



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **95470009.2**

(51) Int. Cl.⁶ : **H01F 27/02**

(22) Date de dépôt : **08.03.95**

(30) Priorité : **10.03.94 FR 9402909**

(43) Date de publication de la demande :
13.09.95 Bulletin 95/37

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(71) Demandeur : **FRANCE TRANSFO (S.A.)**
Voie Romaine
F-57210 Maizieres Les Metz (FR)

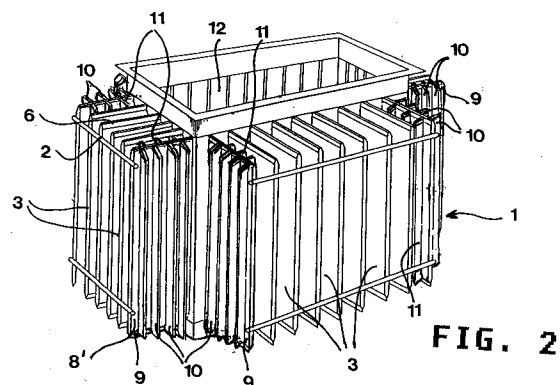
(72) Inventeur : **Pierret, Daniel**
13, rue Paul Claudel,
Conflans
F-54800 Jarny (FR)
Inventeur : **Battin, Raymond**
80, rue du Trou de Lièvre
F-57070 Metz-Vallieres (FR)

(54) **Echangeur thermique de cuve de transformateur électrique immergé.**

(57) L'échangeur thermique selon l'invention est formé à partir d'un panneau ondé dont l'onde d'extrémité 9 présente elle-même une structure de panneau ondé à échelle réduite. Des ondes-filles 10, 11 sont présentes de préférence sur les deux faces de l'onde d'extrémité 9 qui les porte et en tous cas sur sa face externe 16.

L'invention s'applique à tout échangeur thermique à ailettes creuses destiné à former un côté de la paroi latérale 1 d'une cuve pour transformateur, ou à former un radiateur rapporté sur cette cuve et que l'on va revêtir d'un matériau protecteur par immersion dans un bain de ce matériau en fusion à haute température.

Elle permet de conserver à l'échangeur une qualité esthétique après immersion qui autrement serait dégradée par déformation permanente de la planéité des faces des ondes visibles par un observateur extérieur.



La présente invention concerne les cuves de transformateurs électriques immergés.

Plus précisément, l'invention a trait à la fabrication des échangeurs thermiques constitutifs de la paroi de ces cuves ou rapportés sur celles-ci, et destinés à assurer le refroidissement du liquide diélectrique dans lequel la partie électrique du transformateur est immergée au sein de la cuve.

On rappelle qu'un transformateur "immergé" est un transformateur dont la partie électrique (enroulements primaires et secondaires, ainsi que le circuit magnétique) est refroidie par immersion dans un liquide, à propriétés diélectriques élevées, généralement une huile minérale, contenu dans une cuve étanche dont les parois latérales, pourvues d'aillettes creuses, servent d'échangeur de chaleur avec le milieu extérieur.

A cet effet, les parois sont désormais habituellement constituées par des panneaux ondulés, chaque panneau formant un côté de la cuve.

Dans le cas de transformateurs de puissance élevée, des échangeurs de chaleur supplémentaires, appelés radiateurs, et souvent formés eux-mêmes par des panneaux ondulés, sont rapportés à distance sur la cuve. Des tubulures de liaison sont alors prévues pour permettre la circulation du liquide diélectrique entre la cuve et ces radiateurs externes.

Dans la suite, par souci de simplification, on utilisera le vocable "échangeur" pour désigner aussi bien les radiateurs rapportés, que les parois latérales de cuves à ailettes de refroidissement.

Classiquement, les panneaux ondulés constitutifs d'échangeurs de transformateurs immergés sont réalisés d'une seule pièce et selon une opération unique, à partir d'une bande de métal (généralement de l'acier) que l'on déforme à intervalles réguliers pour y former des plis parallèles et profonds. Les pans de ces plis sont accolés par leurs bords, que l'on ferme alors par soudage étanche pour former une onde.

Ce sont ces éléments, une fois pliés et soudés en bord, que l'on désigne par "panneau ondulé".

Un panneau ondulé est donc un composant de la fabrication de transformateurs immergés essentiellement constitué par une série d'ondes parallèles, réparties le long d'une base commune et qui, une fois montées sur la cuve, deviennent des ailettes creuses mises en communication directe avec le volume intérieur de la cuve contenant le liquide diélectrique.

Quatre panneaux ondulés montés bout à bout à angle droit forment ainsi la paroi latérale d'une cuve de transformateur. Dans le cas de transformateurs de taille réduite, c'est un seul panneau ondulé qui, plié en quatre, peut former le périmètre complet de la cuve. Un radiateur externe en revanche est classiquement constitué de deux panneaux ondulés identiques rapportés l'un contre l'autre selon un plan, qui est plan de symétrie de l'ensemble, et assemblés de façon étanche. Le radiateur, une fois terminé, est monté à

distance sur la cuve en regard d'un côté de celle-ci. En général, les deux grands côtés de la cuve, voire les quatre côtés, sont ainsi pourvus de radiateurs.

Chaque extrémité d'un panneau ondulé, quelque soit sa destination (radiateur ou échangeur de paroi) est, comme on le comprend, constituée par une onde - ou ailette - dont une face est tournée vers l'extérieur, l'autre face étant en regard de l'avant dernière onde.

Un problème que l'on rencontre lors de la fabrication de transformateurs du type précité provient de la galvanisation. L'opération de galvanisation, souhaitable avant peinture pour la protection de la cuve et des radiateurs, est de plus en plus souvent exigée par la clientèle. Elle consiste à plonger la cuve et les radiateurs éventuels dans un bain de zinc, ou d'alliage de zinc, porté à une température de 450°C et plus, puis après les en avoir extrait, à les laisser refroidir à l'air libre.

Au cours de ce refroidissement, les ondes se déforment et gauchissent. La déformation est permanente après retour à la température ambiante. Il semble acquis que la cause soit le dépassement de la limite élastique du métal constitutif de ces panneaux (en général de l'acier bas carbone) au cours de l'immersion dans le bain de galvanisation.

Ce phénomène ne constitue pas un handicap réel au plan technique, encore que cela occasionne des surcapacités du fluide de refroidissement de la cuve, donc un surcoût.

En revanche, l'onde aux extrémités de chaque panneau, qui elle est bien visible, présente alors un gauchissement peu esthétique de sa face tournée vers l'extérieur, aggravé de surcroît par la mise en peinture, et qui rendent la cuve ou le radiateur difficilement acceptable pour une livraison à la clientèle.

On pourrait parvenir à résoudre ces difficultés en empêchant la déformation grâce à une technique ancienne de fabrication modulaire de radiateurs qui consiste à réaliser les ailettes de refroidissement par réunion d'éléments unitaires identiques juxtaposés dont le nombre définit la longueur de radiateur souhaitée.

Cet élément unitaire standard est fabriqué par emboutissage peu profond à la presse de tôles d'acier, que l'on apparie ensuite de manière que ces emboutis définissent deux à deux des cavités internes de l'élément ainsi réalisé, dans lesquelles pourra circuler le fluide de refroidissement. Les redons correspondants en surface extérieure jouent alors probablement un rôle de nervures de raidissement suffisant pour empêcher l'apparition de déformations permanentes après galvanisation.

Toutefois, cette technique de fabrication nécessite des outils particuliers qui impliquent des investissements supplémentaires dans les lignes actuelles de fabrication de transformateurs, et qui expliquent sans doute pourquoi elle est de moins en moins utilisée.

Il s'agit donc ici de trouver une solution au problème de la déformation permanente des faces d'extrémités des panneaux ondes à l'issue de la galvanisation, et ce par un moyen peu onéreux pour le fabricant, aisé de mise en oeuvre industrielle et qui ne grève pas de manière sensible le coût de fabrication des transformateurs

Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un échangeur thermique destiné à être galvanisé (ou plus généralement revêtu par immersion dans un bain de matière en fusion à haute température), échangeur constitutif de la paroi latérale d'une cuve de transformateur électrique immergé, ou d'un radiateur extérieur rapporté sur ladite paroi, et constitué par un panneau ondé, caractérisé en ce qu'il consiste à remplacer la dernière onde située à chaque extrémité du panneau ondé par une structure constitutive elle-même d'un panneau ondé à échelle réduite qui présente une onde principale plane parallèle aux autres ondes et pourvue d'ondes-filles au moins sur sa face extérieure.

De préférence, des ondes-filles sont présentes sur les deux faces de l'onde principale.

L'invention a également pour objet un panneau ondé ainsi réalisé, de même que toute cuve de transformateur ou de radiateur externe associé qui en est constitué.

Etant réalisées par pliage, de la même manière que les autres ondes du panneau et au même moment sur la machine plieuse d'ondes de l'atelier, ces ondes-filles remplissent deux fonctions:

Elles forment avant tout des raidisseurs qui réduisent la portée des faces de l'onde qui les porte et empêchent ainsi son gauchissement ultérieur après refroidissement à la sortie du bac de galvanisation.

Etant creuses, elles ont également pour fonction de pouvoir accueillir du fluide diélectrique, moyennant quoi elles contribuent à accroître l'efficacité du refroidissement par augmentation de la surface d'échange thermique globale.

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 est une vue en perspective d'une cuve vide de transformateur de type connu habituel;
- la figure 2 est une vue analogue à celle de la figure 1, mais d'une cuve selon l'invention;
- la figure 3 est un schéma représentant une extrémité d'un panneau ondé conforme à l'invention à un stade intermédiaire de fabrication;
- la figure 4 représente le panneau ondé de la figure 3 une fois achevé;
- la figure 5 est une vue partielle de la paroi latérale d'une cuve de transformateur selon une variante de réalisation de l'invention;
- et la figure 6 montre schématiquement un coin

de cuve selon une mise en oeuvre particulière de cette variante de réalisation.

Sur les figures, les mêmes éléments sont désignés par des références identiques.

Comme on le voit sur la figure 1, une cuve traditionnelle de transformateur immergé comporte sur sa paroi latérale 1 des ailettes de refroidissement longitudinales 3, dont le maintien mécanique est assuré par des tiges de liaison transversales 2.

On rappelle que ces ailettes ont pour rôle essentiel d'assurer l'équilibre thermique du transformateur en fonctionnement à un niveau donné en température.

Pour améliorer l'efficacité du refroidissement, ces ailettes sont creuses et leur volume intérieur 4 est en communication directe avec l'enceinte 5 de la cuve de manière à recevoir le liquide diélectrique dont cette dernière est emplie après mise en place de la partie active -non représentée- du transformateur (enroulements électriques et circuit magnétique).

Ces ailettes creuses sont avantageusement obtenues en réalisant chacun des côtés de la paroi latérale 1 par un panneau ondé. Elles sont alors dénommées "ondes".

On rappelle qu'un tel panneau est fabriqué à partir d'une bande d'acier 12, dont la largeur définit la hauteur des ondes (ailettes), et que l'on plie à intervalles rapprochés -classiquement tous les 4 à 8 cm environ- pour y former des plis parallèles et profonds. Après fermeture étanche de leurs bords 6 par soudage, ces plis forment les ondes qui deviendront les ailettes creuses de refroidissement recherchées, une fois le panneau ondé monté sur la cuve.

La technique propre de fabrication de ces panneaux ondes ne fait pas partie de la présente invention. Au besoin, on pourra en trouver une description plus détaillée par exemple dans le document FR-A-92.13299.

L'invention, en revanche, porte spécifiquement sur une nouvelle conception des ondes terminales de tels panneaux destinées à devenir les ailettes d'extrémité 7 des côtés de la paroi latérale 1 de cuve et exposées de ce fait à l'extérieur bien plus que les ailettes centrales 3.

Comme déjà expliqué, sous l'effet de contraintes thermo-mécaniques générées par l'opération de galvanisation après peinture, les ondes perdent leur planéité, ce qui crée des défauts esthétiques bien visibles surtout sur les faces 8 des ondes d'extrémité 7 tournées vers l'extérieur.

Pour y remédier, l'invention consiste, comme le montre clairement la figure 2, à doter la face externe au moins des ondes d'extrémité, référencées 9 sur cette figure, d'ondes-filles 10. De préférence, des ondes-filles 11 sont également prévues sur la face interne tournée en regard des ondes centrales 3.

Ces ondes-filles 10 (ou 11) sont disposées longitudinalement sur leur onde-mère 9 et espacées d'une

de la suivante de 3 à 6 cm environ, sans que cela soit critique pour la conservation de la planéité. Leur largeur n'est pas non plus un paramètre critique. Elle peut être choisie par exemple entre 3 et 6 cm environ.

Les seules contraintes sont éventuellement celles liées aux aspects d'encombrement: l'étendue des ondes-filles externes 10 devra possiblement respecter le gabarit initial de la cuve, alors que les ondes-filles internes 11 devront le cas échéant tenir compte de la proximité des ondes 3 voisines.

Ces ondes-filles sont avantageusement creuses, elles aussi, comme déjà explicité. De la sorte, leur volume intérieur est mis en communication avec le volume intérieur de leur onde-mère 9, et donc avec l'enceinte de la cuve, ce qui contribue à accroître l'efficacité du refroidissement par augmentation de la surface globale d'échange thermique avec le milieu extérieur

Un mode préféré de réalisation des panneaux ondes selon l'invention est illustré par les figures 3 et 4 prises successivement dans cet ordre:

On part d'un panneau ondulé en phase d'achèvement, dont seule l'onde d'extrémité n'a pas été encore formée. La figure 3 représente uniquement la portion terminale de ce panneau, vu de profil, selon une représentation très schématique montrant bien les formes des éléments uniquement.

On reconnaît les ondes 3 sous forme de plis profonds et parallèles s'élevant depuis la bande de base 12.

A la différence du processus habituel de fabrication, l'onde d'extrémité n'est pas formée à l'instar des autres ondes 3, mais est remplacée par plusieurs plis moins profonds que les plis des ondes 3, mais réalisés de la même manière et sur le même outil. Dans l'exemple considéré, ces plis sont organisés en deux séries successives 13 et 14, la première comprenant trois plis qui vont former les ondes-filles internes 11, la seconde présentant les quatre plis constitutifs des ondes-filles externes 10 de l'onde mère 9.

On notera l'indication sur la bande de base 12 de trois points A, B et C, qui constituent les axes de pliage de cette bande permettant de réaliser cette onde mère 9 en passant de l'ébauche de panneau ondulé de la figure 3 au panneau ondulé achevé de la figure 4.

Ce passage s'opère selon les trois opérations de pliage successives suivantes, présentées dans un ordre non imposé:

1. pliage de la bande 12 à angle droit autour du point A dans le sens anti-horaire. On forme ainsi la face interne 15 de l'onde mère porteuse 9;
2. pliage de 180° autour du point B dans le sens des aiguilles d'une montre. On forme alors la face externe 8' de l'onde mère 9;
3. on termine par un pliage anti-horaire de 90° autour du point C pour ramener à l'horizontale le bout restant de la bande de base 12 avant découpe à longueur.

Après fermeture par soudure étanche des bords libres des plis formés dans la bande 12, le panneau ondulé est alors prêt à être monté sur le châssis de cuve pour former l'un des côtés de la paroi latérale, dont l'esthétique sera alors préservée après son immersion dans un bain de galvanisation.

Les ondes-filles du côté interne peuvent présenter une hauteur de 3 à 5 cm environ. L'appareil de pliage de la bande d'acier constitutive du panneau ondulé disposera donc au besoin d'un espace dimensionné en conséquence pour effectuer le pliage à angle droit de l'onde d'extrémité pourvue de ses ondes filles sans être gênée par l'onde précédente.

Comme on l'aura compris, ce sont les ondes-filles 10 sur la face externe de l'onde principale 9 qui sont indispensables à l'obtention d'une ailette d'extrémité non déformée, donc d'esthétique préservée.

Toutefois, la présence d'ondes-filles 11 également sur la face interne est utile, sinon ce serait cette face qui, soumise à des contraintes de déformation maximales, risquerait de subir une forte déformation, encore que, dans ce cas, l'aspect esthétique n'en souffrirait que modérément puisque cette face est peu visible, en tous cas beaucoup moins que la face opposée.

L'écartement entre les ondes-filles, de l'ordre de 4 à 6 cm environ, peut-être le même sur chaque face.

De la sorte, la face externe 8' de l'aillette d'extrémité 9 se trouvera pourvue de 4 ou 5 ondes-filles sur une cuve de transformateur de 500 à 1000 KVA de puissance, par exemple.

Comme le montre la figure 5, conformément à une variante de réalisation de l'invention, l'onde-mère 9 peut être formée, non plus par pliage autour de la ligne B, mais à partir de deux demi ondes 16 et 17 assemblées par soudage étanche 18 de leur périphérie. Comme on le voit, l'extrémité des demi-ondes peut avantageusement être coudée à 90° pour faciliter le positionnement des pièces avant soudage.

La demi-onde interne 17 porte les ondes-filles internes 11 provenant des plis 13, alors que la demi-onde externe 16 est pourvue des ondes-filles externes 10 issues des plis 14.

Cette façon d'opérer permet, comme le montre la figure 6, de réaliser sur une même bande de métal de base 19, donc d'une seule pièce, un ensemble 20 formé de deux demi-ondes externes 16 et 16' disposées côte à côte à angle droit. Cette pièce 20 constitue alors avantageusement un coin de la paroi latérale de la cuve en venant s'ajuster sur les demi-ondes internes correspondantes 17 et 17' prévues pour les recevoir aux extrémités voisines de deux côtés adjacents. L'assemblage est achevé après formation de cordons de soudure étanche 18 et 18' le long des bords.

L'invention s'applique à tout échangeur thermique à ailettes destiné à former un côté de la paroi latérale d'une cuve pour transformateur, ou à former un radiateur rapporté sur cette cuve et que l'on va revêtir

d'un matériau protecteur, tel qu'une pellicule de zinc, par immersion dans un bain de ce matériau en fusion à haute température.

Elle permet de préserver l'esthétique de l'échangeur après immersion qui autrement serait dégradée par déformation permanente de la planéité des faces des ondes visibles par un observateur extérieur. 5

Il va de soi que l'invention ne se limite pas aux exemples qui viennent d'être décrits, mais s'étend à de multiples variantes ou équivalents dans la mesure où est reproduite la définition de l'invention donnée par les revendications ci-après. 10

Revendications 15

1) Procédé de fabrication d'un échangeur thermique, pouvant être revêtu par immersion dans un bain de matériau de revêtement en fusion à haute température, tel qu'un bain de galvanisation, pour cuve ou radiateur de transformateur immergé constitué par un panneau ondulé, caractérisé en ce qu'il consiste à remplacer la dernière onde située à chaque extrémité du panneau ondulé par une structure constitutive elle-même d'un panneau ondulé à échelle réduite qui présente une onde principale plane (9) parallèle aux autres ondes (13) et qui est pourvue d'ondes-filles (10) au moins sur sa face externe (16). 20 25

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on dispose également d'ondes-filles (11) sur la face interne de l'onde principale (9). 30

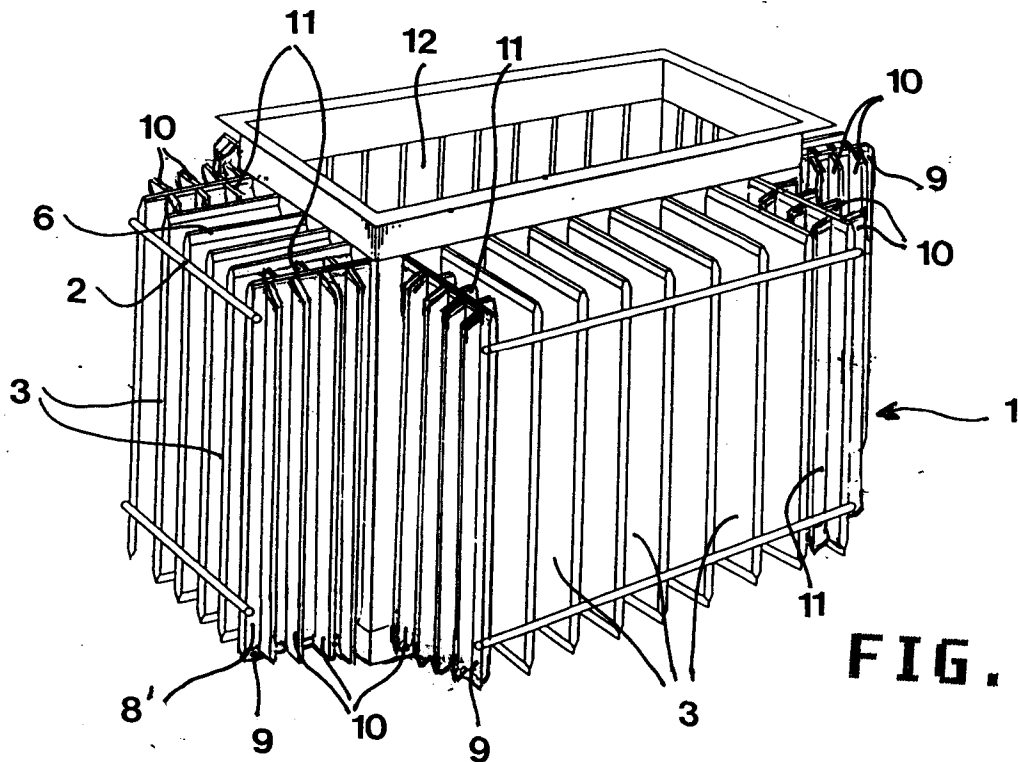
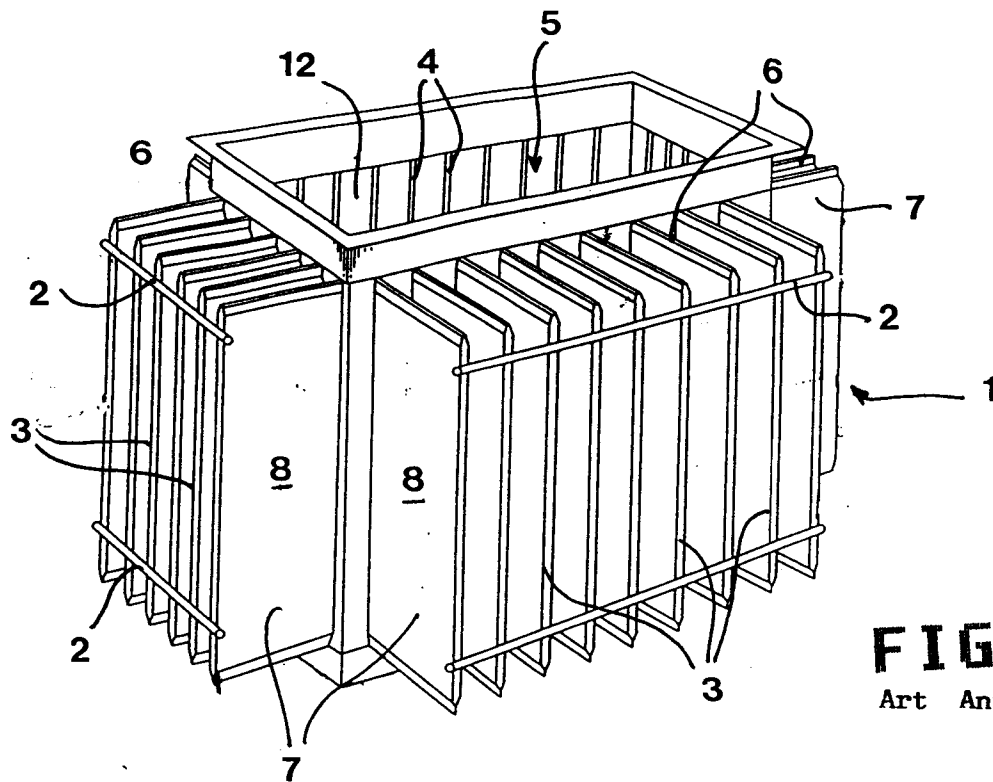
3) Echangeur thermique de cuve de transformateur électrique immergé formé à partir d'un panneau ondulé, caractérisé en ce que ledit panneau ondulé comporte une onde d'extrémité (9) constitutive elle-même d'un panneau ondulé à échelle réduite et dont toutes les ondes-filles (10, 11) sont creuses, leur volume intérieur étant mis en communication avec celui de ladite onde mère d'extrémité (9). 35

4) Echangeur thermique selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'onde d'extrémité (9) porte des ondes-filles (10, 11) sur ses deux faces. 40

5) Echangeur thermique selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'onde d'extrémité (9) est formée de deux demi-ondes (16, 17) assemblées de façon étanche (18) par leur périphérie. 45

6) Echangeur thermique selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il constitue la paroi latérale (1) d'une cuve de transformateur dont au moins un coin est formé par une pièce (20) constituée par deux demi-ondes (17, 17') disposées côte à côte à angle droit. 50

55



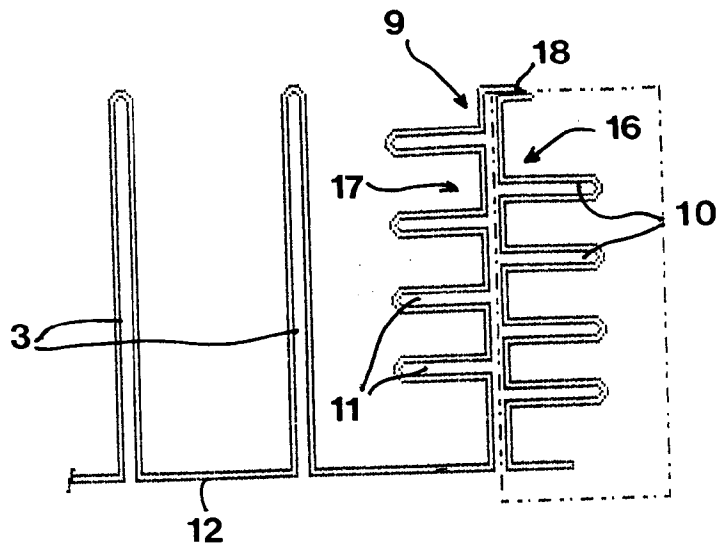


FIG. 5

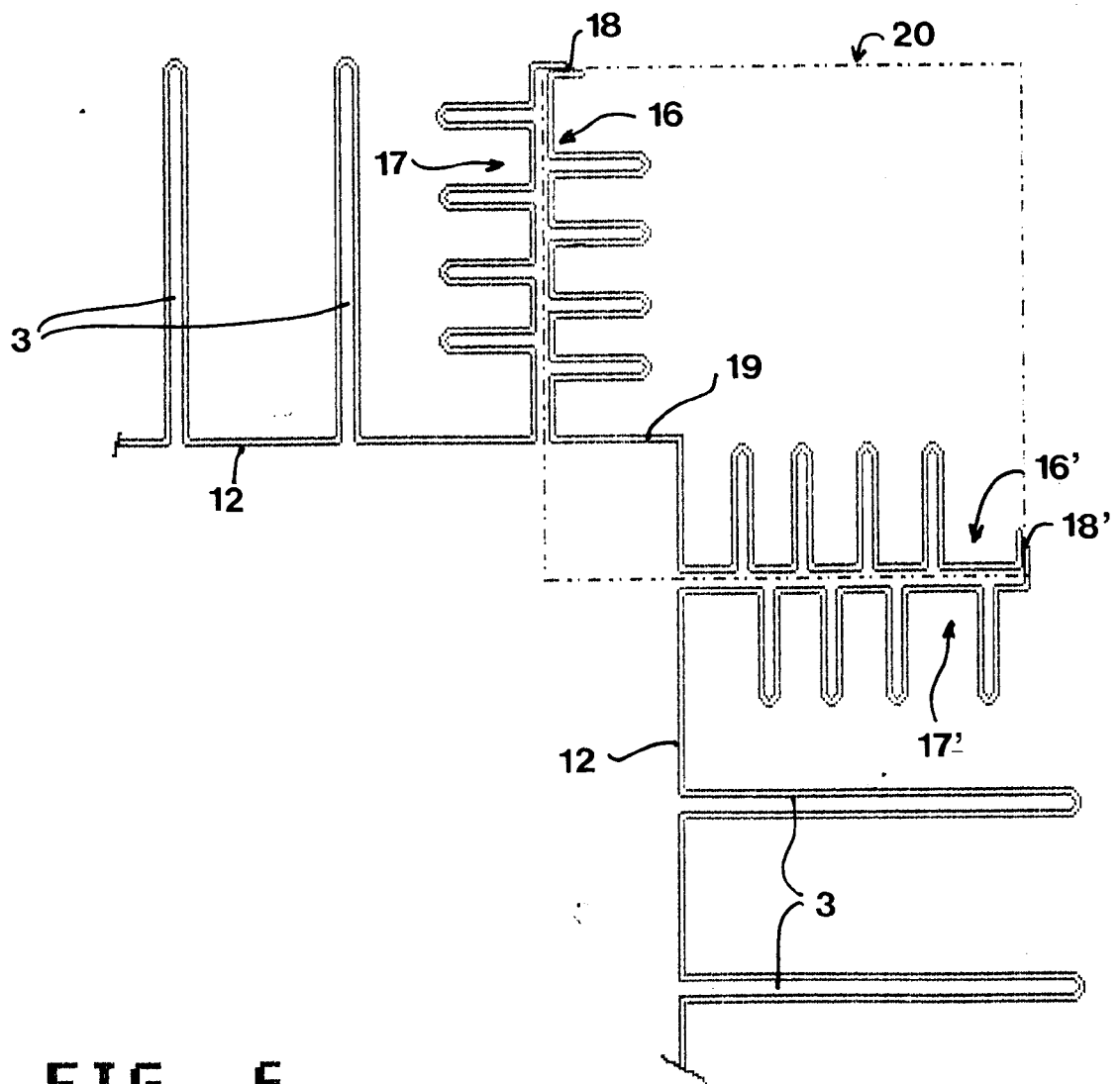


FIG. 6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 47 0009

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.6)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13 no. 53 (E-713) [3401] ,7 Février 1989 & JP-A-63 246808 (TOSHIBA CORP.) 13 Octobre 1988, * abrégé *	1	H01F27/02
Y		3	
A		2,4,5	
Y	FR-A-649 613 (CHARVET) * le document en entier *	3	
P,A	EP-A-0 596 554 (FRANCE TRANSFO) * le document en entier *	3,4	
D	& FR-A-2 697 667		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 31 Mai 1995	Examineur Bijn, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)