



(11) **EP 2 261 940 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
29.02.2012 Bulletin 2012/09

(51) Int Cl.:
H01H 33/664^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10165178.4**

(22) Date de dépôt: **08.06.2010**

(54) **Enroulement pour contact d'ampoule a vide a moyenne tension a endurance ameliorée, ampoule a vide et disjoncteur, tel qu'un disjoncteur sectionneur d'alternateur associés**

Wicklung für einen Vakuumschalterkontakt mit erhöhter Festigkeit, Vakuumschalter und Schalteinrichtung, insbesondere Generator-Schutzschalter

Coil for a contact of a vacuum switch having an increased mechanical endurance, and related vacuum switch and switchgear, in particular alternator load-break switch

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **10.06.2009 FR 0953855**

(43) Date de publication de la demande:
15.12.2010 Bulletin 2010/50

(73) Titulaire: **Schneider Electric Energy France
92500 Rueil Malmaison (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Kantas, Saïd
34920 Le Cres (FR)**

• **Berthon, Bruno
34130 Saint-Aunes (FR)**
• **Triaire, Cédric
34380 Saint Martin De Londres (FR)**

(74) Mandataire: **Ilgart, Jean-Christophe et al
BREVALEX
95 rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 0 155 376 JP-A- 1 309 224
JP-A- 4 174 919 JP-A- 6 103 859
JP-A- 2000 208 009 JP-A- 2009 032 481
US-A- 4 334 133**

EP 2 261 940 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

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention concerne le domaine des interrupteurs à vide à moyenne tension, couramment appelés ampoules à vide ou encore ampoules sous vide.

[0002] Elle a trait plus particulièrement à l'amélioration de l'endurance de telles ampoules à vide.

[0003] L'application principale est celle dans laquelle une ampoule à vide est utilisée en tant qu'interrupteur de coupure dans un disjoncteur sectionneur d'alternateurs à la sortie des centrales de production d'énergie.

ART ANTÉRIEUR

[0004] Les ampoules à vide sont utilisées depuis de très nombreuses années dans les appareillages électriques de distribution à moyenne tension pour couper des courants de court-circuit de l'ordre de quelques kA, typiquement 25 kA, en quelques kV, typiquement 36 kV. Dans ce type d'appareillage de distribution, les ampoules à vide doivent en outre supporter le passage de courant permanent, typiquement de l'ordre de 1250 A, sans subir un échauffement excessif. En effet, leur implantation dans le réseau de distribution fait que de telles ampoules à vide sont en position fermée en fonctionnement normal du réseau et sont traversées par le courant nominal permanent.

[0005] Il est connu que pour couper ces courants de court-circuit, il est nécessaire de concevoir les contacts d'arc de telle sorte qu'à leur extrémité en regard l'une de l'autre, des flux magnétiques intenses axiaux (usuellement dénommés AMF, abréviation d'« Axial Magnetic Flux » en anglais) ou radiaux (usuellement dénommés RMF, abréviation de « Radial Magnetic Flux » en anglais) soient générés afin de réaliser l'extinction de l'arc lors de la séparation mutuelle des contacts.

[0006] Plus les courants de court-circuit sont élevés plus les flux magnétiques générés doivent l'être également avec une répartition optimale entre contacts, aussi uniformément que possible sur leur surface, pour obtenir une coupure effective d'arc.

[0007] Pour obtenir ces flux ou champs magnétiques (AMF ou RMF) il est connu d'implanter en tant que constituant du corps des contacts d'arc, un enroulement à base de cuivre.

[0008] Ainsi, par exemple, la demanderesse sait réaliser des enroulements à base de cuivre qui sont constitués chacun d'un cylindre creux muni de fentes réalisées en hélice autour de son axe longitudinal et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre.

[0009] Or, pour pouvoir couper des courants très élevés, tels que ceux rencontrés dans les disjoncteurs sectionneurs d'alternateur, en particulier à la sortie de centrales de production d'énergie, la demanderesse a été soumise à une obligation d'augmentation du diamètre des contacts (contacts dits de grand diamètre supérieur à 35

mm) et donc des diamètres des enroulements qui engendrent les champs magnétiques.

[0010] La demanderesse est ainsi parti du constat qu'il n'est pas envisageable de réaliser avec les technologies existantes de grands diamètres de cylindre creux à base de cuivre muni de fentes, typiquement compris entre 90 mm et 150 mm, pour parvenir aux champs magnétiques souhaités. En effet, les machines d'usinage avec fraises scie actuellement utilisées pour la fabrication des enroulements ne permettent de réaliser des fentes d'une largeur au minimum égale à 1 mm.

[0011] Or, avec de telles fentes, il s'avère que les inconvénients des cylindres creux de grand diamètre et des contacts d'ampoule à vide les incorporant sont nombreux :

- tout d'abord, étant intrinsèquement plus fragiles, leur manipulation durant la fabrication des contacts, le transport ou le stockage est plus délicate: cela peut conduire à leur déformation et/ou causer une variation non désirée de leur hauteur,
- la largeur des fentes, (espace entre deux spires consécutives), de l'ordre du mm ou plus permet un mouvement des spires trop important dans le sens longitudinal, lors des cycles ouverture/fermeture. Ceci conduit à baisser la performance d'endurance mécanique des contacts de grand diamètre d'une ampoule à vide ce qui est incompatible avec les standards ANSI ou CEI,
- enfin, les champs magnétiques qui doivent être générés effectivement pour la coupure d'un arc s'avèrent insuffisants pour des enroulements de grand diamètre.

[0012] Pour pallier ces inconvénients, la demanderesse a évalué et testé essentiellement deux solutions.

[0013] Une première solution a consisté, pour une valeur de champ magnétique désirée, à réduire le nombre de fentes en vue d'augmenter la tenue et l'endurance mécanique de l'enroulement.

[0014] Cette solution s'est avérée non souhaitable car réduire le nombre de fentes revient à réduire le nombre de spires définies individuellement entre deux fentes consécutives.

[0015] Le champ magnétique engendré s'en trouve affecté: à diamètre externe égal, la valeur du champ et son homogénéité (sa symétrie) en surface se dégradent lorsque le nombre de spires diminue.

[0016] Une deuxième solution a consisté à placer des cales dans les fentes afin de combler en quelque sorte les jeux inhérents à ces fentes.

[0017] Les cales sont soit en matière isolante électriquement soit en un matériau de résistivité électrique très élevée par rapport au cuivre.

[0018] L'ajout de ces cales conduit impérativement à une augmentation du coût de fabrication du contact.

[0019] En outre, avec des cales en matière isolante électriquement, il subsiste un grand risque de détache-

ment des particules de cette matière lors des manoeuvres de l'ampoule à vide.

[0020] Le détachement de ces particules ne peut que dégrader la tenue diélectrique de l'ampoule à vide. Le document JP 2009 032 481 A décrit un enroulement selon le préambule de la revendication 1. Le but de l'invention est de proposer une conception d'enroulement à base de cuivre, destiné à engendrer un champ magnétique dans un contact électrique pour ampoule à vide à moyenne tension, qui pallie les inconvénients des solutions précédentes.

[0021] Un but particulier de l'invention est donc de proposer un enroulement à base de cuivre qui permette à la fois :

- d'augmenter l'endurance mécanique d'un contact de grande taille, typiquement compris entre 90 mm et 150 mm, qui l'incorpore,
- d'engendrer un champ magnétique de valeur élevée et sans détériorer l'uniformité du champ magnétique à la surface de contact,
- de s'affranchir des risques de déformation et/ou de variation de hauteur lors de sa manipulation.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0022] Pour ce faire, l'invention concerne un enroulement à base de cuivre, de diamètre supérieur à 90 mm, destiné à engendrer un champ magnétique dans un contact électrique pour ampoule à vide à moyenne tension, constitué d'un cylindre creux comprenant des fentes réalisées de manière méthodique en hélice autour de son axe longitudinal et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre.

[0023] Selon l'invention, l'espace entre deux spires consécutives qui constitue une fente est dépourvu de matériau et la largeur de chaque fente est inférieure à 0.2 mm pour un diamètre externe $\varnothing_{\text{ext}}$ du cylindre creux supérieur à 90 mm.

[0024] Dans le cadre de l'invention, l'expression « dépourvu de matériau » signifie qu'aucun élément solide n'est présent dans une fente.

[0025] En réalisant de manière méthodique des fentes de largeur unitaire inférieure à 0.2 mm pour un diamètre externe du cylindre creux supérieur à 90 mm, on augmente l'endurance mécanique d'une ampoule à vide qui comprend deux enroulements selon l'invention (un enroulement par contact) d'un facteur au moins égal à 10 par rapport à une ampoule à vide selon l'état de l'art.

[0026] On respecte ainsi les standards ANSI ou CEI en vigueur pour les ampoules à vide moyenne tension. En effet, les largeurs de fente réduites en dessous du millimètre évitent la rupture des spires lors des cycles ouverture/fermeture qui provoquent des chocs très importants.

[0027] La manipulation et le stockage des enroulements selon l'invention sont en outre plus aisés que ceux de l'état de l'art.

[0028] Le flux (champ) magnétique engendré par un enroulement selon l'invention implanté dans un contact à moyenne tension est homogène, c'est-à-dire symétrique et constant, et de valeur élevée.

5 **[0029]** De préférence également, la largeur d'une spire est en moyenne d'au moins 3 mm, typiquement supérieure à 4 mm.

[0030] L'invention concerne également un procédé selon la revendication 3.

10 **[0031]** L'étape b/ de compression du procédé peut avoir lieu à froid avec un relâchement de la compression réalisé également à froid par relaxation naturelle du cylindre creux.

[0032] On peut également avantageusement réaliser l'étape b/ de compression « à chaud » lors de la réalisation d'un contact électrique pour ampoule à vide à moyenne tension.

[0033] Un tel contact s'étend selon un axe longitudinal Y et comprenant :

- une partie de connexion mécanique qui s'étend selon l'axe longitudinal Y,
- un corps de contact comprenant un enroulement consistant un cylindre creux qui comprend des fentes réalisées en hélice autour de son axe et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre, l'espace entre deux spires consécutives qui constitue une fente est dépourvu de matériau et la largeur de chaque fente est inférieure à 1 mm, le premier cylindre creux étant centré sur l'axe longitudinal Y en ayant une extrémité solidarisée à la partie de connexion mécanique, le creux du premier cylindre étant dépourvu de matériau,
- une plaque circulaire de contact de même diamètre que celui extérieur du premier cylindre creux, ladite plaque étant également centrée sur l'axe longitudinal Y et solidarisée à l'extrémité du premier cylindre creux opposée à celle solidarisée à la partie de connexion mécanique.

[0034] Dans le procédé de réalisation du contact selon l'invention, on réalise la solidarisation du cylindre creux à la plaque circulaire de contact et à la partie de connexion mécanique par brasage, et au cours du cycle de brasage on réalise l'étape b/ du procédé de réalisation de l'enroulement défini précédemment.

[0035] En d'autres termes, on met à profit le procédé de brasage des différents composants d'un contact pour réaliser la compression, autrement dit le formage, contrôlée de l'enroulement.

[0036] On met ainsi en oeuvre des moyens au sein du four de brasage qui permettent à la fois le contrôle de la déformation de l'enroulement et de sa hauteur.

[0037] L'avantage primordial de ce procédé de réalisation est qu'on obtient un enroulement selon l'invention à largeur de fente inférieure au mm, sans ajouter de temps à la durée d'un cycle du procédé de fabrication d'un contact ni augmenter notablement le coût de ce der-

nier.

[0038] Autrement exprimé, le formage par compression à haute température permet un contrôle de la compression et s'intègre au processus de fabrication déjà établi des ampoules à vide.

[0039] Ainsi, la compression (formage) des enroulements à base de cuivre selon l'invention peut être réalisée avant ou lors d'un procédé de réalisation d'un contact dans un four de à haute température lorsque ses différents composants sont brasés ensemble. La hauteur de l'enroulement est ainsi réduite à une valeur précise calibrée au moyen d'une entretoise support ou d'un outillage standard.

[0040] Typiquement, lors du formage par compression de l'enroulement, celui-ci perd 10 à 20% de sa hauteur initiale. La largeur des fentes obtenue peut aller en dessous de 0.1 mm, ce qui correspond à un facteur de réduction de 10 à 12 par rapport à des largeurs de fente d'enroulement selon l'état de l'art.

[0041] L'homme de l'art comprendra que malgré toutes les précautions prises lors de la fabrication, il est possible qu'après compression deux spires adjacentes peuvent se toucher en quelques points, c'est-à-dire que la largeur de la fente les séparant peut le cas échéant être nulle en quelques points.

[0042] Le fonctionnement et les performances de l'ampoule à vide ne se trouvent pas pour autant modifiées: en effet, au(x) point(s) de contact éventuels entre deux spires, celles-ci ont sensiblement la même résistance électrique, elles sont donc au même potentiel et le courant traversant l'ampoule à vide ne peut circuler d'une spire à l'autre ou sinon de manière négligeable.

[0043] Des tests de validation ont prouvé l'efficacité de la compression de l'enroulement selon l'invention, c'est-à-dire l'obtention d'un jeu calibré entre deux spires adjacentes inférieur au mm à l'exception près de rares points de contact éventuels.

[0044] L'invention concerne également un contact électrique pour ampoule à vide à moyenne tension s'étendant selon un axe longitudinal Y et comprenant :

- une partie de connexion mécanique qui s'étend selon l'axe longitudinal Y,
- un corps de contact comprenant :
 - un premier enroulement tel que décrit précédemment,
 - une plaque circulaire de même diamètre que celui extérieur du premier cylindre creux, ladite plaque étant également centrée sur l'axe longitudinal Y et solidarisée à l'extrémité du premier cylindre creux opposée à celle solidarisée à la partie de connexion mécanique.

[0045] Selon un mode de réalisation avantageux, le contact comprend un deuxième enroulement. L'agencement d'un tel deuxième agencement a fait l'objet de la

demande de brevet déposée par la demanderesse sous le N° FR 09 53849. Ce deuxième enroulement est ainsi monté électriquement en parallèle avec le premier enroulement et adapté pour engendrer un champ magnétique qui se superpose au champ magnétique engendré par le premier enroulement.

[0046] Selon une première variante, le deuxième enroulement peut être constitué par un enroulement selon l'invention, avec une largeur de chaque fente inférieure au mm.

[0047] Le deuxième cylindre creux est alors centré sur l'axe longitudinal Y, agencé concentriquement au premier cylindre, en ayant une extrémité solidarisée à la partie de connexion mécanique et l'autre extrémité solidarisée à la plaque circulaire, les creux des cylindres étant dépourvus de matériau.

[0048] Selon une autre variante, le deuxième enroulement est constitué d'une pièce supplémentaire pleine qui comprend deux portions cylindriques et une couronne annulaire non fermée sur elle-même et centrée sur les deux portions cylindriques, chaque extrémité de la couronne non fermée sur elle-même étant solidarisée par l'intermédiaire d'un bras à l'une des portions cylindrique. L'agencement de cette pièce supplémentaire est tel que les deux portions cylindriques sont centrées sur l'axe longitudinal et la couronne annulaire agencée concentriquement au premier enroulement. L'une des portions cylindriques est solidarisée à la partie connexion mécanique et l'autre des portions cylindriques est solidarisée à la plaque circulaire de contact.

[0049] Le creux du premier enroulement et l'espace entre la couronne annulaire et les portions cylindriques pleines sont dépourvus de matériau.

[0050] Selon un mode de réalisation avantageux, le contact comprend au moins une colonnette distincte de (s) l'enroulement(s) et dont l'agencement a fait l'objet de la demande de brevet déposée par la demanderesse sous le N° FR 09 53853. La colonnette est ainsi agencée, dans le creux du premier cylindre, en entretoise entre la partie de connexion mécanique et la plaque circulaire du corps de contact de manière à éviter l'effondrement de cette dernière lors d'une manoeuvre de fermeture et dans la position de fermeture de l'ampoule à vide, la(les) colonnette(s) ayant une forte résistivité électrique telle que lorsqu'un courant donné circule dans le contact, la quantité de courant qui circule dans la(les) colonnette(s) est négligeable par rapport à celle qui circule dans l'(les) enroulement(s).

[0051] Une colonnette peut ainsi être utilisée en tant qu'entretoise de calibrage pour le formage de compression à chaud de l'enroulement lors de l'assemblage par brasage du contact complet. En d'autres termes, au montage on peut loger dans un premier temps la colonnette dans le creux du cylindre de l'enroulement et prévoir un jeu calibré entre la colonnette et la plaque de contact et la partie de connexion mécanique.

[0052] La compression de part et d'autre de la plaque de contact et de la partie de connexion mécanique est

alors limitée par la hauteur précise de la colonnette qui correspond à une hauteur d'enroulement avec des fentes de largeur inférieure au mm.

[0053] Le diamètre extérieur du premier enroulement et de la plaque circulaire est compris entre 90 et 150 mm, ce qui convient parfaitement pour une application dans laquelle les courants de court-circuit à couper ont une valeur supérieure ou égale à 63kA.

[0054] L'invention concerne également une ampoule à vide à moyenne tension comprenant au moins un contact électrique décrit précédemment.

[0055] L'ampoule à vide peut comprendre une paire de contacts électriques avec un contact fixe décrit précédemment et un contact mobile décrit précédemment.

[0056] L'invention concerne également un disjoncteur, tel qu'un disjoncteur sectionneur d'alternateur comprenant au moins une ampoule à vide comme ci-dessus.

[0057] En fonction de l'application, une ampoule à vide selon l'invention pourra ou non être traversée par le courant nominal de charge et bien sûr par le courant de court-circuit en cas de défaut.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0058] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée faite à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures suivantes parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe verticale partielle d'une ampoule à vide moyenne tension conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue en perspective et en coupe partielle réalisée au niveau d'un contact selon un mode de réalisation comprenant un enroulement à base de cuivre selon l'invention,
- la figure 3 est une vue en coupe longitudinale réalisée au niveau d'un contact selon un autre mode de réalisation comprenant un enroulement à base de cuivre selon l'invention,
- les figures 4A et 4B sont des vues de côté d'un enroulement à base de cuivre respectivement avant et après réalisation du procédé selon l'invention,
- la figure 4C est une vue en coupe transversale réalisée au niveau d'un enroulement à base de cuivre selon l'invention et projetée dans un plan,
- les figures 5A et 5B illustrent deux étapes de fabrication d'un procédé de fabrication à froid d'un enroulement à base de cuivre selon l'invention,
- les figures 6A et 6B illustrent deux étapes de fabrication d'un procédé de fabrication à chaud d'un contact comprenant l'enroulement à base de cuivre selon l'invention,
- la figure 7 est une vue en perspective et coupe partielle réalisée au niveau d'un contact selon encore un autre mode de réalisation comprenant un enroulement à base de cuivre selon l'invention,
- les figures 7A et 7B illustrent deux étapes de fabri-

cation d'un procédé de fabrication du contact selon la figure 7.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0059] Telle que représentée en figure 1, une ampoule à vide 1 conforme à l'invention s'étend selon un axe longitudinal Y et comprend essentiellement une paire de contacts dont l'un 2 est fixe et l'autre 3 est mobile entre une position ouverte (voir la partie représentée à droite) et une position fermée (voir la partie représentée à gauche) sous l'action d'une tige de manoeuvre 4. Les contacts 2 et 3 sont de grande taille (diamètre > 35mm).

[0060] La séparation des contacts 2, 3 dans une ampoule à vide a usuellement pour but de couper un arc de courant susceptible de se produire dans l'espace 5 de séparation entre ces contacts.

[0061] Quelle que soit la position fermée ou ouverte des contacts 2, 3, ceux-ci sont agencés dans un écran 6 lui-même à l'intérieur de l'enveloppe 7 de l'ampoule à l'intérieur de laquelle le vide règne.

[0062] La coupure de courants alternatifs de valeur élevée nécessite un contrôle de l'arc qui se crée.

[0063] Les moyens de contrôle de l'arc sont usuellement partie intégrante de l'ampoule à vide. Ils doivent donc assurer que la densité d'énergie de l'arc au niveau des contacts 2, 3 reste en dessous de limites acceptables pour pouvoir couper le courant et tenir la tension transitoire de rétablissement TTR.

[0064] Un type de contrôle d'arc connu est couramment appelé contrôle d'arc par champ magnétique axial (en anglais Axial Magnetic Field AMF).

[0065] Ces moyens de contrôle d'arc par champ magnétique axial AMF consistent à créer un champ magnétique parallèlement à l'axe longitudinal Y de l'ampoule 1.

[0066] Ces moyens de contrôle d'arc AMF sont supposés empêcher une contraction de l'arc et, en conséquence l'élargir sur une zone des surfaces des contacts en regard l'un de l'autre qui est la plus large possible. Cela a normalement pour résultat de distribuer l'énergie de l'arc sur une surface plus grande et donc permettre la coupure du courant au zéro naturel du courant alternatif.

[0067] Autrement dit, des moyens de contrôle d'arc AMF efficaces exigent l'obtention d'un champ magnétique réellement généré par l'enroulement qui soit élevé et réparti uniformément afin de diffuser l'arc efficacement sur les surfaces des contacts en regard l'une de l'autre.

[0068] Ces moyens de contrôle d'arc AMF sont ainsi constitués par au moins un élément sous la forme d'une bobine ou autrement dit enroulement à base de cuivre qui est un cylindre 8 creux agencé comme représenté sur la figure 2, qui s'étend à la périphérie du contact.

[0069] Le creux 80 de l'enroulement 8 est dépourvu de matériau. L'enroulement cylindrique creux 8 comprend des fentes 81 réalisées en hélice autour de l'axe longitudinal Y et débouchant à la fois sur l'intérieur et sur

l'extérieur du cylindre 8. L'espace entre deux fentes consécutives 81 définit une spire 82.

[0070] Chaque contact 2, 3 comprend une partie connexion mécanique 20, 30 et un corps de contact 21, 31 solidarisé à cette connexion mécanique.

[0071] Le corps 21, 31 comprend l'enroulement 8 et une partie électrode 22, 32 sous la forme d'une plaque circulaire. Cette plaque 22 ou 32 constitue la surface de contact physique mutuel avec l'autre plaque 32 ou 22 lorsque les contacts sont en position fermée.

[0072] Ces surfaces de contact 22, 32 sont donc les surfaces sur lesquelles l'arc doit être diffusé le plus uniformément et le plus largement possible.

[0073] Les enroulements 8 sont solidarisés chacun à la fois à la partie de connexion mécanique 20 ou 30 et à la plaque circulaire 22 ou 32.

[0074] Typiquement, les enroulements 8 et les parties d'électrodes 22, 32 selon l'invention ont un diamètre extérieur $\varnothing_{\text{ext}}$ compris entre 90 et 150 mm dans des applications dans lesquelles le courant à couper a une valeur supérieure ou égale à 63kA, par exemple 80 kA ou au dessus.

[0075] Une telle application particulièrement visée est celle où l'ampoule à vide est utilisée en tant que disjoncteur sectionneur d'alternateur en sortie de centrale de production d'énergie.

[0076] Pour augmenter le champ magnétique total effectif dans la partie centrale du contact, pour des contacts 2, 3 de diamètre important (compris entre 90 et 150 mm), ou autrement dit pour améliorer l'efficacité des moyens de contrôle d'arc par champ magnétique axial AMF, les inventeurs ont proposé dans la demande de brevet susmentionnée N° FR 09 53849 d'agencer un deuxième enroulement 9 ou 10 de manière concentrique dans le premier enroulement 8 (figures 2, 3 et 6).

[0077] Ce deuxième enroulement 9 ou 10 est ainsi monté électriquement en parallèle avec le premier enroulement 8 et il adapté pour engendrer un champ magnétique qui se superpose au champ magnétique engendré par le premier cylindre 8.

[0078] Un mode de réalisation d'un deuxième enroulement est celui illustré en figure 2.

[0079] Il consiste en un deuxième cylindre creux 9 comprenant des fentes 91 réalisées en hélice autour de son axe et débouchant à la fois sur l'intérieur et l'extérieur du cylindre. Ce deuxième cylindre creux 9 est centré sur l'axe longitudinal Y, agencé concentriquement au premier cylindre 8, en ayant une extrémité solidarisée à la partie de connexion mécanique et l'autre extrémité solidarisée à la plaque circulaire 22.

[0080] Dans ce mode de réalisation, les creux 80, 90 des cylindres sont dépourvus de matériau.

[0081] Tel qu'illustré, le deuxième cylindre creux 9 est en fait homothétique du premier cylindre creux 8.

[0082] Les deux enroulements 8 et 9 sont montés électriquement en parallèle: ainsi les deux cylindres sont solidarisés à la base de connexion 20 et à la plaque d'électrode 22. Il en est de même pour les enroulements (non

représentés) du contact 3 en vis-à-vis du contact 2.

[0083] Puisque l'enroulement 8 à la périphérie et l'enroulement 9 au centre du contact 2 constituent des résistances électriques en parallèle, ils permettent d'avoir un pourcentage donné de courant qui passe dans l'un 8 et dans l'autre 9.

[0084] Un autre mode de réalisation d'un deuxième enroulement 10 est illustré à la figure 3.

[0085] Selon ce mode, le deuxième enroulement consiste en une pièce supplémentaire pleine 10 qui comprend deux portions cylindriques 100a, 100b et une couronne annulaire 102 non fermée sur elle-même et centrée sur deux portions cylindriques 100a, 100b. Chaque extrémité de la couronne 102 non fermée sur elle-même est solidarisée par l'intermédiaire d'un bras 101, 103 à l'une des portions cylindriques 100a, 100b.

[0086] La distance prévue entre les deux extrémités de la couronne annulaire est minimale et n'a ainsi pas d'influence sur la valeur du champ magnétique créé par le deuxième enroulement 10.

[0087] L'agencement de cette pièce supplémentaire 10 est tel que les deux portions cylindriques pleines 100a et 100b sont centrées sur l'axe longitudinal Y et sa couronne annulaire 102 concentrique au premier cylindre 8.

[0088] La portion cylindrique pleine 100b est solidarisée à la partie connexion mécanique 20. La portion cylindrique 100b est solidarisée la plaque circulaire de contact 22.

[0089] Le creux 80 du premier cylindre 8 et l'espace entre la couronne annulaire 102 et les portions cylindriques 100a et 100b sont dépourvus de matière.

[0090] Comme visible sur la figure 3, afin que le courant qui circule dans l'enroulement supplémentaire 10 et le courant qui circule dans le premier enroulement 8 aient le même sens de circulation (de bas vers le haut et en suivant un trajet anti-horaire dans la couronne 102), le bras 103 qui solidarise l'extrémité 1020 de la couronne 102 à la portion cylindrique 100b est en dessous du bras 101 qui solidarise l'autre extrémité 1021 de la couronne 102 à la portion cylindrique 100a.

[0091] La problématique de l'invention est ici d'obtenir un premier enroulement 8 à base de cuivre qui permette à la fois :

- d'augmenter l'endurance mécanique d'un contact 2, 3 de grande taille, typiquement compris entre 90 mm et 150 mm, qui l'incorpore,
- d'engendrer un champ magnétique de valeur élevée et sans détériorer son uniformité à la surface de contact,
- de s'affranchir des risques de déformation et/ou de variation de hauteur lors de sa manipulation.

[0092] Pour répondre à cette problématique de l'invention, les inventeurs ont pensé réduire la largeur des fentes 81 d'un enroulement à base de cuivre 8 fabriqué selon les techniques actuelles (figure 4A) de sorte qu'une fois implanté dans un contact selon l'invention, l'enroulement

présente des fentes 81 de largeur finale l_f réduite au plus au millimètre (figure 4B).

[0093] En effet, le cylindre creux constituant l'enroulement à base de cuivre 8 est usuellement fabriqué en utilisant des fraises scies répandues de l'ordre de 1 à 1,2 mm qui donnent ainsi une largeur initiale l_i de ce même ordre de grandeur aux fentes 81 (figure 4A).

[0094] Chaque spire 82 définie entre deux fentes 81 consécutives a par ailleurs une largeur L moyenne de l'ordre de 4 mm.

[0095] Les inventeurs ont analysé que cette largeur de fentes 81 l_i était la source de la problématique de l'invention : de larges fentes de l'ordre de 1 à 1.2mm ont pour effet de fragiliser l'enroulement lors de sa manipulation, de réduire l'endurance mécanique du contact qui en est muni et d'engendrer un champ magnétique pas nécessairement élevée et parfois asymétrique.

[0096] Pour réduire la largeur des fentes en dessous du mm et de préférence entre 0.1 mm et 0.2mm, les inventeurs ont privilégié la réalisation par une compression d'un enroulement 8 réalisé comme usuellement. En effet, tailler directement des fentes 81 de très faible largeur unitaire s'avère du point de vue des inventeurs techniquement délicat à réaliser et en tout cas très coûteux car cela nécessiterait l'utilisation de fraises scies très chères. En outre, il n'est même pas sûr que l'utilisation de fraises scies à ces diamètres inférieurs au millimètre s'avère compatible avec un cylindre à base de cuivre.

[0097] La figure 4C est un exemple de représentation schématique en vue de coupe transversale d'un enroulement 8 selon l'invention, la coupe étant projetée dans un même plan.

[0098] Selon cette coupe, on voit que les parties de fentes 81 sont uniformément réparties sur le diamètre de l'enroulement 8 (au nombre de 12) et toutes de même dimension. La longueur angulaire d'une fente 81 est α de l'ordre de égal à 115° .

[0099] Un procédé de réalisation à froid d'un enroulement à base de cuivre selon l'invention est montré aux figures 5A et 5B.

[0100] La compression d'un enroulement 8 de première hauteur h_1 et comprenant des fentes de largeur l_i de l'ordre de 1 mm à 1,2 mm est réalisée par presse entre deux plaques d'appui 11a, 11b avec une force F_c déterminée en fonction du coefficient de résistance à la compression du cuivre constituant l'enroulement. La compression est réalisée jusqu'à ce que la plaque du dessus 11b vienne en appui contre des entretoises 12 de hauteur calibrée h_2 . Après relaxation naturelle de l'enroulement 8 sur une distance r , l'enroulement prend une hauteur finale h_3 . Typiquement, pour ce procédé de compression à froid, la différence de hauteur $\Delta h = h_1 - h_3$ est comprise entre 2.5 mm et 4 mm.

[0101] Un procédé de réalisation à chaud d'un enroulement à base de cuivre selon l'invention est montré aux figures 6A et 6B. Selon ce procédé, on réalise la solidification du cylindre creux 8 à la plaque circulaire de contact 22 et à la partie de connexion mécanique 20 par

brasage, et au cours du cycle de brasage on réalise une compression de l'enroulement 8.

[0102] Les inventeurs ont proposé dans la demande de brevet N° FR 09 53853 d'agencer au moins une colonnette 7a, 7b, 7c distincte de(s) l'enroulement(s), dans le creux du premier cylindre 8, en entretoise entre la partie de connexion mécanique 20 et la plaque circulaire 22, 32 du corps de contact de manière à éviter l'effondrement de cette dernière lors d'une manoeuvre de fermeture et dans la position de fermeture de l'ampoule à vide, la(les) colonnette(s) ayant une forte résistivité électrique telle que lorsqu'un courant donné circule dans le contact, la quantité de courant qui circule dans la(les) colonnette(s) est négligeable par rapport à celle qui circule dans l'(les) enroulement(s).

[0103] Dans le procédé de réalisation à chaud selon l'invention on met à profit ces colonnettes 7a, 7b et 7c pour servir d'entretoises calibrées. Ainsi, on place le contact 2 représenté en figure 6A avec des fentes 81 de largeur l_i supérieure au mm, dans le four de brasage et entre deux plaques d'appui 11a, 11b.

[0104] Celle du dessus 11b est surmontée d'une masse M appropriée 13, typiquement entre 2 kg et 5kg.

[0105] Au cours de la montée en T° du four, l'enroulement 8 s'affaisse sous le poids de la masse 13 et de la plaque 22, et les fentes 81 voient leur largeur diminuer en dessous du mm.

[0106] L'affaissement s'arrête lorsque la plaque circulaire 22 vient en butée contre les colonnettes 7a, 7b, 7c.

[0107] Le cycle de brasage des parties 20 et 22 à l'enroulement 8 continue alors avec l'opération de brasage proprement dite. A la fin du cycle, lorsque le contact 2 est retiré du four, la largeur définitive l_f des fentes 81 est atteinte et typiquement de l'ordre de 0.1 à 0.2mm (figure 6B). Typiquement, la différence Δh_c de hauteur du contact 2 entre sa mise en place dans le four de brasage (figure 6A) et sa sortie (figure 6B) est comprise entre 2.5 mm et 4 mm.

[0108] A la figure 7 est montré un contact 2 réalisé selon le procédé à chaud avec les colonnettes 7a, 7b, 7c et comprenant en outre un deuxième enroulement constitué de la pièce pleine 10 décrite ci-dessus en référence à la figure 3. Ici, trois colonnettes identiques 7a, 7b, 7c ont été implantées en tant qu'entretoises dans le corps de contact 22. Plus exactement, ces trois colonnettes 7a, 7b, 7c sont situées sur une même circonférence à 120° l'une de l'autre et à l'intérieur de la couronne annulaire 102, c'est-à-dire entre les portions cylindriques 100a et 100b et la couronne annulaire 102.

[0109] Comme visible à la figure 7A, il est prévu initialement un jeu j entre d'une part les colonnettes 7 et la portion cylindrique 100a du dessus pour permettre l'affaissement de l'enroulement 8 sous le poids de la masse 13 et de la plaque 22.

[0110] Ainsi, comme vu en coupe en figure 7B, à la sortie du four de brasage, les différents composants (colonnettes 7, portions cylindriques 100a et 100b, enroulement 8, plaque 22 et partie de connexion mécanique

20) sont brasées entre elles et aucun jeu ne subsiste.

[0111] L'invention qui vient d'être décrite permet d'obtenir les avantages suivantes :

- augmenter la stabilité mécanique d'un contact d'une ampoule à vide comprenant un enroulement à base de cuivre; Cette stabilité mécanique permet de répondre aux standards ANSI ou CEI. L'endurance mécanique de l'ampoule à vide s'en trouve améliorée significativement jusqu'à permettre la réalisation de 30000 cycles d'ouverture/fermeture,
- améliorer le champ magnétique engendré par un enroulement à base de cuivre selon l'invention: en conservant le même nombre de fentes mais en réduisant sa hauteur, l'enroulement engendre un champ magnétique plus élevé et mieux réparti, ce qui permet une coupure efficace des courants d'arc,
- rendre moins élevée la probabilité pour un arc d'être créé à la périphérie du contact.

Revendications

1. Enroulement (8) à base de cuivre, de diamètre supérieur à 90mm, destiné à engendrer un champ magnétique dans un contact électrique (2, 3) pour ampoule à vide (1) à moyenne tension, constitué d'un cylindre creux (8) comprenant des fentes (81) réalisées de manière méthodique en hélice autour de son axe longitudinal et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre, enroulement dans lequel l'espace entre deux spires consécutives qui constitue une fente est dépourvu de matériau **caractérisé en ce que** la largeur de chaque fente est inférieure à 0.2 mm pour un diamètre externe $\varnothing_{ext}$ du cylindre creux supérieur à 90 mm.
2. Enroulement selon la revendication 1, dans lequel la largeur d'une spire est en moyenne d'au moins 3 mm, typiquement supérieure à 4 mm.
3. Procédé de réalisation d'un enroulement à base de cuivre, destiné à engendrer un champ magnétique dans un contact électrique (2, 3) pour ampoule à vide (1) à moyenne tension, comprenant les étapes suivante :

a/ réalisation d'un cylindre creux d'une hauteur initiale h_1 avec fentes en hélice autour de son axe longitudinal et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre, l'espace entre deux spires consécutives étant dépourvu de matériau et la largeur unitaire de chaque fente initiale étant comprise entre 1mm et 1.2mm pour une diamètre externe de diamètre creux $\varnothing_{ext}$ du cylindre creux supérieur à 90 mm,
b/ compression du cylindre creux jusqu'à atteindre une hauteur intermédiaire h_2 calibrée de

sorte qu'après relâchement de la compression du cylindre creux, la largeur de chaque fente finale est inférieure à 0.2mm.

4. Procédé selon la revendication 3, selon lequel on réalise l'étape b/ de compression à froid et le relâchement de la compression étant réalisé également à froid par relaxation naturelle du cylindre creux.
5. Procédé de réalisation d'un contact électrique (2, 3) pour ampoule à vide (1) à moyenne tension comprenant le procédé de réalisation de l'enroulement selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, le contact s'étendant selon un axe longitudinal Y et comprenant :
 - une partie de connexion mécanique (20, 30) qui s'étend selon l'axe longitudinal Y,
 - un corps de contact (21, 31) comprenant un enroulement consistant un cylindre creux (8) qui comprend des fentes (81) réalisées en hélice autour de son axe et débouchant à la fois dans le creux et à l'extérieur du cylindre; l'espace entre deux spires consécutives qui constitue une fente est dépourvu de matériau et la largeur de chaque fente est inférieure à 1 mm, le premier cylindre creux étant centré sur l'axe longitudinal Y en ayant une extrémité solidarisée à la partie de connexion mécanique, le creux (80) du premier cylindre étant dépourvu de matériau,
 - une plaque circulaire (22, 32) de contact de même diamètre que celui extérieur du premier cylindre creux, ladite plaque (22, 32) étant également centrée sur l'axe longitudinal Y et solidarisée à l'extrémité du premier cylindre creux opposée à celle solidarisée à la partie de connexion mécanique, procédé selon lequel on réalise la solidarisation du cylindre creux à la plaque circulaire de contact et à la partie de connexion mécanique par brasage, et au cours du cycle de brasage on réalise l'étape b/.
6. Contact électrique (2, 3) pour ampoule à vide (1) à moyenne tension s'étendant selon un axe longitudinal Y et comprenant :

- une partie de connexion mécanique (20, 30) qui s'étend selon l'axe longitudinal Y,
- un corps de contact (21, 31) comprenant:

- un premier enroulement selon l'une des revendications 1 ou 2,
- une plaque circulaire (22, 32) de même diamètre que celui extérieur du premier cylindre creux, ladite plaque (22, 32) étant également centrée sur l'axe longitudinal Y et solidarisée à l'extrémité du premier cylindre creux opposée à celle solidarisée à la

partie de connexion mécanique.

7. Contact électrique (2, 3) selon la revendication 6, comprenant un deuxième enroulement (9, 10) monté électriquement en parallèle avec le premier enroulement (8) et adapté pour engendrer un champ magnétique qui se superpose au champ magnétique engendré par le premier enroulement (8).
8. Contact électrique (2, 3) selon la revendication 7, dans lequel le deuxième enroulement est un enroulement selon l'une des revendications 1 ou 2, le deuxième cylindre creux (9) étant centré sur l'axe longitudinal Y, agencé concentriquement au premier cylindre (8), en ayant une extrémité solidarisée à la partie de connexion mécanique et l'autre extrémité solidarisée à la plaque circulaire (22, 32), les creux (80, 90) des cylindres étant dépourvus de matériau.
9. Contact électrique selon la revendication 6, comprenant un deuxième enroulement constitué d'une pièce supplémentaire pleine (10), qui comprend deux portions cylindriques (100a, 100b) et une couronne annulaire (102) non fermée sur elle-même et centrée sur les deux portions cylindriques (100a, 100b), chaque extrémité (1020, 1021) de la couronne (102) non fermée sur elle-même étant solidarisée par l'intermédiaire d'un bras (101, 103) à l'une des portions cylindrique (100a, 100b), l'agencement de cette pièce supplémentaire 10 étant tel que les deux portions cylindriques (100a, 100b) sont centrées sur l'axe longitudinal Y et la couronne annulaire (102) agencée concentriquement au premier enroulement (8), l'un des portions cylindriques (100a) étant solidarisée à la partie connexion mécanique (20) et l'autre des portions cylindriques (100b) étant solidarisée à la plaque circulaire de contact (22), le creux (80) du premier enroulement (8) et l'espace entre la couronne annulaire (102) et les deux portions cylindriques (100a, 100b) étant dépourvus de matière.
10. Contact électrique selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel le diamètre extérieur du premier enroulement et de la plaque circulaire est compris entre 90 et 150 mm.
11. Ampoule à vide (1) à moyenne tension comprenant au moins un contact électrique (2, 3) selon l'une des revendications 6 à 10.
12. Ampoule à vide selon la revendication 11, comprenant une paire de contacts électriques avec un contact fixe (2) selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 et un contact mobile (3) selon l'une quelconque des revendications 6 à 10.
13. Disjoncteur, tel qu'un disjoncteur sectionneur d'alternateur comprenant au moins une ampoule à vide

(1) selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12.

14. Utilisation d'une ampoule à vide selon la revendication 11 ou 12 selon laquelle elle est traversée par un courant de court-circuit en cas de défaut et le cas échéant en le courant nominale de charge.

Claims

1. A copper-based winding (8), of diameter typically greater than 90 mm, intended to generate a magnetic field in an electrical contact (2, 3) for a medium voltage vacuum circuit-breaker (1), the winding consisting of a hollow cylinder (8) including helical slots (81) about its longitudinal axis and opening out both to the hollow and to the exterior of the cylinder, in which winding the space between two consecutive turns that constitutes a slot is empty of material **characterized in that** the width of each slot is less than 0.2 mm for an outside diameter $\varnothing_{\text{ext}}$ of the hollow cylinder that is greater than 90 mm.
2. A winding according to claim 1, wherein the width of a turn is on average at least 3 mm, and typically greater than 4 mm.
3. A method of making a copper-based winding intended to generate a magnetic field in an electrical contact (2, 3) for a medium-voltage vacuum circuit-breaker (1), the method comprising the following steps:
 - a) making a hollow cylinder of an initial height h1 with helical slots about its longitudinal axis and opening out both to the hollow and to the exterior of the hollow, the space between two consecutive turns being empty of material and the initial individual slot width lying in the range 1 mm and 1.2 mm for an outside diameter of the hollow diameter $\varnothing_{\text{ext}}$ of the hollow cylinder greater than 90 mm;;
 - b) compressing the hollow cylinder until it reaches a calibrated intermediate height h2 so that after release of compression of the hollow cylinder, the width of each final slot is less than 0.2 mm.
4. A method according to claim 3, wherein cold compression step b) is carried out and the compression release also being carried out cold by natural relaxation of the hollow cylinder.
5. A method of making an electrical contact (2, 3) for a medium-voltage vacuum circuit-breaker (1), including the method of making a copper-based winding according to claim 3 or claim 4, the contact extending

along a longitudinal axis Y and including:

- a mechanical connection portion (20, 30) that extends along the longitudinal axis Y;
- a contact body (21, 31) comprising a winding consisting of a hollow cylinder (8) that includes helical slots (81) about its axis and opening out both to the hollow and to the exterior of the cylinder, the space between two consecutive turns that constitute a slot is empty of material and the width of each slot is less than 1 mm, the first hollow cylinder being centered on the longitudinal axis Y by having an end that is fastened to the mechanical connection portion, the hollow (80) of the first cylinder being empty of material; and
- a circular contact plate (22, 32) that has a diameter equal to the outside of the first hollow cylinder, said plate (22, 32) also being centered on the longitudinal axis Y and being fastened to the end of the first hollow cylinder opposite the plate fastened to the mechanical connection portion;

wherein the fastening of the hollow cylinder to the circular contact plate and to the mechanical connection portion is carried out by brazing, and during the brazing cycle, step b) is carried out.

6. An electrical contact (2, 3) for a medium-voltage vacuum circuit-breaker (1), the contact extending along a longitudinal axis Y and comprising:

- a mechanical connection portion (20, 30) that extends along the longitudinal axis Y; and
- a contact body (21, 31) that includes:

a first winding according to any one of claims 1 or 2; and

a circular contact plate (22, 32) of the same diameter as that of the exterior of the first hollow cylinder, said plate (22, 32) being also centered on the longitudinal axis Y and being fastened to the end of the first hollow cylinder opposite from the end fastened to the mechanical connection portion.

7. An electrical contact (2, 3) according to claim 6, including a second winding (9, 10) electrically connected in parallel with the first winding (8) and adapted to generate a magnetic field that is superposed on the magnetic field generated by the first winding (8).
8. An electrical contact (2, 3) according to claim 7, wherein the second winding is a winding according to any one of claims 1 or 2, the second hollow cylinder (9) being centered on the longitudinal axis Y, concentric with the first cylinder (8), having one end fas-

tened to the mechanical connection portion and the other end fastened to the circular plate (22, 32), the hollows of the cylinders being empty of material.

9. An electrical contact according to claim 6, including a second winding constituted by an additional solid part (10), which comprises two cylindrical portions (100a, 100b) and an annular ring (102) that is not looped and that is centered on the two cylindrical portions (100a, 100b), each end (1020, 1021) of the non-looped ring (102) being fastened by an arm (101, 103) to one of the cylindrical portions (100a, 100b), the arrangement of this additional part (10) being such that the two cylindrical portions (100a, 100b) are centered on the longitudinal axis Y and the annular ring (102) arranged concentrically with the first winding (8), one of the cylindrical portions (100a) being fastened to the mechanical connection portion (20) and the other of the cylindrical portions (100b) being fastened to the circular contact plate (22), the hollow (80) of the first winding (8) and the space between the annular ring (102) and the two cylindrical portions (100a, 100b) being empty of material.

10. An electrical contact according to any one of claims 6 to 9, wherein the outside diameter of the first winding and of the circular plate lies in the range 90 mm to 150 mm.

11. A medium-voltage vacuum circuit-breaker (1) including at least one electrical contact (2, 3) according to any one of claims 6 to 10.

12. A vacuum circuit-breaker according to claim 11 comprising a pair of electrical contacts with a stationary contact (2) according to any one of claims 6 to 10 and a movable contact (3) according to any one of claims 6 to 10.

13. A circuit-breaker, such as an AC generator disconnected circuit-breaker including at least one vacuum circuit-breaker (1) according to claims 11. or claim 12.

14. The use of a vacuum circuit-breaker according to claim 11 or claim 12 through which a short-circuit current flows in the event of a fault, and where appropriate through which the nominal load current flows.

Patentansprüche

1. Wicklung (8) auf Basis von Kupfer mit einem Durchmesser von über 90 mm, die dazu bestimmt ist, ein Magnetfeld in einem elektrischen Kontakt (2, 3) für eine Mittelspannungs-Vakuumröhre (1) zu erzeugen

- und die aus einem Hohlzylinder (8) mit Schlitz (81) besteht, die systematisch wendelförmig um seine Längsachse ausgebildet sind und zugleich in den Hohlraum und nach außerhalb des Zylinders münden, bei welcher Wicklung der einen Schlitz bildende Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Windungen materialfrei ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite eines jeden Schlitzes kleiner als 0,2 mm bei einem Außendurchmesser $\varnothing_{\text{ext}}$ des Hohlzylinders von über 90 mm ist.
2. Wicklung nach Anspruch 1, wobei die Breite einer Windung im Durchschnitt mindestens 3 mm und typischerweise über 4 mm beträgt.
3. Verfahren zum Herstellen einer Wicklung auf Basis von Kupfer, die dazu bestimmt ist, ein Magnetfeld in einem elektrischen Kontakt (2, 3) für eine Mittelspannungs-Vakuumröhre (1) zu erzeugen, das nachfolgende Schritte umfasst:
- Herstellen eines Hohlzylinders mit einer Anfangshöhe h_1 mit wendelförmigen Schlitz um seine Längsachse herum, die zugleich in den Hohlraum und nach außerhalb des Zylinders münden, wobei der Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Windungen materialfrei ist und die Einheitsbreite eines jeden ursprünglichen Schlitzes zwischen 1 mm und 1,2 mm bei einem Außendurchmesser $\varnothing_{\text{ext}}$ des Hohlzylinders von über 90 mm beträgt,
 - Zusammendrücken des Hohlzylinders bis zum Erreichen einer kalibrierten Zwischenhöhe h_2 , derart, dass nach dem Nachlassen der Druckkraft auf den Hohlzylinder die Breite eines jeden endgültigen Schlitzes unter 0,2 mm beträgt,
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Schritt b) zum Zusammendrücken im Kaltzustand erfolgt, wobei das Nachlassen der Druckkraft auch kalt durch natürliche Entspannung des Hohlzylinders erfolgt.
5. Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontaktes (2, 3) für eine Mittelspannungs-Vakuumröhre (1), umfassend das Verfahren zum Herstellen der Wicklung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei der Kontakt sich entlang einer Längsachse Y erstreckt und enthält:
- ein mechanisches Verbindungsteil (20, 30), das sich entlang der Längsachse Y erstreckt,
 - einen Kontaktkörper (21, 31), der eine Wicklung aufweist, die aus einem Hohlzylinder (8) mit Schlitz (81) besteht, die wendelförmig um seine Achse herum ausgerührt sind und zugleich in den Hohlraum und nach außerhalb des Zylinders münden, wobei der einen Schlitz bildende Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Windungen materialfrei ist und die Breite eines jeden Schlitzes kleiner als 1 mm ist, wobei der erste Hohlzylinder auf die Längsachse Y zentriert ist und mit einem Ende fest mit dem mechanischen Verbindungsteil verbunden ist, wobei der Hohlraum (80) des ersten Zylinders materialfrei ist,
 - eine kreisförmige Kontaktplatte (22, 32) gleichen Durchmessers wie der Außendurchmesser des ersten Hohlzylinders, wobei die Platte (22, 32) auch auf die Längsachse Y zentriert und fest mit dem Ende des ersten Hohlzylinders verbunden ist, das dem fest mit dem mechanischen Verbindungsteil verbundenen Ende entgegengesetzt ist,
- bei welchem Verfahren die feste Verbindung des Hohlzylinders mit der kreisförmigen Kontaktplatte und mit dem mechanischen Verbindungsteil durch Verlöten erfolgt und im Laufe des Lötzyklus der Schritt b) durchgeführt wird.
6. Elektrischer Kontakt (2, 3) für eine Mittelspannungs-Vakuumröhre (1), der sich entlang einer Längsachse Y erstreckt und enthält:
- ein mechanisches Verbindungsteil (20, 30), das sich entlang der Längsachse Y erstreckt,
 - einen Kontaktkörper (21, 31) mit:
 - einer ersten Wicklung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
 - einer kreisförmigen Kontaktplatte (22, 32) gleichen Durchmessers wie der Außendurchmesser des ersten Hohlzylinders, wobei die Platte (22, 32) auch auf die Längsachse Y zentriert und fest mit dem Ende des ersten Hohlzylinders verbunden ist, das dem fest mit dem mechanischen Verbindungsteil verbundenen Ende entgegengesetzt ist.
7. Elektrischer Kontakt (2, 3) nach Anspruch 6, enthaltend eine zweite Wicklung (9, 10), die elektrisch parallel mit der ersten Wicklung (8) geschaltet und darauf ausgelegt ist, ein Magnetfeld zu erzeugen, das sich dem von der ersten Wicklung (8) erzeugten Magnetfeld überlagert.
8. Elektrischer Kontakt (2, 3) nach Anspruch 7, wobei die zweite Wicklung eine Wicklung nach einem der Ansprüche 1 oder 2 ist, wobei der zweite Hohlzylinder (9) auf die Längsachse Y zentriert ist, konzentrisch zum ersten Zylinder (8) angeordnet ist und mit einem Ende fest mit dem mechanischen Verbindungsteil und mit dem anderen Ende fest mit der kreisförmigen Platte (22, 32) verbunden ist, wobei die Hohlräume (80, 90) der Zylinder materialfrei sind.

9. Elektrischer Kontakt nach Anspruch 6, enthaltend eine zweite Wicklung, die aus einem massiven Zusatzteil (10) besteht, das zwei zylindrische Abschnitte (100a, 100b) und einen Ringkranz (102) aufweist, der nicht in sich geschlossen ist und der auf die beiden zylindrischen Abschnitte (100a, 100b) zentriert ist, wobei jedes Ende (1020, 1021) des nicht in sich geschlossenen Kranzes (102) über einen Arm (101, 103) fest mit einem der zylindrischen Abschnitte (100a, 100b) verbunden ist, wobei die Anordnung dieses Zusatzteils (10) derart ist, dass die beiden zylindrischen Abschnitte (100a, 100b) auf die Längsachse Y und auf den konzentrisch zur ersten Wicklung (8) angeordneten Ringkranz (102) zentriert sind, wobei der eine zylindrische Abschnitt (100a) fest mit dem mechanischen Verbindungsteil (20) und der andere zylindrische Abschnitt (100b) fest mit der kreisförmigen Kontaktplatte (22) verbunden ist, wobei der Hohlraum (80) der ersten Wicklung (8) und der Zwischenraum zwischen dem Ringkranz (102) und den beiden zylindrischen Abschnitten (100a, 100b) materialfrei sind.
10. Elektrischer Kontakt nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei der Außendurchmesser der ersten Wicklung und der kreisförmigen Platte zwischen 90 und 150 mm beträgt.
11. Mittelspannungs-Vakuumröhre (1) mit zumindest einem elektrischen Kontakt (2, 3) nach einem der Ansprüche 6 bis 10.
12. Mittelspannungs-Vakuumröhre nach Anspruch 11, enthaltend ein Paar von elektrischen Kontakten mit einem festen Kontakt (2) nach einem der Ansprüche 6 bis 10 und einem beweglichen Kontakt (3) nach einem der Ansprüche 6 bis 10.
13. Leistungsschalter, wie etwa Trennschalter für Wechselstromgeneratoren, enthaltend zumindest eine Vakuumröhre (1) nach einem der Ansprüche 11 oder 12.
14. Verwendung einer Vakuumröhre nach Anspruch 11 oder 12, wobei sie von einem Kurzschlussstrom im Falle einer Störung und gegebenenfalls von dem Nennlaststrom durchflossen wird

50

55

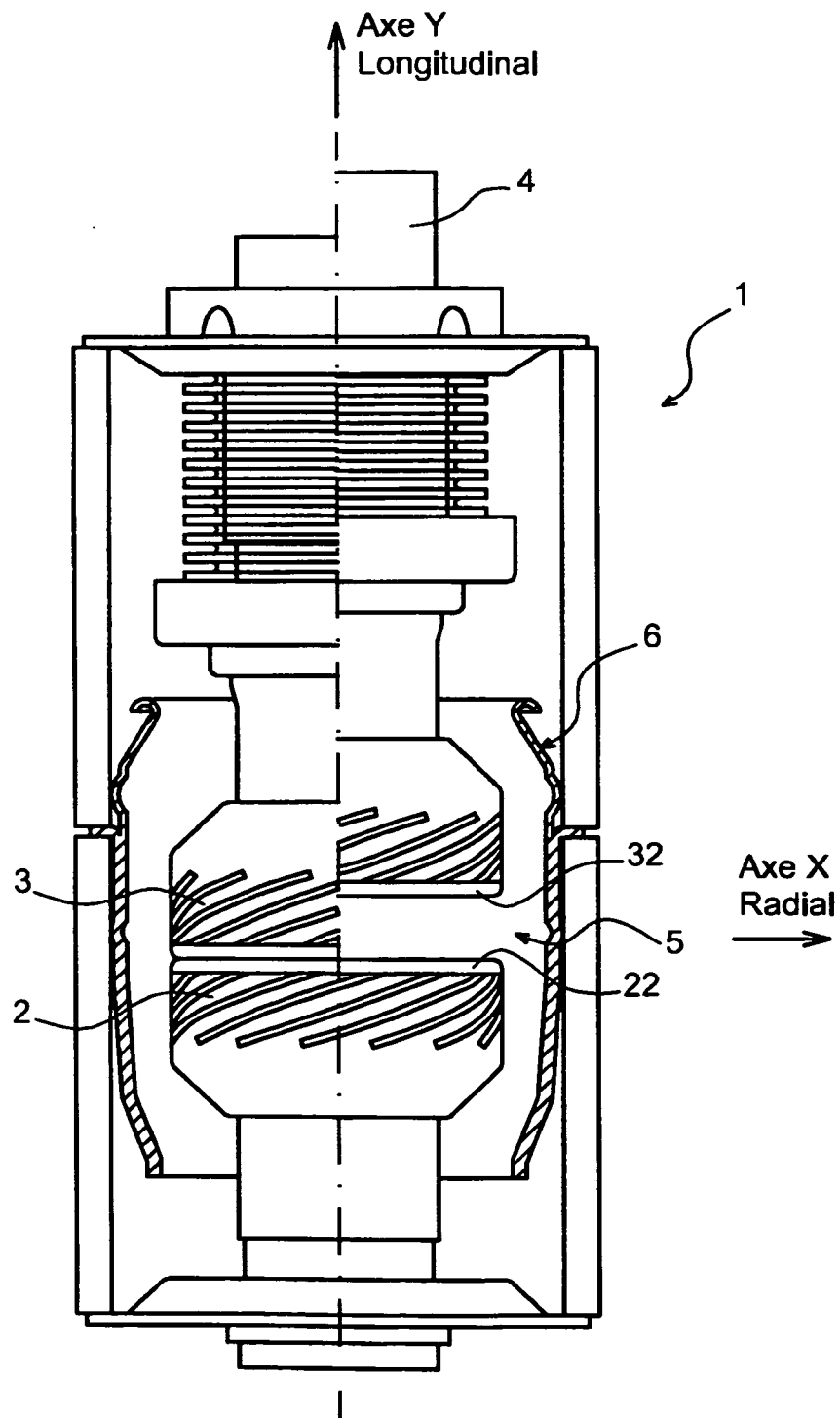


FIG. 1

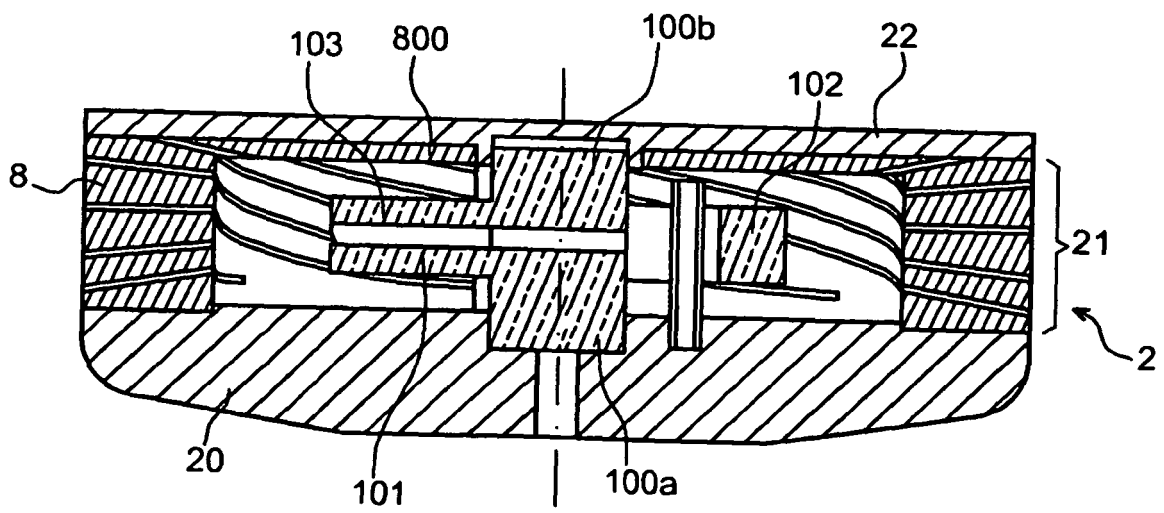
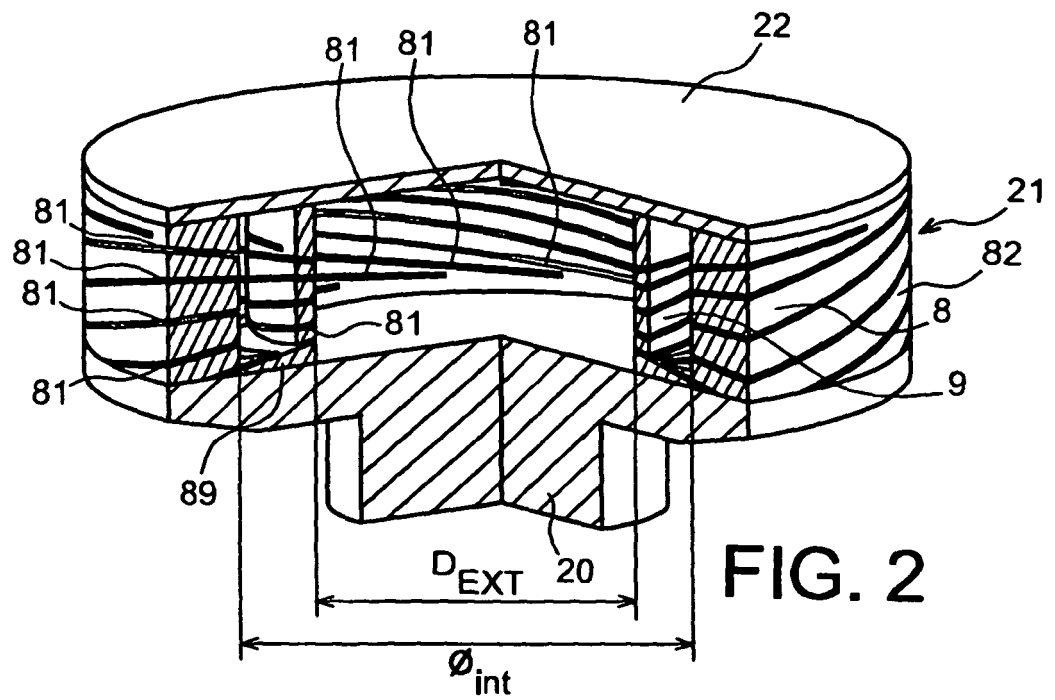


FIG. 3

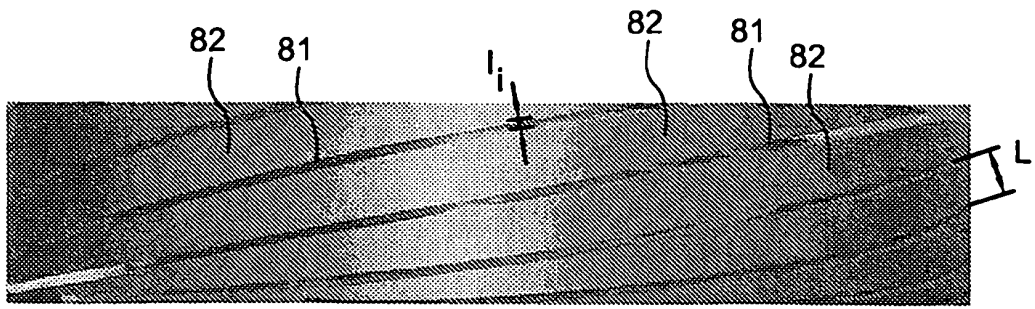


FIG. 4A

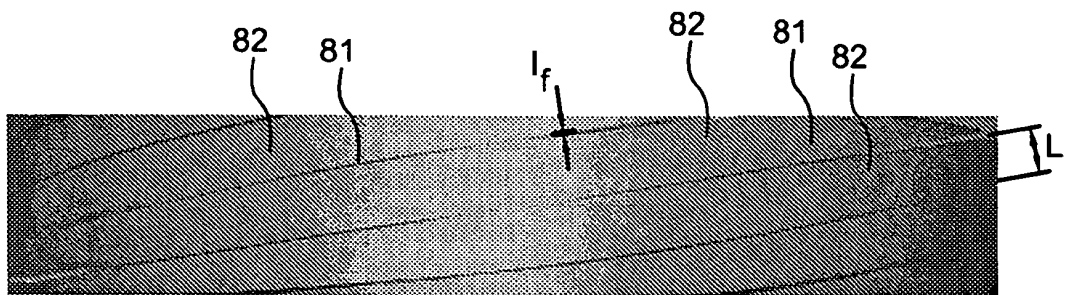


FIG. 4B

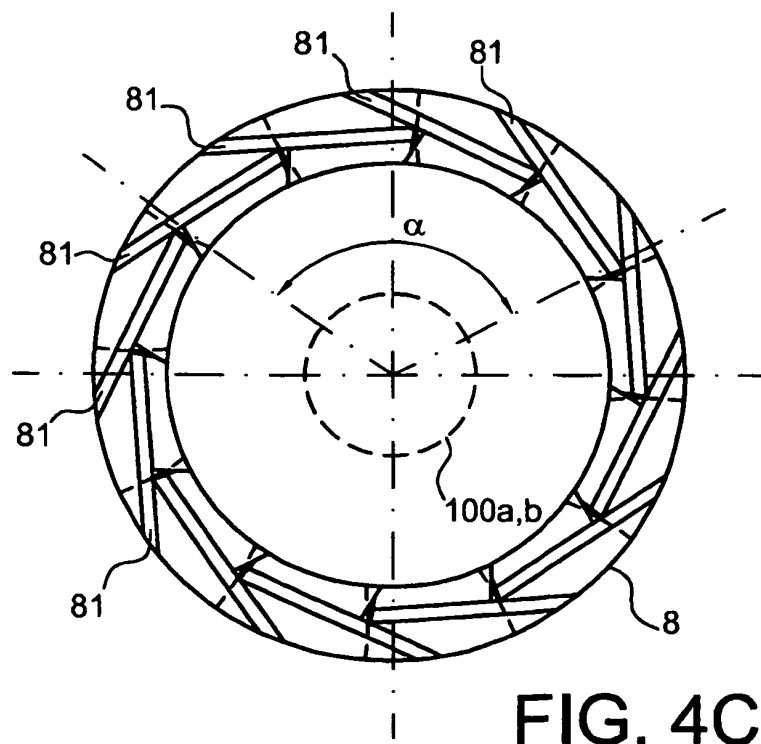
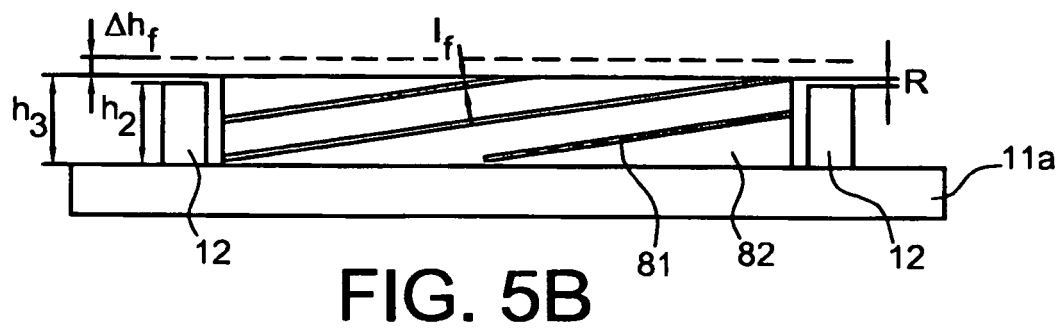
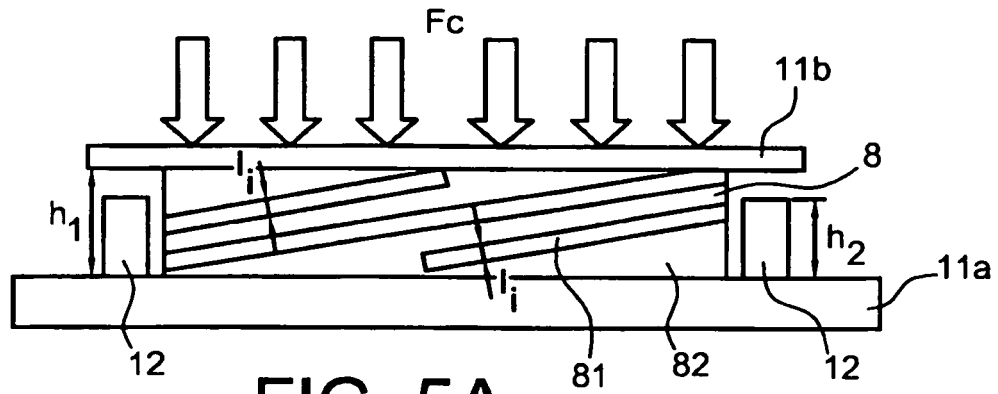


FIG. 4C



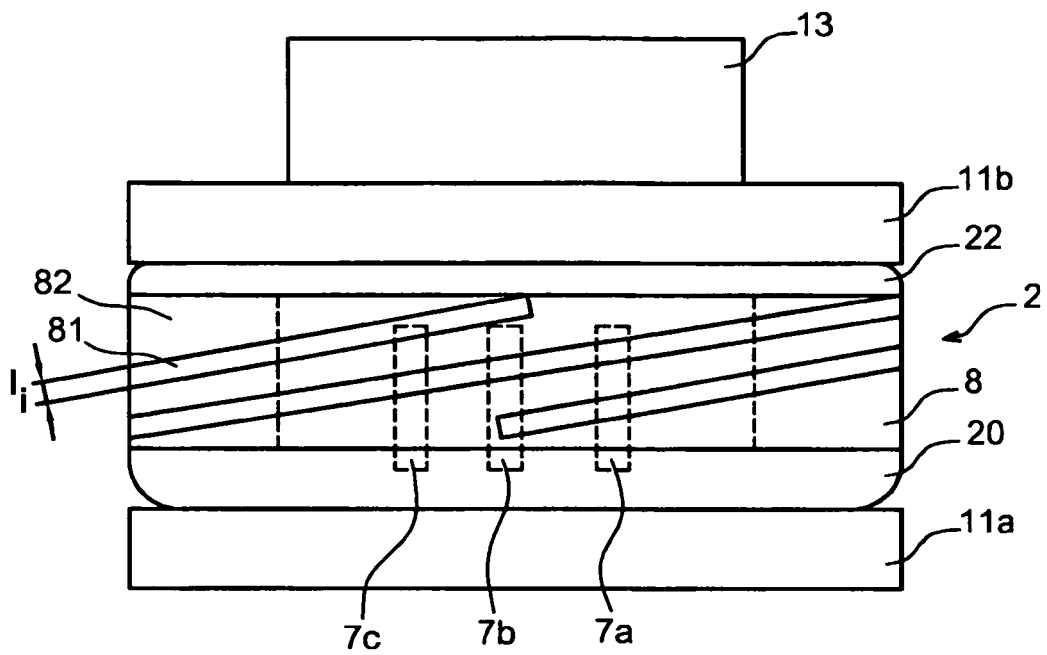


FIG. 6A

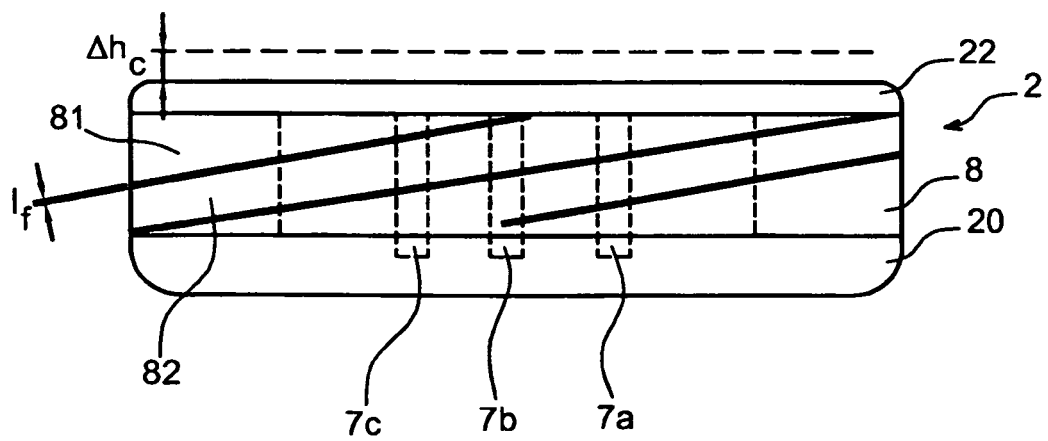


FIG. 6B

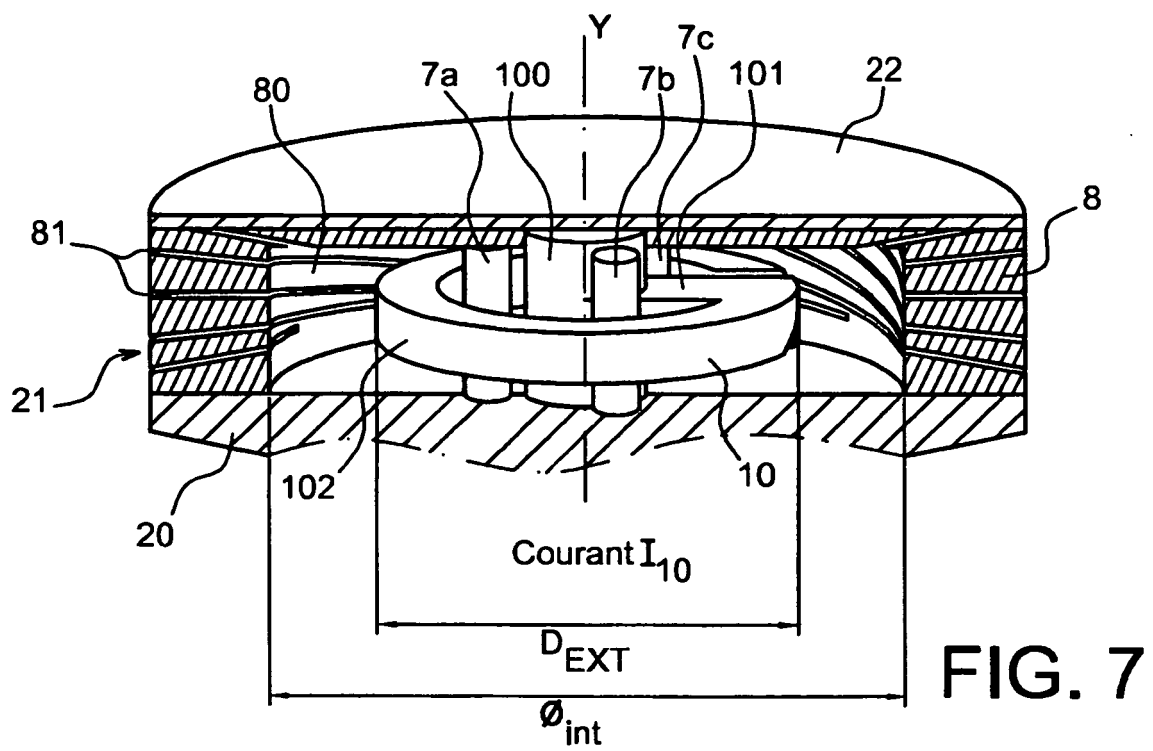


FIG. 7

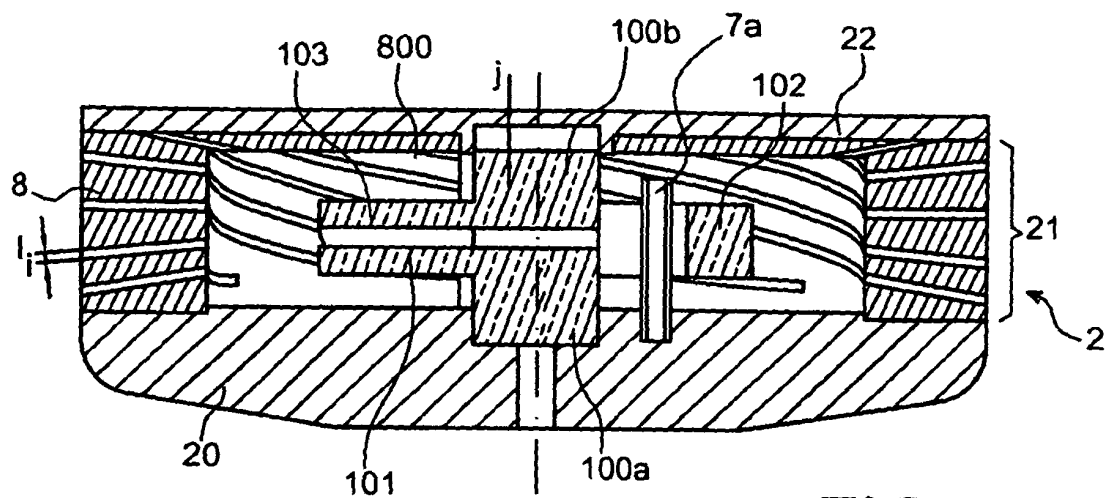


FIG. 7A

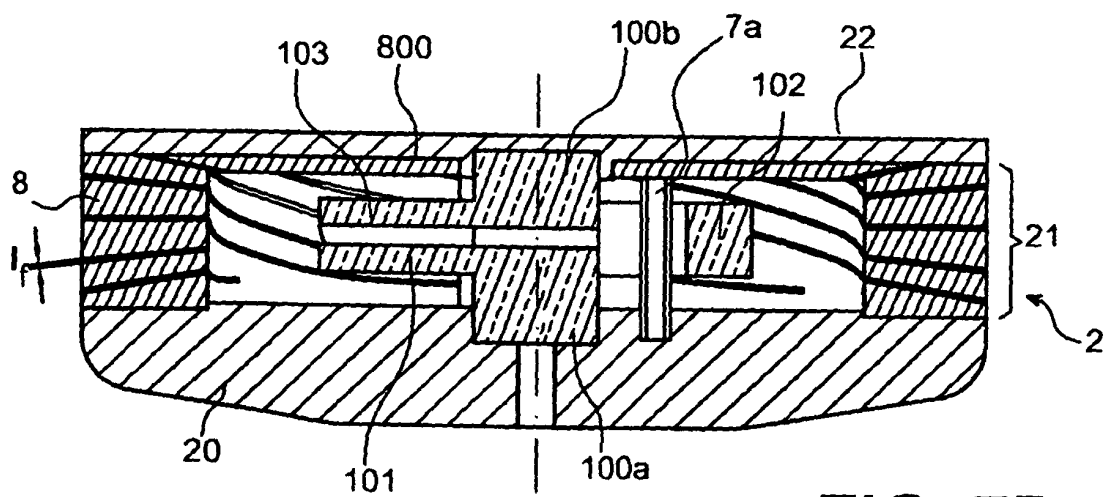


FIG. 7B

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

- JP 2009032481 A [0020]
- FR 0953849 [0045] [0076]
- FR 0953853 [0050] [0102]