



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 054 418 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
22.11.2000 Bulletin 2000/47

(51) Int. Cl.⁷: **H01F 41/06**, H01F 27/32

(21) Numéro de dépôt: **00109330.1**

(22) Date de dépôt: **02.05.2000**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **18.05.1999 FR 9906382**

(71) Demandeur: **FRANCE TRANSFO (S.A.)
57280 Maizières-les-Metz (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Leupold, Patrick
57070 Metz (FR)**
• **Schwinn, Christian
57160 Moulins-les-Metz (FR)**
• **Meylan, Eric
57865 Amanvillers (FR)**

(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger
Cabinet ROVE Conseils
42, rue de Paris
BP50229
57106 Thionville cedex (FR)**

(54) **Bobinage "basse tension" de transformateur électrique et son procédé de réalisation**

(57) Le bobinage, du type comprenant une bande métallique (1) enroulée sous forme de spires (10), séparées par un feuillard entre-couche électro-isolant (2) également enroulé sous forme de spires, se caractérise en ce que l'entre-couche (2) a une largeur sensiblement supérieure à celle de la bande métallique (1), et en ce que les parties latérales débordantes (5, 5') sont repliées de manière à envelopper les bords (9,9') et à recouvrir les rives (11,11') de la bande métallique (1) et maintenues appliquées contre la bande métallique par

serrage inter-spires.

L'invention s'applique à la réalisation des bobinages "Basse Tension" des transformateurs de puissance ou de distribution de l'énergie électrique dont elle permet de réduire le coût de réalisation notamment par suite de l'élimination des bandes latérales de bourrage habituelles.

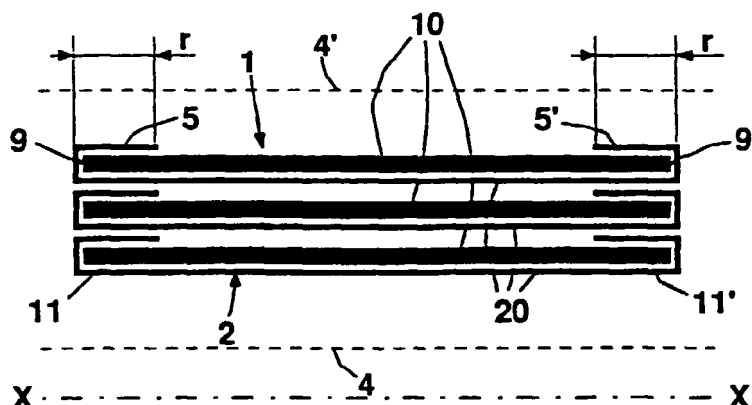


Fig.2

EP 1 054 418 A1

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des transformateurs électriques. Plus précisément, elle concerne la réalisation des bobinages dits "Basse Tension" des transformateurs de puissance ou de distribution de l'énergie électrique, que ces transformateurs soient de type "sec" ou "immergé".

[0002] Habituellement, les bobinages "Basse Tension" des transformateurs sont réalisés de la manière suivante. Une bande d'un métal bon conducteur de l'électricité, tel que le cuivre ou l'aluminium, est enroulée en spires concentriques autour d'un mandrin-support. Au cours de la même opération, on enroule un feillard isolant entre lesdites spires afin de les séparer électriquement. Le feillard isolant est réalisé en un matériau à caractéristiques diélectriques élevées, tel que du mica, un film synthétique ou un papier spécialement traité par imprégnation d'une résine poly-époxydique. Après la formation du bobinage, celui-ci est chauffé de manière à réaliser la polymérisation de la résine et son collage sur la bande métallique afin d'assurer le maintien du feillard isolant et une meilleure cohésion mécanique de l'ensemble du bobinage. Ce feillard constitue ainsi une séparation électroisolante continue entre les spires métalliques que l'on dénomme généralement "entre-couche". Après sa réalisation, la bobine vue en coupe apparaît sous la forme d'une succession de spires serrées concentriques où alternent des spires métalliques et des spires d'entre-couche empêchant le contact entre deux spires métalliques voisines.

[0003] Afin précisément d'éviter tout risque de court-circuit entre deux spires métalliques voisines, il faut prévoir un entre-couche légèrement plus large que la bande métallique. (voir par exemple JP-A-61073318). A cet effet, un débord du feillard isolant d'une dizaine de mm de chaque côté de la bobine est généralement pratiqué. Pour compléter la réalisation du bobinage, on dispose alors des bandelettes isolantes de bourrage dans les espaces ainsi laissés vides entre les débords des deux spires consécutives d'entre-couche sur chaque rive de la bande métallique. De cette manière, on comble ces espaces vides et on évite que des particules et salissures, plus ou moins conductrices, viennent s'infiltrer dans ces interstices pour compromettre l'isolation des spires métalliques entre elles. En outre, il devient ainsi possible de faire reposer le bobinage à la verticale sans risquer une détérioration des débords de l'entre-couche sous l'effet de la pesanteur.

[0004] Ces bandelettes sont mises en place lors de la réalisation même du bobinage. Le tour de bobinage est en conséquence alimenté simultanément par quatre constituants: la bande métallique, le feillard entre-couche isolant et les deux bandelettes de bourrage latéral. Cela conduit à un mode de réalisation du bobinage relativement complexe, car la présence des bandelettes de

bourrage constituent une source de difficultés pouvant nécessiter l'arrêt du tour. Elles peuvent, en effet, casser ou dévier inopinément de leur trajectoire nominale qu'il faut régler avec grande précision. De plus, leur coût-matière représente une partie non négligeable du prix de revient total du bobinage.

[0005] On connaît par ailleurs du document PCT WO 98/36849, le fait de pouvoir se passer du feillard entre-couche, et donc des bandes de bourrage associées également, grâce à l'utilisation d'une bande métallique prérevêtue par une fine couche de vernis électro-isolant. Mais, cette solution, guidée par la recherche d'un encombrement plus réduits des transformateurs à réaliser, doit se traduire au final par un surcoût de fabrication des bobinages, surcoût directement lié à un prix d'achat accru de la bande métallique composite à utiliser sans doute non compensé par l'économie réalisable sur l'entre-couche et les bandes de bourrage. En outre, la mise en oeuvre industrielle remet en question la conception de l'atelier de bobinage, des outillages et de la logistique associée.

[0006] Le but de l'invention est de proposer un type de bobinage pouvant être fabriqué par un procédé de fabrication traditionnel, mais de façon plus économique et plus fiable que les procédés existants, tout en conservant la qualité habituelle du bobinage.

[0007] A cet effet, l'invention a pour objet un bobinage "Basse Tension" pour transformateur électrique de puissance ou de distribution de l'énergie électrique, du type comprenant une bande métallique enroulée sous forme de spires séparées par un feillard entre-couche électro-isolant également enroulé sous forme de spires et présentant une largeur supérieure à celle de ladite bande métallique de manière à présenter des débords latéraux, caractérisé en ce que lesdits débords sont pliés en prenant appui sur la bande métallique pour former des replis qui enveloppent les bords et recouvrent les rives de la bande métallique en étant maintenus en place par serrage inter-spires

[0008] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un tel bobinage, selon lequel on fixe, en les superposant sur le mandrin-support d'un tour de bobinage, l'extrémité d'une bande métallique continue et celle d'un feillard d'entre-couche électro-isolant également continu et présentant une sur-largeur afin de définir des débords repliables, on forme un repli de recouvrement initial sur chacune des rives de ladite bande métallique par rabattement desdits débords sur la bande métallique, et on met en rotation ledit mandrin-support de manière à faire progresser la réalisation du bobinage sous forme d'une alternance de spires de bande métallique et de spires de feillard d'entre-couche, le maintien des débords rabattus dudit feillard d'entre-couche contre la bande métallique étant assuré par serrage inter-spires de la bande métallique pendant toute la durée de l'opération de bobinage.

[0009] Comme on l'aura compris, l'invention consiste à remplacer les bandelettes de bourrage par un

repli des débords d'un feillard d'entre-couche prévu sensiblement plus large qu'à l'ordinaire pour former ce repli. Celui-ci, sous l'effet de serrage des spires métallique entre-elles vient se plaquer au cours du bobinage contre la rive de la face de la bande métallique opposée à la face qui se trouve au contact de l'entre-couche. Les rives et les bords de la bande métallique se trouvent ainsi recouvertes, et ce au cours même de l'opération de bobinage et sans autre intervention qu'une fixation temporaire et locale du repli contre la surface de la bande métallique lorsque celle-ci forme la première spire tout au début de l'opération.

[0010] L'invention sera bien comprise et d'autres aspects et avantages apparaîtront plus clairement au vu de la description qui suit, donnée en référence aux planches de dessins annexées sur lesquelles:

- la figure 1, montre partiellement, en coupe transversale, un bobinage "Basse Tension" d'un transformateur selon l'art antérieur;
- la figure 2, montre de la même façon un bobinage "Basse Tension" selon l'invention;
- la figure 3, montre une installation permettant la réalisation d'un bobinage selon l'invention, au premier stade de cette réalisation.

[0011] Sur chaque figure, les mêmes éléments sont désignés par des références identiques

[0012] Sur les figures 1 d'une part, et les figures 2 et 3 d'autre part, qui montrent la succession des spires d'un bobinage "Basse Tension" réalisé respectivement selon la technique traditionnelle et selon l'invention, on a situé l'axe X-X d'un mandrin-support 6 sur lequel a été enroulé le bobinage. Pour une plus grande clarté des figures, on a représenté les éléments du bobinage espacés les uns des autres, et non au contact mutuel comme ils le sont dans la réalité.

[0013] Une bande métallique sans fin 1, bien visible sur la figure 3, en aluminium de 1,5 mm d'épaisseur par exemple, est enroulée en spires concentriques 10. Trois spires successives seulement sont représentées sur les figures 1 et 2. Ces spires 10 sont séparées par des spires 20 d'un feillard électro-isolant en bande également sans fin 2 (en mica, matériau synthétique, ou en papier revêtu ou non d'une résine époxydique thermocollante par exemple), d'épaisseur pouvant aller de 0.1 à 0.5 mm environ.

[0014] Selon la pratique connue (fig. 1), les spires 20 du feillard isolant, que l'on désigne plus volontiers par le vocable "entre-couche", dépassent légèrement d'une distance "d" de chaque côté du bobinage par rapport aux limites de la bande métallique 1. Cette distance "d" est classiquement de l'ordre de 10-15 mm. Les vides qui, du fait de cette sur-largeur, apparaissent sur chaque côté du bobinage entre les débords de deux spires consécutives 20 de l'entre-couche 2, sont comblés par des bandelettes isolantes 3 et 3', également enroulées en spires 30 et 30' au cours de la fabrication

du bobinage. Ces bandelettes de bourrage sont réalisées en principe dans le même matériau que l'entre-couche 2 et leur épaisseur est voisine de celle de la tôle d'aluminium 1.

[0015] Il est entendu que la figure 1 ne représente en coupe transversale qu'une portion du bobinage, lequel se poursuit à la fois en direction de l'axe X-X et à l'opposé de cette direction (comme le symbolisent les pointillés 4, 4'), et que cette portion a son symétrie par rapport à l'axe X-X.

[0016] Le bobinage "Basse Tension" réalisé selon l'invention est représenté sur la figure 2. Le tour de bobinage à mettre en oeuvre peut être avantageusement celui utilisé pour réaliser le bobinage selon l'art antérieur de la figure 1, à ceci près qu'il ne comporte plus les moyens d'alimentation en bandelettes isolantes 3, 3', ou que ces moyens, même encore présents, ne sont plus actifs.

[0017] Dans ce bobinage, la bande métallique 1 a une constitution et des dimensions tout à fait habituelles, qui ont déjà été citées. En revanche, le feillard d'entre-couche 2 présente à l'origine une largeur qui, pour permettre la formation d'un repli de recouvrement stable, excède de façon marquée cette fois, par exemple de 3 à 12 cm environ, celle de la bande métallique 1. Selon l'invention, les débords latéraux de l'entre-couche 2 sont, au cours de la fabrication du bobinage, repliés à 180° pour venir automatiquement s'appliquer, par simple effet de serrage des spires métalliques entre elles, contre chaque spire métallique 10 correspondante. Au cours de ce mouvement de pliage du débord, chaque débord vient envelopper un bord 9, 9' de ladite spire 10 et recouvrir ainsi sa rive 11 (resp. 11') sur la face opposée à celle qui est entièrement au contact de la spire 20 de l'entre-couche 2.

[0018] Ce recouvrement de rives doit être suffisant - de quelques cm au moins- pour que le feillard entre-couche 2 puisse être fermement maintenu en place par la pression exercée sur ses flans rabattus 5, 5' par les spires 10 suivantes de la bande métallique 1.

[0019] Un mode proposé de réalisation du bobinage "Basse Tension" selon l'invention est illustré schématiquement sur la figure 3. Celle-ci montre le mandrin-support 6 du tour de bobinage en rotation autour de son axe X-X. Au début de l'opération, de la manière habituelle, on fixe, en les superposant, les extrémités de la bande métallique 1 et de la bande d'entre-couche 2 sur la surface du mandrin 6.

[0020] Dans l'exemple représenté, qui est un mode préférentiel et non limitatif de mise en pratique du procédé, le feillard d'entre-couche 2 est fixé en premier sur le mandrin 6 sur une distance "1" égale à celle de la bande métallique 1. Celle-ci, sensiblement moins large que l'entre-couche, de 20 cm par exemple, vient se superposer à lui en veillant à être centrée et bien alignée avec lui. Après avoir réalisé ces fixations, on rabat à la main sur une longueur d'amorçage égale à peu près à la circonférence du mandrin, -i.e. à la première

spire à former- les bords débordants -de 10 cm de débord "r" dans ce cas- de l'entre-couche 2 sur la face supérieure 7 de la bande métallique 1, de manière à former un repli de recouvrement initial 8, 8' (correspondant aux zones ombrées de la figure 3).

[0021] Comme ce rabat est effectué sous tension en tirant légèrement sur le rebord à replier en même temps qu'on l'appose sur la bande métallique 1, la portion rabattue vient s'appliquer étroitement sur la surface métallique sans formation de vides ou d'espaces entre eux, notamment au droit des bords de tôle 9 et 9'. La largeur du recouvrement est donc ainsi égale à celle du débord initial "r" diminué de l'épaisseur de la tôle 1. Le maintien en place de ce recouvrement initial 8, 8' est assuré très simplement par un morceau de ruban adhésif, ou tout autre moyen de fixation, même temporaire, et le restant du feuillard d'entre-couche 2 est laissé libre. Puis, le mandrin 6 est mis en rotation, d'abord lentement sur les deux premières spires de manière à initier l'enroulement du bobinage, puis à vitesse nominale pour poursuivre sa progression jusqu'à son achèvement.

[0022] Compte tenu des propriétés physiques des matériaux utilisés pour constituer l'entre-couche 2 (matière fine et souple, non cassante et non chiffonnante, apte au pliage sans se déchirer ni se froisser), le rabattement régulier de ses débords pour former les parties rabattues 5, 5' s'effectue par pliage de façon naturelle et automatique tout du long du processus de bobinage sans nécessiter d'intervention humaine, car il est initié par les recouvrements 8, 8' réalisés à la main au premier stade de la fabrication du bobinage. Ce rabattement s'accomplit automatiquement avant l'arrivée sur le mandrin de sorte que, une fois rabattu, le repli 5, 5' est fermement maintenu en place par l'effet de serrage inter spires qui s'exerce sur lui de la part des spires métalliques qui se forment sur le mandrin 6. On peut éventuellement prévoir d'assister le rabattement par des guides qui accompagnent le pliage des bords du feuillard 2. En tous cas, de très bons résultats ont été obtenus sans guidage avec un feuillard entre-couche 2 en mica, du type commercialisé en France par la Société S.E.G. sous la dénomination THERNOMID, mais le choix de ce matériau ne constitue qu'un exemple, aucunement limitatif.

[0023] Le fait de placer, lors de l'enroulement, l'entre-couche 2 sous la bande métallique 1 présente l'avantage d'autoriser aux opérateurs un accès aisé à la zone de formation des parties rabattues 5, 5'. Ils peuvent ainsi facilement vérifier à tout instant si l'installation fonctionne correctement.

[0024] Le mode de réalisation selon l'invention présente en outre l'avantage de ne laisser en aucun cas les bords 9, 9' de la bande métallique 1 exposés à l'extérieur. Cela rend l'enroulement totalement étanche aux agents extérieurs. D'autre part la présence d'une double couche de feuillard isolant 2 au niveau des bords de la bande métallique 1 (comme on le voit sur la figure 2)

renforce l'isolation de ces bords.

[0025] Après la réalisation du bobinage, celui-ci peut subir les éventuels traitements classiques usuels, tels que les traitements thermiques pour la polymérisation de la résine imprégnant classiquement le papier entre-couche 2, et est ensuite utilisé de la même façon que les bobinages de l'art antérieur.

[0026] Il va de soi que l'invention ne saurait se limiter à l'exemple de réalisation décrit, mais qu'elle peut présenter de multiples variantes ou équivalents dans la mesure où est respectée sa définition donnée par les revendications jointes.

Revendications

1. Bobinage "Basse Tension" pour transformateur électrique de puissance ou de distribution de l'énergie électrique, du type comprenant une bande métallique (1) enroulée sous forme de spires (10) séparées par un feuillard entre-couche électro-isolant (2) également enroulé sous forme de spires (20) et présentant une largeur supérieure à celle de ladite bande métallique (1) de manière à pouvoir présenter des débords latéraux, caractérisé en ce que lesdits débords sont pliés en prenant appui sur la bande métallique (1) pour former des replis (5, 5') qui enveloppent les bords (9, 9') et recouvrent les rives (11, 11') de la bande métallique (1) en étant maintenus en place contre ladite bande (1) par serrage inter-spires (10)
2. Bobinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le recouvrement des rives (11, 11') s'étend sur une largeur de l'ordre d'une dizaine de centimètres.
3. Bobinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit feuillard entre-couche (2) est en mica.
4. Procédé de fabrication d'un bobinage "Basse Tension" pour transformateur électrique de puissance ou de distribution de l'énergie électrique, selon lequel on fixe, en les superposant sur le mandrin-support (6) d'un tour de bobinage, l'extrémité d'une bande métallique continue (1) et celle d'un feuillard électro-isolant d'entre-couche (2) également continu et ayant une largeur supérieure à celle de ladite bande métallique (1) afin de définir des débords d'entre-couche repliables (5, 5'), on forme un repli de recouvrement initial (8, 8') sur chacune des rives (11, 11') de ladite bande métallique par rabattement desdits débords (5, 5') et on met en rotation ledit mandrin-support (6) de manière à faire progresser la réalisation du bobinage sous forme d'une alternance de spires métalliques (10) et de spires d'entre-couche (20), le maintien des débords rabattus (5, 5') dudit feuillard d'entre-couche (2) contre la bande métallique (1) étant assuré par serrage inter-

spires de la bande métallique (1) pendant toute la durée de l'opération de bobinage.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on fixe en premier sur le mandrin-support (6) le feuillard entre-couche (2), et qu'on lui superpose la bande métallique (1)

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

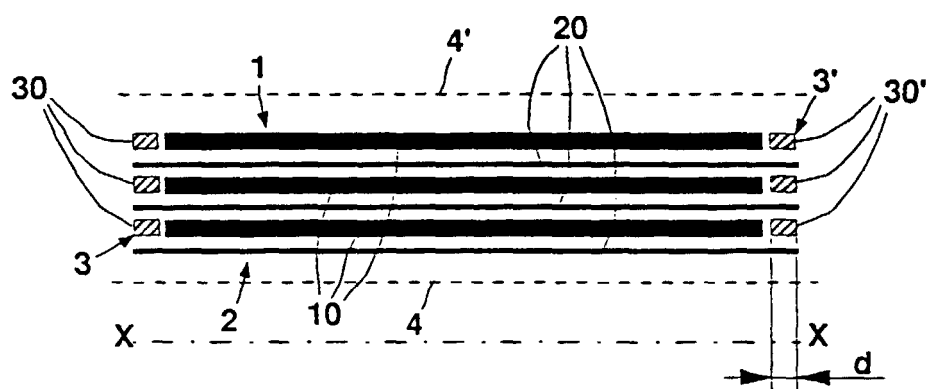


Fig. 1 (art antérieur)

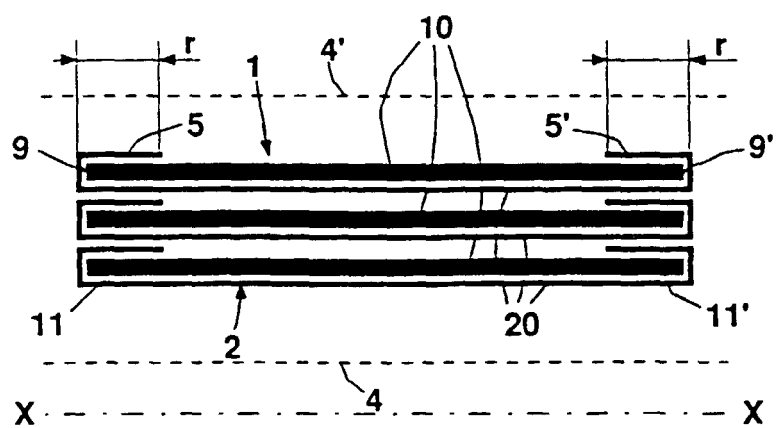


Fig.2

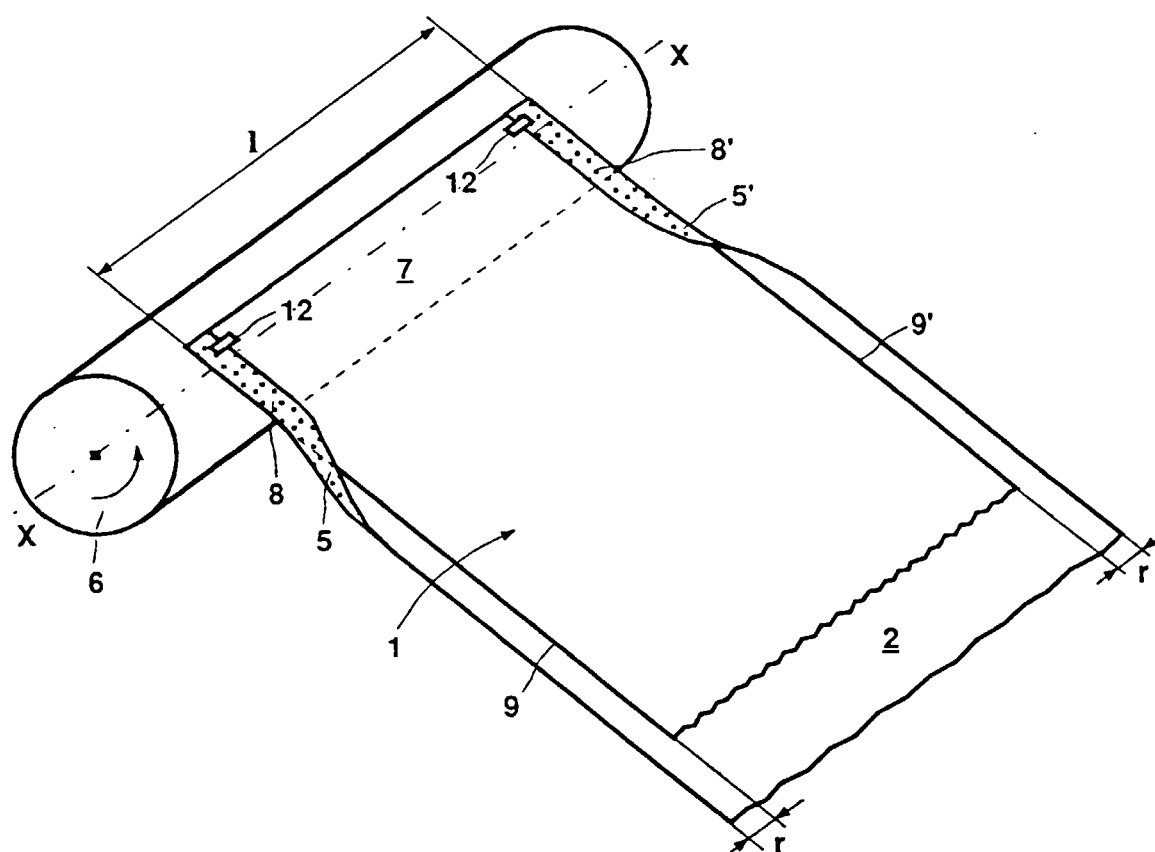


Fig. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 10 9330

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	US 5 281 488 A (POULSEN PEDER U) 25 janvier 1994 (1994-01-25) * colonne 1, ligne 18 - ligne 21 * * colonne 2, ligne 24 - ligne 55; figures *	1	H01F41/06 H01F27/32
D,A	WO 98 36849 A (ABB POWER T & D CO) 27 août 1998 (1998-08-27) * page 5, ligne 2 - page 6, ligne 10; figure 3 *	1,2	
D,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 240 (E-429), 19 août 1986 (1986-08-19) & JP 61 073318 A (TOSHIBA CORP), 15 avril 1986 (1986-04-15) * abrégé *	1,2	
A	US 4 741 947 A (PATAKI WILLIAM S) 3 mai 1988 (1988-05-03) * colonne 3, ligne 20 - ligne 27 * * colonne 7, ligne 8 - ligne 16; figures 1,3 *	1,3	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7) H01F
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 août 2000	Examineur Marti Almeda, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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 L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 10 9330

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

29-08-2000

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5281488	A	25-01-1994	AUCUN	
WO 9836849	A	27-08-1998	US 5904953 A	18-05-1999
			AU 6174198 A	09-09-1998
			US 5980995 A	09-11-1999
JP 61073318	A	15-04-1986	AUCUN	
US 4741947	A	03-05-1988	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82