation (X-X'), selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X'), - une pluralité de premiers tirants (29), chaque premier tirant (29) étant reçu dans un premier trou longitudinal respectif. La masse magnétique (23) comprend, en outre : - au moins un deuxième trou longitudinal traversant, le ou chaque deuxième trou longitudinal étant propre à recevoir un deuxième tirant (30) respectif et étant à une deuxième distance par rapport à l'axe de rotation (X-X') selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X'), la deuxième distance étant distincte de la première distance, et - au moins un deuxième tirant (30), le ou chaque deuxième tirant (30) étant reçu dans un deuxième trou longitudinal respectif.

**Masse magnétique pour rotor, rotor, machine électrique et
procédé de fabrication correspondants**

5 La présente invention concerne une masse magnétique pour un rotor de machine électrique et concerne également un tel rotor. La présente invention concerne également une machine électrique comprenant un tel rotor. La présente invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'une telle masse
10 magnétique.

 Le document EP-A-0 609 645 décrit un rotor comprenant une masse magnétique et une cage de court-circuit. La cage de court-circuit comprend deux couronnes de court-circuit et une pluralité de barres conductrices chacune reliant électriquement les couronnes de
15 court-circuit. La masse magnétique comporte un empilement de tôles rotoriques et des tirants longitudinaux de maintien de l'empilement qui traversent les tôles magnétiques rotoriques.

 Le but de l'invention est donc de proposer un rotor comportant des tirants de maintien mécanique des tôles rotoriques permettant de ne pas avoir d'arbre traversant les tôles magnétiques
20 rotoriques.

 A cet effet, l'invention a pour objet une masse magnétique de rotor de machine électrique mobile autour d'un axe de rotation, dans laquelle la masse magnétique s'étend selon l'axe de rotation, et comporte une pluralité de premiers trous longitudinaux
25 traversants, chaque premier trou longitudinal étant propre à recevoir un premier tirant respectif et étant à une première distance par rapport à l'axe de rotation, selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation, une pluralité de premiers
30 tirants, chaque premier tirant étant reçu dans un premier trou longitudinal respectif.

 La masse magnétique comprend, en outre, au moins un deuxième trou longitudinal traversant, le ou chaque deuxième trou

longitudinal étant propre à recevoir un deuxième tirant respectif et étant à une deuxième distance par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation, la deuxième distance étant distincte de la première distance, et au moins un deuxième tirant, le ou chaque deuxième tirant étant reçu dans un deuxième trou longitudinal respectif.

Les tôles magnétiques rotoriques sont ainsi non perforées en leur centre, ce qui diminue leurs contraintes mécaniques lors de rotations à grandes vitesses.

Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, la masse magnétique comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la deuxième distance est inférieure ou égale à 95% de la première distance, de préférence inférieure ou égale à 90% de la première distance, préférentiellement inférieure ou égale à 70% de la première distance ;

- les premiers trous longitudinaux et les deuxièmes trous longitudinaux sont équirépartis angulairement dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation ;

- la première distance est comprise entre 200 mm et 550 mm, de préférence comprise entre 225 mm et 500 mm, préférentiellement entre 325 mm et 450 mm ;

- la somme du nombre de premiers trous longitudinaux et du nombre de deuxièmes trous longitudinaux est supérieure à 18, de préférence supérieure à 30, préférentiellement supérieure à 40;

- le nombre de premiers trous longitudinaux est égal à deux fois le nombre de deuxièmes trous longitudinaux ;

- la masse magnétique comprend en outre au moins un troisième trou longitudinal traversant, chaque troisième trou longitudinal étant propre à recevoir un troisième tirant respectif et étant à une troisième distance par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de

rotation , la troisième distance étant distincte respectivement de la première distance et de la deuxième distance , et au moins un troisième tirant, le ou chaque troisième tirant étant reçu dans un troisième trou longitudinal respectif.

5 L'invention a également pour objet un rotor de machine électrique mobile autour d'un axe de rotation, comprenant une masse magnétique telle que définie ci-dessus, et une cage de court-circuit s'étendant selon l'axe de rotation et comportant deux couronnes de court-circuit placées de part et d'autre de la masse
10 magnétique suivant l'axe de rotation, et une pluralité de barres électriquement conductrices, chacune reliant électriquement les deux couronnes de court-circuit.

En outre, l'invention se rapporte aussi à une machine électrique en particulier machine asynchrone, notamment moteur,
15 comprenant un stator et un rotor tel que défini ci-dessus.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une masse magnétique de rotor de machine électrique telle que définie ci-dessus, le rotor étant mobile autour d'un axe de rotation, le procédé comprenant les étapes de :

20 - réalisation d'une masse magnétique s'étendant selon l'axe de rotation et comportant une pluralité de premier trous longitudinaux traversants, chaque premier trou longitudinal étant propre à recevoir un premier tirant respectif et étant à une distance par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale
25 sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation égale à une première distance, au moins un deuxième trou longitudinal traversant, le ou chaque deuxième trou longitudinal étant propre à recevoir un deuxième tirant respectif et étant à une distance par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale sensiblement
30 perpendiculaire à l'axe de rotation égale à une deuxième distance, la deuxième distance étant distincte de la première distance,

- insertion d'une pluralité de premiers tirants, chaque premier tirant étant inséré dans un premier trou longitudinal respectif,

5 - insertion d'au moins un deuxième tirant, le ou chaque deuxième tirant étant inséré dans un deuxième trou longitudinal respectif.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnés uniquement à titre d'exemple non
10 limitatif, et en référence aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale d'une machine électrique selon l'invention, et

15 - la figure 2 est une vue en coupe de la masse magnétique du rotor de la figure 1, suivant un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

De façon conventionnelle dans la présente invention, l'expression « sensiblement égal à » exprimera une relation d'égalité à plus ou moins 5%.

Sur la figure 1 est représentée une machine électrique selon
20 l'invention, désignée par la référence générale 10. La machine électrique 10 est, de préférence, une machine asynchrone, notamment un moteur asynchrone.

La machine électrique 10 comprend une carcasse 12, un stator 14, un rotor 16 et deux arbres 18.

25 La machine 10 est adaptée pour fonctionner à des très hautes vitesses, par exemple allant de 3 000 tours/minute à 30 000 tours/minute et est de forte puissance électrique, par exemple supérieure à 10 mégawatts (MW), de préférence supérieure à 50 MW.

30 La carcasse 12 et le stator 14 sont des éléments connus, et ne sont donc pas décrits plus en détail.

Le rotor 16 définit un axe de rotation X-X' également appelé axe longitudinal. Dans ce qui suit, les expressions « axialement », «

radialement » et « circonférentiellement » seront utilisées par rapport à l'axe X-X'.

Le rotor 16 est solidaire des arbres 18, et comprend une cage de court-circuit 22 et une masse magnétique 23.

5 Le rotor 16 est un rotor de masse importante, par exemple supérieure à 300 kilogrammes (kg), de préférence supérieure à 10 000 kilogrammes.

La cage de court-circuit 22 comprend une première couronne de court-circuit 24 électrique, une deuxième couronne de court-circuit 26 et une pluralité de barres 28 électriquement conductrices.

La masse magnétique 23 comporte un empilement de tôles rotoriques et des premiers tirants 29 et des deuxièmes tirants 30 de maintien de l'empilement.

15 La masse magnétique 23 s'étend selon l'axe longitudinal X-X' et est délimitée par une périphérie.

La masse 23 comporte une pluralité de logements de barre 32, une pluralité de premiers trous longitudinaux 34 traversants aptes à recevoir les premiers tirants 29 et une pluralité de deuxièmes trous longitudinaux 35 traversants aptes à recevoir les deuxièmes tirants 30.

La première couronne de court-circuit 24 et la deuxième couronne de court-circuit 26 sont situées de part et d'autre des extrémités de la masse magnétique 23.

25 Chaque couronne de court-circuit 24, 26 est un disque circulaire disposé coaxialement à l'axe de rotation X-X'. La première couronne de court-circuit 24 est disposée d'un côté axial de la masse magnétique 23 tandis que la deuxième couronne de court-circuit 26 est disposée de l'autre côté axial de la masse magnétique 23.

30 Chaque couronne de court-circuit 24, 26 est fixée axialement par rapport à la masse magnétique 23 ou par rapport aux arbres 18. Chaque couronne de court-circuit 24, 26 est, par exemple, maintenue serrée entre les arbres 18 et la masse magnétique 23. En

variante, la couronne de court-circuit 24, 26 est fixée à toute autre pièce intermédiaire des arbres 18 ou de la masse magnétique 23.

Chaque couronne de court-circuit 24, 26 est, par exemple, fabriquée en métal, de préférence fabriquée en cuivre. De
5 préférence, chaque couronne de court-circuit 24, 26 est fabriquée d'un seul tenant, notamment d'une seule pièce.

Chaque couronne de court-circuit 24, 26 est munie d'une pluralité de cavités axiales propres à recevoir une barre 28, un premier tirant 29 ou un deuxième tirant 30.

10 Chaque barre 28 comporte une première partie d'extrémité 40, une deuxième partie d'extrémité 42 et une partie médiane 44 s'étendant entre les parties d'extrémité 40, 42. Les barres 28 sont, par exemple, fabriquées en métal, tel que du cuivre. Les barres 28 sont disposées parallèlement à l'axe de rotation X-X'. En outre, la
15 partie médiane 44 a par exemple une section circulaire.

Chaque barre 28 est fabriquée d'un seul tenant, et notamment d'une seule pièce. La première partie d'extrémité 40 est liée mécaniquement et électriquement à la première couronne de court-circuit 24. La seconde partie d'extrémité 42 est également liée
20 électriquement et mécaniquement à la seconde couronne de court-circuit 26.

Chaque premier tirant 29 comporte une première partie d'extrémité 46, une deuxième partie d'extrémité 48 et une partie médiane 50 s'étendant entre les parties d'extrémité 46, 48. Les
25 premiers tirants 29 sont dans un matériau présentant une rigidité plus importante que le matériau des barres 28. Les premiers tirants 29 sont disposés parallèlement à l'axe de rotation X-X'. En outre la partie médiane 50 des tirants 29 a une section circulaire. Chaque premier tirant 29 est fabriqué d'un seul tenant, et notamment d'une
30 seule pièce. Les premiers tirants 29 permettent d'assurer le maintien mécanique de l'empilement de tôles rotoriques par appui contre les couronnes des courts-circuits 24, 26, elles-mêmes en appui contre les arbres 18.

Chaque deuxième tirant 30 comporte une première partie d'extrémité 52, une deuxième partie d'extrémité 54 et une partie médiane 56 s'étendant entre les parties d'extrémité 52, 54, les deuxièmes tirants sont dans un matériau présentant une rigidité plus importante que le matériau des barres 28. De préférence, le matériau des deuxièmes tirants 30 est le même que le matériau des premiers tirants 29. Les deuxièmes tirants 30 sont disposés parallèlement à l'axe de rotation X-X'. En outre, la partie médiane 56 des deuxièmes tirants 30 a une section circulaire. De préférence, la section circulaire des parties médianes 56 des deuxièmes tirants 30 est la même que la section circulaire de la partie médiane 50 des premiers tirants 29. Chaque deuxième tirant 30 est fabriqué d'un seul tenant, et notamment d'une seule pièce. Les deuxièmes tirants 30 permettent d'assurer le maintien mécanique de l'empilement de tôles rotoriques par appui contre les couronnes des courts-circuits 24, 26, elles-mêmes en appui contre les arbres 18. Les tirants 29, 30 sont, par exemple, fabriqués en métal, tel que de l'acier.

Le nombre de logements 32 de barre est le même que le nombre de barres 28. Ainsi à chaque barre, est associé un logement 32 de barre respectif. Chaque logement 32 de barre a une section transversale complémentaire de la partie médiane 44 de la barre 28. Cette section transversale est donc circulaire dans l'exemple présenté. Chaque logement 32 présente un diamètre noté $\phi 1$ dans la suite. En outre chaque logement 32 se prolonge au niveau des couronnes de court-circuit 24, 26 dans deux premières cavités axiales 36.

Le nombre de premiers trous longitudinaux 34 varie entre 12 et 36. Dans l'exemple de la figure 2, vingt-huit premiers trous longitudinaux 34 sont visibles. De plus, le nombre de premiers trous longitudinaux 34 traversants est le même que le nombre de premiers tirants 29. Ainsi à chaque premier tirant 29, est associé un premier trou longitudinal 34 respectif.

Chaque premier trou longitudinal 34 a une section transversale complémentaire de la partie médiane 50 du premier tirant 29. Cette section transversale est donc circulaire dans l'exemple présenté. Chaque premier trou longitudinal 34 présente un diamètre noté $\phi 2$ dans la suite. Le diamètre $\phi 2$ des premiers trous longitudinaux 34 est plus petit que le diamètre $\phi 1$ des logements 32. En outre, chaque premier trou longitudinal 34 se prolonge au niveau des couronnes de court-circuit 24, 26 dans deux deuxièmes cavités axiales 38.

Chaque premier trou longitudinal 34 est à une première distance $d1$ par rapport à l'axe longitudinal X-X' selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X-X'. La première distance $d1$ d'un premier trou longitudinal 34 par rapport à l'axe longitudinal X-X' correspond à la distance entre le centre du premier trou longitudinal 34 et l'axe longitudinal X-X'. La première distance $d1$ est évaluée dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X', par exemple le plan de la figure 2. Une telle distance est appelée « distance radiale » dans la suite de la description. La première distance $d1$ est comprise entre 200 mm et 550 mm, de préférence comprise entre 225 mm et 500 mm, préférentiellement entre 325 mm et 450 mm. La valeur de la première distance $d1$ est identique pour tous les premiers trous longitudinaux 34 à plus ou moins 1% de préférence à plus ou moins 0,1%. La valeur de la première distance $d1$ est comprise entre 70% et 90% du rayon extérieur de la masse magnétique 23, de préférence comprise entre 75% et 85%.

Les premiers trous longitudinaux 34 sont équirépartis angulairement dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X-X'.

Le nombre de deuxièmes trous longitudinaux 35 varie entre 6 et 36. Dans l'exemple de la figure 2, quatorze deuxièmes trous longitudinaux 35 sont visibles. De ce fait, la somme du nombre de premiers trous longitudinaux 34 et du nombre de deuxièmes trous

longitudinaux 35 est supérieure à 18, de préférence supérieure à 30, préférentiellement supérieure à 40. Cela permet de mieux répartir les premiers tirants 29 et les deuxièmes tirants 30. En outre, dans cet exemple particulier de la figure 2, le nombre de premiers trous
5 longitudinaux 34 est égal à deux fois le nombre de deuxièmes trous longitudinaux 35. De plus, le nombre de deuxièmes trous longitudinaux 35 traversants est le même que le nombre de deuxièmes tirants 30. Ainsi à chaque deuxième tirant 30, est associé un deuxième trou longitudinal 35 respectif.

10 Chaque deuxième trou longitudinal 35 a une section transversale complémentaire de la partie médiane 56 du deuxième tirant 30. Cette section transversale est donc circulaire dans l'exemple présenté. Chaque deuxième trou longitudinal 35 présente un diamètre noté $\phi 3$ dans la suite. Le diamètre $\phi 3$ des deuxièmes
15 trous longitudinaux 35 est plus petit que le diamètre $\phi 1$ des logements 32. Par exemple, le diamètre $\phi 3$ des deuxièmes trous longitudinaux 35 est plus petit que le diamètre $\phi 2$ des premiers trous longitudinaux 34. En outre, chaque deuxième trou longitudinal 35 se prolonge au niveau des couronnes de court-circuit 24, 26 dans
20 deux deuxièmes cavités axiales 39.

Chaque deuxième trou longitudinal 35 est à une deuxième distance radiale $d2$ par rapport à l'axe longitudinal X-X'. La deuxième distance radiale $d2$ est distincte de la première distance $d1$. La deuxième distance $d2$ est inférieure à 95% de la première
25 distance $d1$.

Dans l'exemple de la figure 1, la deuxième distance $d2$ est inférieure ou égale à 90% de la première distance $d1$. Selon une variante, la deuxième distance $d2$ est inférieure ou égale à 70% de la première distance $d1$.

30 Les deuxièmes trous longitudinaux 35 sont équirépartis angulairement dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X-X'.

La masse magnétique 23 est avantageusement fabriquée comme suit.

Les différentes tôles rotoriques sont d'abord réalisées puis, pour chaque tirant 29, 30, la ou les premiers et deuxièmes trous
5 longitudinaux 34, 35 sont réalisés par découpage des tôles magnétiques de la masse magnétique 23. En outre, les logements 32 sont également découpés dans les tôles magnétiques de la masse magnétique 23. La fabrication de la masse magnétique 23 comprend l'insertion des premiers tirants 29 dans les premiers trous
10 longitudinaux 34 et l'insertion des deuxièmes tirants 30 dans les deuxièmes trous longitudinaux 35.

La masse magnétique 23 est donc particulièrement facile à fabriquer, en compactant sous pression les tôles rotoriques contre les arbres 18. La pression de compactage exercée axialement sur les
15 tôles rotoriques de la masse magnétique 23 est obtenue par une tension des tirants 29, 30 liés mécaniquement à leurs extrémités aux arbres 18. La contrainte de traction dans les tirants 29, 30 exerce une traction des arbres 18 l'un vers l'autre axialement permettant ainsi d'obtenir une pression axialement sur les tôles rotoriques pour
20 le maintien mécanique de l'empilement des tôles rotoriques composant la masse magnétique 23.

En outre, une telle masse magnétique 23 permet de répartir la contrainte exercée sur les tirants longitudinaux 29, 30 en plusieurs endroits situés à des distances radiales différentes par
25 rapport à l'axe longitudinal X-X'.

L'homme du métier comprendra que pour des rotors tournant à très grandes vitesses de rotation, avec une vitesse circonférentielle en périphérie de la masse magnétique 23 dépassant 100 mètres par seconde, l'invention permet de ne pas avoir d'arbre
30 18 traversant la masse magnétique 23. En effet, un arbre traversant oblige à découper un trou au centre des tôles rotoriques de la masse magnétique 23, trou servant de logement à l'arbre. Or, les contraintes mécaniques dans les tôles rotoriques dues à la force

centrifuge à très grande vitesse de rotation sont trop importantes, conduisant à une déformation radiale permanente et excessive du trou central, ce qui détériore le lien mécanique entre l'arbre traversant et la masse magnétique. Sans arbre traversant, les contraintes mécaniques d'origine centrifuge au centre des tôles rotoriques sont plus faibles qu'en présence d'un trou central, permettant ainsi de réaliser des rotors tournant à de plus grandes vitesses de rotation que les rotors avec arbre traversant.

La rigidité du rotor 16 et donc de sa masse magnétique 23 sans arbre traversant est assurée par une forte pression axiale sur les tôles rotoriques, pression axiale bien plus élevée que pour un rotor avec arbre traversant. Cet effet de forte pression, permettant par adhérence entre les tôles rotoriques d'assurer le maintien mécanique de la masse magnétique 23, est obtenue par un nombre plus élevé de tirants car répartis sur plusieurs distances radiales distinctes, nous autorisant ainsi à augmenter le nombre de tirants, donc la pression sur les tôles rotoriques, et donc la rigidité du rotor 16.

L'effet est encore accru pour une masse magnétique 23 présentant d'autres trous longitudinaux à d'autres distances radiales. Par exemple, selon une variante, la masse magnétique comprend également au moins un troisième trou longitudinal traversant, non représenté, chaque troisième trou longitudinal étant propre à recevoir un troisième tirant respectif et étant à une troisième distance d_3 par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation X-X', la troisième distance d_3 étant distincte respectivement de la première distance d_1 et de la deuxième distance d_2 .

L'homme du métier comprendra que l'invention s'applique de manière générale à une masse magnétique 23 comportant une pluralité de trous longitudinaux, dans laquelle au moins deux trous parmi la pluralité de trous longitudinaux sont disposés à des distances radiales différentes par rapport à l'axe de rotation. La

masse magnétique 23 comprend, en outre, une pluralité de tirants longitudinaux reçus dans les trous longitudinaux décrits ci-dessus, et au moins deux tirants parmi la pluralité de tirants longitudinaux sont donc disposés à des distances radiales différentes par rapport à l'axe de rotation (X-X').

5

REVENDICATIONS

1. Masse magnétique (23) de rotor de machine électrique, le
5 rotor étant mobile autour d'un axe de rotation (X-X'), la masse
magnétique (23) s'étendant selon l'axe de rotation (X-X'), et
comportant :

- une pluralité de premiers trous longitudinaux (34)
traversants, chaque premier trou longitudinal (34) étant propre à
10 recevoir un premier tirant (29) respectif et étant à une première
distance (d1) par rapport à l'axe de rotation (X-X'), selon une
direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation
(X-X'),

- une pluralité de premiers tirants (29), chaque premier tirant
15 (29) étant reçu dans un premier trou longitudinal (34) respectif
caractérisée en ce que la masse magnétique (23) comprend,
en outre :

- au moins un deuxième trou longitudinal (35) traversant, le
ou chaque deuxième trou longitudinal (35) étant propre à recevoir
20 un deuxième tirant (30) respectif et étant à une deuxième distance
(d2) par rapport à l'axe de rotation (X-X') selon une direction
radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X'), la
deuxième distance (d2) étant distincte de la première distance (d1),
et

- au moins un deuxième tirant (30), le ou chaque deuxième
25 tirant (30) étant reçu dans un deuxième trou longitudinal (35)
respectif.

2. Masse magnétique selon la revendication 1, dans laquelle
la deuxième distance (d2) est inférieure ou égale à 95% de la
30 première distance (d1), de préférence inférieure ou égale à 90% de
la première distance (d1), préférentiellement inférieure ou égale à
70% de la première distance (d1).

3. Masse magnétique selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les premiers trous longitudinaux (34) et les deuxièmes trous longitudinaux (35) sont équirépartis angulairement dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X').

5 4. Masse magnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la première distance (d1) est comprise entre 200 mm et 550 mm, de préférence comprise entre 225 mm et 500 mm, préférentiellement entre 325 mm et 450 mm.

10 5. Masse magnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la somme du nombre de premiers trous longitudinaux (34) et du nombre de deuxièmes trous longitudinaux (35) est supérieure à 18, de préférence supérieure à 30, préférentiellement supérieure à 40.

15 6. Masse magnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le nombre de premiers trous longitudinaux (34) est égal à deux fois le nombre de deuxièmes trous longitudinaux (35).

7. Masse magnétique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, en outre :

20 - au moins un troisième trou longitudinal traversant, chaque troisième trou longitudinal étant propre à recevoir un troisième tirant respectif et étant à une troisième distance (d3) par rapport à l'axe de rotation selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X'), la troisième distance (d3) étant distincte respectivement de la première distance (d1) et
25 de la deuxième distance (d2), et

 - au moins un troisième tirant, le ou chaque troisième tirant étant reçu dans un troisième trou longitudinal respectif.

30 8. Rotor (16) de machine électrique mobile autour d'un axe de rotation (X-X') comprenant :

 - une masse magnétique (23) conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, et

- une cage de court-circuit (22) s'étendant selon l'axe de rotation (X-X') et comportant :

- o deux couronnes de court-circuit (24, 26) placées de part et d'autre de la masse magnétique (23) suivant l'axe de rotation (X-X'), et
- o une pluralité de barres (28) électriquement conductrices, chacune reliant électriquement les deux couronnes de court-circuit (24, 26).

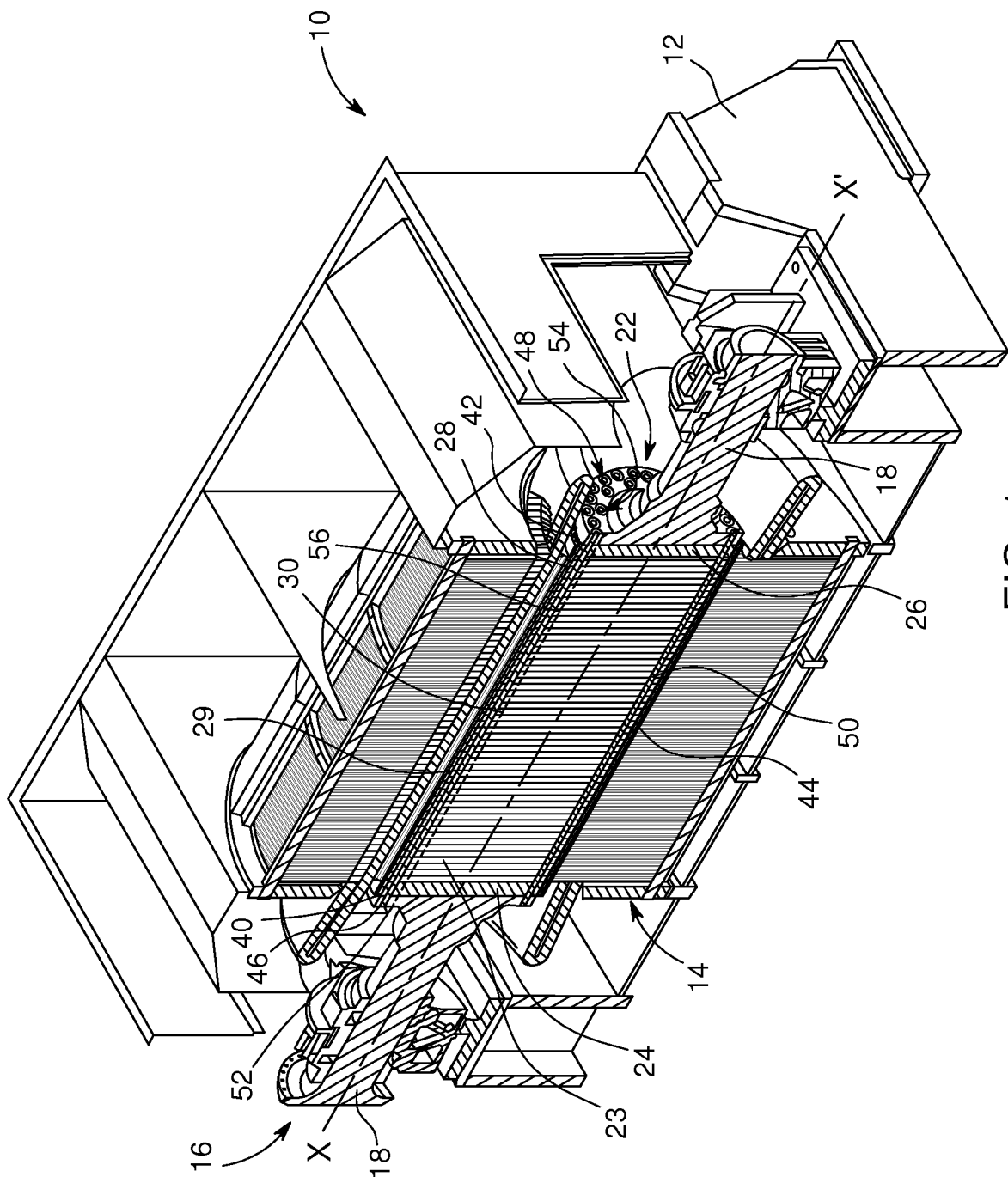
9. Machine électrique (10) en particulier machine asynchrone, notamment moteur (10), comprenant un stator (14) et un rotor (16), caractérisée en ce que le rotor (16) est conforme à la revendication 8.

10. Procédé de fabrication d'une masse magnétique (23) de rotor de machine électrique conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, le rotor étant mobile autour d'un axe de rotation (X-X'), le procédé comprenant les étapes de :

- réalisation d'une masse magnétique (23) s'étendant selon l'axe de rotation (X-X') comportant :
 - o une pluralité de premier trous longitudinaux (34) traversants, chaque premier trou longitudinal (34) étant propre à recevoir un premier tirant (29) respectif et étant à une distance par rapport à l'axe de rotation (X-X') selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X') égale à une première distance (d1),
 - o au moins un deuxième trou longitudinal (35) traversant, le ou chaque deuxième trou longitudinal (35) étant propre à recevoir un deuxième tirant (30) respectif et étant à une distance par rapport à l'axe de rotation (X-X') selon une direction radiale sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation (X-X') égale à

une deuxième distance (d2), la deuxième distance (d2) étant distincte de la première distance (d1),

- insertion d'une pluralité de premiers tirants (29), chaque premier tirant (29) étant inséré dans un premier trou longitudinal (34) respectif,
- insertion d'au moins un deuxième tirant (30), le ou chaque deuxième tirant (30) étant inséré dans un deuxième trou longitudinal (35) respectif.



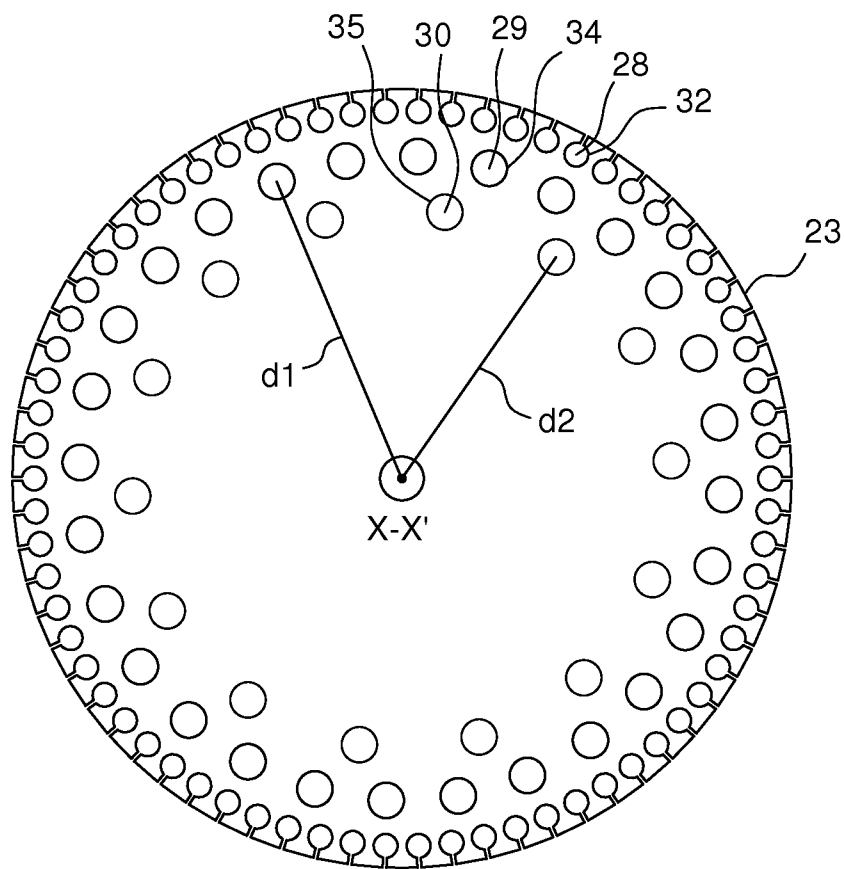


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/051125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K1/28 H02K15/00 H02K17/16
 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 4 568 846 A (KAPADIA SHAILESH C [US]) 4 February 1986 (1986-02-04) column 6, lines 12-20 column 6, lines 54-65 column 9, lines 4-31; figures 1-8 -----	1-10
X	WO 2011/141435 A2 (ALSTOM HYDRO FRANCE [FR]; OKAI RICARDO NAOKI [CH]) 17 November 2011 (2011-11-17)	1-8,10
Y	page 2, lines 1-8 page 4, line 12 - page 5, line 5; figure 1 -----	9
X	US 2 680 822 A (BRAINARD MAURICE W) 8 June 1954 (1954-06-08) column 5, lines 1-42; figure 2 -----	1-3,10
Y	DE 10 2012 110157 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 12 June 2014 (2014-06-12) paragraphs [0041], [0042]; figures 1-11 -----	9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 July 2016

Date of mailing of the international search report

14/07/2016

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

Kugler, Daniel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/051125

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4568846	A	04-02-1986	NONE
WO 2011141435	A2	17-11-2011	NONE
		CA 2799033 A1	17-11-2011
		CN 103026589 A	03-04-2013
		DE 202011110583 U1	27-10-2014
		EP 2569852 A2	20-03-2013
		ES 1126730 U	07-10-2014
		JP 2013526822 A	24-06-2013
		PT 11073 T	23-03-2015
		RU 2012152937 A	20-06-2014
		US 2013062991 A1	14-03-2013
		WO 2011141435 A2	17-11-2011
US 2680822	A	08-06-1954	NONE
DE 102012110157 A1	A1	12-06-2014	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/051125

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/28 H02K15/00 H02K17/16 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 4 568 846 A (KAPADIA SHAILESH C [US]) 4 février 1986 (1986-02-04) colonne 6, lignes 12-20 colonne 6, lignes 54-65 colonne 9, lignes 4-31; figures 1-8 -----	1-10
X	WO 2011/141435 A2 (ALSTOM HYDRO FRANCE [FR]; OKAI RICARDO NAOKI [CH]) 17 novembre 2011 (2011-11-17)	1-8,10
Y	page 2, lignes 1-8 page 4, ligne 12 - page 5, ligne 5; figure 1 -----	9
X	US 2 680 822 A (BRAINARD MAURICE W) 8 juin 1954 (1954-06-08) colonne 5, lignes 1-42; figure 2 ----- -/-	1-3,10
☒ 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 6 juillet 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 14/07/2016
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 Kugler, Daniel

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/051125

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 10 2012 110157 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 12 juin 2014 (2014-06-12) alinéas [0041], [0042]; figures 1-11 -----	9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/051125

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4568846	A	04-02-1986	AUCUN	

WO 2011141435	A2	17-11-2011	CA 2799033 A1	17-11-2011
			CN 103026589 A	03-04-2013
			DE 202011110583 U1	27-10-2014
			EP 2569852 A2	20-03-2013
			ES 1126730 U	07-10-2014
			JP 2013526822 A	24-06-2013
			PT 11073 T	23-03-2015
			RU 2012152937 A	20-06-2014
			US 2013062991 A1	14-03-2013
			WO 2011141435 A2	17-11-2011

US 2680822	A	08-06-1954	AUCUN	

DE 102012110157	A1	12-06-2014	AUCUN	
