(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 587 554**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 05079**

(51) Int Cl⁴ : H 02 K 3/32, 3/46.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 9 avril 1986.

(30) **Priorité :** US, 10 avril 1985, n° 721.618.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 12 du 20 mars 1987.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** Glenn Douglas Cooper, Darrell Rodney Morrison, Lennart Stig Nilsson, John Meigs Butler III, Charles Louis Senic et Charles Monroe Rowe.

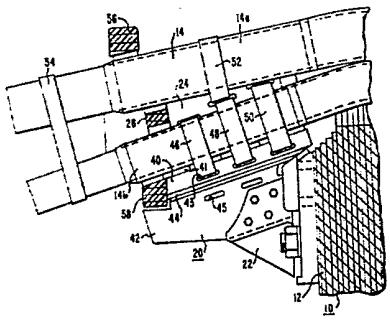
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit.

(54) Montage de support de la tête de l'enroulement statorique d'une turbo-génération avec découplage du noyau.

(57) Ce montage est prévu pour supporter la tête des bobinages supérieurs 14*a* et inférieurs 14*b* de l'enroulement statorique de la machine, tout en permettant leur dilatation thermique. Il comprend une console découplée 20 composée d'une pièce inférieure 42 fixée à une équerre 22 assujettie au noyau 12, et d'une pièce supérieure 40 contiguë au bobinage. Un découpleur 44 placé entre ces deux pièces sert d'amortisseur et permet un déplacement axial relatif. Des blocs raidisseurs 24 peuvent être utilisés entre les bobinages supérieurs et inférieurs.

Applications : notamment aux machines dynamo-électriques telles que les grosses turbo-génératrices, même déjà en service.



FR 2 587 554 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

Montage de support de la tête de l'enroulement statorique d'une turbo-génératrice avec découplage du noyau.

La présente invention se rapporte en général aux machines dynamo-électriques et elle concerne plus particulièrement les montages de support de la tête de l'enroulement des grosses turbo-génératrices.

Pendant le fonctionnement des grosses génératrices à refroidissement intérieur par l'hydrogène, la température de la machine s'élèvera, provoquant la dilatation thermique des divers éléments du montage de la tête de l'enroulement de la génératrice. A moins que la tête de l'enroulement ne soit complètement équilibrée thermiquement ou qu'une compensation thermique ne soit incorporée à la construction, il se produira des contraintes thermiques qui augmenteront le risque de défaillance des divers éléments.

On a admis depuis longtemps la nécessité de permettre la dilatation thermique tout en maintenant l'intégrité du montage de la tête de l'enroulement. Des dispositions qui répondent à cette nécessité connaissent plus ou moins de succès mais laissent généralement un désir continu d'autres dispositions et procédés de montage qui soient à la fois efficaces et peu coûteux à mettre en pratique. Une autre qualité souhaitable est la possibilité d'introduire un montage de support perfectionné avec compensation thermique dans les têtes d'enroulement d'une machine déjà montée sur place. La présente invention répond à ces préoccupations en fournissant un montage nouveau de la spire de tête et un procédé nouveau de construction très efficacement et facilement applicable à la construction de machines nouvelles, et dont un élément significatif peut également être mis en place sur une machine déjà montée sur place sans qu'il faille retirer les enroulements.

Une machine dynamo-électrique suivant la présente invention comprend un stator avec un noyau et un enroulement statorique, ce noyau comportant un alésage cylindrique, l'enroulement statorique comprenant des parties intérieures logées dans des encoches et des têtes partant axialement de chaque extrémité du noyau, un montage de support pour maintenir les têtes de l'enroulement statorique, ce montage de support comprenant une console et une équerre situées en chacun d'une pluralité

de points radialement à l'extérieur des têtes, l'équerre étant fixée au noyau et à la console, et la console comprenant une pièce rigide supérieure contiguë aux têtes de l'enroulement, une pièce rigide inférieure se prolongeant radialement à l'extérieur de la pièce supérieure, fixée à l'équerre, et un découpleur intermédiaire entre la pièce supérieure et la pièce inférieure, ce découpleur intermédiaire comportant une ou plusieurs couches de matière qui assurent ensemble un amortissement entre la pièce supérieure et la pièce inférieure ainsi qu'un frottement faible entre ces pièces, de sorte qu'un déplacement relatif est autorisé dans le sens axial.

Il convient de doter de deux caractéristiques significatives le montage de la tête de l'enroulement aussi bien dans le cas de machines nouvelles que de machines rebobinées. Une caractéristique visant à consolider la tête de l'enroulement consiste à utiliser des blocs raidisseurs calés qui sont montés à plusieurs emplacements entre les bobinages supérieurs et les bobinages inférieurs. Ces blocs raidisseurs ont une forme qui permet de les monter sans jeu entre les bobinages. Ils supportent les bobinages supérieurs et transmettent les forces électromagnétiques des bobinages supérieurs à l'équerre de support des bobinages qui est fixée au noyau du stator.

Pendant le fonctionnement, les bobinages supérieurs et les bobinages inférieurs se dilatent du fait de la chaleur. Une partie de la dilatation a lieu dans le sens axial de l'enroulement du bobinage, appliquant au bloc raidisseur un couple qui peut surcharger la liaison entre les blocs raidisseurs et les bobinages, selon la manière dont les blocs raidisseurs étaient utilisés précédemment. Les conceptions antérieures par rapport auxquelles la présente invention constitue un perfectionnement, utilisent des blocs raidisseurs montés au ras d'une bague de support médiane du bobinage avec simplement une seule surface d'appui. Dans la présente invention, les blocs raidisseurs sont calés ou emboîtés dans la bague de support. En calant le bloc raidisseur dans la bague de support médiane thermiquement assortie du bobinage, on permet au bloc raidisseur de reprendre en partie l'effort créé par le couple, et la contrainte entre le bloc raidisseur et le bobinage diminuera puisqu'il ne se produira dans la liaison qu'une contrainte de cisaille-

ment sans aucune contrainte de traction. Il est préférable également que le bloc raidisseur calé ait une longueur suffisante dans le sens axial pour recouvrir de quatre à six bobinages supérieurs et inférieurs, afin de réduire davantage les contraintes de cisaillement. En qualifiant de "calés" les blocs raidisseurs, on veut dire qu'ils sont physiquement emboîtés dans des encoches formées dans la bague de support des bobinages, ce qui est préférable à l'utilisation de goupilles ou d'autres types d'éléments de fixation qui augmentent le temps de montage.

L'autre caractéristique principale de la présente invention, et cette caractéristique peut s'appliquer aux machines déjà montées sur place sans nécessiter un rebobinage ni une nouvelle fabrication, réside dans une nouvelle forme de console. Pendant le fonctionnement de la génératrice, les enroulements statoriques se dilatent axialement en dehors du noyau, créant des contraintes élevées entre les bobinages inférieurs et la console de support des bobinages, utilisée comme élément intermédiaire entre les bobinages et l'équerre fixée au noyau. Dans la présente invention, la console est constituée d'une pluralité de pièces rigides comprenant au moins une pièce supérieure et une pièce inférieure entre lesquelles une couche de matière telle que le caoutchouc, pour assurer un amortissement entre les éléments, et une couche d'antifriction tel que le polytétrafluoréthylène, à frottement faible. Le système permettre la libre dilatation dans le sens axial en raison de cette couche à frottement faible. Cette disposition supprime les contraintes thermiques et empêche toute défaillance de la liaison entre les bobinages et la console, éliminant de ce fait l'usure du bobinage à cette interface. La console continuera à jouer un rôle de butée afin d'empêcher une déformation excessive du bobinage pendant les courts-circuits. La couche de caoutchouc permettra également un amortissement élastique des chocs dans le sens radial. La pièce supérieure est liée au bobinage inférieur, par exemple à l'aide d'une toile de Dacron imprégnée de résine époxyde en raison de sa faculté d'adaptation aux formes. Cette disposition autorisera des formes variées de bobinage. La pièce supérieure de la console est également fixée à la bague de support du bobinage inférieur afin d'augmenter l'intégrité du système. La

pièce supérieure sert également de protection supplémentaire de l'isolement du bobinage inférieur.

Outre qu'elle permet la dilatation thermique, cette conception de la console permettra de découpler dynamiquement du noyau la tête de l'enroulement, réduisant au minimum l'influence du noyau sur les vibrations de la tête de l'enroulement. Tout déplacement relatif, qu'il soit d'origine thermique ou vibratoire, doit se produire à l'interface à frottement faible, plutôt qu'à la surface d'isolement du bobinage.

La présente invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante faite en relation avec les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe partielle d'une turbo- génératrice ;
- la figure 2 est une vue en plan partielle d'un montage de la tête de l'enroulement ; et
- les figures 3 et 4 sont des vues en coupe partielles d'un montage de la tête de l'enroulement conformément à des exemples de réalisation de la présente invention, représentant des formes particulières que peut prendre la console découplée.

La figure 1 illustre une partie d'une machine dynamo-électrique qui comprend un stator 10 avec un noyau 12 et un enroulement statorique 14. Un rotor (non représenté) est monté sur un arbre pour tourner à l'intérieur d'un alésage généralement cylindrique du stator 10. Dans la vue représentée à la figure 1, le rotor serait situé au-dessus de la partie du noyau 12 du stator qui est illustrée et l'axe de l'arbre du rotor serait une ligne horizontale. L'enroulement statorique 14 est représenté par les parties formant têtes de deux demi- bobinages qui comprennent d'autres parties placées à l'intérieur d'encoches formées dans le noyau 12. La partie 14 formant la tête de l'enroulement se prolonge axialement depuis chaque face d'extrémité du noyau 12. L'enroulement statorique 14 comprend, par exemple, des conducteurs à refroidissement intérieur par un gaz et la machine représente une turbo-génératrice. En variante, l'enroulement 14 peut être un enroulement à refroidissement par eau. Pour la simplicité du dessin, des tubes d'évent ou d'autres passages du fluide de refroidissement ne sont pas

spécifiquement représentés.

Un montage de support, prévu pour la partie formant tête de l'enroulement statorique 14, comprend des moyens de maintien empêchant tout déplacement excessif de la partie formant tête de l'enroulement dans le sens radial par rapport à l'axe de l'arbre, tout en permettant un déplacement axial. Les moyens de maintien comprennent une console 20 et une équerre 22, placées chacune radialement à l'extérieur de la partie 14 formant tête de l'enroulement, à plusieurs emplacements par exemple dix-huit à vingt-deux environ, à chaque extrémité de la machine. La tête 14 de l'enroulement est constituée de plusieurs bobinages supérieurs 14a et de plusieurs bobinages inférieurs 14b.

L'équerre 22 est fixée à la face d'extrémité du noyau 12 et également à la console 20 qui se prolonge dans un plan sensiblement radial depuis l'axe de la machine et supporte les spires 14 de la tête de l'enroulement. On a également représenté un bloc raidisseur effilé 24 qui est introduit entre les bobinages supérieur et inférieur 14a et 14b, en relation étroite avec eux. Un bloc raidisseur 24 de ce type est utilisé à divers emplacements et l'extrémité axiale de chaque bloc est calée dans une bague de support médiane 26.

La figure 2 représente une vue en plan partielle de la région de la spire de tête, afin de donner une meilleure idée de l'emplacement des blocs raidisseurs 24. Des bobinages supérieurs 14a et des bobinages inférieurs 14b sont représentés en prolongement du noyau 12. Les bobinages supérieurs 14a sont coudés circonférentiellement dans un sens, tandis que les bobinages inférieurs 14b sont coudés dans le sens circonférentiel opposé. Les blocs raidisseurs 24 se prolongent sensiblement dans le sens axial entre un certain nombre (environ quatre à six en pratique) de bobinages supérieurs et inférieurs 14a et 14b. L'extrémité extérieure au moins de chaque bloc raidisseur 24 est calée dans la bague de support 26 qui comporte des encoches 26a prévues pour recevoir l'extrémité 24a de dimension réduite du bloc raidisseur et une ou plusieurs couches de matière durcissable 28 adaptable aux formes, telle qu'un feutre Dacron imprégné de résine époxyde. Il est bien évident qu'on peut utiliser d'autres configurations pour fixer les blocs raidisseurs 24 dans la bague de support 26.

Comme le représente également la figure 2, on peut utiliser des éléments 30 de remplissage entre les bobinages supérieurs et inférieurs 14a et 14b aux points de croisement d'un bobinage supérieur et d'un bobinage inférieur venant d'une encoche contiguë. Les éléments 30 de remplissage sont fixés par une liaison 32 aux bobinages supérieurs 14a.

On se reportera de nouveau à la figure 1. La console 20 se compose d'une pièce rigide supérieure 40, contiguë au bobinage inférieur 14b, et d'une pièce rigide inférieure 42, se prolongeant radialement à l'extérieur de la pièce supérieure et fixée à l'équerre 22. Ces pièces rigides supérieure et inférieure 40 et 42 peuvent, par exemple, être en matière composite renforcée de fibres de verre. Une couche 41 adaptable aux formes, est placée entre la pièce supérieure 40 et le bobinage 14 et elle peut, par exemple, être constituée d'une matière imprégnée de résine époxyde, commercialisée sous la marque Dacron.

Entre les pièces rigides supérieure et inférieure 40 et 42 de la console se trouve un découpleur intermédiaire 44 qui peut prendre diverses formes que l'on va décrire ci-après en se reportant aux figures 3 et 4. Il se compose d'une ou plusieurs couches de matière qui assurent à la fois un amortissement entre les pièces supérieure et inférieure 40 et 42, et un frottement faible entre ces pièces afin d'autoriser un déplacement relatif dans le sens axial.

En outre, diverses bandes sont illustrées à la figure 1. La bande 46 assujettit la pièce supérieure 40 de la console 20 et le bobinage inférieur 14b. De même, les bandes 48 et 50 maintiennent ensemble la pièce supérieure 40 et le bobinage 14b mais la bande 48 passe dans une ouverture formée dans le bloc raidisseur 24 tandis que la bande 50 passe sur la partie supérieure du bloc raidisseur 24. Les bandes 46, 48 et 50 passent chacune dans une ouverture 43 formée dans la pièce supérieure 40 de la console. Ce sont simplement des exemples de la manière dont les bandes consolident davantage le montage de la spire de tête. En outre, comme le représente la figure 1, une bande 52 entoure la partie intermédiaire du bloc raidisseur 24, en passant par l'ouverture, et le bobinage supérieur 14a tandis que la bande 54 entoure les parties de

tête du bobinage supérieur 14a et du bobinage inférieur 14b. Les éléments formant les bandes 46 à 54 peuvent être constitués d'une toile imprégnée de résine époxyde.

Il y a également diverses bagues de support 56, 58 et 60 qui entourent l'ensemble du montage comme on les a utilisées jusqu'à maintenant dans les montages de têtes d'enroulements. Parmi celles-ci, la bague inférieure 58 est directement fixée, par des goujons ou de toute autre manière appropriée, à l'extrémité extérieure de la pièce supérieure 40 de la console. Il en résulte un montage physiquement unitaire des bobinages 14a et 14b avec la pièce supérieure 40 de la console qui peut se déplacer librement dans le sens longitudinal en raison des effets thermiques, la pièce inférieure 42 de la console et l'équerre 22 limitant au minimum le déplacement radial.

On peut également voir à la figure 1 que, dans le présent exemple de réalisation, certaines ouvertures 45 formées dans la pièce inférieure 42 de la console ne comportent pas de bandes. Dans le montage initial, une attache temporaire est réalisée entre les pièces 40 et 42 de la console à l'aide des ouvertures 43 et 45. Lorsque les matières résineuses (par exemple celles des divers éléments formant les bandes et les couches adaptables aux formes) ont durci, les attaches temporaires sont retirées et il reste la structure telle qu'elle est illustrée.

On se reportera à la figure 3. Une console 20 représentée comprend une pièce inférieure 42 qui est généralement un élément analogue à une plaque dont les faces principales sont disposées dans un plan radial, la face supérieure 42a étant placée transversalement à ce plan. La pièce inférieure 42, représentée à la figure 1, se prolonge axialement sur une partie sensiblement grande de la tête de l'enroulement. La pièce supérieure 40 de la console est généralement un élément analogue à une plaque dont les faces principales sont disposées parallèlement à la face supérieure 42a de la pièce inférieure 42. Dans l'exemple de réalisation représenté à la figure 3, la face de dessus de la pièce supérieure 40 de la console est dotée d'une entaille 40a en forme de V pour maintenir la couche 41 de feutre Dacron imprégné qui constitue une couche s'adaptant aux formes, contiguë à la face inférieure d'un bobi-

nage 14b. D'autres formes d'entailles ou d'encoches peuvent être utilisées à cet effet ; souvent aucune ne sera nécessaire comme dans l'exemple de la figure 4.

Le découpleur intermédiaire 44 de la figure 3 comprend une couche 44a d'élastomère, telle qu'une couche de caoutchouc synthétique fabriqué par polymérisation de l'acrylonitrile, entre la face inférieure principale de la pièce supérieure 40 et la face supérieure 42a de la pièce inférieure. En particulier, la couche 44a de caoutchouc peut être liée à la face inférieure 40b de la pièce supérieure 40. De même, le découpleur intermédiaire 44 comprend une couche 44b de glissement en une matière à frottement faible, telle que le polytétrafluoréthylène, sur la face de la couche 44a d'élastomère qui est immédiatement contiguë à la face supérieure 42a de la pièce inférieure 42. La couche 44b de glissement peut, par exemple, être constituée d'une étoffe de coton recouverte de polytétrafluoréthylène.

Une autre variante est représentée à la figure 4. Dans le cas présent, la pièce supérieure 40' de la console a la forme d'un élément du type en U qui comprend, en plus de faces principales qui sont parallèles à la face supérieure 42a de la pièce inférieure 42, des prolongements radiaux qui tendent à renfermer le découpleur intermédiaire 44'. Dans ce cas, le découpleur comprend une couche 44a' de caoutchouc tel que du caoutchouc Viton, contiguë à une bande rigide composée 44c telle qu'une bande de matière composite Micarta, qui comporte sur sa face inférieure une couche 44b' de glissement de polytétrafluoréthylène pour permettre un déplacement par rapport à la pièce inférieure 42.

Il apparaît, d'après la description ci-dessus, que la console découplée peut prendre d'autres formes variées ; par exemple, elle peut inclure des pièces flottantes supplémentaires telles que la pièce 44c et des couches supplémentaires d'amortissement telles que la couche 44a'. De même, cette troisième pièce ou pièce flottante, représentée par la bande 44c de Micarta de la figure 4, pourrait ne pas être rigoureusement plane et rigide. Ce pourrait être une pièce mince mais ondulée, analogue à un ressort, en matière composite avec un revêtement de polytétrafluoréthylène, qui agit à la manière d'un élément élastique pour reprendre le jeu de la structure et qui joue également un rôle

d'amortisseur radial lors d'un court-circuit.

Sous les diverses formes d'utilisation que peut prendre la console découplée, on peut la monter facilement en fixant la pièce inférieure 42 sur l'équerre 22 et en introduisant la pièce supérieure 40 à laquelle est liée le découpleur, dans la région de la spire de tête, en utilisant la faculté d'adaptation de la couche 41 aux formes pour fournir une résistance minimale. Après le durcissement du feutre 41 imprégné de résine époxyde, il s'établit une liaison solide entre les pièces, à l'exception de la possibilité souhaitée de déplacement axial dû aux effets thermiques.

L'avantage pincipal de l'utilisation de la console découplée 20 suivant la présente invention, réside dans le fait qu'elle peut être facilement montée sur une machine existante sans nécessiter de rebobinage et qu'elle contribue ainsi à augmenter la durée de vie de la machine.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1. Machine dynamo-électrique comprenant un stator (10) avec un noyau (12) et un enroulement statorique (14), ce noyau comportant un alésage cylindrique, l'enroulement statorique comprenant des parties intérieures logées dans des encoches dudit noyau et des têtes partant axialement de chaque extrémité du noyau, un montage de support pour maintenir les têtes de l'enroulement statorique, ce montage de support comprenant une console (20) et une équerre (22) situées en chacun d'une pluralité de points espacés, radialement à l'extérieur des têtes, l'équerre étant fixée au noyau et à la console, et la console comprenant une pièce rigide supérieure (40) contiguë aux têtes de l'enroulement, une pièce rigide inférieure (42) radialement à l'extérieur de la pièce supérieure, fixée à l'équerre, et un découpleur intermédiaire (44) entre la pièce supérieure et la pièce inférieure,caractérisée par le fait que le découpleur comprend une couche d'élastomère (44a) et une couche de glissement (44b) assurant ensemble un amortissement entre la pièce supérieure et la pièce inférieure ainsi qu'un frottement faible entre ces pièces, pour permettre un déplacement relatif dans la direction axiale, ladite pièce inférieure (42) de la console étant un élément analogue à une plaque dont les faces principales sont disposées dans un plan radial, la face supérieure (42a) étant placée transversalement à ce plan radial, la pièce inférieure s'étendant axialement sur une grande partie de la tête de l'enroulement, la pièce supérieure (40) de la console étant un élément analogue à une plaque dont la face principale inférieure est disposée parallèlement à ladite face supérieure de la pièce inférieure, et ladite couche d'élastomère (44a) et ladite couche de glissement (44b) étant disposées entre et parallèlement à ladite face supérieure de la pièce inférieure (42) de la console et ladite face inférieure principale de la pièce supérieure (40) de la console.

2. Machine suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que la pièce supérieure (40) porte contre l'enroulement avec interposition d'une couche (41) adaptable aux formes, en tissu imprégné de résine durcie.

3. Machine suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que le découpleur (44') comprend une couche d'élastomère (44a')

contiguë à la pièce supérieure (40'), qui est liée à la fois à cette pièce (40') et à une bande (44c) en une matière relativement rigide, déposée sur la face radialement extérieure de la couche d'élastomère, et une couche de glissement (44b') en une matière à faible frottement sur cette bande (44c) en matière relativement rigide contiguë à la pièce inférieure (42) .

4. Machine suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que le montage de support comprend, en outre, un bloc raidisseur (24) qui s'étend axialement entre les bobinages supérieurs (14a) et les bobinages inférieurs (14b) des parties de la tête d'enroulement statorique en chacun desdits points, et une bague de support médiane (26) qui passe circonférenciellement entre les bobinages supérieurs et les bobinages inférieurs, cette bague de support étant directement contiguë aux extrémités axialement extérieures des blocs raidisseur et présentant avec ceux-ci un emboîtement sans jeu.

5. Machine suivant la revendication 4, caractérisée par le fait que le bloc raidisseur est fixé en outre par des bandes radiales (54) aux bobinages inférieurs et à la pièce supérieure de la console.

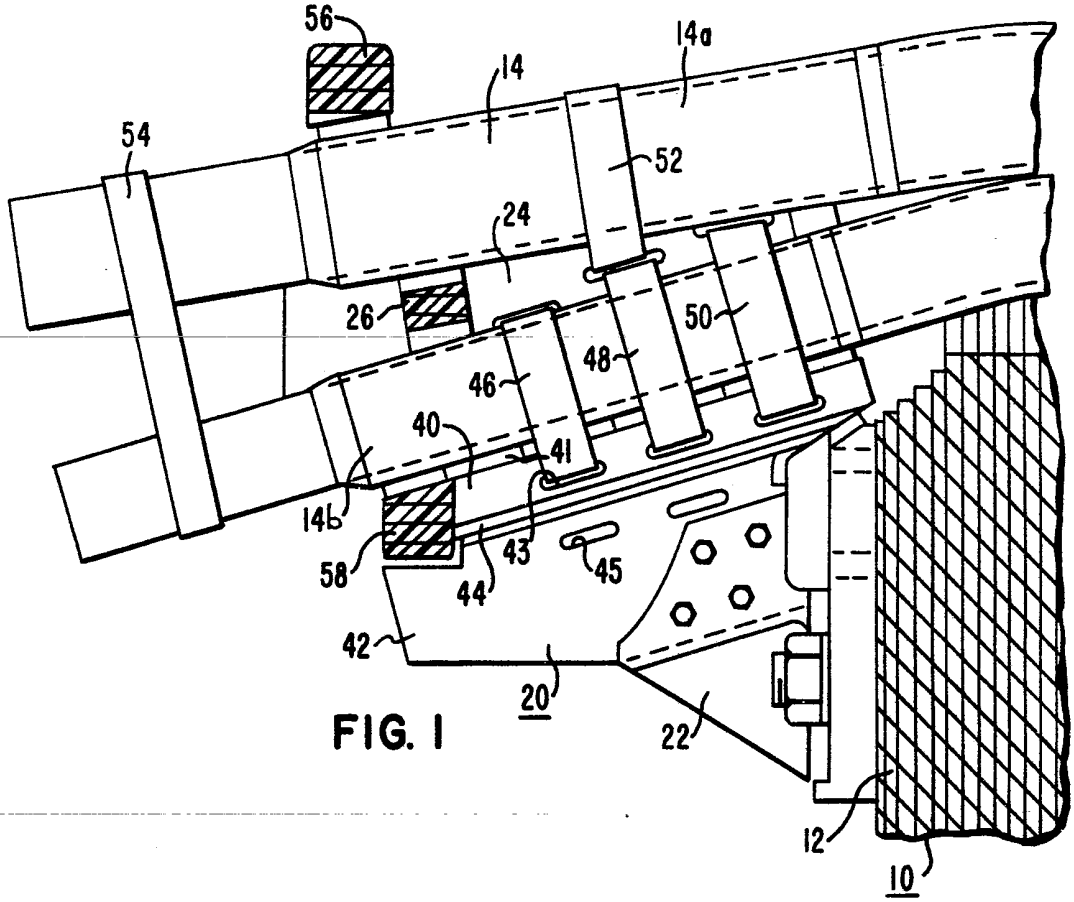

56
14
14a
54
52
24
26
50
48
46
40
41
14b
58
43
45
44
42
20
22
12
10

FIG. 1

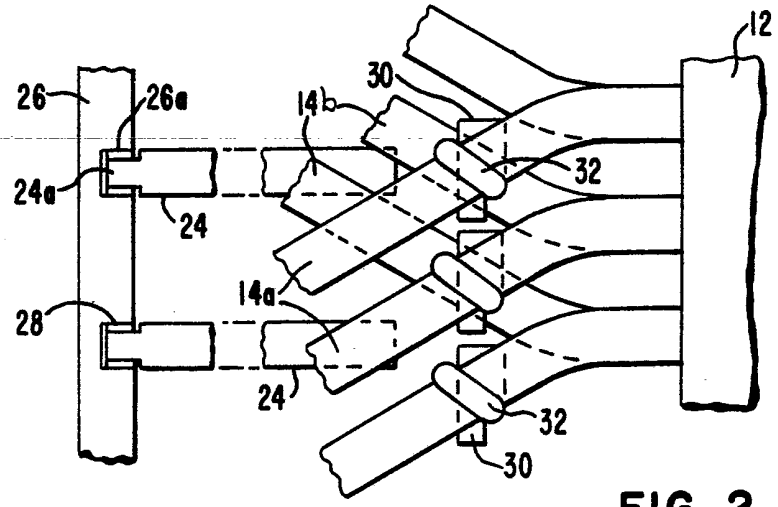

12
30
26
26a
14b
32
24a
24
14a
28
24
32
30

FIG. 2

FIG. 4

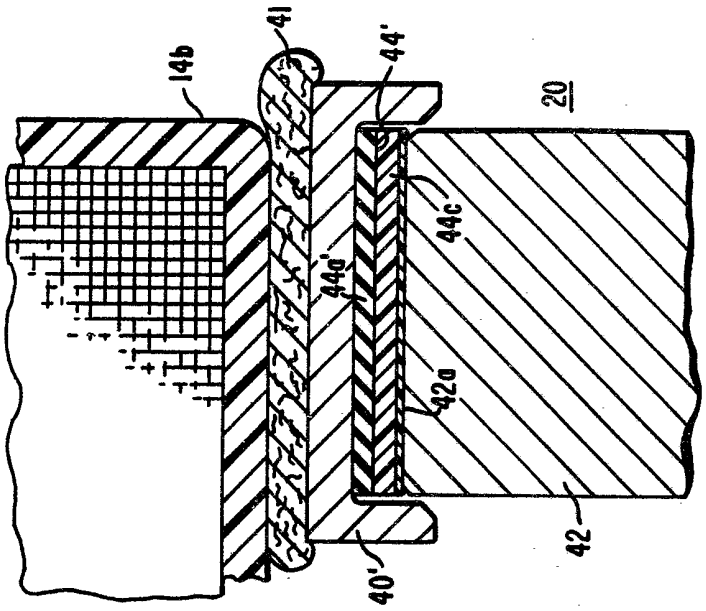
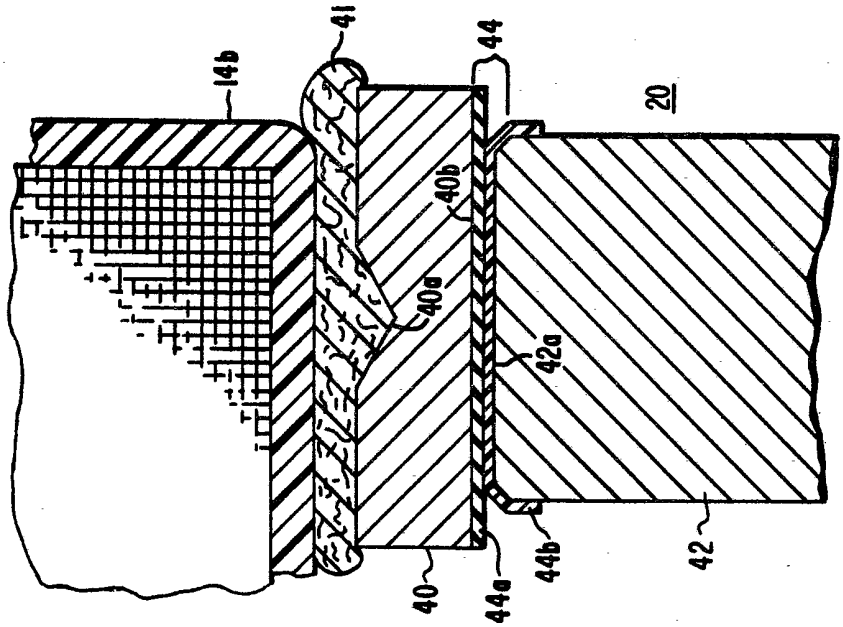

14b
41
44'
20
44c
44a'
42a
42
40'

FIG. 3


14b
41
44
20
40b
40a
42a
42
40
44a
44b