

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **89420226.6**

⑤① Int. Cl.4: **H 01 F 31/00**

㉑ Date de dépôt: **22.06.89**

③① Priorité: **24.06.88 FR 8808982**

④③ Date de publication de la demande:
27.12.89 Bulletin 89/52

⑥④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Demandeur: **SOCIETE POUR L'APPLICATION DE L'OPTIQUE ET DE L'ELECTRONIQUE A LA RECHERCHE ET A L'AUTOMATISATION OPTelec (SOCIETE ANONYME)**
Chemin de la Charrette - Z.I
F-73200 Albertville (FR)

⑦② Inventeur: **Chappel, Bernard**
1032, chemin des Trois Poiriers
F-73200 Albertville (FR)

⑦④ Mandataire: **de Beaumont, Michel**
Cabinet Poncet 7, chemin de Tillier B.P. 317
F-74008 Annecy Cédex (FR)

⑤④ **Dispositif à enroulement électrique torique isolé.**

⑤⑦ Le dispositif selon l'invention comprend un circuit magnétique torique (20) à section rectangulaire, recouvert d'un isolant, et sur lequel est bobiné un enroulement électrique intérieur (26). Des calottes toriques supérieure (56) et inférieure (57) sont plaquées sur la face supérieure et la face inférieure de l'enroulement électrique intérieur (26), et sont recouvertes d'un enroulement électrique extérieur (48). Un espace (62, 63) sépare les bords respectifs de la calotte supérieure (56) et de la calotte inférieure (57), favorisant les échanges thermiques. L'invention améliore les performances thermiques des transformateurs toriques.

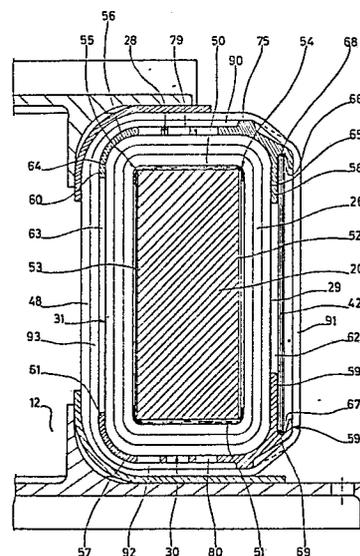


Fig. 4

Description

DISPOSITIF A ENROULEMENT ELECTRIQUE TORIQUE ISOLE

La présente invention concerne les dispositifs électriques destinés à la transmission de l'énergie électrique, et plus particulièrement les dispositifs à bobinages électriques enroulés sur un circuit magnétique torique, c'est à dire de forme annulaire fermée, et munis de moyens d'isolation électrique.

On connaît par exemple des transformateurs électriques, généralement appelés transformateurs toriques, dont le noyau magnétique présente une forme annulaire fermée. Les enroulements primaire et secondaire d'un tel transformateur sont généralement bobinés l'un sur l'autre. On sait qu'un tel transformateur est, à puissance égale, moins encombrant et moins lourd qu'un transformateur à circuit magnétique classique à deux ou trois colonnes.

Un tel transformateur torique est toutefois plus difficile à réaliser, et en particulier plus difficile à bobiner, puisque le circuit magnétique est déjà fermé lors du bobinage et que le fil électrique d'enroulement doit passer autant de fois dans la cheminée centrale du circuit magnétique qu'il y a de spires pour former le bobinage. Ce bobinage est d'autant plus difficile lorsque l'utilisation projetée du dispositif nécessite de prévoir une isolation électrique efficace : les isolants électriques occupent en effet un volume non négligeable qui, dans les solutions actuelles, réduit sensiblement les dimensions de la cheminée centrale lorsque plusieurs enroulements électriques doivent être superposés.

Un problème important que vise à résoudre la présente invention est l'échauffement thermique apparaissant dans les bobinages et notamment les transformateurs à circuit torique. A puissance égale, cet échauffement est relativement plus important que dans les transformateurs à circuit magnétique classique à trois colonnes, car dans ces transformateurs classiques, les surfaces d'échange thermique entre l'intérieur et l'extérieur sont nettement plus importantes. Dans le cas d'un transformateur torique, l'enroulement électrique intérieur est totalement emprisonné par les couches d'isolation électrique et par l'enroulement électrique extérieur, de sorte que les échanges thermiques sont considérablement freinés.

L'invention propose pour cela des modes de réalisation particulièrement intéressants, dans lesquels les moyens d'isolation électrique ont une forme et une structure favorisant le transfert thermique depuis l'enroulement électrique intérieur vers l'extérieur, et augmentant notablement le refroidissement naturel des enroulements. Par voie de conséquence, une telle structure permet de diminuer la section des conducteurs, d'où un gain sensible sur le poids du cuivre, matériau très onéreux.

Un autre objet important de l'invention est de réduire considérablement le nombre de pièces nécessaires pour assurer l'isolation électrique des enroulements. Il en résulte une diminution du coût de matières premières, et surtout une diminution du

coût de la main d'oeuvre nécessaire pour le montage.

Selon un autre objet de l'invention, la nouvelle structure est relativement peu onéreuse, car le circuit magnétique est composé d'éléments dont les formes sont simples et faciles à réaliser, et dont l'assemblage est particulièrement rapide et ne nécessite que peu de main-d'oeuvre. La structure est en outre particulièrement bien adaptée pour permettre une automatisation très poussée du montage.

Notamment, l'isolation entre deux enroulements électriques successifs peut être assurée selon l'invention par adaptation de seulement deux pièces isolantes de formes appropriées s'emboîtant directement sur l'enroulement intérieur, et se positionnant d'elles-mêmes.

L'invention permet également le bobinage de transformateurs toriques avec un fil plat de grosse section. Du fait de la forme torique à section rectangulaire du circuit magnétique, les spires sont disposées d'une façon radiale. Elles sont donc jointives dans l'alésage du tore et écartées sur la périphérie extérieure, par différence des longueurs développées des diamètres extérieur et intérieur du tore. Après avoir bobiné une première couche de spires jointives dans l'alésage du tore, la couche suivante tend à se superposer à la précédente dans l'alésage, mais à s'intercaler entre les spires de première couche sur la périphérie externe. Dans une zone intermédiaire, les spires externes viennent en appui sur les spires internes selon un point de leur arête, de sorte que le contact s'effectuant sur une très faible surface constitue une zone d'appui à pression très importante susceptible d'endommager l'isolement électrique. L'invention prévoit des moyens pour éviter cet effet de concentration de l'effort de traction sur deux appuis ponctuels à chaque spire, sans toutefois avoir recours à des couches supplémentaires d'isolants électriques.

Un autre objet de l'invention est de réduire la longueur moyenne des spires constituant les enroulements électriques du transformateur, sans nuire à l'isolation électrique ni à la section du circuit magnétique.

Pour atteindre ces objets ainsi que d'autres, le dispositif torique selon la présente invention comprend un circuit magnétique principal annulaire fermé et des moyens d'isolement électrique de la surface extérieure du circuit magnétique, l'ensemble ayant une forme annulaire à section sensiblement rectangulaire et étant limité par une surface supérieure en forme de couronne sensiblement plane, par une surface inférieure en forme de couronne sensiblement plane, par une surface intérieure cylindrique et par une surface extérieure cylindrique. Un enroulement électrique intérieur est bobiné sur l'isolement du circuit magnétique principal, un isolement électrique intermédiaire entoure l'enroulement électrique intérieur, et un enroulement électrique extérieur est bobiné autour de l'isolement

électrique intermédiaire. Selon l'invention,

- les moyens d'isolement électrique intermédiaires comprennent un premier et un second éléments isolants rigides opposés appliqués respectivement directement contre deux surfaces opposées de l'enroulement électrique intérieur,
- les éléments isolants rigides débordent légèrement de part et d'autre des surfaces opposées contre lesquelles ils sont appliqués, définissant quatre contours dépassants,
- les contours dépassants du premier élément isolant sont séparés des contours dépassants respectifs opposés du second élément isolant par un espace dépourvu d'isolant électrique solide,
- les spires d'enroulement électrique extérieur comportent deux parties en appui contre les faces externes des éléments isolants rigides, et deux parties tendues entre les contours respectifs en regard l'un de l'autre des éléments isolants rigides, les parties tendues d'enroulement électrique extérieur étant séparées et isolées de l'enroulement électrique intérieur par l'espace dépourvu d'isolant électrique solide, qui favorise le transfert d'énergie calorifique.

Dans un mode de réalisation, les moyens d'isolation électrique comprennent une calotte torique supérieure, électriquement isolante, et une calotte torique inférieure, électriquement isolante ; chaque calotte torique est limitée par un contour extérieur circulaire de diamètre seulement un peu supérieur au diamètre extérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur, et étant limitée par un contour intérieur circulaire de diamètre seulement un peu inférieur au diamètre intérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur ; les contours respectifs de la calotte supérieure et de la calotte inférieure en regard l'un de l'autre sont séparés par un espace favorisant le transfert d'énergie calorifique. Ce mode de réalisation augmente sensiblement le transfert d'énergie calorifique depuis l'enroulement intérieur vers l'extérieur, et procure un gain sensible de place dans l'alésage central du circuit.

Les faces extérieures des rebords de calotte présentent avantageusement une section transversale arrondie. Cette disposition réduit sensiblement la longueur de cuivre nécessaire pour la réalisation de l'enroulement électrique, et améliore la régularité de bobinage.

Eventuellement, les calottes assurent elles-mêmes le maintien d'écrans électrostatiques, et/ou le maintien de noyaux magnétiques auxiliaires tels que des circuits magnétiques de fuite.

Les éléments isolants rigides peuvent être utilisés pour isoler l'un de l'autre deux enroulements électriques distincts, par exemple le primaire et le secondaire d'un transformateur. Ils peuvent également servir à isoler l'une de l'autre des couches successives d'un même enroulement électrique.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente une vue générale de côté d'un transformateur selon la présente invention ;

- la figure 2 représente une vue de dessus du transformateur de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue de dessus en coupe selon le plan A-A de la figure 1 dans un premier mode de réalisation ;

- la figure 4 est une demi-vue de côté en coupe selon le plan C-C et à plus grande échelle de la figure 3 ; - la figure 5 illustre les inconvénients d'un bobinage de fil de gros diamètre sur un circuit à section rectangulaire ;

- la figure 6 illustre l'avantage de bobinage d'un fil de gros diamètre sur un circuit dont les coins sont arrondis ;

- la figure 7 illustre les inconvénients de bobinage d'un conducteur électrique plat à section rectangulaire sur un circuit magnétique torique ;

- la figure 8 illustre, à grande échelle, l'imbrication des spires selon la présente invention ;

- la figure 9 est une vue en bout d'axe des enroulements électriques de transformateur torique à conducteur électrique plat de section importante ; et

- la figure 10 est une demi-vue de côté en coupe selon le plan C-C de la figure 3, dans un second mode de réalisation.

Le dispositif selon la présente invention, représenté sur les figures 1 et 2, présente une forme extérieure générale annulaire. Le corps 1 du dispositif est un anneau d'axe I-I et de section sensiblement rectangulaire. Le corps est solidaire d'un ensemble de fixation et de transport 2 comprenant un premier élément d'extrémité 3 et un second élément d'extrémité 4 appliqués respectivement sur le premier flanc 5 du corps 1 et sur le second flanc 6 du corps 1. Les éléments d'extrémité 3 et 4 sont reliés par une colonne centrale 7 de liaison, surmontée d'une boucle de portage 8.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, les éléments d'extrémité, tels que le premier élément 3, comprennent trois branches divergentes en étoile. Ainsi, le premier élément d'extrémité 3 comprend les branches 9, 10 et 11. Les branches se rejoignent au centre, dans l'axe I-I du dispositif, et sont solidaires de la colonne centrale de liaison 7. La colonne centrale de liaison 7 traverse la cheminée centrale 12 du corps 1. Une plaque support 13, solidaire du premier élément d'extrémité 3, supporte les bornes de connexion électrique du dispositif. Les branches divergentes ont leurs faces internes conformées pour épouser la forme du premier flanc 5 ou du second flanc 6 du corps 1, au voisinage de la cheminée centrale 12 du corps 1, assurant ainsi une solidarisation latérale entre le corps 1 et l'ensemble de fixation et de transport 2.

Les figures 3 et 4 illustrent la constitution interne du corps 1 d'un transformateur selon un premier mode de réalisation de l'invention. Pour la clarté des dessins, les tôles du circuit magnétique ont été partiellement représentées ; il en est de même des conducteurs constituant les bobinages de transformateur, conducteurs qui sont représentés en coupe transversale sur la figure 3 et en coupe longitudinale sur la figure 4.

Dans le mode de réalisation représenté sur ces figures, le transformateur comprend un circuit

magnétique principal 20 en forme d'anneau circulaire fermé, à section rectangulaire. Le circuit magnétique est constitué, de manière connue, d'un enroulement circulaire de tôle.

Le circuit magnétique 20 est isolé électriquement sur la totalité de sa surface. Selon ce mode de réalisation, les moyens d'isolement électrique du circuit magnétique comprennent : une calotte torique supérieure isolante 50 de circuit magnétique, définissant une surface supérieure en forme de couronne sensiblement plane, et recouvrant la face supérieure du circuit magnétique 20 ; une calotte isolante inférieure 51 de circuit magnétique, définissant une surface inférieure en forme de couronne sensiblement plane, recouvrant la face inférieure du circuit magnétique 20. Les calottes recouvrent une partie des faces latérales extérieure et intérieure du circuit magnétique. Les calottes 50 et 51 sont reliées par un isolant électrique cylindrique extérieur 52 et un isolant électrique cylindrique intérieur 53, formant respectivement une surface cylindrique extérieure et une surface cylindrique intérieure. Les calottes supérieure 50 et inférieure 51 d'isolement de circuit magnétique présentent, sur leurs faces externes, une arête extérieure arrondie 54, et une arête intérieure arrondie 55.

L'intérêt des arêtes arrondies 54 et 55 est expliqué en relation avec la figure 5 : lorsque l'on bobine le conducteur électrique sur le circuit magnétique torique, et plus particulièrement lorsque le conducteur électrique à une section relativement importante, il n'est pas possible de courber à angle droit le conducteur au passage de chaque arête. Ainsi, sur la figure 5, lorsque le circuit magnétique présente des arêtes vives, le conducteur électrique, enroulé autour du circuit magnétique 20 dans le sens de la flèche 156, forme des coins arrondis, le début de chaque courbe commençant au passage du coin de circuit magnétique, la fin de chaque courbe se finissant à l'écart du circuit magnétique, définissant ainsi à chaque coin un jeu tel que le jeu 157. Avec un conducteur dont l'épaisseur est de 2 mm environ, un tel jeu peut dépasser 3 mm. Il en résulte que l'enroulement électrique occupe une section nettement plus importante que la section du circuit magnétique, et cette section est décalée par rapport à la section du circuit magnétique, comme le représente la figure 5. Outre la perte occasionnée par l'augmentation de volume qui en résulte, il s'ensuit des difficultés de bobinage, et le bobinage manque généralement de régularité.

Au contraire, en prévoyant des arêtes arrondies telles que les arêtes 54 et 55, le conducteur électrique épouse parfaitement la forme de l'arête à chaque passage, et se trouve ainsi correctement appliqué sur l'isolant, chacune de ses branches étant parallèle à la face correspondante du circuit magnétique. On pourrait penser que le fait de prévoir des arêtes 54 et 55 arrondies tendrait à augmenter la section apparente de l'ensemble formé par le circuit magnétique et son isolant externe. En réalité, et de manière surprenante, on constate que cette disposition tend au contraire à réduire la longueur de la spire de conducteur entourant le circuit magnétique, et il en résulte une économie de cuivre formant ce

conducteur.

Un enrubannage partiel peut solidariser les isolants 50, 51, 52 et 53 autour du circuit magnétique. Le sous-ensemble ainsi formé est aisément manipulable, et reçoit ensuite, par bobinage, de manière connue, le premier enroulement électrique intérieur 26. Dans le mode de réalisation représenté, l'enroulement intérieur 26 est constitué d'un nombre de spires convenable de conducteur électrique plat à section rectangulaire. On a représenté un enroulement à trois couches, une première couche 260 formée de spires radiales qui sont jointives dans la cheminée centrale 12 du circuit, et qui sont écartées l'une de l'autre sur la face périphérique extérieure latérale du circuit ; cette première couche 260 est recouverte par une seconde couche 261, représentée partiellement sur la figure 9, formée de spires radiales également jointives dans la cheminée centrale 12, elle-même surmontée d'une troisième couche 262 de même structure, qui la recouvre.

Une calotte torique supérieure 56 est emboîtée contre le flanc supérieur 28 de l'enroulement électrique intérieur 26, et une calotte torique inférieure 57 est emboîtée contre le flanc inférieur 30 de l'enroulement électrique intérieur 26. Les calottes toriques supérieure 56 et inférieure 57 sont réalisées en une matière électriquement isolante présentant une certaine souplesse. De préférence, les calottes supérieure 56 et inférieure 57 sont identiques. Elles présentent respectivement des contours dépassants extérieurs circulaires 58 et 59 de diamètre seulement un peu supérieur au diamètre extérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur 26. Les calottes 56 et 57 sont limitées par un contour intérieur dépassant, respectivement 60 et 61, circulaire de diamètre seulement un peu inférieur au diamètre intérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur 26. Les contours extérieurs dépassants 58 et 59 des deux calottes 56 et 57 sont séparés l'un de l'autre par un espace 62 favorisant le transfert d'énergie calorifique depuis l'enroulement intérieur 26 vers l'extérieur. De même, les contours intérieure dépassants 60 et 61 sont séparés l'un de l'autre par un espace 63 favorisant le passage d'énergie calorifique depuis l'enroulement intérieur 26 vers la cheminée centrale 12.

Les calottes supérieure 56 et inférieure 57 sont conformées pour s'appliquer à faible jeu sur l'enroulement intérieur 26. Après leur mise en place, elles peuvent être maintenues en position par tous moyens, par exemple par quelques tours de ruban répartis en deux ou trois zones de la périphérie du circuit.

Chaque calotte 56 ou 57 comprend un rebord intérieur 64 recouvrant partiellement la face cylindrique intérieure de l'enroulement électrique intérieur 26, et un rebord extérieur 65 recouvrant partiellement la face cylindrique latérale extérieure de l'enroulement électrique intérieur 26. Ces rebords assurent l'emboîtement des calottes 56 et 57 sur l'enroulement intérieur, et leur épaisseur définit l'épaisseur de la lame d'air séparant l'enroulement électrique intérieur 26 de l'enroulement électrique extérieur ou du shunt magnétique.

Dans le mode de réalisation de la figure 4, les

contours extérieurs 58 et 59 des deux calottes 56 et 57 ont une forme particulière : ainsi, le contour extérieur 58 de la calotte 56 comprend une gorge annulaire 66, et le contour extérieur 59 de la calotte 57 comprend une gorge annulaire 67, les gorges 66 et 67 se faisant face l'une à l'autre comme le présente la figure.

Un noyau magnétique auxiliaire 42, constitué d'un empilage de tôles magnétiques, de forme rectangulaire, cintrées, présente un bord supérieur 68 engagé dans la gorge 66 et un bord inférieur 69 engagé dans la gorge 67. Lors du bobinage de l'enroulement extérieur, par dessus les calottes 56 et 57, les parois des gorges 66 et 67 tendent à se resserrer et à pincer les bords du noyau magnétique 42. Il en résulte un maintien très serré des tôles, évitant les bruits et les vibrations, et facilitant leur montage. Malgré le serrage, il reste possible de faire coulisser l'une des tôles formant le noyau magnétique 42, pour le réglage ultérieur du transformateur. Dans ce mode de réalisation, le noyau magnétique 42 présente un profil ouvert, en forme de secteur annulaire avec un seul entrefer 47.

L'enroulement électrique extérieur 48, formé de spires radiales, recouvre l'ensemble d'isolement électrique intermédiaire ainsi formé. Les calottes 56 et 57 forment le support de l'enroulement électrique extérieur 48. Par le fait de l'existence des contours dépassants 58, 59, 60 et 61 contre lesquels elles sont en appui, les spires internes de l'enroulement électrique extérieur 48 comportent chacune deux parties opposées 90 et 92 en appui contre les faces externes des calottes 56 et 57, et deux parties opposées 91 et 93 tendues entre les contours dépassants respectifs en regard l'un de l'autre des calottes 56 et 57. Les parties tendues 91 et 93 de spires sont séparées et isolées de l'enroulement électrique intérieur 26 par l'espace 62 ou 63 dépourvu d'isolant électrique solide, qui favorise le transfert d'énergie calorifique.

Les faces externes des contours 58, 59, 60 et 61 des calottes 56 et 57 présentent avantageusement une section transversale arrondie, comme le représente la figure 4, ou la figure 6. Grâce à cette section arrondie, la spire moyenne d'enroulement extérieur 48 présente une longueur réduite, et le bobinage est plus régulier. La face externe des calottes 56 et 57 présente en outre une particularité permettant de résoudre les problèmes liés au bobinage d'un conducteur électrique plat de grosse section sur un noyau torique. Le problème que l'on rencontre est illustré sur les figures 7 et 8. Par le fait que les spires d'une première couche 70 sont jointives dans la zone 71 en regard de la cheminée centrale 12 du circuit, les mêmes spires sont écartées dans la zone extérieure 72. Lorsque l'on enroule une couche supérieure de spires au-dessus de la couche inférieure 70, par exemple lorsque l'on positionne le conducteur 73, ce conducteur recouvre à chevauchement deux conducteurs de la couche inférieure 70 au voisinage de la zone 71, mais tend à s'insérer entre deux conducteurs de la couche inférieure 70 au voisinage de la zone extérieure 72. Le passage du chevauchement à l'insertion s'effectue dans une zone intermédiaire, dans laquelle le conducteur 73

est plié et vient en appui en deux points latéraux 74 et 75 sur chacun des conducteurs de la couche inférieure 70. Ces appuis latéraux ponctuels sont le siège d'une pression importante, produisant l'endommagement des isolants de conducteur.

Les solutions classiques consistent à multiplier les couches de ruban isolant entre couches d'enroulement électrique. Il en résulte une augmentation de volume, et surtout une isolation thermique néfaste empêchant le refroidissement des spires internes.

Pour éviter cet inconvénient, les calottes 56 et 57 comprennent, sur leurs faces planes externes, des cales 75, réparties régulièrement en cercle en une zone intermédiaire entre le contour intérieur et le contour extérieur des calottes. Les cales 75 ont une hauteur sensiblement égale à l'épaisseur du conducteur plat, et sont séparées l'une de l'autre par un espace 76 de largeur supérieure à la largeur du conducteur plat formant l'enroulement. Ainsi, pour former l'enroulement extérieur 48, une première couche d'enroulement 77 est constituée par des spires de conducteur engagées chacune entre deux cales successives. Une seconde couche d'enroulement 78 est constituée par des spires de conducteur passant chacune sur la face supérieure d'une cale, comme le représente la figure 9. Ainsi, comme on le voit sur la figure 8, la cale 75 évite le contact ponctuel latéral entre les conducteurs de la couche inférieure 70 et le conducteur 73 de la couche supérieure.

Les calottes 56 et 57 assurent le maintien mécanique du noyau magnétique 42. Comme le représente la figure 9, les calottes 56 et 57 peuvent également assurer le maintien des écrans électrostatiques 37 et 49, disposés entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire du transformateur.

Les gorges annulaires 66 et 67 assurant le maintien du noyau magnétique 42 peuvent être interrompues sur une partie de leur périphérie, permettant la manipulation des tôles du circuit magnétique 42 pour leur déplacement par coulissement périphérique. Les tôles sont accessibles dans la zone de l'entrefer 47, zone qui n'est pas entièrement recouverte par le circuit électrique extérieur 48. En réalité, le circuit électrique extérieur 48 recouvre la totalité du tore, à l'exception d'une partie de l'entrefer 47.

On peut profiter de la présence des calottes 56 et 57 pour prévoir, dans leurs surfaces supérieure ou inférieure, des cheminées de passage des conducteurs pour maintenir et assurer le passage des extrémités des enroulements intérieurs.

Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 4 à 9, seules les calottes 56 et 57 sont munies de cales 75. De manière étonnante, on a pu constater que la présence de ces cales 75 améliore considérablement la régularité de disposition des spires de l'enroulement extérieur 48. Il en résulte une amélioration sensible de la reproductibilité des caractéristiques électriques du transformateur ainsi obtenu, de sorte qu'il devient quasiment inutile de régler ces caractéristiques électriques, après montage, par manipulation des tôles du noyau magnétique 42.

On peut en outre envisager d'utiliser des calottes comprenant des cales 75 non plus entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire du transformateur, mais entre des couches successives d'enroulement, procurant ainsi les mêmes avantages. On pourrait également utiliser des cales 75 sur les calottes 50 et 51 de circuit magnétique. Les cales 75 peuvent aussi être avantageusement utilisées avec des conducteurs électriques à section ronde.

Les calottes 56 et 57 entre enroulements électriques peuvent avantageusement être percées de lumières réparties sur leurs surfaces. De telles lumières, telles que les lumières 79 et 80, ménagées sur les portions de surfaces parallèles aux conducteurs et qui n'ont pas d'effet de maintien mécanique de ces conducteurs, favorisent les échanges thermiques depuis l'enroulement intérieur vers l'extérieur, sans perturber l'isolation électrique et le positionnement des conducteurs.

La figure 10 représente un autre mode de réalisation du dispositif selon la présente invention. Dans ce mode de réalisation, qui concerne un transformateur torique, mais qui peut concerner n'importe quel dispositif comportant des enroulements électriques bobinés autour d'un noyau magnétique torique, le dispositif comporte sensiblement les mêmes constituants que dans le mode de réalisation de la figure 4, à savoir : un circuit magnétique torique 20, avec des isolants 50, 51, 52 et 53, dont la section extérieure présente une forme rectangulaire à coins arrondis ; un enroulement électrique intérieur 26 est bobiné autour du circuit magnétique isolé ; des éléments isolants rigides sont appliquées contre deux surfaces opposées de l'enroulement électrique intérieur 26 ; un enroulement électrique extérieur 48 est bobiné autour des éléments isolants rigides.

Dans ce second mode de réalisation, les éléments isolants rigides comprennent un premier élément isolant rigide sous forme d'un manchon cylindrique intérieur 166, un second élément isolant rigide sous forme d'un manchon cylindrique extérieur 167, les deux manchons 166 et 167 étant réalisées en une matière électriquement isolante. Chaque manchon cylindrique a une hauteur seulement un peu supérieure à la hauteur axiale de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur 26, de sorte que les bords inférieur et supérieur des manchons dépassent légèrement au-dessous et au-dessus de l'enroulement électrique intérieur 26, comme le représente la figure. Les bords respectifs supérieurs 158 et 160 du manchon cylindrique extérieur 167 et du manchon cylindrique intérieur 166 sont séparés par un espace 163 favorisant le transfert d'énergie calorifique depuis l'enroulement électrique intérieur 26 vers l'extérieur ; de même, les bords respectifs inférieure 159 et 161 du manchon cylindrique extérieur 167 et du manchon cylindrique intérieur 166 sont séparés par un espace 162 favorisant le transfert d'énergie calorifique depuis l'enroulement électrique intérieur 26 vers l'extérieur.

De même que dans le mode de réalisation précédent, les manchons intérieur 166 et extérieur 167 peuvent être munis de lumières telles que les

lumières 179 et 180, favorisant le transfert d'énergie calorifique.

La face externe des bords 158, 159, 160 et 161 des manchons cylindriques présentent une section transversale arrondie, améliorant l'enroulement des conducteurs, comme dans les modes de réalisation précédents.

Sur la figure, on voit que les bords 158, 159, 160 et 161 des manchons cylindriques épousent la forme arrondie des bords de l'enroulement électrique intérieur 26. Une telle forme arrondie peut être réalisée de plusieurs façons, de façon à permettre l'insertion des manchons autour de l'enroulement électrique intérieur 26. Par exemple, on peut prévoir des manchons munis d'une fente longitudinale, permettant leur écartement ou leur rétrécissement ; ou l'on peut prévoir de former, par exemple par thermoformage, les parties arrondies après disposition du manchon sur l'enroulement électrique, ou l'on peut prévoir des manchons en deux parties, une première partie s'engageant par le haut de l'enroulement électrique intérieur 26, et une seconde partie s'engageant par le bas.

Ce second mode de réalisation est également compatible avec la prévision de cales 75 évitant le chevauchement des conducteurs de spires successives. Ainsi, on prévoit les cales 75 sur le bord supérieur 158 et sur le bord inférieur 159 du manchon cylindrique extérieur 167, comme le représente la figure.

On comprendra que, dans les modes de réalisation qui ont été représentés sur les figures 3 à 10, les éléments isolants rigides tels que la calotte torique supérieure 56, la calotte torique inférieure 57, le manchon cylindrique extérieur 167 et le manchon cylindrique intérieur 166, sont disposés entre un enroulement électrique intérieur 26 et un enroulement électrique extérieur 48 formant deux enroulements électriquement séparés d'un transformateur.

La même technique d'isolation peut toutefois être utilisée avantageusement entre deux couches successives de conducteurs d'un même enroulement électrique, permettant d'une part d'isoler électriquement les couches successives, permettant d'autre part le transfert d'énergie calorifique vers l'extérieur, permettant enfin, pour certaines applications, de faciliter le bobinage en guidant les conducteurs.

La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations contenues dans le domaine des revendications ci-après.

07175

55 Revendications

1 - Dispositif à enroulement électrique torique isolé, comprenant :

- un circuit magnétique principal annulaire (20) fermé,

- des moyens d'isolement du circuit magnétique, définissant un ensemble annulaire à section sensiblement rectangulaire limité par une surface (50) supérieure en forme de couronne sensiblement plane, par une surface (51) infé-

rieure en forme de couronne sensiblement plane, par une surface intérieure cylindrique (53) et par une surface extérieure cylindrique (52),

- au moins un enroulement électrique intérieur (26) bobiné sur les moyens d'isolement du circuit magnétique,

- des moyens d'isolement électrique intermédiaires entourant l'enroulement électrique intérieur,

- un enroulement électrique extérieur (48) bobiné autour de l'isolement électrique intermédiaire,

caractérisé en ce que :

- les moyens d'isolement électrique intermédiaire comprennent un premier (56, 166) et un second (57, 167) élément isolant rigides opposés appliqués respectivement directement contre deux surfaces opposées (28, 30 ; 29, 31) de l'enroulement électrique intérieur (26),

- les éléments isolants rigides débordent légèrement de part et d'autre des surfaces opposées contre lesquelles ils sont appliqués, définissant quatre contours (58, 59, 60, 61 ; 158, 159, 160, 161) dépassants,

- les contours dépassants (58, 60 ; 158, 160) du premier élément isolant (56, 166) sont séparés des contours dépassants respectifs opposés (59, 61 ; 159, 161) du second élément isolant (57, 167) par un espace (62, 63 ; 162, 163) dépourvu d'isolant électrique solide,

- les spires internes d'enroulement électrique extérieur (48) comportent deux parties opposées (90, 92 ; 191, 193) en appui contre les faces externes des éléments isolants rigides, et deux parties opposées (91, 93 ; 190, 192) tendues entre les contours dépassants respectifs en regard l'un de l'autre des éléments isolants rigides, les parties tendues (91, 93 ; 190, 192) d'enroulement électrique extérieur étant séparées et isolées de l'enroulement électrique intérieur (26) par l'espace (62, 63 ; 162, 163) dépourvu d'isolant électrique solide, qui favorise le transfert d'énergie calorifique.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- le premier élément isolant rigide est une calotte torique supérieure (56) électriquement isolante en appui contre le flanc supérieur (28) de l'enroulement électrique intérieur (26), et le second élément isolant rigide est une calotte torique inférieure (57) électriquement isolante en appui contre le flanc inférieur (30) de l'enroulement électrique intérieur (26),

- chaque calotte torique (56, 57) est limitée par un contour dépassant extérieur circulaire (58, 59) de diamètre seulement un peu supérieur au diamètre extérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur (26), et est limitée par un contour dépassant intérieur circulaire (60, 61) de diamètre seulement un peu inférieur au diamètre intérieur de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur (26),

- les contours dépassants respectifs de la

calotte supérieure (56) et de la calotte inférieure (57) en regard l'un de l'autre sont séparés par un espace (62, 63) favorisant le transfert d'énergie calorifique.

3 - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque calotte (56, 57) comprend un rebord intérieur (64) et/ou extérieur (65) recouvrant partiellement la face cylindrique latérale correspondante de l'enroulement électrique intérieur (26).

4 - Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que :

- les calottes (56, 57) comprennent, sur leurs faces planes externes, des cales (75) réparties régulièrement en cercle en une zone intermédiaire entre le contour extérieur (58) et le contour intérieur (60), les cales (75) ayant une hauteur sensiblement égale à l'épaisseur du conducteur formant l'enroulement, les cales étant séparées l'une de l'autre par un espace (76) de largeur supérieure à la largeur du conducteur,

- une première couche (77) d'enroulement est constituée par des spires de conducteur engagées chacune entre deux cales successives, une seconde couche (78) d'enroulement est constituée par des spires de conducteur passant chacune sur la face supérieure d'une cale.

5 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que :

- le contour extérieur (58, 59) de chacune des calottes (56, 57) comprend une gorge annulaire (66, 67) faisant face à la gorge annulaire de l'autre calotte,

- un noyau magnétique (42), comprenant un empilage de tôles cintrées, est maintenu par les calottes (56, 57), les bords (68, 69) des tôles étant pincés respectivement dans la gorge de calotte supérieure (66) et dans la gorge de calotte inférieure (67).

6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les gorges annulaires (66, 67) sont ouvertes sur une portion de leur périphérie, permettant la manipulation des tôles du noyau magnétique (42) par coulissement périphérique.

7 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que les calottes tiennent, par leur contour, des écrans électrostatiques (37, 49) entre enroulement intérieur (26) et enroulement extérieur (48).

8 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- le premier élément isolant rigide est un manchon cylindrique intérieur (166) électriquement isolant, et le second élément isolant rigide est un manchon cylindrique extérieur (167) électriquement isolant,

- chaque manchon cylindrique a une hauteur seulement un peu supérieure à la hauteur axiale de l'anneau formé par l'enroulement électrique intérieur (26), de sorte que les bords inférieurs et supérieurs des manchons dépassent légèrement au-dessus et au-dessous de l'enroulement électrique intérieur,

- les bords respectifs dépassants (158, 160, 159, 161) du manchon cylindrique intérieur et du manchon cylindrique extérieur sont séparés par un espace (162, 163) favorisant le transfert d'énergie calorifique.

9 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les éléments isolants rigides sont munis de lumières (79, 80 ; 179, 180) favorisant le transfert d'énergie calorifique.

10 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que des éléments isolants rigides sont disposés entre un enroulement électrique intérieur (26) et un

enroulement électrique extérieur (48) électriquement isolés l'un de l'autre pour former un transformateur à enroulement primaire et enroulement secondaire.

11 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments isolants rigides disposés entre couches successives d'un même enroulement électrique.

12 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les faces externes des contours d'éléments isolants rigides présentent une section transversale arrondie.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

8

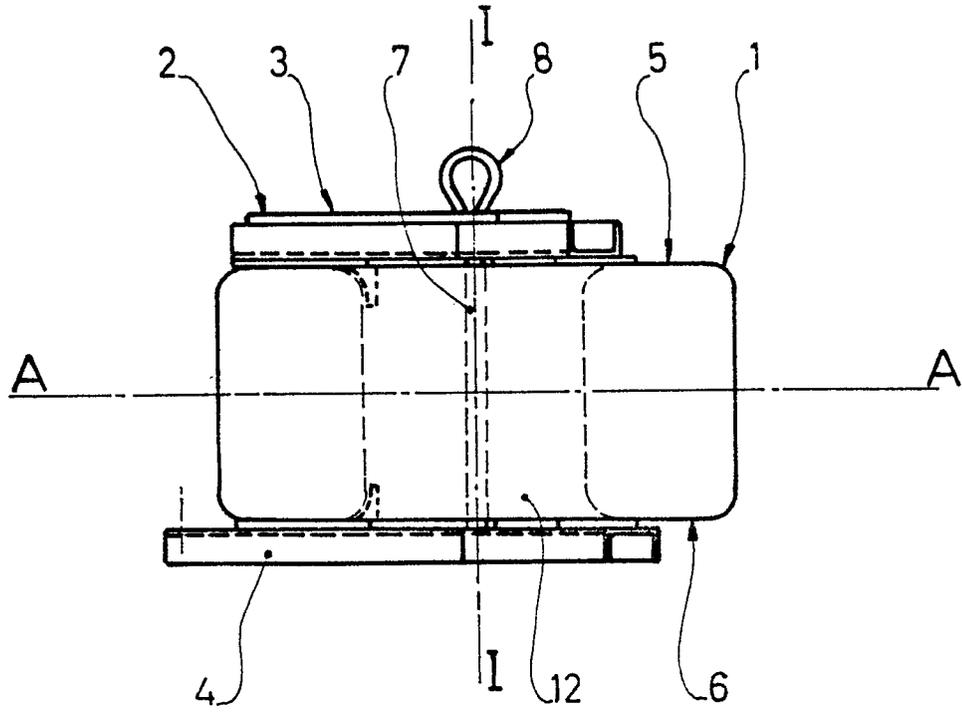


Fig. 1

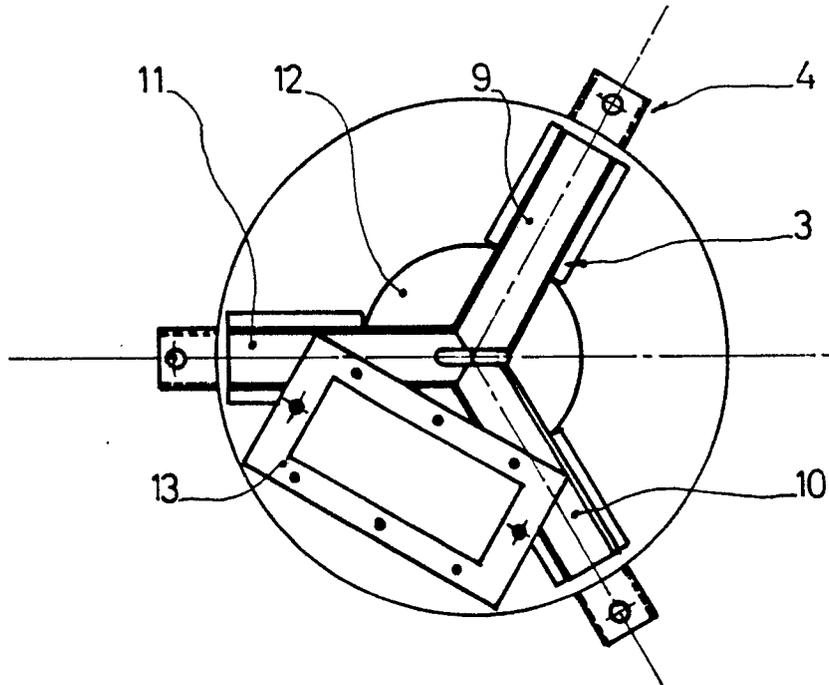


Fig. 2

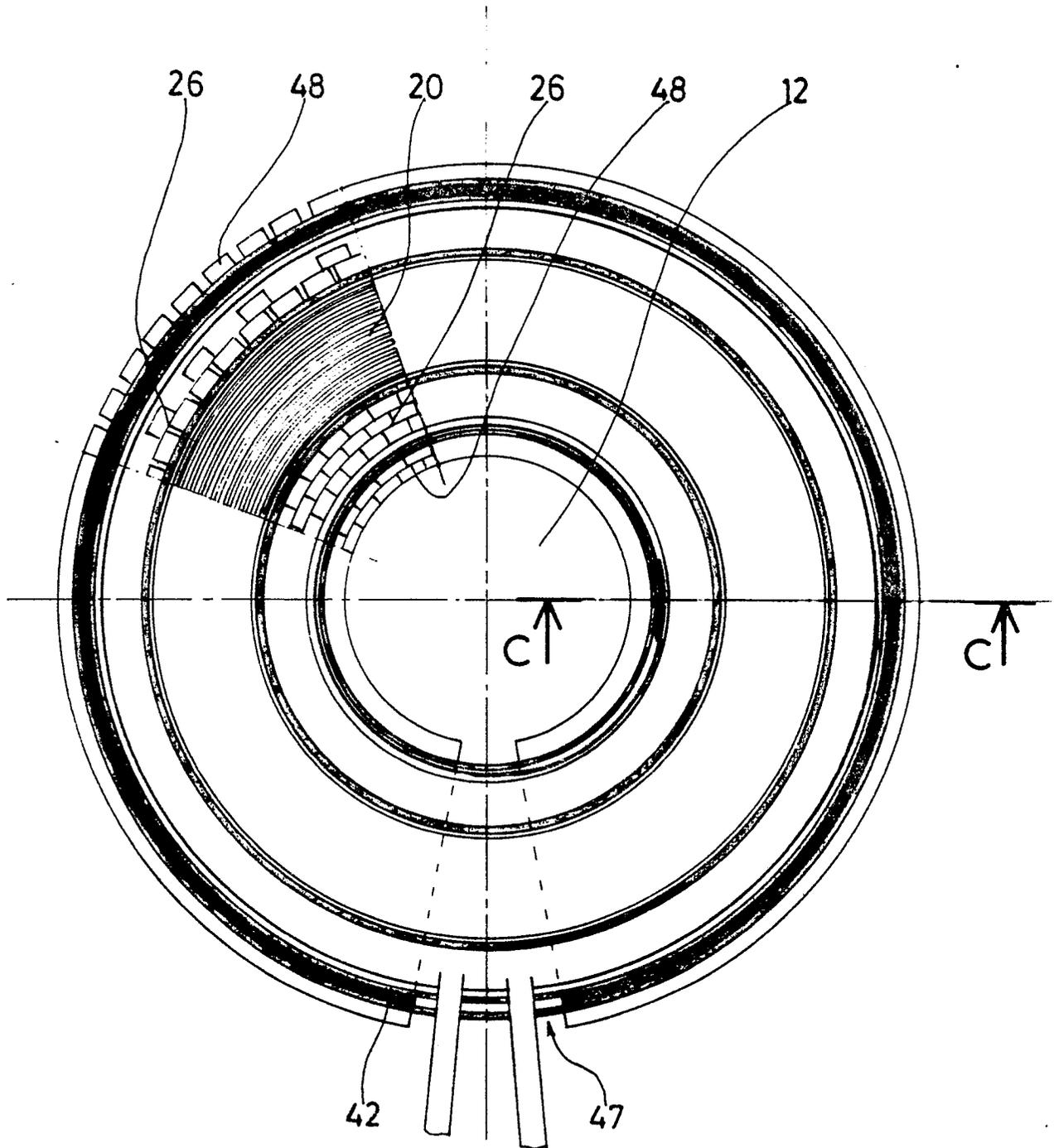


Fig.3

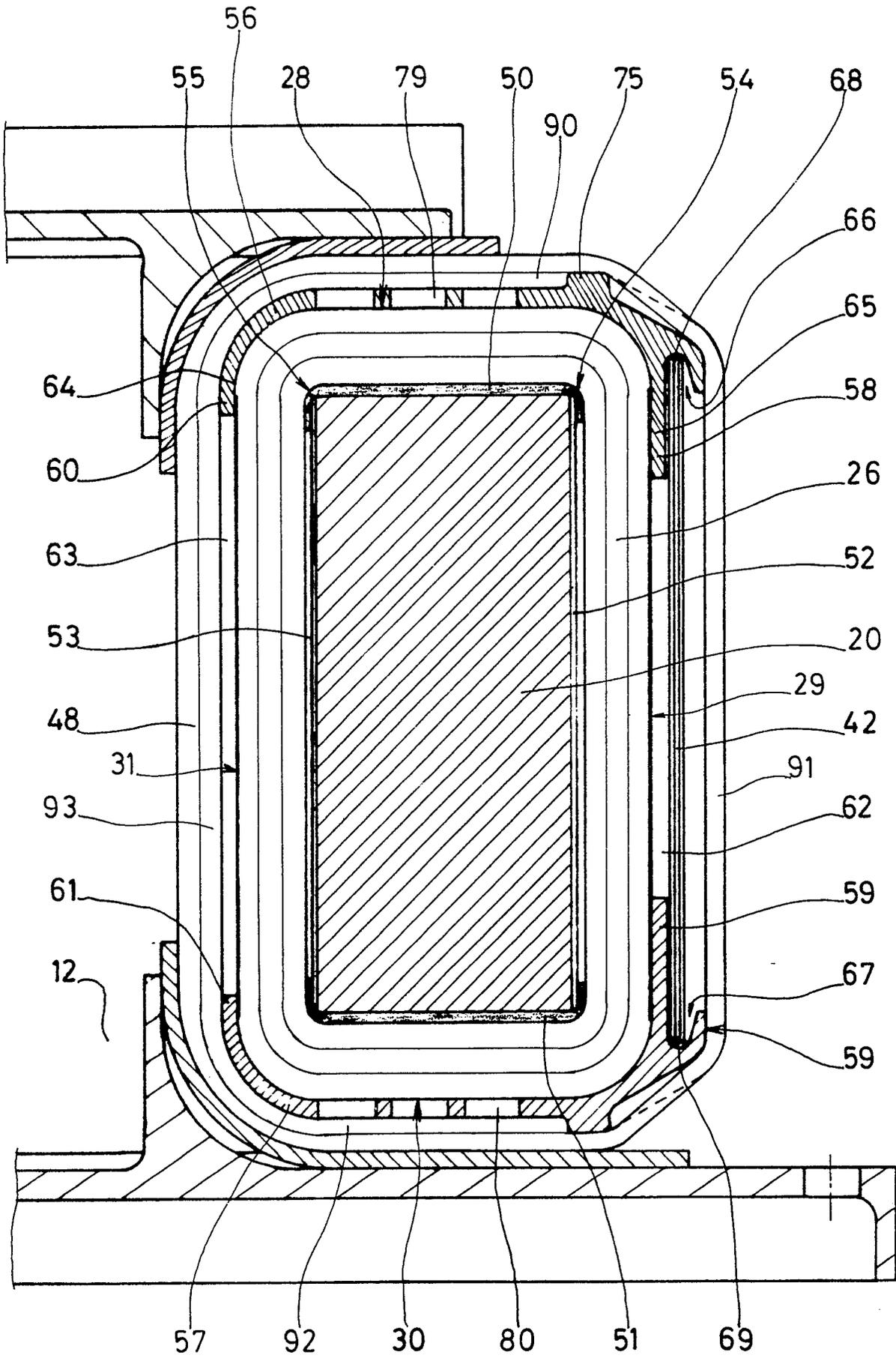


Fig.4

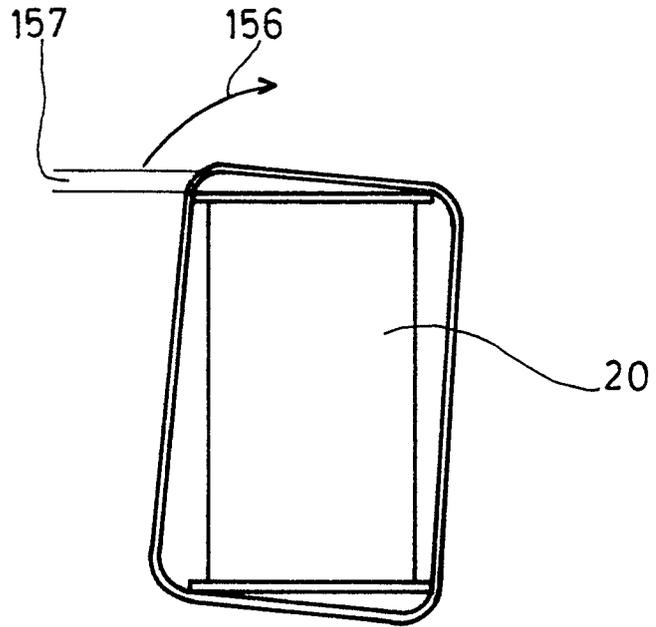


Fig. 5

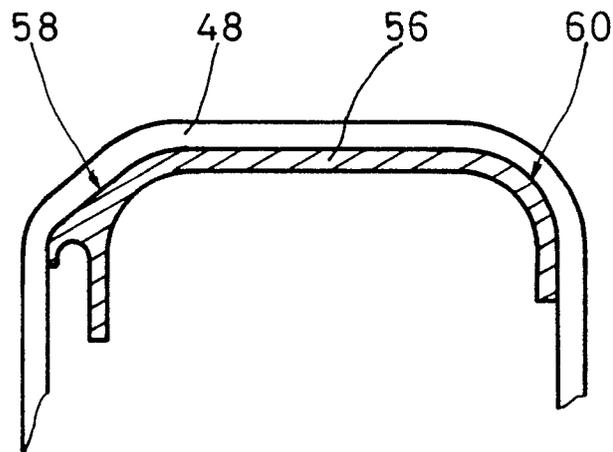
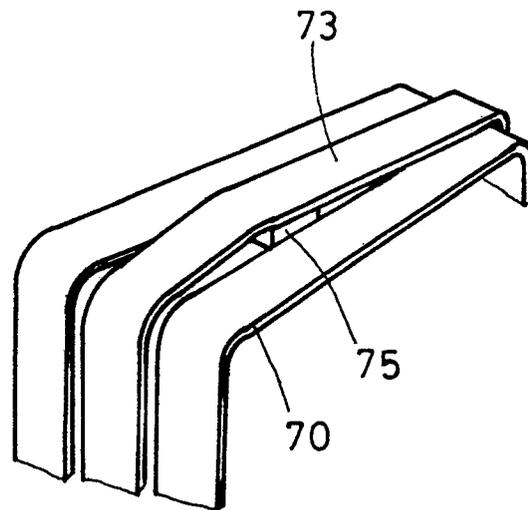
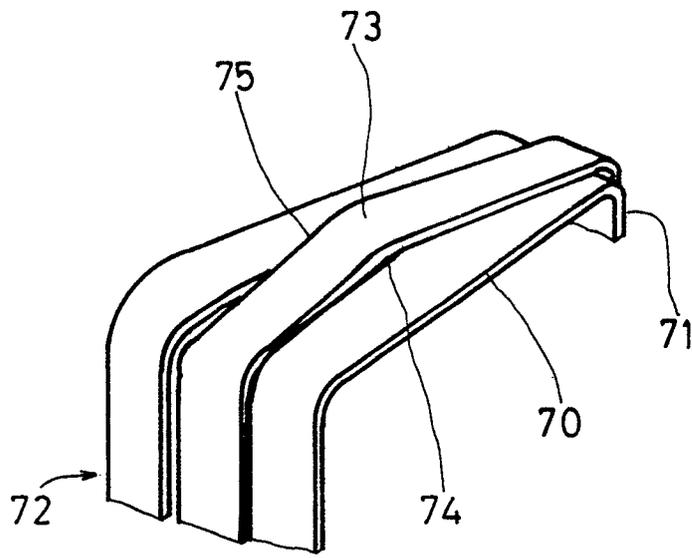


Fig. 6



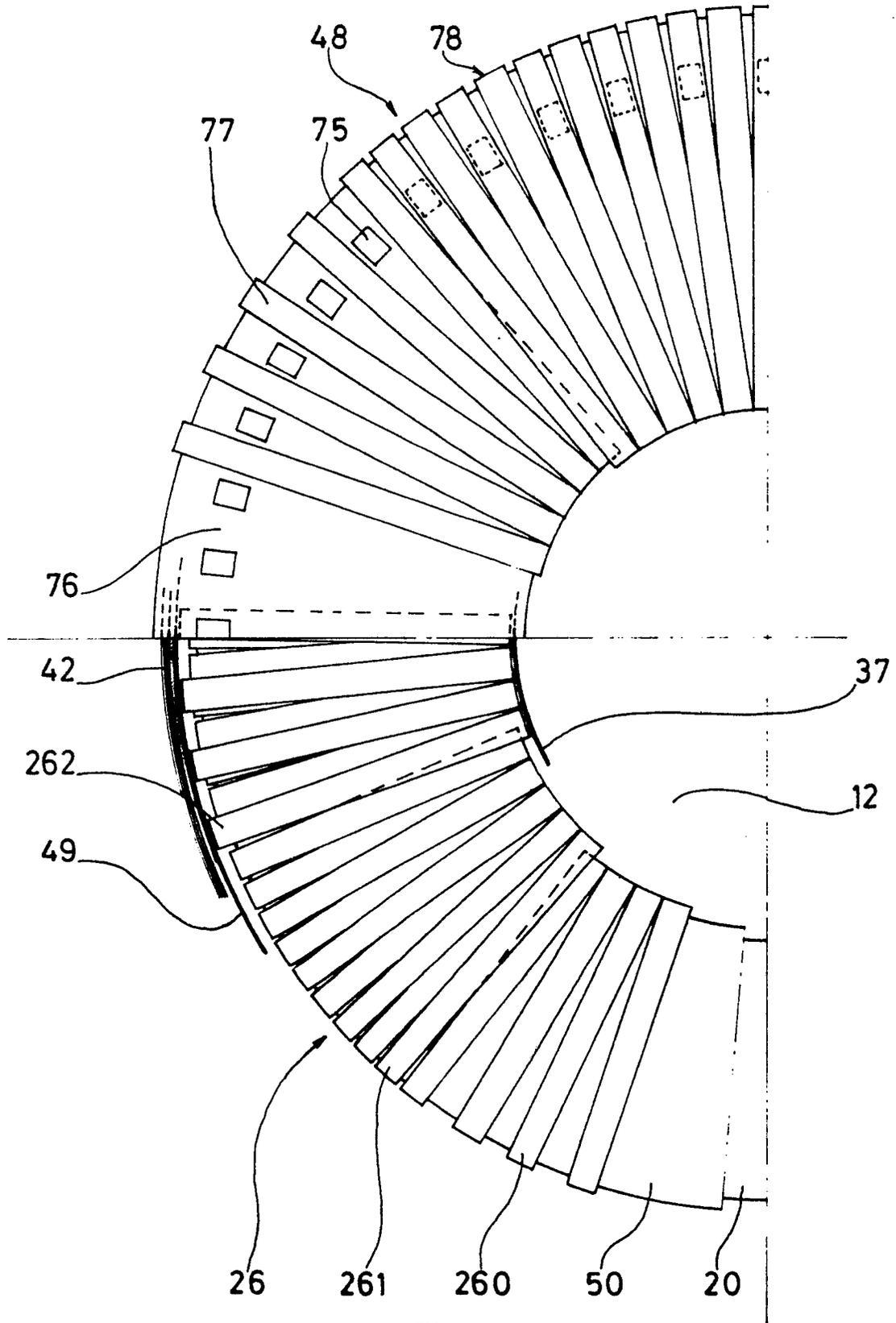


Fig.9

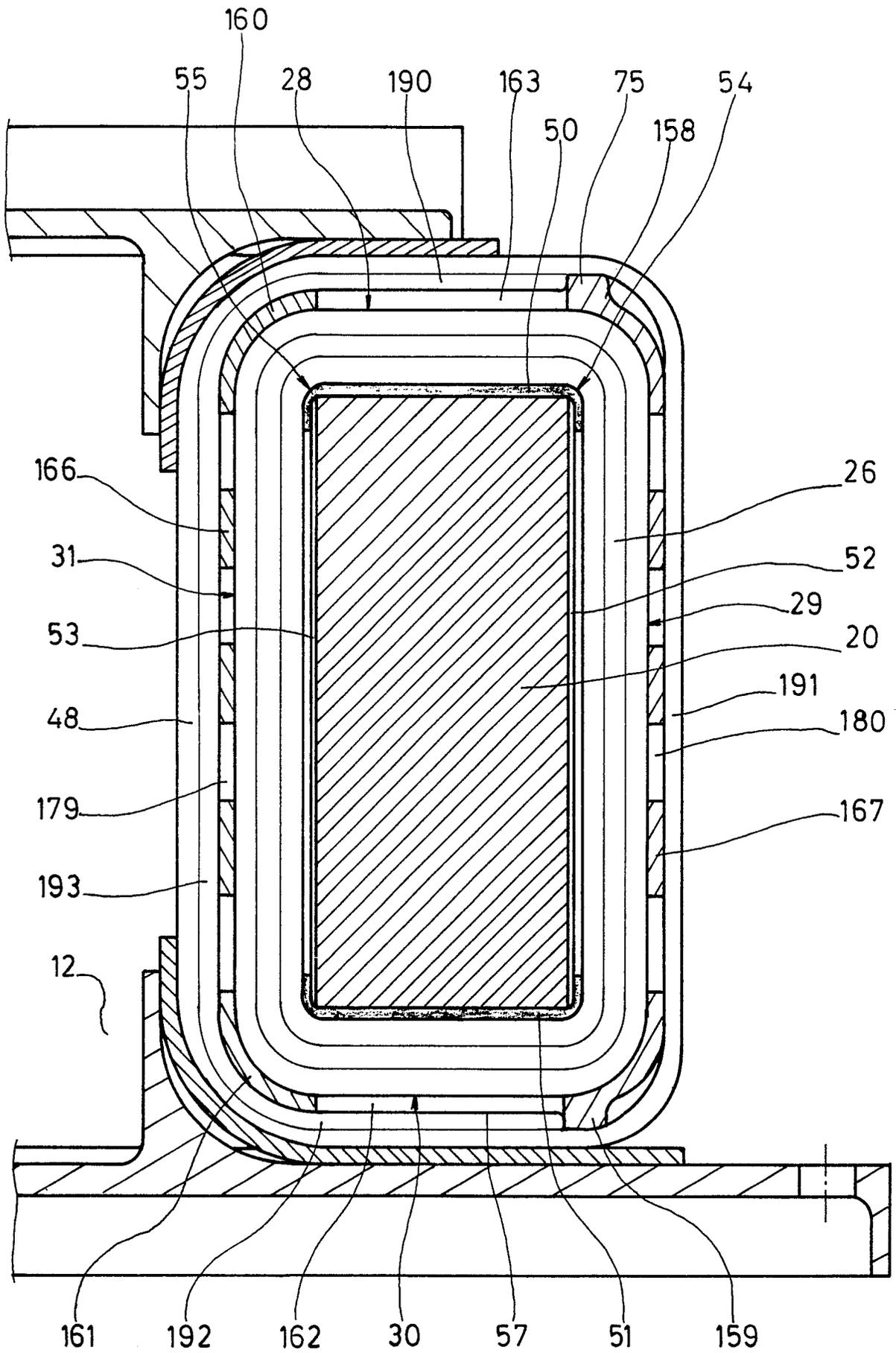


Fig.10



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	US-A-4639707 (TANAKA) * colonne 3, ligne 12 - colonne 4, ligne 24; figure 1 *	1-4.	H01F31/00
A	EP-A-0070783 (LEGRAND) * page 2, ligne 22 - page 5, ligne 13; figures 1-4 *	1.	
P,A	EP-A-0298878 (CHAPPEL) * le document en entier *	1.	
A	GB-A-2026251 (CONNOR)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			H01F
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 OCTOBRE 1989	Examineur BIJN E. A.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	