

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/189230 A1

(43) Date de la publication internationale
1 décembre 2016 (01.12.2016)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :
H02K 1/32 (2006.01) *H02K 7/00* (2006.01)
H02K 9/19 (2006.01)

(74) Mandataire : **CONDEMINÉ, Olivier**; Valeo Equipements Electriques Moteur, 2, rue André Bouille, 94046 Creteil Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051191

(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.

(22) Date de dépôt international :
19 mai 2016 (19.05.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1554512 20 mai 2015 (20.05.2015) FR

(71) Déposant : **VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR** [FR/FR]; 2 rue André Bouille, 94046 Creteil Cedex (FR).

(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).

(72) Inventeurs : **BOUARROUDJ, Lilya**; 8 Place de l'Europe, 94220 Charenton Le Pont (FR). **FAKES, Michel**; 15 avenue du Vieux Moulin, 59113 Seclin (FR). **SEIDENBINDER, Régis**; 40 bis rue des Fusillés, 94600 Choisy Le Roi (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : ROTARY ELECTRIC MACHINE WITH OPTIMISED COOLING CIRCUIT

(54) Titre : MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE A CIRCUIT DE REFOIDISSEMENT OPTIMISE

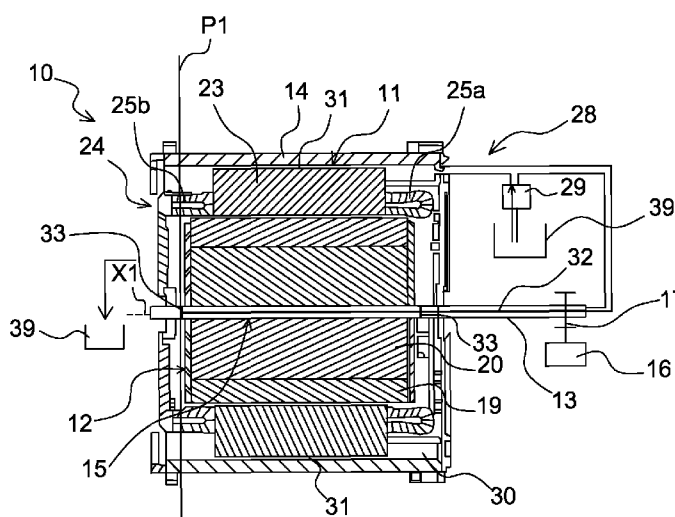


Fig.1

(57) Abstract : The invention relates mainly to a rotary electric machine (10) comprising a cooling circuit (28) through which a coolant, notably a cooling oil, passes, the electric machine comprising a stator and a rotor (12), the rotor (12) being mounted on a shaft (13), said shaft (13) comprising at least two coolant outlet holes (33), in relation with a central bore (32), characterized in that said coolant outlet holes (33) are axially offset from one another in such a way that the coolant passing through one of the outlet holes (33) is able to wet a base of a winding overhang (25a) of a winding of said stator and that the coolant passing through the other outlet hole is able to wet a top end of the same winding overhang (25a).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/189230 A1



Publiée :

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

L'invention porte principalement sur une machine électrique tournante (10) comportant un circuit de refroidissement (28) parcouru par un liquide de refroidissement notamment une huile de refroidissement, la machine électrique comportant un stator et un rotor (12), le rotor (12) étant monté sur un arbre (13), ledit arbre (13) comportant au moins deux trous de sortie (33) de liquide de refroidissement en relation avec un alésage central (32), caractérisé en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre de telle façon que le liquide de refroidissement passant par l'un des trous de sortie (33) est apte à arroser une base d'un chignon (25a) d'un bobinage dudit stator et que le liquide de refroidissement passant par l'autre trou de sortie est apte à arroser une extrémité haute du même chignon (25a).

MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE A CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT OPTIMISE

La présente invention porte sur une machine électrique tournante à circuit de refroidissement optimisé. L'invention trouve une application particulièrement
5 avantageuse, mais non exclusive, avec les machines électriques réversibles de forte puissance pouvant fonctionner en mode alternateur et en mode moteur.

De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator et un rotor solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre
10 menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur, d'un moteur électrique, ou d'une machine réversible pouvant fonctionner dans les deux modes.

Le stator est monté dans un carter configuré pour porter à rotation l'arbre par exemple par l'intermédiaire de roulements. Le rotor comporte un corps formé
15 par un empilage de feuilles de tôles maintenues sous forme de paquet au moyen d'un système de fixation adapté, tel que des rivets traversant axialement le corps du rotor de part en part. Le rotor comporte des pôles formés par exemple par des aimants permanents logés dans des cavités ménagées dans la masse magnétique du rotor, comme cela est décrit par
20 exemple dans le document EP0803962. Alternativement, dans une architecture dite à pôles "saillants", les pôles sont formés par des bobines enroulées autour de bras du rotor.

Par ailleurs, le stator comporte un corps constitué par un empilage de tôles minces formant une couronne, dont la face intérieure est pourvue d'encoches
25 ouvertes vers l'intérieur pour recevoir des enroulements de phase. Ces enroulements traversent les encoches du corps du stator et forment des chignons faisant saillie de part et d'autre du corps du stator. Les enroulements de phase sont obtenus par exemple à partir d'un fil continu recouvert d'émail. Ces enroulements sont des enroulements polyphasés
30 connectés en étoile ou en triangle dont les sorties sont reliées à un pont redresseur de tension.

Dans certains types de chaînes de traction de véhicule automobile, une machine électrique tournante réversible de forte puissance est accouplée à la boîte de vitesses du véhicule. La machine électrique est alors apte à fonctionner dans un mode alternateur pour fournir notamment de l'énergie à la batterie et au réseau de bord du véhicule, et dans un mode moteur, non seulement pour assurer le démarrage du moteur thermique, mais également pour participer à la traction du véhicule seule ou en combinaison avec le moteur thermique. Compte tenu de sa puissance importante comprise entre 15kW et 50kW, la machine électrique a tendance à s'échauffer en cours de fonctionnement. L'invention vise à optimiser le refroidissement de ce type de machine, en particulier au niveau du bobinage du stator dans lequel circule des courants de forte intensité.

A cet effet, l'invention propose une machine électrique tournante comportant un circuit de refroidissement parcouru par un liquide de refroidissement notamment une huile de refroidissement, ladite machine électrique comportant un stator et un rotor, le rotor étant monté sur un arbre, ledit arbre comportant au moins deux trous de sortie de liquide de refroidissement en relation avec un alésage central, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre de telle façon que le liquide de refroidissement passant par l'un des trous de sortie est apte à arroser une base d'un chignon d'un bobinage dudit stator et que le liquide de refroidissement passant par l'autre trou de sortie est apte à arroser une extrémité haute du même chignon.

L'invention permet ainsi d'améliorer la performance du circuit de refroidissement de la machine donc de diminuer la résistance thermique de la machine et d'augmenter ainsi son couple et sa puissance électrique.

Selon une réalisation, l'alésage central a une section de passage d'huile comprise entre $0,00000315 \text{ m}^2$ et $0,000201 \text{ m}^2$, et valant de préférence de l'ordre de $0,00005026 \text{ m}^2$.

Ceci permet d'améliorer la performance du circuit de refroidissement de la machine donc de diminuer la résistance thermique de la machine et d'augmenter ainsi son couple et sa puissance électrique

Selon une réalisation, ledit circuit de refroidissement comporte un ou plusieurs trous de sortie de liquide de refroidissement réalisés exclusivement dans ledit arbre dudit rotor.

5 De manière étonnante, pour un débit de liquide de refroidissement donné entrant dans la machine, le refroidissement de la machine est ainsi amélioré par rapport à un circuit de refroidissement assurant une répartition du liquide de refroidissement, à la fois dans l'arbre et dans des canaux distincts de l'arbre, par exemple des rainures s'étendant entre le carter et le stator.

10 Selon une réalisation, une portion de la paroi externe d'un corps du stator de la machine électrique tournante forme une paroi externe de ladite machine électrique.

Ceci permet au corps de stator de pouvoir être refroidi par un liquide de refroidissement venant directement en contact sur le corps, le liquide étant issu d'une enceinte d'un dispositif hôte, dispositif dans lequel est disposé la
15 machine.

Selon une réalisation, un ratio entre la section de passage d'huile et une section dudit arbre est compris entre 1% et 64% et vaut de préférence 16%.

20 Selon une réalisation, un plan perpendiculaire à l'axe du rotor, passant par un axe de chaque trou de sortie de liquide de refroidissement coupe un chignon de bobinage correspondant.

Selon une réalisation, un plan perpendiculaire passant par un axe de chaque trou de sortie du liquide de refroidissement coupe un chignon de bobinage.

25 Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement situés d'un côté axial de la machine sont répartis angulairement de manière régulière suivant une circonférence dudit arbre.

Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement présentent un diamètre identique les uns par rapport aux autres.

Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement sont de diamètres différents les uns par rapport aux autres.

Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement sont positionnés d'un seul côté dudit rotor.

Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement sont positionnés des deux côtés dudit rotor.

- 5 Selon une réalisation, un ratio entre une section desdits trous de sortie situés d'un côté amont dudit arbre et une section desdits trous de sortie situés d'un côté aval dudit arbre par rapport à une arrivée de liquide de refroidissement est compris entre 0,5 et 1.2. Une telle caractéristique permet de garantir une alimentation correcte des trous de sortie en liquide de refroidissement du
- 10 côté aval.

Selon une réalisation, ladite machine électrique comporte un bobinage formé à partir d'un fil recouvert d'émail, et en ce que ledit circuit de refroidissement est configuré de telle façon que le liquide de refroidissement vient en contact direct avec ledit fil recouvert d'émail.

- 15 Selon une réalisation, ledit bobinage est réalisé sur un corps du stator de ladite machine électrique.

Selon une réalisation, ledit circuit de refroidissement est configuré de telle façon que le liquide de refroidissement vient en contact direct avec au moins un chignon de bobinage dudit stator.

- 20 Selon une réalisation, une puissance de la machine pourra être comprise entre 10kW et 50kW.

Selon une réalisation, un diamètre extérieur du rotor est compris entre 8 et 14 cm, notamment entre 10 et 12 cm, et vaut de préférence 11 cm.

- 25 Selon une réalisation, un diamètre extérieur du stator est compris entre 10 et 20 cm, notamment entre 13 et 18 cm, et vaut de préférence 15 cm.

Selon un aspect, l'invention concerne en outre une machine électrique tournante comportant un circuit de refroidissement parcouru par un liquide de refroidissement notamment une huile de refroidissement à un débit donné, caractérisée en ce qu'un ratio entre une puissance électrique de ladite

machine électrique exprimée en kW et un débit du liquide de refroidissement à l'intérieur dudit circuit de refroidissement exprimé en Litres/min est compris entre 1 et 4.

5 L'invention permet ainsi d'améliorer la performance du circuit de refroidissement de la machine donc de diminuer la résistance thermique de la machine et d'augmenter ainsi son couple et sa puissance électrique. Ce type de machine est tout particulièrement adapté aux véhicules hybrides, par exemple pour être refroidi par l'huile d'une boîte de vitesse.

10 Selon une réalisation, la machine électrique comporte un rotor monté sur un arbre, ledit arbre étant muni d'au moins un trou de sortie de liquide de refroidissement en relation avec un alésage central.

Selon une réalisation, la machine est d'environ 14kW, ledit ratio est compris entre 1,16 et 2,33 et le débit de liquide de refroidissement est compris entre 6 et 12 Litres/min.

15 Selon une réalisation, ledit arbre comporte au moins deux trous de sortie de liquide de refroidissement.

20 Selon une réalisation, lesdits trous de sortie de liquide de refroidissement sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre de telle façon que le liquide de refroidissement passant par l'un des trous de sortie est apte à arroser une base d'un chignon et que le liquide de refroidissement passant par l'autre trou de sortie est apte à arroser une extrémité haute du chignon.

Les caractéristiques précédentes peuvent s'appliquer seules ou en combinaison à cette aspect de l'invention.

25 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une machine électrique tournante selon la présente invention;

La figure 2 est une vue en perspective de l'arbre de la machine électrique tournante selon la présente invention;

La figure 3a est une vue en coupe longitudinal de l'arbre de la machine électrique selon la présente invention illustrant un premier mode de
5 réalisation des trous de sortie de liquide de refroidissement;

La figure 3b est une vue en coupe longitudinal de l'arbre de la machine électrique tournante selon la présente invention illustrant un deuxième mode de réalisation des trous de sortie de liquide de refroidissement.

Les éléments identiques, similaires, ou analogues conservent la même
10 référence d'une figure à l'autre.

La figure 1 montre une machine électrique tournante 10 comportant un stator 11 polyphasé entourant un rotor 12 d'axe X1 monté sur un arbre 13. Le stator 11 est porté par un carter 14 configuré pour porter à rotation l'arbre 13 via des roulements à billes. Le stator 11 de la machine 10 entoure le rotor 12
15 avec présence d'un entrefer entre la périphérie interne du stator 11 et la périphérie externe du rotor 12. Le rotor 12 est monté sur l'arbre 13 par emmanchement dans une zone 15. On pourra faire subir à l'arbre 13 un traitement thermique afin d'obtenir une dureté suffisante en surface.

Cette machine électrique 10 pourra être accouplée à une boîte de vitesses
20 16 appartenant à une chaîne de traction de véhicule automobile. La machine 10 est alors apte à fonctionner dans un mode alternateur pour fournir notamment de l'énergie à la batterie et au réseau de bord du véhicule, et dans un mode moteur, non seulement pour assurer le démarrage du moteur thermique du véhicule, mais également pour participer à la traction du
25 véhicule seule ou en combinaison avec le moteur thermique.

A cet effet, l'arbre 13 comporte un pignon 17 à une extrémité destinée à engrener avec un pignon correspondant de la boîte de vitesses 16. Le pignon 17 pourra par exemple être monté sur l'arbre 13 en faisant coopérer une périphérie interne cannelée du pignon 17 et un tronçon cannelé 18
30 correspondant de l'arbre 13, bien visible sur la figure 2. La coopération des

cannelures longitudinales du tronçon 18 et du pignon 17 permet de lier en rotation le pignon 17 avec l'arbre 13.

La puissance de la machine 10 pourra être comprise par exemple entre 10kW et 50kW. Dans un exemple de réalisation, un diamètre extérieur du rotor 12 est compris entre 8 et 14 cm, notamment entre 10 et 12 cm, et vaut de préférence 11 cm. Un diamètre extérieur du stator 11 est compris entre 10 et 20 cm, notamment entre 13 et 18 cm, et vaut de préférence 15 cm.

Plus précisément, le rotor 12 comporte un corps 19 sous la forme d'un paquet de tôles pour diminuer les courants de Foucault. Des aimants permanents 20 sont implantés dans des ouvertures du corps 19. Les aimants 20 pourront être en terre rare ou en ferrite selon les applications et la puissance recherchée de la machine 10. Alternativement, les pôles du rotor 12 pourront être formés par des bobines.

Par ailleurs, le stator 11 comporte un corps 23 en forme de paquet de tôles doté d'encoches, par exemple du type semi-fermées, équipées d'isolant d'encoches pour le montage du bobinage 24. Le bobinage 24 comporte un ensemble d'enroulements de phase traversant les encoches du corps 23 du stator 11 et formant un chignon avant 25a situé du côté du pignon 17 et un chignon arrière 25b situé du côté opposé s'étendant en saillie de part et d'autre du corps 23 du stator 11.

Les enroulements de phase sont obtenus par exemple à partir d'un fil continu recouvert d'émail. En variante, les enroulements de phase sont réalisés à partir d'éléments conducteurs en forme d'épingles reliées entre elles par exemple par soudage. Ces enroulements sont par exemple des enroulements triphasés connectés en étoile ou en triangle. Les sorties des enroulements de phase sont reliées à un pont redresseur et/ou onduleur comportant des composants électroniques, tels que des diodes ou des transistors du type MOSFET, notamment lorsqu'il s'agit d'une machine réversible.

La machine électrique 10 est refroidie au moyen d'un circuit de refroidissement 28 agencé pour permettre notamment l'écoulement d'un liquide de refroidissement, en l'occurrence de l'huile, entre le carter 14 et le

corps 23 du stator 11, dans la direction de l'axe X1. A cet effet, le circuit de refroidissement 28 comporte une pompe 29 permettant d'acheminer l'huile, dans une chambre de distribution 30 ménagée dans le carter 14, laquelle permet de faire circuler l'huile à l'intérieur de rainures 31 s'étendant
5 axialement le long du stator 11 et répartis angulairement de manière régulière sur la circonférence du stator 11.

Le circuit de refroidissement 28 fonctionne en boucle fermée, de telle façon que l'huile est prélevée par la pompe 29 dans un réservoir 39 et est récupérée après circulation dans la machine 10 dans ce réservoir 39.

10 En outre, afin d'améliorer sa performance, le circuit de refroidissement 28 est configuré de telle façon que l'huile vient en contact direct avec le fil recouvert d'émail du bobinage 24. Par contact direct, on entend une projection d'huile directe depuis une sortie d'huile vers le fil émaillé sans que l'huile vienne en contact avec un élément intermédiaire, tel qu'une pale de projection de
15 liquide, un déflecteur ou le rotor 12, avant de venir en contact avec le fil du bobinage 24.

A cet effet, comme cela est bien visible sur les figures 3a et 3b, l'huile circule dans un alésage axial 32 réalisé dans l'arbre 13 du rotor 12 et dans des trous de sortie 33 issus de l'alésage 32 ayant un axe X2 d'orientation radiale et débouchant en face des deux chignons 25a, 25b du bobinage 24, c'est-à-dire
20 que chaque plan P1 perpendiculaire à l'axe X1 du rotor 12 passant par un axe X2 d'un trou de sortie 33 de liquide de refroidissement coupe un chignon 25a, 25b correspondant (cf. figures 1 et 3a).

En l'occurrence, l'alésage central 32, de configuration borgne, présente une
25 arrivée 34 de liquide de refroidissement correspondant à l'extrémité débouchante de l'alésage 32 ménagée du côté d'une extrémité axiale de l'arbre 13. L'arrivée 34 de liquide est située à l'extrémité axiale de l'arbre 13 du côté de laquelle est positionné le pignon 17. Toutefois, en variante, l'arrivée 34 de liquide pourra être réalisée du côté opposé au pignon 17.

30 Les trous de sortie 33 de liquide de refroidissement sont positionnés des deux côtés du rotor 12. Une telle configuration permet ainsi, compte tenu de de la pression et de la force centrifuge générée par la rotation de l'arbre 13,

de projeter le liquide de refroidissement directement sur les deux chignons 25a, 25b du rotor 12.

Afin d'assurer une compatibilité entre l'huile et l'émail pour éviter la détérioration de l'émail donc les court-circuits, l'émail est réalisé à base d'un matériau choisi parmi un des matériaux suivants: polyamide ou polyamide-imide. L'huile est sélectionnée parmi les fluides hydrauliques, notamment les huiles de transmission de boîte de vitesses à simple embrayage ou double embrayage ou automatique. L'épaisseur d'émail est comprise entre 0,1 et 0,3mm.

Avantageusement, comme cela est représenté sur la figure 1, de chaque côté du rotor 12, l'arbre 13 comporte deux trous de sortie 33 de liquide de refroidissement. Comme cela est illustré sur la figure 3a, les trous de sortie 33 situés d'un même côté du rotor 12 pourront présenter des axes X2 alignés l'un par rapport à l'autre. Toutefois avantageusement, comme cela est illustré sur la figure 3b, les trous de sortie 33 situés d'un même côté du rotor 12 sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre d'une distance L1, de telle façon que le liquide de refroidissement issu de l'un des trous de sortie 33 est apte à arroser une base d'un chignon 25a, 25b (située du côté du corps 23 du stator 11) et que le liquide de refroidissement issu de l'autre trou 33 est apte à arroser une extrémité haute du chignon 25a, 25b (située du côté opposé du corps 23 du stator 11). Les deux trous 33 situés d'un même côté du rotor 12 sont de préférence diamétralement opposés l'un par rapport à l'autre.

En variante, comme cela a été représenté sur la figure 2, l'arbre 13 comporte plus de deux trous 33 de chaque côté du rotor 12 qui sont répartis angulairement de manière régulière suivant une circonférence de l'arbre 13.

Dans un mode de réalisation avantageux, le circuit de refroidissement 28 est dépourvu de rainures 31 et de la chambre de distribution 30 correspondante. Les trous de sortie 33 de liquide de refroidissement sont alors réalisés exclusivement dans l'arbre 13 du rotor 12. En effet, on s'est aperçu de manière étonnante que pour un débit d'huile donné entrant dans la machine, le refroidissement de la machine est amélioré avec un circuit 28 assurant uniquement une projection d'huile sur les chignons 25a, 25b, via les trous 33 réalisés dans l'arbre 13, par rapport à un circuit 28 assurant une répartition

de l'huile disponible entre les trous de sortie 33 de l'arbre 13 et les rainures 31.

Dans un exemple de réalisation préféré, le diamètre L2 (cf. figure 3a) de l'arbre 13 dans la zone emmanchée 15 du rotor 12 est de l'ordre de 20mm.

5 La section S_{ar} de l'arbre 13 sans alésage est donc de l'ordre de 0.000314m^2 . Par ailleurs, le diamètre L3 de l'alésage central 32 dans la zone emmanchée 15 est de l'ordre de 8mm, ce qui correspond à une section de passage de l'huile Sh de l'ordre de 0.00005026m^2 . Ainsi, le ratio préférentiel R1 entre la section de passage de l'huile Sh et la section S_{ar} de l'arbre 13 est de l'ordre
10 de $R1 = Sh/S_{ar} = 16\%$.

L'alésage central 32 étant réalisé par une technique de perçage profond, il est nécessaire de prévoir une épaisseur minimale de matière au rayon pour la tenue mécanique de l'ordre de 2mm. Le diamètre L3 maximal de l'alésage 32 est donc de l'ordre de 16mm, ce qui correspond à une section de passage
15 d'huile maximale valant $Sh_{max} = 0.000201\text{m}^2$, soit un ratio maximal valant $R1_{max} = Sh_{max}/S_{ar} = 64\%$.

Par ailleurs, le diamètre L3 minimal de l'alésage central 32 est de l'ordre de 1mm, ce qui correspond à une section de passage d'huile minimal valant $Sh_{min} = 0.00000315\text{m}^2$, soit un ratio minimal valant $R1_{min} = Sh_{min}/S_{ar} = 1\%$.
20 Le ratio R1 est donc compris entre 1% et 64%.

En outre, le diamètre L4 d'un trou de sortie 33 est de l'ordre de 2.4mm, en sorte que la section S_s d'une petite sortie vaut $S_s = 4.52\text{E-}6\text{m}^2$. En conséquence, la section des quatre trous de sortie 33 (deux de chaque côté du rotor 12) $S_{4s} = 1.81\text{E-}5\text{m}^2$. Un ratio R2 préférentiel entre la section S_{4s}
25 des trous de sortie 33 et la section Sh de passage de l'huile vaut donc $S_{4s}/Sh = 36\%$.

Les trous de sortie 33 sont réalisés par un procédé de perçage standard permettant de réaliser des trous de toute dimension. On pourra ainsi par exemple réaliser huit trous de sortie 33 ayant un diamètre L4 minimal de
30 l'ordre de 0.3mm. Dans tous les cas, le diamètre L4 maximal des trous de sortie 33 est inférieur à 4mm, quel que soit le nombre de trous 33.

En outre, un ratio R3 entre une section Ss_am des trous de sortie 33 du côté amont de l'arbre 13 (c'est-à-dire du côté de l'arrivée 34 de liquide de refroidissement) et une section Ss_av des trous de sortie 33 du côté aval de l'arbre 13 (c'est-à-dire du côté opposé de l'arrivée 34 de liquide de refroidissement) $R3=Ss\_am/Ss\_av$ est compris entre 0,5 et 1.2. Une telle caractéristique permet de garantir une alimentation correcte des trous de sortie 33 en liquide de refroidissement du côté aval.

Les trous de sortie 33 présentent en l'occurrence un diamètre L4 identique les uns par rapport aux autres. Toutefois, en variante, les trous de sortie 33 pourront être de diamètres L4 différents les uns par rapport aux autres.

Avantageusement, un ratio entre une puissance électrique de la machine 10 exprimée en kW et un débit du liquide de refroidissement à l'intérieur du circuit 28 exprimé en Litres/min est compris entre 0.3 et 10, notamment compris entre 0,5 et 4.

Le débit de liquide de refroidissement est considéré à l'intérieur de l'alésage central 32.

De préférence, la puissance électrique de la machine est d'environ 14kW, ledit ratio est compris entre 1,16 et 2,33 et le débit de liquide de refroidissement est compris entre 6 et 12 L/min.

En variante, les trous de sortie 33 sont positionnés d'un seul côté du rotor 12.

En variante encore, un unique trou de sortie 33 est positionné d'un seul côté du rotor 12.

Alternativement, le rotor 12 est un rotor bobiné et les trous de sortie 33 de liquide de refroidissement sont réalisés dans l'arbre 13 de façon à arroser directement les chignons du rotor 12 bobiné et/ou du stator 11 pour assurer un refroidissement efficace de la machine.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (10) comportant un circuit de refroidissement (28) parcouru par un liquide de refroidissement notamment une huile de refroidissement, la machine électrique comportant un stator et
5 un rotor (12), le rotor (12) étant monté sur un arbre (13), ledit arbre (13) comportant au moins deux trous de sortie (33) de liquide de refroidissement en relation avec un alésage central (32), caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement sont décalés axialement l'un par rapport à l'autre de telle façon que le liquide de refroidissement passant par
10 l'un des trous de sortie (33) est apte à arroser une base d'un chignon (25a) d'un bobinage dudit stator et que le liquide de refroidissement passant par l'autre trou de sortie est apte à arroser une extrémité haute du même chignon (25a).

2. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée
15 en ce que ledit circuit de refroidissement (28) comporte plusieurs trous de sortie (33) de liquide de refroidissement réalisés exclusivement dans ledit arbre (13) dudit rotor (12).

3. Machine électrique tournante selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'un plan (P1) perpendiculaire à l'axe du rotor (12)
20 passant par un axe (X2) de chaque trou de sortie (33) de liquide de refroidissement coupe un chignon (25a, 25b) de bobinage correspondant.

4. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement situés d'un côté axial de la machine sont
25 répartis angulairement de manière régulière suivant une circonférence dudit arbre (13).

5. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement présentent un diamètre (L4) identique les
30 uns par rapport aux autres.

6. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des

revendications 1 à 4, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement sont de diamètres (L4) différents les uns par rapport aux autres.

5 7. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement sont positionnés d'un seul côté dudit rotor (12).

10 8. Machine électrique tournante selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que lesdits trous de sortie (33) de liquide de refroidissement sont positionnés des deux côtés dudit rotor (12).

15 9. Machine électrique tournante selon la revendication 8, caractérisée en ce qu'un ratio (R3) entre une section (Ss_am) desdits trous de sortie (33) situés d'un côté amont dudit arbre (13) et une section (Ss_av) desdits trous de sortie (33) situés d'un côté aval dudit arbre (13) par rapport à une arrivée (34) de liquide de refroidissement est compris entre 0,5 et 1.2.

1/2

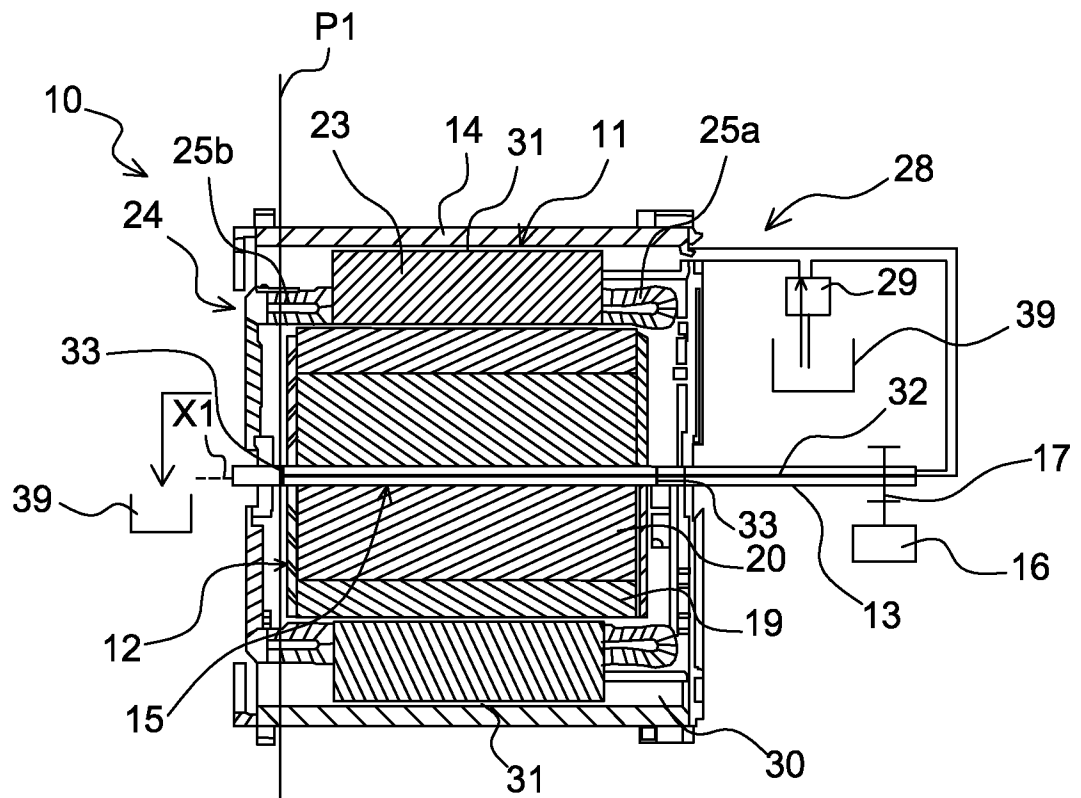


Fig.1

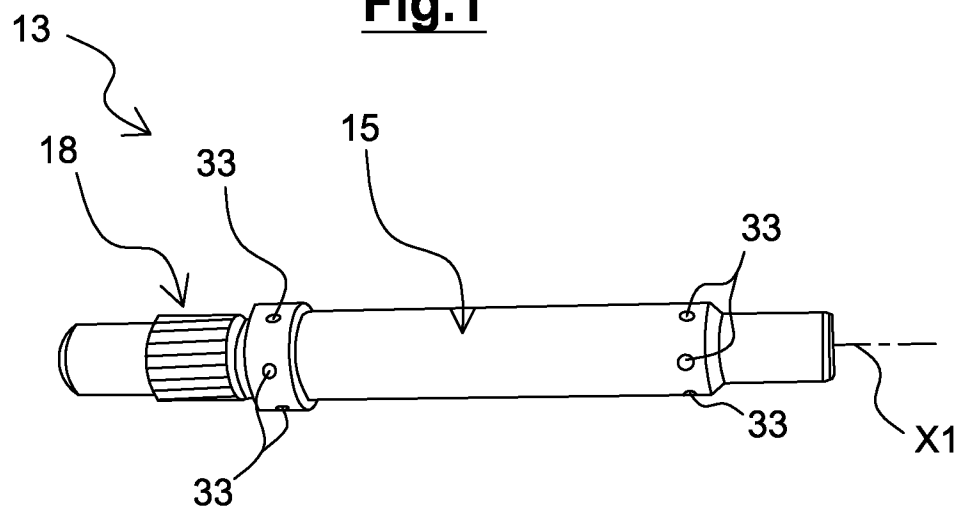
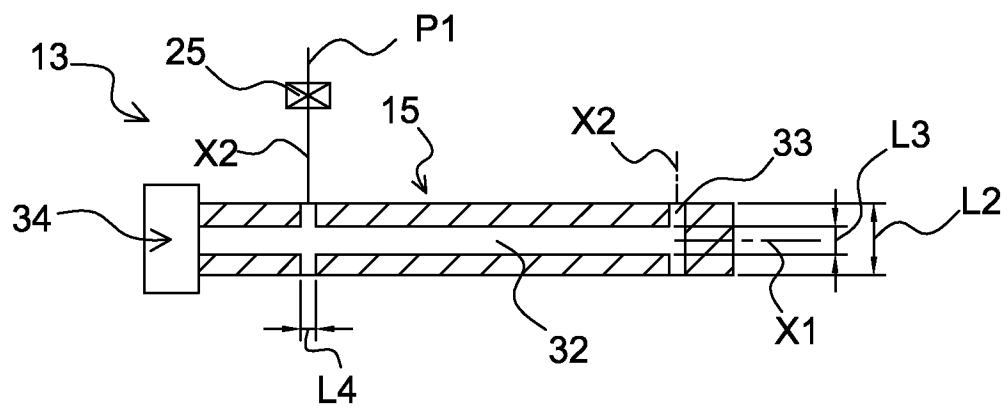
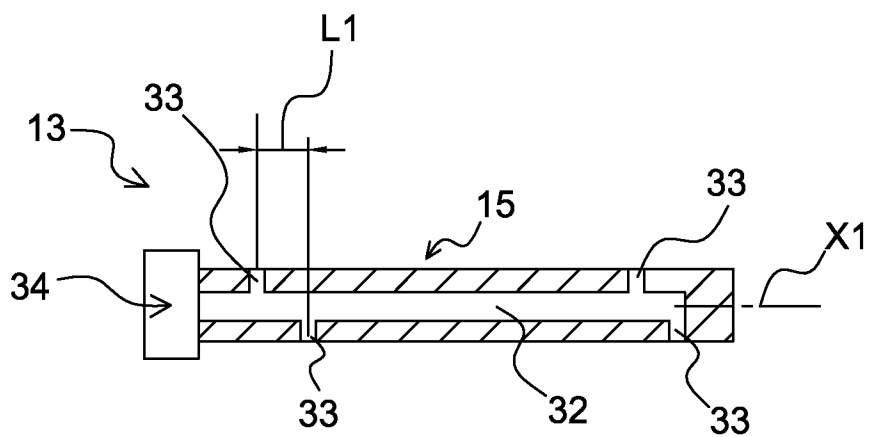


Fig.2

2/2

**Fig.3a****Fig.3b**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H02K1/32 H02K9/19 H02K7/00
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	WO 2012/176052 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AISIN AW CO [PA]; MIYAMOTO TOMOHIKO [JP]; MA) 27 December 2012 (2012-12-27) paragraph [0018]; figure 1 -----	1-9
X	DE 10 2012 022453 A1 (GETRAG GETRIEBE ZAHNRAD [DE]) 15 May 2014 (2014-05-15) abstract; figure 1 -----	1-9
X	US 5 509 381 A (FISHER URIYEL [IL]) 23 April 1996 (1996-04-23) column 3, line 3 - line 34; figure 2 -----	1-9
A	WO 2015/019402 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 February 2015 (2015-02-12) abstract; figure 6 -----	1-9



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

7 September 2016

Date of mailing of the international search report

15/09/2016

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

Zavelcuta, Florin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051191

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012176052 A2	27-12-2012	CN 103620918 A	05-03-2014
		EP 2724450 A2	30-04-2014
		JP 5734765 B2	17-06-2015
		JP 2013009508 A	10-01-2013
		US 2014125165 A1	08-05-2014
		WO 2012176052 A2	27-12-2012

DE 102012022453 A1	15-05-2014	NONE	

US 5509381 A	23-04-1996	NONE	

WO 2015019402 A1	12-02-2015	CN 105453387 A	30-03-2016
		EP 3032709 A1	15-06-2016
		US 2016149450 A1	26-05-2016
		WO 2015019402 A1	12-02-2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051191

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H02K1/32 H02K9/19 H02K7/00 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	WO 2012/176052 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AISIN AW CO [PA]; MIYAMOTO TOMOHIKO [JP]; MA) 27 décembre 2012 (2012-12-27) alinéa [0018]; figure 1 -----	1-9
X	DE 10 2012 022453 A1 (GETRAG GETRIEBE ZAHNRAD [DE]) 15 mai 2014 (2014-05-15) abrégé; figure 1 -----	1-9
X	US 5 509 381 A (FISHER URIYEL [IL]) 23 avril 1996 (1996-04-23) colonne 3, ligne 3 - ligne 34; figure 2 -----	1-9
A	WO 2015/019402 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 12 février 2015 (2015-02-12) abrégé; figure 6 -----	1-9
☐ 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 7 septembre 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 15/09/2016
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 Zavelcuta, Florin

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051191

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2012176052 A2	27-12-2012	CN 103620918 A	05-03-2014
		EP 2724450 A2	30-04-2014
		JP 5734765 B2	17-06-2015
		JP 2013009508 A	10-01-2013
		US 2014125165 A1	08-05-2014
		WO 2012176052 A2	27-12-2012

DE 102012022453 A1	15-05-2014	AUCUN	

US 5509381 A	23-04-1996	AUCUN	

WO 2015019402 A1	12-02-2015	CN 105453387 A	30-03-2016
		EP 3032709 A1	15-06-2016
		US 2016149450 A1	26-05-2016
		WO 2015019402 A1	12-02-2015
