

PF



MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 879.912

Classif. Internat.: H01F

Mis en lecture le:

03 -03- 1980

Le Ministre des Affaires Économiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;

Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle;

Vu le procès-verbal dressé le 8 novembre 1979 à 15 h. 10
au Service de la Propriété Industrielle ;

ARRÊTE :

Article 1. — Il est délivré à la Sté dite : ASEA AKTIEBOLAG
Västeras (Suède)

repr. par le Bureau Gevers S.A. à Bruxelles,

un brevet d'invention pour : Transformateur de puissance
qu'elle déclare avoir fait l'objet de demandes de brevet
déposées en Suède le 9 novembre 1978 n° 7811561-5 et le
28 février 1979 n° 7901797-6.

Article 2. — Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou d'un mérite de l'invention, soit de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

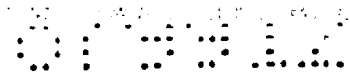
Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 30 novembre 1979.

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE :

Le Directeur

L. SALPETEUR

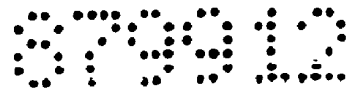


La présente invention est relative à un transformateur de puissance comportant au moins deux enroulements concentriques disposés autour d'une branche de noyau.

Lors d'un court-circuit d'un transformateur du type défini ci-dessus, les enroulements sont soumis à des forces de court-circuit axiales et radiales. Les forces radiales pour les enroulements en dehors du champ de fuite principal sont toujours dirigées vers l'extérieur et pour les enroulements à l'intérieur du champ de fuite principal, elles sont dirigées vers l'intérieur, dans la direction de la branche du noyau. Les forces dirigées vers l'extérieur entraînent des efforts de traction dans l'enroulement respectif, qui sont normalement faciles à prendre en considération ou à compenser. Les forces qui agissent radialement vers l'intérieur sont plus difficiles à compenser, étant donné qu'elles tendent à réduire le diamètre de l'enroulement envisagé et, si l'enroulement par lui-même n'est pas suffisamment stable ou ne possède pas un support suffisant radialement vers l'intérieur ou l'extérieur, il se déformera. Ceci peut endommager l'isolant, de telle sorte qu'un court-circuit entre les spires d'enroulement apparaît. Des enroulements avec des conducteurs en mince ruban métallique sont particulièrement difficiles à protéger contre les court-circuits. Bien entendu, il est possible d'augmenter la raideur d'un tel enroulement en collant entre elles les différentes spires mais, dans le cas de grands transformateurs de puissance, un tel procédé entraîne des difficultés du point de vue de la fabrication. En outre, les types de colles qui pourraient être utilisées à ce sujet n'offrent pas de résistance à long terme électrique parfaitement satisfaisante.

Plusieurs propositions ont été effectuées pour agencer un support pour l'enroulement interne intérieurement, c'est-à-dire entre cet enroulement et le noyau. A cause de l'élasticité de la matière de support, ce procédé ne peut pas totalement empêcher une déformation, mais uniquement en limiter l'ampleur.

Le but de l'invention est d'offrir un enroulement résistant aux court-circuits dans un transformateur du genre possédant au moins deux enroulements cylindriques approximativement circulaires et concentriques, dont au moins le conducteur de



deur est déterminé en tenant compte des tolérances de fabrication nécessaire.

En réalisant le cylindre de support en un matériau possédant un module d'élasticité relativement élevé, de préférence du métal, on parvient à plusieurs avantages très importants qui seront décrits plus en détail ci-après. Lors de la fabrication d'un transformateur suivant l'invention, il est extrêmement avantageux de co-bobiner les deux enroulements utilisés avec une précontrainte de traction. En soumettant à une précontrainte un enroulement qui est soumis à une force dirigée radialement vers l'intérieur (l'enroulement interne), on peut parvenir à une pression radiale d'une amplitude telle qu'une absence de jeu soit assurée malgré le fait que le conducteur n'est habituellement pas parfaitement plan lorsqu'il est bobiné. En mettant sous précontrainte l'enroulement extérieur, on obtient l'avantage que le support dans l'espace intermédiaire compris entre les enroulements conserve sa fonction de support même lors de l'apparition du court-circuit, alors que l'enroulement externe tend à augmenter en diamètre et l'enroulement interne à diminuer. Au cours de la fabrication, l'enroulement interne est utilement bobiné avec un effort de traction σ_0 et l'extrémité est verrouillée. Ensuite, par exemple, une natte de rubans est enroulée sur une spire (d'une autre façon, par exemple, une pellicule de matière plastique peut être enroulée sur plusieurs spires), en établissant ainsi la distance entre les enroulements. L'enroulement externe est alors bobiné directement à l'extérieur de cette natte avec un effort de traction σ_0 . Si σ_0 est sélectionné suffisamment grand pour que l'effort de compression moyen dans l'enroulement interne soit supérieur à l'effort moyen lors d'un court-circuit, aucun jeu ne survient dans l'espace cylindrique compris entre les enroulements au cours du court-circuit.

Il peut également être avantageux de choisir une répartition différente de la précontrainte, par exemple une faible précontrainte sur l'enroulement interne et une précontrainte élevée sur l'enroulement externe. Ceci peut conduire à une précontrainte de compression résultante dans le cylindre de support qui n'est pas beaucoup plus élevée que la précontrainte de

compression résultante dans l'enroulement interne.

Dans un enroulement de ruban d'aluminium précontraint interne, le cheminement peut entraîner une diminution progressive de la précontrainte et éventuellement sa disparition complète après un certain temps prolongé. Suivant une autre variante de l'invention, ceci peut être évité en agencant, en tant que support pour l'enroulement dans le sens externe, un cylindre de support divisé axialement qui vient en contact avec l'ensemble de la périphérie externe de l'enroulement, ce cylindre étant de préférence fait de métal et étant supporté à son tour contre l'enroulement situé à l'extérieur du premier enroulement à l'aide de rubans longitudinaux agencés à une certaine distance l'un de l'autre. L'enroulement externe est bobiné sur ces rubans avec une précontrainte de traction et il possédera par conséquent une section transversale polygonale, étant donné que les sections de l'enroulement situées entre les rubans deviennent rectilignes. Lors de l'apparition d'un court-circuit, l'enroulement externe tendra à prendre une forme circulaire, de telle sorte que les sections d'enroulement rectilignes seront influencées par une force dirigée vers l'extérieur, tandis que les coins du polygone subissent une force dirigée vers l'intérieur qui transmise, par les rubans précités, au cylindre de support externe de l'enroulement interne.

Dans un transformateur suivant l'invention, avec un cylindre de support en matière conductrice de l'électricité, il convient d'établir le cylindre avec une longueur axiale supérieure à la longueur moyenne des enroulements. De la sorte, une commande des courants de Foucault du champ magnétique est obtenue d'une façon simple, avec une réduction en résultant de la concentration du courant dans la zone interne des parties d'extrémité de l'enroulement interne. Il est exact que cette façon de commander le champ magnétique a été envisagée précédemment, mais alors des écrans distincts dans ce but avaient été proposés (brevet aux Etats-Unis d'Amérique n° 3.142.029).

D'autres détails et particularités de l'invention ressortiront de la description ci-après, donnée à titre d'exemple non limitatif et en se référant aux dessins annexés, dans

lesquels :

La figure 1 est une vue en coupe d'un noyau de transformateur avec des enroulements .

La figure 2 est une vue en coupe d'un anneau sous charge de pression externe pour le calcul du défaut de rondeur initial admissible au maximum de l'anneau pour tenir compte du danger de déformation ou courbure.

La figure 3 est une vue en coupe de l'encoche isolante dans le cylindre de support de l'enroulement interne.

La figure 4 est une vue en coupe longitudinale d'une branche de noyau avec deux enroulements.

La figure 5 est une vue en coupe partielle d'une branche de noyau avec une autre conception de l'enroulement.

La figure 6 illustre des détails d'un agencement modifié des enroulements.

La figure 1 est une vue en coupe transversale d'une branche 1 d'un noyau en fer pour un transformateur de puissance. La branche de noyau 1 est entourée par un enroulement interne 2 et un enroulement externe 3. Ces enroulements sont des enroulements dits de bande ou ruban . Dans de tels enroulements , le conducteur est constitué par une bande (ou feuille mince) par exemple d'aluminium , qui est isolée d'une façon appropriée. L'épaisseur de la bande peut par exemple se situer entre 0,1 et 1,5 mm.

Les enroulements 2,3 sont agencés coaxialement avec un espace cylindrique intermédiaire rempli par une natte de rubans 4. Celle-ci peut être constituée par des rubans massifs ou creux , par exemple en matière plastique renforcée par des fibres de verre ou en presspahn . D'une autre façon , cet espace peut être rempli par un cylindre massif.

L'enroulement interne 2 est bobiné sur un cylindre de support 5, par exemple fait d'aluminium, qui est nettement plus épais que le conducteur de l'enroulement interne. Le conducteur est fixé au cylindre de support , qui fait alors partie de la barre terminale interne de l'enroulement. Le cylindre de support présente une encoche d'isolement longitudinale , empêchant donc la circulation d'un courant de court-circuit dans le

cylindre.

Lors d'un court-circuit imposé au transformateur ,
 l'enroulement externe 3 sera influencé par une force dirigée ra-
 dialement vers l'extérieur et l'enroulement interne 2 par une fr-
 ce dirigée radialement vers l'intérieur. L'enroulement externe 3
 conservera alors sa forme ronde. Etant donné que l'enroulement
 interne est supporté par l'enroulement externe de toute part ,
 l'enroulement interne ne peut se déformer que si le cylindre de
 support présente à l'origine un défaut de rondeur , car les deux
 enroulements externe et interne ne peuvent pas se déformer ou
 s'incurver si la raideur radiale dans l'enroulement est suffisam-
 ment grande, étant donné que l'effort tangent intégré total est
 nul .

En utilisant le cylindre de support 5, qui ne doit
 pas être particulièrement épais , l'enroulement peut être réali-
 sé avec les tolérances de fabrication courantes sans danger de dé-
 formation. Ceci ressort clairement des formules (1) et (2) ci-
 après , la signification des désignations utilisées résultant
 de la figure 2.

La figure 2 est une vue en coupe d'un anneau qui est
 chargé par une pression dirigée radialement vers l'intérieur p,
 qui est répartie uniformément. On admettra que l'anneau est sup-
 porté extérieurement par un autre anneau qui conserve sa forme
 ronde . Une déformation ou une courbure de l'anneau interne n'est
 alors possible que s'il existe un défaut de rondeur à l'origine.
 L'amplitude de cette absence de rondeur c (l'écart admissible au
 maximum par rapport à une forme circulaire) et la longueur de dé-
 formation correspondante R_{\min} peuvent alors être calculées d'a-
 près les formules suivantes

$$\alpha_{\min} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{12 \sigma R^2}{Eh^2} + 1}} \quad (1)$$

$$c = \frac{4R}{\frac{12 \sigma R^2}{Eh^2} + 1} \quad (2)$$



avec R = le rayon de l'anneau;

H = l'épaisseur de l'anneau dans le sens radial ;

E = module d'élasticité de l'anneau ;

5 σ = effort de compression moyen de l'anneau pour un courant de court-circuit maximum (dans le sens tangent) .

Pour un anneau de rayon $R = 220$ mm, avec une épaisseur radiale $h = 0,1$ mm, un module d'élasticité $E = 0,7 \cdot 10^5$ N/mm² et un effort d'anneau $\sigma = 44$ N/mm², les formules (1) et (2) donnent une longueur de déformation libre $R\alpha_{\min} = 3,62$ mm et un défaut de rondeur $c = 0,024$ mm.

10 Si l'on augmente au contraire l'épaisseur radiale jusqu'à $h = 4$ mm, on obtient une longueur de déformation libre $R\alpha_{\min} = 141,6$ mm et un défaut de rondeur $c = 36,95$ mm, pour autant que les autres valeurs soient les mêmes que pour l'exemple

15 précédent.

Le premier exemple correspond à un enroulement de bande avec une épaisseur de conducteur de 0,1 mm sans cylindre de support, tandis que le second exemple correspond à un enroulement de bande avec un cylindre de support d'une épaisseur de

20 4 mm. Les exemples indiquent dans le cas d'enroulements de transformateur faits de bande de feuille métallique mince, supportée sur toute leur périphérie externe, il est également nécessaire d'avoir un cylindre de support interne, étant donné que des défauts de rondeur aussi faibles que 0,024 mm (suivant le premier

25 exemple) ne peuvent pas être atteints avec des procédés de fabrication pratiques. Comme il est clair d'après le second exemple, toutefois, un tel cylindre de support ne doit pas être particulièrement épais. Par comparaison avec les constructions de la technique antérieure, par conséquent, un transformateur sui-

30 vant l'invention peut être réalisé avec un plus petit diamètre d'enroulement, ce qui entraîne des gains considérables dans le prix de revient. En outre, la circulation d'un agent de refroidissement dans l'espace compris entre l'enroulement interne et le noyau est améliorée, étant donné que le cylindre de support

35 ne doit plus posséder de supports internes qui constituent une emprise sur cet espace dans une mesure appréciable.

Avec les formules indiquées comme point de départ,

on peut poser ce qui suit :

$$h = kR \sqrt{\frac{\delta}{E}} \quad (3),$$

5 avec k une constante comprise utilement entre 0,5 et 5.

La figure 3 représente une façon dont l'encoche i-
solante 6 du cylindre de support 5 peut être agencée. Une ou
plusieurs couches de bande de fibres de verre 7 ou analogues sont
appliquées autour des extrémités de joint 5a, 5b du cylindre de
10 support, ces extrémités étant fixées l'une contre l'autre au
moyen de vis 8a, 8b agencées dans un ruban isolant longitudinal
9. L'extrémité interne 2a de l'enroulement de bande est fixée
par soudage le long d'une extrémité de joint 5a du cylindre, où
15 les vis 8a sont serrées après l'application de l'enroulement de
bande 2. A cause de l'effort de traction dans le conducteur en
bande, les extrémités de joint du cylindre sont alors pressées
l'une contre l'autre et comprimeront l'intervalle isolant 6, ce
qui est favorable du point de vue mécanique. La forme en sec-
tion transversale du ruban isolant 9 peut être aisément ajustée
20 à la section transversale en gradin du noyau, de telle sorte que
le ruban ne doit pas provoquer une augmentation quelconque du dia-
mètre de l'enroulement.

La figure 4 est une vue en coupe d'une branche 1
d'un noyau de transformateur avec des culasses supérieure et in-
25 férieure 10 et 11, respectivement. La branche de noyau 1 porte
un cylindre de support 5 en matériau conducteur de l'électricité, sur lequel
on a bobiné un enroulement en bande interne 2 et à l'extérieur de
celui-ci un enroulement externe 3. L'espace cylindrique 4 compris
entre les enroulements est rempli par une matière isolante solide.
30 Le cylindre de support 5 a une plus grande longueur axiale que les
enroulements 2 et 3. De la sorte, le cylindre de support aux ex-
trémités des enroulements agira en tant qu'écran ou blindage é-
lectrique, ce qui réduit la composante radiale du flux magnéti-
que de telle sorte que la concentration de courant sur le bord
35 interne des parties d'extrémité de l'enroulement de bande interne
5 est réduit.

La figure 5 représente une partie d'une vue en cou-

pe d'une branche de noyau 1 est entourée par un enroulement en bande interne 2 et un enroulement en bande externe 3. L'enroulement interne 2 est bobiné sur un cylindre de support 5 et présente également un cylindre de support externe 12. Les cylindres 5 et 12 sont de préférence faits de métal et le cylindre externe 12 est convenablement divisé suivant la direction longitudinale en plusieurs sections, par exemple 4, de même dimension, dont l'une peut utilement servir de conducteur terminal externe pour l'enroulement interne 2. Le cylindre 12 est supporté contre l'enroulement externe 3 grâce à des rubans longitudinaux 13 disposés à des écartements mutuels. L'enroulement externe 3 est bobiné sur les rubans 13 avec une précontrainte en traction, ce qui donne donc à l'enroulement une section transversale polygonale. Lors de l'apparition d'un court-circuit dans le transformateur, les sections d'enroulement entre les rubans sont influencées par des forces dirigées vers l'extérieur, tandis que les coins du polygone sont influencés par des forces dirigées vers l'intérieur, comme indiqué par des flèches à la figure 5. Les forces dirigées vers l'intérieur sont transmises par les rubans 13 et le cylindre de support 12 à l'enroulement interne. Ceci augmente la friction entre les spires de l'enroulement interne, avec pour résultat une construction rigide.

Dans les transformateurs présentant des conducteurs en matière sous forme de bande, il peut être utile de donner à l'enroulement interne une plus grande longueur axiale qu'à l'enroulement externe. Etant donné que l'enroulement interne a habituellement une plus faible tension par rapport à la terre ou à la masse que l'enroulement externe, cet enroulement interne peut être amené plus loin vers la culasse, l'espace disponible pour l'enroulement étant donc utilisé d'une meilleure façon. En même temps, le flux de fluide magnétique apparaissant à l'extérieur des extrémités de l'enroulement est commandé, ce qui réduit les pertes supplémentaires dans les enroulements. Afin d'éviter une déformation ou une courbure locale des spires les plus extérieures dans la partie de l'enroulement interne située axialement à l'extérieur de l'enroulement externe, un renforcement annulaire 14 est convenablement agencé autour de chaque extrémi-

5 10 15 20 25 30 35

té de l'enroulement interne, comme indiqué à la figure 6.

Le renforcement annulaire 14 est utilement fait d'une matière en forme de bande et, étant donné qu'il ne doit pas y avoir d'intervalle entre l'enroulement interne 2 et l'anneau 14, ce dernier est utilement bobiné directement à sa position autour de l'enroulement 2, les différentes spires étant collées entre elles. Le renforcement annulaire 14 est avantageusement fait d'une matière qui se rétrécit et qui est isolante, par exemple du presspahn . La raideur du renforcement annulaire 14 doit être très supérieure à celle d'une section longitudinale correspondante du cylindre de support 5.

Dans la forme de réalisation illustrée à la figure 6, le renforcement annulaire 14 est agencé à une certaine distance de l'extrémité de l'enroulement externe 3 , étant donné que la zone la plus proche de l'extrémité de l'enroulement est occupée par des anneaux de blindage ou d'écran 15. Pour offrir un support à l'enroulement interne 2 dans cette zone, les rubans 13 dans l'espace compris entre les enroulements interne et externe sont prolongés jusqu'à l'extrémité de cet enroulement interne 2.

Il doit être entendu que la présente invention n'est en aucune façon limitée aux formes de réalisation ci-avant et que bien des modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre du présent brevet.

Par exemple , il peut y avoir plus de deux, par exemple six enroulements sur chaque branche de noyau et ce n'est pas uniquement l'enroulement le plus interne qui peut être soumis à une force dirigée radialement vers l'intérieur. En outre, à la fois des enroulements en bande et des enroulements de conception classique peuvent être présents sur un même transformateur . L'invention envisage également le cas où un enroulement en bande qui est soumis à un effort de déformation ou de courbure , vient en contact direct avec un enroulement situé à l'extérieur de celui-ci, sans aucun espace intermédiaire .

REVENDEICATIONS

1. Transformateur de puissance , comportant au moins deux enroulements concentriques approximativement cylindriques circulaires , dont au moins le conducteur de l'enroulement le plus interne est constitué par une bande ou feuille mince, caractérisé en ce que l'enroulement interne est supporté contre l'enroulement externe et est doté d'un cylindre de support interne en matériau métallique.

2. Transformateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le cylindre de support a une épaisseur radiale :

$$h = kR \sqrt{\frac{\sigma}{E}}$$

avec $0,5 < k < 5$

R = rayon du cylindre de support

E = module d'élasticité du cylindre de support

σ = effort de compression moyen dans l'enroulement interne pour le courant de court-circuit maximum.

3. Transformateur suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le cylindre de support sert de conducteur terminal pour l'enroulement interne.

4. Transformateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes , dans lequel les deux enroulements sont disposés à une certaine distance radiale l'un de l'autre, en formant ainsi un espace cylindrique entre eux , caractérisé en ce que cet espace cylindrique est rempli au moins partiellement d'une matière solide.

5. Transformateur suivant la revendication 4, caractérisé en ce que l'espace précité est rempli avec une natte de rubans massifs ou creux ou par un corps cylindrique.

6. Transformateur suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'un cylindre de support divisé suivant la direction longitudinale , est agencé dans l'espace précité , ce cylindre étant de préférence fait de métal et offrant un support à l'enroulement sur toute la périphérie externe de ce dernier , et en ce que le cylindre de support est supporté à son tour con-

tre l'enroulement externe grâce à des rubans longitudinaux répartis uniformément sur la périphérie du cylindre de support, l'enroulement externe étant bobiné sur ces rubans de telle sorte que cet enroulement prend une section transversale pratiquement polygonale.

7. Transformateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le cylindre de support a une plus grande longueur axiale que la longueur moyenne de l'enroulement interne.

10 8. Transformateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le cylindre de support est doté d'une encoche ou fente d'isolement longitudinale qui est chevauchée par un ruban isolant longitudinal auquel sont fixées les extrémités de joint du cylindre de support.

15 9. Transformateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux enroulements sont bobinés ensemble avec une précontrainte de traction d'une amplitude telle que l'effort de compression moyen dans l'enroulement interne soit supérieur à l'effort moyen lors d'un

20 court-circuit.

10. Transformateur suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'enroulement interne a une longueur axiale supérieure à celle de l'enroulement externe, caractérisé en ce que les extrémités de l'enroulement interne sont entourées par des renforcements annulaires.

25 11. Transformateur de puissance, tel que décrit ci-avant ou conforme aux dessins annexés.

30 Bruxelles, le 8 Novembre 1979

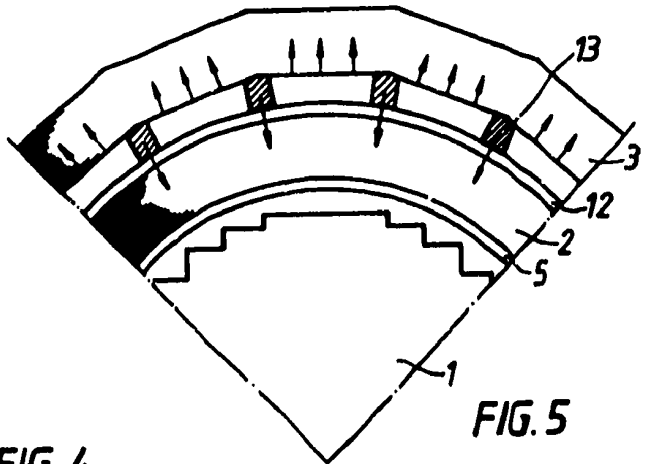
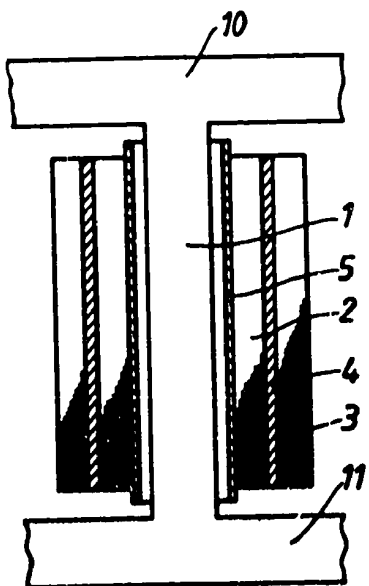
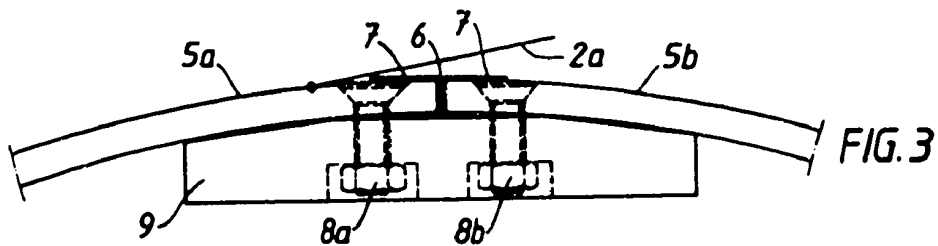
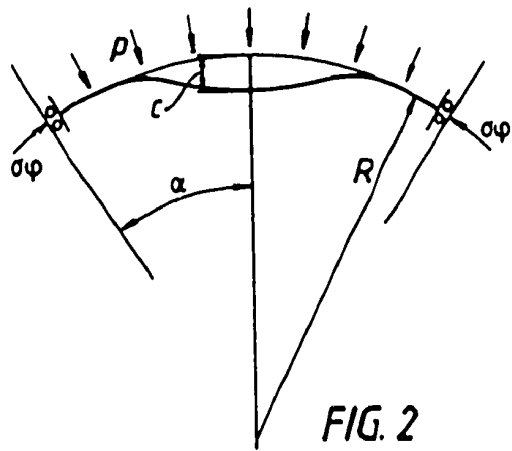
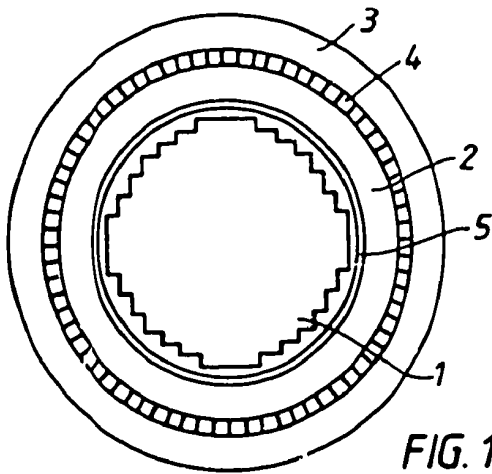
P.Pon. de ASEA Aktiebolag

P.Pon. du Bureau GEVERS, société anonyme

1774345

07012
03 72 985
pl. 1

ASEA Aktiebolag



BRUXELLES, le 8 novembre 1979

P. Pon. de ASEA Aktiebolag

P. Pon. du Bureau GEVERS

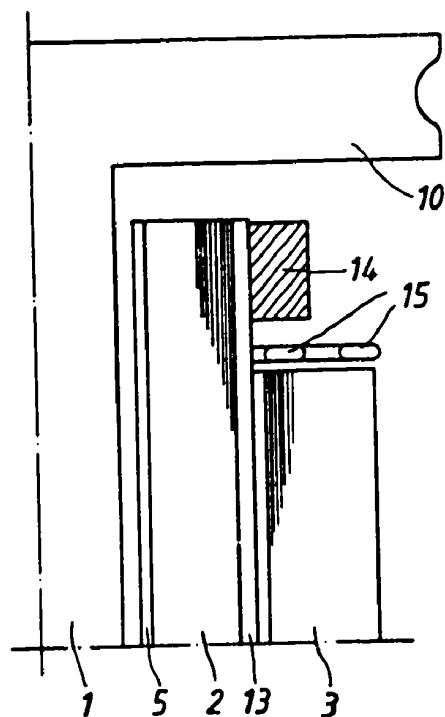
A handwritten signature or stamp, possibly reading 'GEVERS', is located at the bottom of the page.

U 78/315

879012 1.2

ASEA Aktiebolag

FIG. 6



BRUXELLES, le 8 novembre 1979

P. Pon. de ASEA Aktiebolag

P. Pon. du Bureau GEVERS
société anonyme

A large, stylized handwritten signature or scribble, possibly reading 'P. Pon.' or similar, written in black ink.