

(19)



(11)

EP 1 941 522 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
02.08.2017 Bulletin 2017/31

(51) Int Cl.:
H01F 41/04 (2006.01) **H01F 38/18** (2006.01)
H01F 27/28 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06831003.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2006/002387

(22) Date de dépôt: **24.10.2006**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2007/048920 (03.05.2007 Gazette 2007/18)

(54) **TRANSFORMATEUR TOURNANT**

ROTIERENDER TRANSFORMATOR

ROTATING TRANSFORMER

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **27.10.2005 FR 0510985**

(43) Date de publication de la demande:
09.07.2008 Bulletin 2008/28

(73) Titulaire: **CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES**
75001 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **SCHWANDER, Denis**
F-31860 Labarthe sur Leze (FR)

- **PRIVAT, Michel**
F-31560 Caignac (FR)
- **DUGUE, François**
F-31450 Pompertuzat (FR)
- **SADARNAC, Daniel**
F-91440 Bures sur Yvette (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 520 535 **DE-A1- 2 234 472**
DE-A1- 10 039 398 **DE-U1-202004 016 751**
FR-A- 2 521 766 **US-A- 4 079 324**
US-A1- 2002 157 849 **US-B1- 6 333 581**

EP 1 941 522 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à un transformateur tournant pour la transmission d'énergie électrique par induction électromagnétique entre des premier et deuxième bobinages fixés concentriquement sur des première et deuxième pièces tubulaires respectivement, en matériau ferromagnétique, montées coaxialement de manière qu'une surface externe de l'une puisse tourner en regard d'une surface interne de l'autre. La présente invention est aussi relative à un procédé de fabrication de ce transformateur et à des dispositifs d'alimentation en énergie électrique comprenant un tel transformateur.

[0002] On utilise un tel transformateur, ou transmetteur, tournant notamment dans des machines électriques à rotor excité, en particulier dans des générateurs synchrones où il remplace alors un collecteur à balais frottants d'un type classique. Il permet de transmettre un courant d'excitation au rotor du générateur sans contact physique avec celui-ci, et donc sans être affecté par l'usure qui finit par détériorer les balais du collecteur classique.

[0003] On a représenté schématiquement aux figures 1 et 2 du dessin annexé des transformateurs tournants de types connus. Celui représenté à la figure 1 comprend essentiellement deux pièces 1 et 2 en forme de bague annulaire, montées concentriquement de manière que l'une puisse tourner par rapport à l'autre autour d'un axe X commun, les pièces 1 et 2 étant creusées de gorges annulaires 3 et 4 respectivement dans lesquelles sont logés des bobinages électriques 5 et 6 respectivement. Le diamètre intérieur de la pièce 1 est légèrement supérieur au diamètre extérieur de la pièce 2 de manière que cette dernière puisse tourner dans la pièce 1 sans contact physique avec celle-ci. On ménage ainsi des entrefers, couramment de l'ordre de 0,1 mm d'épaisseur, de part et d'autre des bobinages. Ces derniers sont bobinés directement sur les pièces 1 et 2, réalisées en un matériau magnétique tel qu'une ferrite.

[0004] En variante, comme schématisé à la figure 2, on connaît aussi un transformateur comprenant deux bagues 1' et 2' mobiles en rotation autour d'un même axe X', deux extrémités axiales disposées en regard de ces bagues étant creusées de deux gorges annulaires 3' et 4' respectivement, accueillant des bobinages 5' et 6' respectivement. Les entrefers disposés de part et d'autre des bobinages sont alors radiaux.

[0005] On connaît par ailleurs du document US 6 333 581 un transformateur tournant pour la transmission d'énergie électrique par induction électromagnétique entre des premier et deuxième bobinages disposés concentriquement sur des première et deuxième pièces tubulaire, respectivement, en matériau ferromagnétique, montées coaxialement de manière qu'une surface externe de l'une puisse tourner en regard d'une surface externe de l'autre, lesdites surfaces étant composées chacune de deux surface cylindriques droites de révolution, de diamètres distincts, s'étendant chacune d'une des ex-

trémités axiales de ladite pièce à un épaulement radiale intermédiaire de raccordement desdites surfaces, lesdites pièces étant disposées tête bêche l'une dans l'autre de manière à délimiter entre lesdits épaulements un espace annulaire recevant lesdits bobinages entre deux entrefers annulaires délimités chacun par deux desdites surfaces cylindriques en regard desdites première et seconde pièces.

[0006] Parmi les industries qui peuvent tirer profit de l'utilisation de transformateurs tournants, on peut citer notamment les industries spatiales, par exemple pour transmettre, dans un satellite, un courant électrique d'alimentation à un instrument de mesure monté sur une platine de support à joint tournant permettant de l'orienter par rapport aux étoiles. La suppression du collecteur à balais frottants classique et son remplacement par un tel transformateur permettrait en effet de fiabiliser le matériel en supprimant le risque de panne créée par l'usure des balais. Cette application est néanmoins gênée par des limitations des transformateurs connus décrits ci-dessus en liaison avec les figures 1 et 2.

[0007] En effet, il est difficile d'usiner les gorges recevant les bobinages avec la précision requise dans les industries spatiales. La mise en place de ces bobinages est malcommode, notamment dans le cas du transformateur de la figure 1, du fait qu'ils doivent alors être bobinés directement sur les pièces qui les supportent. Les spires étant bobinées en couches superposées, il en résulte une inductance de fuite et des pertes sensibles. Par ailleurs la complexité de la géométrie des noyaux de ces transformateurs ne permet pas une maîtrise aisée de l'entrefer et de la section associée. Il en résulte une inductance de magnétisation plus faible qu'il faut alors compenser par un surdimensionnement. Enfin les transformateurs tournants connus s'avèrent difficilement utilisables dans les convertisseurs PWM classiques du fait de leur inductance de fuite trop importante.

[0008] La présente invention a précisément pour but de réaliser un transformateur tournant non affecté par les limitations évoquées ci-dessus.

[0009] On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec un transformateur conforme à la revendication 1.

[0010] Comme on le verra plus en détail dans la suite, la géométrie simple de ces pièces, sans gorge, permet de les fabriquer avec la précision requise dans les industries spatiales. Elle permet aussi de monter simplement sur ces pièces des bobinages préparés à l'avance.

[0011] Le transformateur selon l'invention peut comporter une ou plusieurs caractéristiques des revendications 2 à 5.

[0012] L'invention fournit aussi un procédé de fabrication de ce transformateur tournant, conforme à la revendication 6.

[0013] Comme on le verra dans la suite, l'étape de montage particulièrement simple facilite la fabrication du transformateur suivant l'invention.

[0014] Le procédé selon l'invention peut comprendre les caractéristiques de la revendication 7.

[0015] La présente invention fournit encore un dispositif d'alimentation en énergie électrique conforme à la revendication 8.

[0016] Un tel dispositif trouve notamment application dans les industries spatiales, comme on le verra plus loin.

[0017] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel:

- les figures 1 et 2 représentent schématiquement des transformateurs tournants de la technique antérieure, décrits en préambule de la présente description,
- la figure 3 représente schématiquement, en coupe axiale, un transformateur tournant suivant l'invention,
- les figures 4 et 5 représentent, en coupe axiale, deux modes de réalisation du transformateur schématisé à la figure 3,
- la figure 6 représente un dispositif d'alimentation en énergie électrique, du type convertisseur "fly-back", incorporant un transformateur tournant suivant l'invention,
- la figure 7 représente schématiquement, en coupe axiale, l'association d'un transformateur tournant suivant l'invention et d'un transmetteur de signaux numériques par voie capacitive et,
- les figures 8A à 10C représentent trois modes de réalisation d'un bobinage d'un transformateur tournant suivant l'invention.

[0018] On se réfère à la figure 3 du dessin annexé où il apparaît que le transformateur tournant suivant l'invention représenté à cette figure comprend essentiellement des première et deuxième pièces tubulaires 7 et 8 respectivement portant des première et deuxième bagues 9 et 10, respectivement, supportant elle-même des premier et deuxième bobinages 11 et 12 respectivement. Ces bobinages, de diamètres distincts, sont d'un type particulier qui sera décrit en détail dans la suite. Ils sont montés concentriquement et coaxialement l'un dans l'autre autour d'un axe Y, de même que les pièces tubulaires 7 et 8 qui les supportent. C'est ainsi que ces pièces 7 et 8 présentent une surface interne 13a, 13b, 13c et une surface externe 14a, 14b, 14c respectivement, agencées pour pouvoir tourner en regard l'une de l'autre, autour de l'axe Y.

[0019] Ces pièces sont réalisées en un matériau ferromagnétique, avantageusement par moulage d'une ferrite, éventuellement suivi d'un simple usinage des surfaces 13a, 13c, 14a, 14c qui fixe la valeur de l'entrefer avec précision. Les bagues 9 et 10 de support des bobinages 11 et 12 sont réalisées en un matériau électriquement isolant.

[0020] Suivant la présente invention, les surface interne et externe précitées sont constituées chacune de

deux surfaces cylindriques droites de révolution 13a, 13c et 14a, 14c respectivement, séparées par un épaulement radial 13b, 14b respectivement. Les diamètres D1 et D3 des surfaces 13a et 14a respectivement sont supérieurs aux diamètres D2 et D4 des surfaces 13c et 14c respectivement. De même les diamètres D1 et D2 sont légèrement supérieurs aux diamètres D3 et D4 respectivement de manière à ménager deux entrefers étroits entre les surfaces 13a et 14a d'une part, entre les surfaces 13c et 14c d'autre part, les largeurs de ces entrefers étant exagérées pour la clarté de la figure.

[0021] On pourra fixer l'épaisseur des entrefers à une valeur très faible, jusqu'à 0,06 mm par exemple. Cette épaisseur pourra cependant être ajustée à une valeur plus grande, selon les caractéristiques magnétiques à donner au transformateur.

[0022] Comme cela apparaît sur cette figure 3, chacune des surfaces cylindriques droites précitées s'étend d'une extrémité axiale de la pièce 7, 8 sur laquelle elle est formée jusqu'à l'épaulement radial 13b, 14b intermédiaire, respectivement. Les longueurs axiales des deux pièces 7 et 8 peuvent être sensiblement égales, comme représenté. Les épaulements 13b, 14b sont disposés, entre les extrémités des pièces 7 et 8 respectivement, dans des positions axiales non centrales. Ainsi, lorsque les pièces 7 et 8 sont passées concentriquement, tête-bêche, l'une dans l'autre comme représenté, les épaulements 13b et 14b délimitent l'extension axial d'un espace annulaire dans lequel sont logés les bobinages 11 et 12 ainsi que les bagues 9 et 10 de support de ces bobinages, respectivement.

[0023] La géométrie décrite ci-dessus des pièces tubulaires 7 et 8 apporte plusieurs avantages par rapport aux géométries connues de la technique antérieure. En premier lieu, cette géométrie ne comporte pas de gorges annulaires, difficiles à réaliser avec précision, pour recevoir les bobinages. Ces gorges sont remplacées par deux épaulements 13b, 14b formés chacun sur l'une des deux pièces, ces épaulements étant beaucoup plus faciles à réaliser avec précision que des gorges.

[0024] En second lieu cette géométrie permet de fabriquer séparément les bobinages puis de les mettre en place sur les pièces tubulaires en les passant par simple glissement sur celles-ci, parallèlement aux axes de ces pièces, à partir d'une extrémité axiale de la pièce, jusqu'à ce que chaque bobinage et sa bague de support vienne en butée sur l'épaulement correspondant, comme on le verra plus loin en liaison avec la description des modes de réalisation du transformateur tournant suivant l'invention représentés aux figures 4 et 5.

[0025] En troisième lieu, comme on le verra aussi dans la description qui va suivre du procédé de fabrication de ce transformateur, suivant l'invention, cette fabrication séparée des bobinages permet de donner à ceux-ci une configuration propre à minimiser l'inductance de fuite du transformateur, et donc les pertes énergétiques afférentes, conformément à l'un des buts poursuivis par la présente invention.

[0026] Pour fabriquer ces bobinages, selon un exemple utile à la compréhension de l'invention, on monte et on fixe par collage une bague métallique, en cuivre par exemple, sur la surface interne de la bague isolante 9 et une autre telle bague sur la surface externe de la bague 10. On relie par brasage des paires de fils électriques d'alimentation 15 et 16 aux bagues métalliques portées par les bagues isolantes 9 et 10, respectivement.

[0027] On forme ensuite un bobinage dans ces bagues par usinage mécanique ou par un procédé photochimique de gravure bien connu. On rectifie ensuite mécaniquement les surfaces des bobinages ainsi obtenus et on les protège enfin par le dépôt d'une couche d'un matériau isolant, sous la forme d'un vernis par exemple.

[0028] Il s'agit ensuite de monter ces bobinages sur les pièces 7 et 8, obtenues elles-mêmes, par exemple, par moulage d'un matériau ferromagnétique tel qu'une ferrite. Pour ce faire, suivant une caractéristique de la présente invention, on passe commodément chaque bobinage sur la pièce correspondante par coulissement suivant l'axe Y de celle-ci. On passe simultanément les paires de fils 15 et 16 dans des passages correspondants prévus dans les pièces 9 et 10 de manière que ceux-ci traversent les zones épaulées de ces pièces et puissent être accessibles à une extrémité axiale de celles-ci. On fixe finalement les bagues de support des bobinages sur ces pièces, par collage dans la zone épaulée de celles-ci.

[0029] On a représenté aux figures 4 et 5 du dessin annexé deux modes de réalisation du transformateur tournant obtenu par le procédé de fabrication suivant l'invention. Sur ces figures des références numériques identiques, éventuellement affectées d'un "prime", à des références utilisées sur la figure 3, désignent des pièces identiques ou similaires.

[0030] Dans le mode de réalisation de la figure 4, les pièces 7 et 8 sont montées coaxialement dans un boîtier cylindrique 17 fermé à une extrémité par un fond annulaire 18 supportant en position centrale un palier à billes 19. Un arbre 20 porté par ce palier traverse axialement la pièce 8 de manière que celle-ci puisse tourner dans la pièce 7, elle-même solidaire du boîtier 17. Les pièces 7 et 8 constituent alors le stator et le rotor respectivement, du transformateur tournant représenté.

[0031] Sur la figure 4 il apparaît que les bagues 9 et 10 sont en appui contre les épaulements des pièces qui les portent, ce qui facilite leur mise en place précise lors de leur montage sur les pièces 7 et 8.

[0032] Il apparaît aussi que les bobinages 11 et 12 sont d'épaisseur radiale très mince, comprise entre 0,1 mm et 0,5 mm, typiquement 0,3 mm pour un transformateur d'une puissance de 30 w fonctionnant à 100 kHz. Ils sont aussi disposés très près l'un de l'autre. Ainsi le flux magnétique crée par l'un d'eux passe pratiquement entièrement dans l'autre. Cette disposition permet de réduire au minimum l'inductance de fuite du transformateur, conformément à l'un des buts poursuivis par la présente invention. Ce résultat est obtenu par l'utilisation de bobinages, selon un exemple utile à la compréhension de

l'invention, ne comptant qu'une seule couche de plusieurs spires, séparés par un jeu j (voir figure 3) très faible, compris entre 0,3 mm et 0,5 mm, typiquement 0,4 mm, fabriqués par le procédé décrit ci-dessus. Le conducteur constituant chaque spire prend ainsi la forme d'un ruban très mince.

[0033] En variante de ce mode de réalisation de l'invention, chaque bobinage pourrait être réalisé comme illustré aux figures 8A et 8B qui représentent un tel bobinage 12 (ou 11), d'axe X à la figure 8A et le même bobinage développé dans un plan à la figure 8B. Ce bobinage est découpé dans une feuille métallique, en cuivre par exemple, selon la forme d'un parallélogramme oblique allongé représenté à la figure 8B. Cette forme permet d'enrouler en hélice sur un mandrin le ruban de cuivre ainsi découpé de manière à former le bobinage représenté à la figure 8A. Avant cet enroulement des fils d'alimentation 16a, 16b (dans le cas d'un bobinage de rotor par exemple) sont soudés par brasure aux extrémités du ruban. Après enroulement ces fils se retrouvent côte à côte (comme représenté à la figure 8A) pour minimiser l'inductance de fuite, le long côté du parallélogramme représenté à la figure 8B étant de longueur sensiblement triple de celle d'une spire du bobinage.

[0034] On remarquera que les deux entrefers situés axialement de part et d'autre des bobinages 11 et 12 se situent à des distances radiales différentes de l'axe Y et peuvent avoir des extensions axiales égales ou différentes. Avantageusement on équilibrera leurs réductances en leur donnant des surfaces égales. Pour ce faire le rapport de leurs longueurs axiales $L1$ et $L2$ doit être égal à l'inverse de celui de leurs diamètres $D1$ et $D2$, respectivement (voir figure 3). Pour le transformateur de 30 w précité, $L1$ peut être de l'ordre de 15 mm et $L2$ de l'ordre de 10 mm.

[0035] Le mode de réalisation de la figure 5 se distingue de celui de la figure 4 essentiellement en ce que l'arbre 20' qui supporte la pièce 81 en rotation dans la pièce T présente une racine 20'a chanfreinée engagée contre un chanfrein complémentaire 8'a formé dans cette pièce 8'. La pièce 7' présente également un chanfrein annulaire 7'a à son extrémité la plus volumineuse. Ces dispositions réduisent en volume et en masse les pièces T et 8'. Elles améliorent la tenue mécanique de la pièce 8' (le rotor) en réduisant les contraintes dues aux dilatactions différentielles de l'arbre 20' qui la porte.

[0036] Selon l'invention, le transformateur tournant est équipé de bobinages comptant plusieurs couches de spires, chaque spire (dite "plate") prenant encore la forme d'un mince ruban.

[0037] C'est ainsi que l'on a représenté à la figure 9A (analogue à la figure 8A) un bobinage 12* conçu pour être supporté par la pièce tournante (rotor) du transformateur suivant l'invention. Les figures 9B et 9C représentent les développements dans un plan de ce bobinage et d'une feuille isolante disposée entre les couches de spires du bobinage, respectivement.

[0038] Comme représenté ce bobinage comporte une

couche externe de trois spires

40, 41 et 42 et une couche interne de deux spires 43, 44. Sur la figure 9A la largeur axiale des spires, normalement adjacentes, de la couche externe a été réduite pour faire apparaître plus visiblement les spires de la couche interne sous-jacente. En fait les deux couches de spires couvrent sensiblement la même surface.

[0039] La réduction du nombre de spires de la couche interne permet d'accroître la largeur du ruban selon l'axe du bobinage, par rapport à la largeur correspondante du ruban formant les spires de la couche externe.

[0040] Suivant une caractéristique de la présente invention, cet accroissement entraîne un accroissement corrélatif d'un effet capacitif et une réduction de l'inductance de fuite globale du transformateur, conformément à l'un des buts de l'invention annoncés plus haut.

[0041] En effet, les couches internes des bobinages sont responsables d'une fraction de cette inductance de fuite d'autant plus importante que ces couches sont plus éloignées, dans le transformateur, que les couches externes. L'élargissement suivant l'invention des spires des couches internes atténue efficacement la part de l'inductance de fuite due à l'éloignement de ces spires.

[0042] Bien entendu, cette disposition s'applique aussi bien au bobinage de la partie tournante qu'à celui de la partie fixe du transformateur suivant l'invention.

[0043] Sur la figure 9B apparaissent les parties 12'a, 12'b du ruban conducteur constituant le bobinage 12', la partie 12'a correspondant aux trois spires 40 à 42 de la couche externe et la partie 12'b aux deux spires 43, 44 de la couche interne.

[0044] Le ruban constituant le bobinage 12' peut être réalisé très simplement, suivant la présente invention, par découpe d'un conducteur plat tel qu'une feuille métallique, un clinquant de cuivre par exemple, selon le profil en V dissymétrique représenté à la figure 9B. Le bobinage est ainsi réalisé d'un seul tenant, sans nécessiter de pliure ou de soudure entre les deux couches de spires.

[0045] La figure 9C représente le développement à plat d'une feuille isolante 10' interposée entre les deux couches. Les encoches 45, 46 autorisent la traversée de cette feuille par le ruban conducteur.

[0046] Les figures 10A à 10C sont analogues aux figures 9A à 9C respectivement et représentent un autre mode de réalisation du transformateur tournant suivant l'invention. Sur ces figures des références numériques identiques, éventuellement affectées d'un "prime" ou d'un "seconde", à des références utilisées sur les figures 9A à 9C repèrent des éléments ou organes identiques ou analogues.

[0047] C'est ainsi que le bobinage de rotor 12" représenté à la figure 10A compte deux spires 50, 51 en couche externe et une spire 52 en couche interne. L'encombrement axial d'un tel bobinage est avantageusement réduit d'un tiers par rapport à celui d'un bobinage à une seule couche de trois spires, de même extension axiale.

[0048] D'une manière générale on accroît la compacité

du bobinage en disposant les spires en au moins deux couches. Dans le mode de réalisation à deux couches décrit ci-dessus, avec élargissement de la spire de la couche interne, on accroît avantageusement la compacité du bobinage sans accroître l'inductance de fuite.

[0049] Le développement du ruban du bobinage 12" représenté à la figure 10B fait apparaître l'extension des trois spires. Celui de la feuille isolante 10", représenté à la figure 10C montre des encoches 45', 46' de fonction identique à celle des encoches 45, 46 du mode de réalisation de la figure 9C.

[0050] Dans l'application mentionnée plus haut de la présente invention aux industries spatiales, l'arbre 20 du mode de réalisation de la figure 4, par exemple, pourrait être solidaire d'une platine de support 21 d'un instrument de mesure 22, dans un satellite par exemple, cette platine devant être montée rotative pour permettre l'orientation de cet instrument dans un repère de référence fixé par des étoiles. Dans une telle application, le transformateur tournant suivant l'invention remplace avantageusement les collecteurs à balais antérieurement utilisés ne serait-ce que par sa fiabilité intrinsèquement supérieure, qui rend sa "qualification" moins coûteuse.

[0051] D'autres caractéristiques lui donne aussi l'avantage sur les transformateurs tournants de la technique antérieure décrits en préambule de la présente description. Ainsi l'imbrication étroite des bobinages limite fortement l'inductance de fuite et donc les pertes associées.

[0052] La géométrie du transformateur tournant suivant l'invention autorise une très faible épaisseur d'entrefer en même temps qu'une section d'entrefer importante. Il est ainsi possible de limiter la diminution de l'inductance magnétisante et donc la surcharge en courant magnétisant, source de pertes.

[0053] Le transformateur peut alors avoir un rendement élevé et transmettre de la puissance électrique sans échauffement excessif.

[0054] Le montage du rotor sur palier à billes est très simple et la position axiale de ce palier est sans importance. Seul son centrage l'est.

[0055] Grâce à sa très faible inductance de fuite, il est possible d'envisager l'introduction du transformateur suivant l'invention dans un dispositif d'alimentation en énergie à convertisseur du type "fly-back", tel que celui représenté à la figure 6 du dessin annexé. Sur cette figure on reconnaît le transformateur tournant suivant l'invention, tel que schématisé à la figure 3, introduit dans un tel convertisseur comprenant classiquement, du côté de son entrée alimentée par une tension continue V_e , un circuit d'alimentation du bobinage 12 passant par un transistor 24 de hachage du courant d'entrée sous une commande 25 appropriée, un condensateur 26 étant monté en parallèle sur le bobinage 12 et le transistor 24.

[0056] Du côté de la sortie, connectée ici au bobinage 11, on trouve également classiquement une diode 27 et un condensateur de filtrage 28 délivrant une tension continue V_s . On sait que de telles alimentations, à décou-

page, présentent un rendement supérieur à celui des alimentations linéaires, la puissance dissipée dans le transistor étant faible.

[0057] En intégrant les composants électroniques précités au plus près du transformateur suivant l'invention, on réalise un transmetteur de puissance continu/continu particulièrement compact et de très bon rendement.

[0058] On a représenté schématiquement à la figure 7 une association d'un transformateur tournant 30 suivant l'invention, avec un transmetteur 31 de signaux numériques par voie capacitive. On connaît de tels transmetteurs comprenant une partie fixe 32 et une partie mobile 33. Ces deux parties sont tubulaires et montées coaxialement l'une dans l'autre de manière que la partie mobile 33 puisse tourner dans la partie fixe. Les parties 32 et 33 portent des pistes conductrices annulaires en regard 34a, 34b, 34c,... et 35a, 35b, 35c,... respectivement, conçues pour assurer des transmissions d'informations numériques par voie capacitive.

[0059] En couplant mécaniquement les pièces 7 et 8 du transformateur 30 avec les parties 33 et 32 du transmetteur respectivement, on constitue un dispositif monobloc capable de transmettre à la fois de la puissance électrique à un instrument de mesure monté sur une platine solidaire de la partie mobile de cet ensemble, et des informations échangées entre cet instrument et un système d'exploitation des mesures réalisées par l'instrument.

[0060] Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple, de même que l'application du domaine spatial. Elle peut trouver aussi application à l'alimentation du rotor de machines dynamoélectriques synchrones et, plus généralement, dans tout domaine où il est avantageux ou nécessaire de transmettre une puissance électrique à travers une interface, sans contact physique.

[0061] C'est ainsi que l'on pourrait constituer un connecteur de puissance composé, d'une part, du stator et du bobinage associés noyés dans une couche d'isolant et, d'autre part, du rotor et du bobinage associés également noyés dans une couche d'isolant. On obtient ainsi un connecteur électrique dans lequel le transfert d'énergie se réalise sans aucun contact électrique. Il peut alors être utilisé en atmosphère déflagrante. Il permet d'écartier tout risque d'électrocution lors de connexions ou déconnexions opérées, par exemple, pour la charge des batteries d'un véhicule électrique.

Revendications

1. Transformateur tournant pour la transmission d'énergie électrique par induction électromagnétique entre des premier (11) et deuxième (12, 12', 12'') bobinages disposés concentriquement sur des première (7) et deuxième (8) pièces tubulaires respectivement, en matériau ferromagnétique, montées

coaxialement de manière qu'une surface externe (13a, 13b, 13c) de l'une puisse tourner en regard d'une surface interne (14a, 14b, 14c) de l'autre, lesdites surfaces étant composées chacune de deux surfaces cylindriques droites de révolution (13a,13c;14a,14c) de diamètres distincts, s'étendant chacune d'une des extrémités axiales de ladite pièce (7;8) à un épaulement radial intermédiaire (13b;14b) de raccordement desdites surfaces, lesdites pièces (7;8) étant disposées tête-bêche l'une dans l'autre de manière à délimiter entre lesdits épaulements (13b, 14b) un espace annulaire recevant lesdits bobinages (11; 12, 12', 12'') entre deux entrefers annulaires délimités chacun par deux (13a, 14a; 13c, 14c) desdites surfaces cylindriques en regard desdites première (7) et deuxième (8) pièces, **caractérisé en ce qu'**au moins un desdits bobinages (11; 12, 12', 12'') comprend au moins une couche de plusieurs spires en forme de ruban ;

en ce que ledit bobinage comporte deux couches superposées de spires en forme de ruban, interne et externe respectivement ; et

en ce que ladite couche interne compte un nombre de spires (43,44;52) inférieur à celui des spires (40 à 42;50,51) de ladite couche externe, les extensions axiales cumulées des spires des deux couches étant sensiblement identiques.

2. Transformateur tournant conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport des longueurs axiales (L1, L2) des deux entrefers est inverse de celui de leurs diamètres (D1, D2).

3. Transformateur tournant conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'une (8') desdites pièces tubulaires (7',8') est montée à rotation dans l'autre au moyen d'un arbre (20') qui la traverse axialement, ledit arbre (20') présentant une racine chanfreinée (20'a) s'adaptant complémentaiement à un chanfrein (8'a) formé dans ladite pièce (8').

4. Transformateur tournant conforme à quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le jeu (j) séparant les bobinages (11,12) en regard est compris entre 0,3 mm et 0,5 mm, typiquement 0,4 mm.

5. Transformateur tournant conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdites pièces tubulaires (7,8) sont en ferrite.

6. Procédé de fabrication du transformateur tournant conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, a) on fabrique des première (7;7') et deuxième (8;8') pièces tubulaires en matériau ferromagnétique configurées de manière

que l'une puisse tourner dans l'autre, b) on fabrique lesdits bobinages (11; 12, 12', 12'') au moins un d'entre eux comportant au moins une couches de plusieurs spires en forme de ruban et, c) on monte chacun desdits bobinages (11; 12, 12', 12'') sur la pièce tubulaire (7, 8; 7', 8') correspondante en le passant sur celle-ci parallèlement à l'axe (Y) de ladite pièce tubulaire.

7. Procédé conforme à la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**on fabrique chacun desdits bobinages par découpe d'une feuille métallique.
8. Dispositif d'alimentation en énergie électrique d'un instrument (22) monté sur une platine rotative (21), comprenant des moyens de transmission de ladite énergie sans contact physique entre ladite platine (21) et un support de celle-ci, **caractérisé en ce que** lesdits moyens comprennent un transformateur tournant conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, la pièce tubulaire tournante (8; 8') dudit transformateur étant solidaire en rotation de ladite platine (21).
9. Dispositif conforme à la revendication 8, **caractérisé en ce que** ladite pièce tubulaire tournante (8; 8') dudit transformateur est aussi solidaire en rotation d'une partie tournante (33) d'un transmetteur de signaux numériques par voie capacitive.
10. Dispositif d'alimentation en énergie électrique, à convertisseur du type "fly-back" comportant un transformateur, **caractérisé en ce que** ledit transformateur est conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5.

Patentansprüche

1. Rotationsübertrager zur Übertragung von elektrischer Energie mittels elektromagnetischer Induktion zwischen einer ersten (11) und einer zweiten (12, 12', 12'') Wicklung, welche jeweilig konzentrisch angeordnet sind auf einem ersten (7) und einem zweiten (8) rohrförmigen Teil aus einem ferromagnetischen Material, welche coaxial derart montiert sind, dass eine äußere Fläche (13a, 13b, 13c) der einen sich bezüglich einer inneren Fläche (14a, 14b, 14c) der anderen drehen kann, wobei jede der Flächen aus zwei geraden zylindrischen Rotationsflächen (13a, 13c; 14a, 14c) von bestimmten Durchmessern gebildet ist, von welchen sich jede von einem der Axialenden des Teils (7; 8) aus zu einer zwischenliegenden radialen Schulter (13b; 14b) zur Verbindung dieser Flächen erstreckt, wobei die Teile (7; 8) einander entgegengesetzt eines in dem anderen angeordnet sind, um zwischen den Schultern (13b, 14b) einen ringförmigen Raum zu begrenzen, wel-

cher die Wicklungen (11; 12, 12', 12'') zwischen zwei ringförmigen Spalten, von welchen jeder mittels zwei (13a, 13c; 14a, 14c) der einander gegenüberliegenden zylindrischen Flächen des ersten (7) und des zweiten (8) Teils begrenzt ist, aufnimmt, **gekennzeichnet dadurch, dass** mindestens eine der Wicklungen (11; 12, 12', 12'') mindestens eine Lage von mehreren bandförmigen Windungen aufweist, dadurch, dass die Wicklung zwei übereinander angeordnete Lagen, eine jeweilige innere und eine jeweilige äußere, von mehreren bandförmigen Windungen aufweist, und dadurch, dass die innere Lage eine Anzahl von Windungen (43, 44; 52), welche kleiner ist als diejenige der Windungen (40 bis 42; 50, 51) der äußeren Lage, zählt, wobei kumulierte Axialerstreckungen der Windungen der zwei Lagen im Wesentlichen identisch sind.

2. Rotationsübertrager gemäß dem Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch, dass** das Verhältnis der Axiallängen (L1, L2) der zwei Spalte invers zu dem ihrer Durchmesser (D1; D2) ist.
3. Rotationsübertrager gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** das eine (8') der rohrförmigen Teile (7', 8') in dem anderen mittels einer es axial durchlaufenden Welle (20) drehbar montiert ist, wobei die Welle (20') eine gefaste Wurzel (20'a) aufweist, welche zu einer in dem Teil (8') ausgebildeten Fase (8'a) komplementär passend ist.
4. Rotationsübertrager gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** das Spiel (j), welches die einander gegenüberliegenden Wicklungen (11, 12) trennt, zwischen 0,3 mm und 0,5 mm, typischerweise 0,4 mm, beträgt.
5. Rotationsübertrager gemäß irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet dadurch, dass** die rohrförmigen Teile (7, 8) aus Ferrit sind.
6. Verfahren zur Herstellung eines Rotationsübertragers gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch, dass** a) ein erstes (7; 7') und ein zweites (8; 8') rohrförmiges Teil, welche derart eingerichtet sind, dass sich eines in dem anderen drehen kann, aus ferromagnetischem Material hergestellt werden, b) die Wicklungen (11; 12, 12', 12'') hergestellt werden, wobei mindestens eine von ihnen mindestens eine Lage von mehreren bandförmigen Wicklungen aufweist, und c) jede der Wicklungen (11; 12, 12', 12'') auf das korrespondierende rohrförmige Teil (7, 8; 7', 8') montiert wird, indem sie parallel zur Achse (Y) des rohrförmigen Teils auf die-

ses bewegt wird.

7. Verfahren gemäß dem Anspruch 6, **gekennzeichnet dadurch, dass** jede der Wicklungen mittels Schneidens eines Metallblatts gefertigt wird.
8. Vorrichtung zur Versorgung eines Instruments (22), das auf einer rotierenden Platte (21) montiert ist, mit elektrischer Energie, aufweisend Mittel zur Übertragung der Energie ohne physischen Kontakt zwischen der Platte (21) und einem Träger derselben, **gekennzeichnet dadurch, dass** die besagten Mittel einen Rotationsübertrager gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5 aufweisen, wobei das drehende rohrförmige Stück (8; 8') des Übertragers mit der Platte (21) drehfest verbunden ist.
9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, **gekennzeichnet dadurch, dass** das drehende rohrförmige Stück (8; 8') des Übertragers auch mit einem drehenden Abschnitt (33) einer kapazitiven Übertragungseinrichtung von numerischen Signalen drehfest verbunden ist.
10. Wandlervorrichtung zur elektrischen Energieversorgung vom Typ "Flyback", aufweisend einen Übertrager, **gekennzeichnet dadurch, dass** der Übertrager irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5 entspricht.

Claims

1. Rotary transformer for the transmission of electrical power by electromagnetic induction between the first (11) and second (12, 12', 12'') coils concentrically arranged on a first (7) and a second (8) tubular parts respectively, which are made of a ferromagnetic material, and coaxially mounted in such a way that the outer surface (13a, 13b, 13c) of one part can rotate in relation to the inner surface (14a, 14b, 14c) of the other, said surfaces each consisting of two straight cylindrical rotation surfaces (13a, 13c; 14a, 14c) of different diameters, each extending from one of the axial ends of said part (7; 8) to an intermediate radial shoulder (13b, 14b) for connecting these surfaces, said parts (7, 8) being arranged head-to-foot one inside the other so as to delimit, between said shoulders (13b, 14b), an annular space receiving said coils (11; 12, 12', 12''), between two annular gaps each delimited by two (13a, 14a; 13c, 14c) of said facing cylindrical surfaces of said first (7) and second (8) parts, **characterised in that** at least one of said coils (11; 12, 12', 12'') comprises at least one layer of a plurality of strip-like windings; **in that** said coil comprises two superimposed layers of strip-like windings, inner and outer respectively; and **in that** said inner layer has fewer windings (43, 44;

52) than the windings (40 to 42; 50, 51) of said outer layer, the total axial extensions of the windings of the two layers being substantially identical.

2. Rotary transformer according to claim 1, **characterised in that** the ratio of the axial lengths (L1, L2) of the two gaps is the inverse of that of their diameters (D1, D2).
3. Rotary transformer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** one (8') of said tubular parts (7', 8') is mounted rotatably within the other by means of a shaft (20') which passes axially through it, said shaft (20') having a chamfered root (20'a) fitting in a complementary manner into a chamfer (8'a) made in said part (8').
4. Rotary transformer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the clearance (j) separating the facing coils (11, 12) is between 0.3 and 0.5 mm, typically 0.4 mm.
5. Rotary transformer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** said tubular parts (7, 8) are made of ferrite.
6. Process for the manufacture of the rotary transformer according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that**, a) the first (7; 7') and second (8; 8') tubular parts are made of ferromagnetic material configured in such a way that one can rotate within the other, b) said coils (11; 12, 12' 12'') are manufactured, at least one of them comprising at least one layer of a plurality of strip-like windings and c) each of said coils (11; 12, 12', 12'') are fitted onto the corresponding tubular part (7, 8; 7', 8') by passing it onto said part parallel to the axis (Y) of said tubular part.
7. Process according to claim 6, **characterised in that** each of said coils is manufactured by being cut out of a metal sheet.
8. Electrical power supply device for an instrument (22) mounted on a rotary plate (21), comprising means of transmitting said power without physical contact between said plate (21) and a support thereof, **characterised in that** said means comprise a rotary transformer according to any one of claims 1 to 5, the rotary tubular part (8; 8') of said transformer being integral in rotation with said plate (21).
9. Device according to claim 8, **characterised in that** said rotary tubular part (8; 8') of said transformer is also integral in rotation with a rotary part (33) of a capacitive digital signal transmitter.
10. Electrical power supply device, of the "flyback" converter type, comprising a rotary transformer, **char-**

acterised in that said transformer is in accordance with any one of claims 1 to 5.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

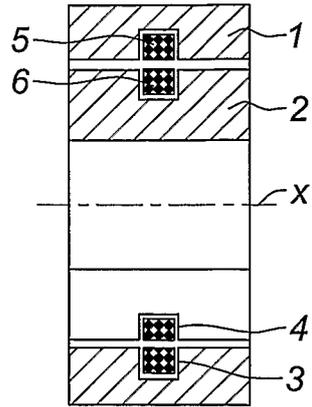


Fig. 1 (technique antérieure)

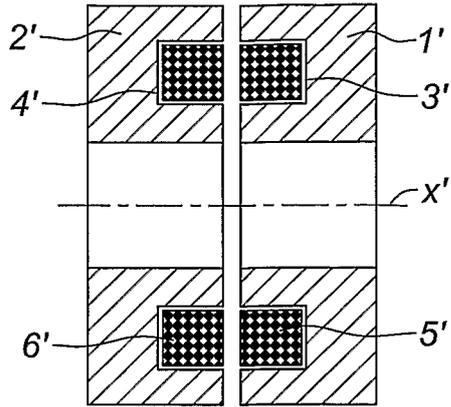


Fig. 2 (technique antérieure)

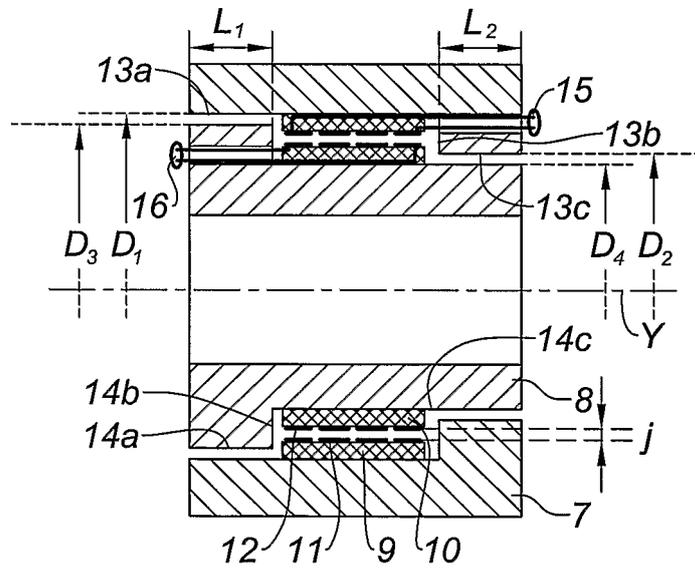


Fig. 3

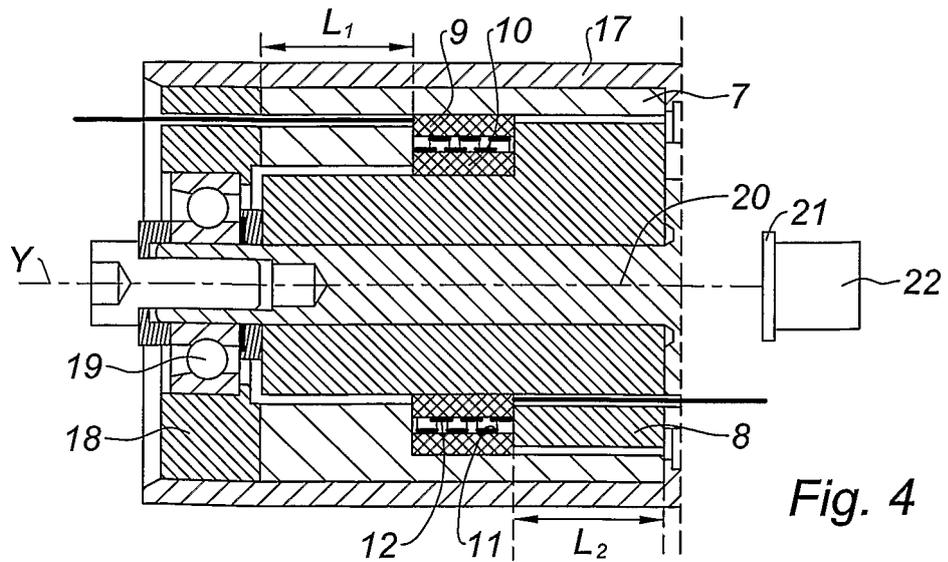
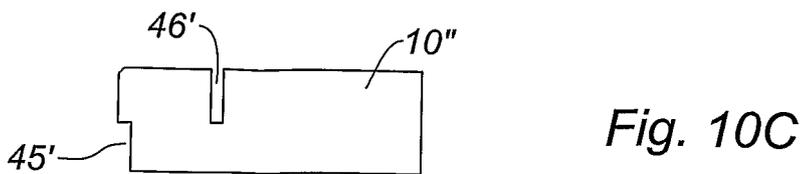
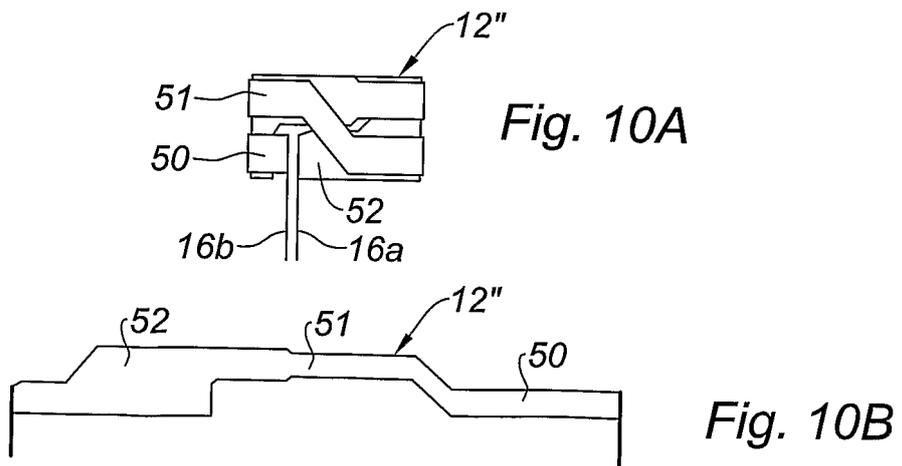
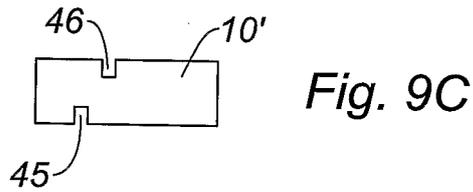
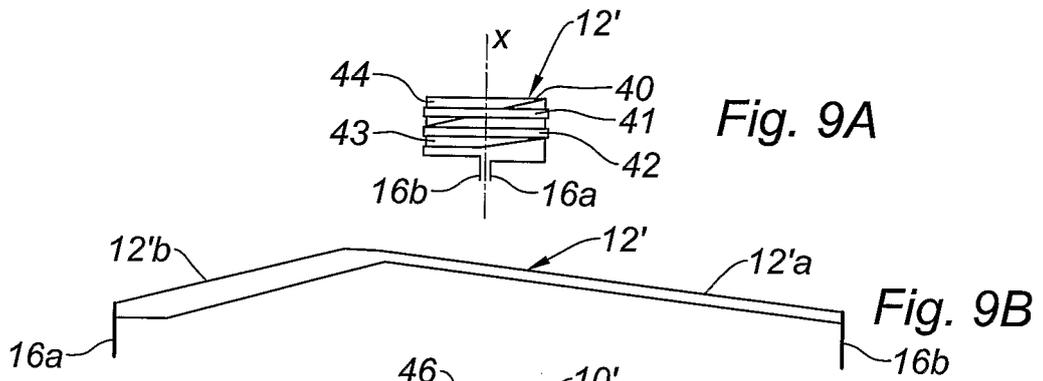
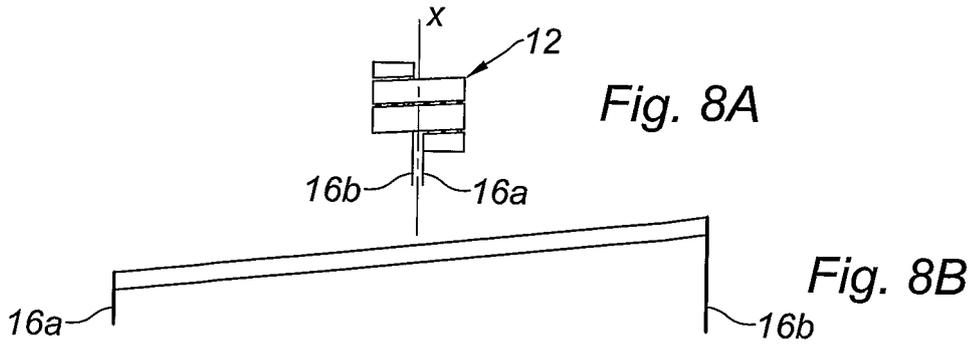


Fig. 4



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6333581 B [0005]