

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 667 283 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
07.06.2006 Bulletin 2006/23

(51) Int Cl.:
H01R 4/68 (2006.01) H01R 4/62 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05300979.1**

(22) Date de dépôt: **30.11.2005**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **01.12.2004 FR 0452828**

(71) Demandeur: **Nexans Société Anonyme**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeur: **LALLOUET, Nicolas**
62132, Fiennes (FR)

(74) Mandataire: **Lenne, Laurence et al**
Feray Lenne Conseil
39/41, avenue Aristide Briand
92163 Antony Cedex (FR)

(54) **Agencement de connexion d'un élément supraconducteur avec un conducteur électrique résistif**

(57) L'invention concerne un agencement de connexion d'un élément supraconducteur constitué d'une pluralité de brins supraconducteurs (1D) disposés sur un élément support conducteur (1A) sensiblement cylindrique d'une première section (S1), avec un conducteur électrique (2) d'une seconde section (S2). Selon l'invention, cet agencement comporte un élément support con-

ducteur intermédiaire (1C) comprenant une partie sensiblement tronconique (B), de section variant de ladite première section (S1) à ladite seconde section (S2), cet élément support intermédiaire étant solidarisé au dit élément de support (1D) de l'élément supraconducteur et au dit conducteur électrique (2), une extrémité desdits brins supraconducteurs (1D) étant disposés sur ladite partie sensiblement tronconique.

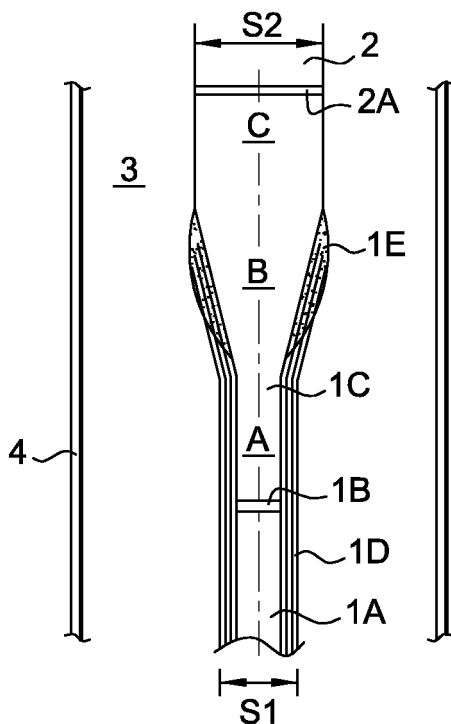


Fig. 1

EP 1 667 283 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un agencement de connexion d'un élément supraconducteur avec un conducteur électrique résistif tel qu'une amenée de courant massive ou un câble électrique classique. L'invention s'applique en particulier à la haute tension.

[0002] Par conducteur électrique classique, est ici entendu un câble comprenant un conducteur électrique résistif, par exemple en cuivre, ou une pièce massive conductrice électriquement mais non supraconductrice.

[0003] Elle se rapporte plus précisément à un agencement de connexion d'un élément supraconducteur constitué d'une pluralité de brins supraconducteurs disposés sur un élément support conducteur sensiblement cylindrique d'une première section, avec un conducteur électrique d'une seconde section.

[0004] L'intérêt essentiel d'un brin fil ou ruban supraconducteur refroidi par un fluide cryogénique, par exemple de l'azote liquide, est qu'il est capable de transmettre, à section équivalente, un niveau de courant bien plus élevé que pour un conducteur résistif classique tel que le cuivre puisque les pertes et l'échauffement lié à l'effet Joule sont considérablement réduites. A titre d'exemple, un brin supraconducteur de type BSCCO pour un tel câble supraconducteur, peut transmettre une densité de courant supérieure à 110 A/mm², avec une résistance électrique très faible soit une tension inférieure à 1 μV.cm⁻¹ et donc un effet Joule négligeable alors qu'un conducteur en cuivre présente déjà un effet Joule sensiblement élevé avec un niveau de courant de 15 A/mm².

[0005] Lors d'une connexion de deux conducteurs, l'un supraconducteur et l'autre conducteur classique, chacun étant optimisé selon le niveau de courant considéré en ce qui concerne sa section, sont donc à connecter deux éléments de section bien différente.

[0006] De plus, les rubans supraconducteurs présentent une résistance mécanique limitée et un rayon de courbure minimal acceptable qu'il importe de ne pas dépasser pour éviter un endommagement de ces rubans.

[0007] L'invention résout ces problèmes techniques et, pour ce faire, propose un agencement de connexion d'un élément supraconducteur constitué d'une pluralité de brins supraconducteurs disposés sur un élément support conducteur sensiblement cylindrique d'une première section, avec un conducteur électrique d'une seconde section, caractérisé en ce qu'il comporte un élément support conducteur intermédiaire comprenant une partie sensiblement tronconique, de section variant de ladite première section à ladite seconde section, cet élément support intermédiaire étant solidarisé au dit élément de support de l'élément supraconducteur et au dit conducteur électrique, une extrémité desdits brins supraconducteurs étant disposés sur ladite partie sensiblement tronconique.

[0008] Par ailleurs, la résistivité électrique d'un conducteur classique, par exemple en cuivre, est beaucoup plus importante que celle d'un câble supraconducteur.

L'agencement de connexion conforme à l'invention permet de compenser cette variation de résistivité. La section du conducteur classique peut être conservée à sa valeur optimale, c'est à dire sensiblement supérieure à celle du câble supraconducteur, ce qui permet d'éviter un échauffement de ce conducteur par effet Joule.

[0009] Une connexion sur un conducteur résistif de même section que le câble supraconducteur aurait pour conséquence plus de pertes par effet Joule, mais également un risque de faire monter localement la température. Ceci pourrait entraîner l'ébullition du fluide cryogénique tel que l'azote liquide, pouvant engendrer des claquages en cas de fonctionnement en haute tension, une consommation d'azote liquide plus importante et, éventuellement si la température s'élève trop, une perte de la propriété supraconductrice des brins supraconducteurs proches de ce conducteur résistif.

[0010] Selon un mode de réalisation préféré, ladite extrémité desdits brins supraconducteurs est brasée audit élément support intermédiaire de connexion au moyen d'un alliage conducteur à faible température de fusion.

[0011] De préférence, ledit élément de support de l'élément supraconducteur, ledit élément support intermédiaire et ledit conducteur électrique sont solidarisés par soudure.

[0012] Avantagusement, lesdits brins supraconducteurs sont enroulés sur les dits éléments supports selon un pas sensiblement identique.

[0013] Ledit élément support intermédiaire peut être constitué du même métal conducteur que ledit élément support de l'élément supraconducteur.

[0014] Et, avantagusement, ledit métal est du cuivre.

[0015] L'invention est décrite ci-après plus en détail à l'aide de figures ne représentant qu'un mode de réalisation préféré de l'invention.

[0016] La figure 1 est une vue schématique en coupe transversale d'un agencement de connexion conforme à l'invention monté sur un élément conducteur et un élément supraconducteur.

[0017] Les figures 2 à 4 sont des vues en perspective illustrant le montage d'un tel agencement de connexion.

[0018] Si l'on se réfère à la figure 1, un élément conducteur de type classique 2 est constitué d'un cylindre conducteur, par exemple de cuivre, de section S2 adapté à l'ampérage souhaité.

[0019] Un câble supraconducteur, de section S1, est constitué de façon connue d'un élément support 1A sur lequel est disposée une pluralité de brins supraconducteurs 1D, sous forme de fils ou de rubans. Ces brins supraconducteurs peuvent être enroulés autour de l'élément support 1A, qui est constitué d'un cylindre conducteur, de préférence en cuivre, creux ou plein. Cet élément support 1A peut également être constitué d'un cylindre de cuivre argenté. Il peut aussi être constitué d'un câble de fils de cuivre émaillés ou non émaillés.

[0020] Un brin supraconducteur multifilamentaire, en forme de fil ou de ruban, peut être par exemple à gainage d'argent dans le cas de rubans supraconducteurs de type

BSCCO. Ce brin de type BSCCO est généralement fabriqué grâce à des billettes ou tubes d'argent remplis d'oxydes sous forme de poudre ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ par exemple) et étirées, mises en faisceau dans d'autres billettes ou tubes eux-mêmes étirées. Le brin multifilaire résultant peut subir les mêmes étapes, et ainsi de suite jusqu'au nombre de filaments de poudre d'oxydes par unité de surface voulu. Ces filaments de poudres d'oxydes constituent, après traitements adéquats, la partie supraconductrice du brin, fil ou ruban. La présente invention peut s'appliquer à d'autres brins supraconducteurs sous forme de fil ou rubans comme les rubans type YBaCuO par exemple.

[0021] L'agencement de connexion conforme à l'invention comporte un élément support conducteur intermédiaire 1C comprenant une partie sensiblement tronconique, de section variant de la première section S1 à la seconde section S2 et sur lequel est disposée l'extrémité des brins supraconducteurs 1.

[0022] Cet élément support intermédiaire 1C peut être en cuivre ou en cuivre recouvert d'une fine argenture de quelques dizaines de microns. Il peut également être en autre métal ou alliage, par exemple en laiton.

[0023] Il est, de préférence, constitué d'une pièce massive, usinée dans sa masse et comporte trois tronçons.

[0024] Un premier tronçon A destiné à être connecté à l'élément support 1A du câble supraconducteur et dont la section est sensiblement constante et sensiblement identique à celle S1 du support 1A du câble supraconducteur. Un second tronçon B central forme la partie tronconique. Un troisième tronçon C destiné à être connecté à l'élément conducteur 2 et dont la section est sensiblement constante et sensiblement identique à celle S2 de l'élément conducteur résistif.

[0025] De façon plus générale, la section d'un premier tronçon A est fixée par la section S1 du support 1A du câble supraconducteur.

[0026] La longueur et la pente du second tronçon tronconique B dépendent des caractéristiques du brin supraconducteur. En effet, on utilise une forme tronconique pour avoir une pente de transition douce pour les brins, rubans ou fils, supraconducteurs qui sont fragiles et notamment qui acceptent un rayon de courbure minimal déterminé. Au-delà de ce rayon de courbure, les propriétés des brins peuvent être altérées. La longueur et la pente de la partie tronconique sont fixées en fonction des spécifications des brins.

[0027] La section du troisième tronçon C est fixée par la résistivité du matériau utilisé et le courant qui va circuler dans cette connexion. Plus le courant transporté est important ou plus le matériau utilisé est résistif, plus cette section est importante. Un ajustement par calculs des pertes par effet Joule et de réchauffement permet de fixer cette section. Selon l'exemple représenté, l'élément support intermédiaire 1C étant dans le même matériau que l'élément conducteur 2, de préférence du cuivre, sa section dans le troisième tronçon C peut être sensiblement identique ou supérieure à celle S2 de l'élément

conducteur.

[0028] En conséquence, cette troisième section C peut être pleine ou creuse, sensiblement tubulaire. Alternativement, elle peut être usinée d'une seule pièce avec le second tronçon tronconique B ou soudée sur cette dernière.

[0029] L'extrémité libre du premier tronçon A et l'extrémité libre du troisième tronçon C sont connectées par soudure 1 B, 2A à respectivement l'extrémité de l'élément support 1A du câble supraconducteur et à l'extrémité de l'élément conducteur 2. Plusieurs types de soudures ou brasures employés pour des connexions en haute tension peuvent être utilisées, par exemple une soudure TIG ou une brasure à l'argent.

[0030] Les brins supraconducteurs 1D sont disposés sur l'élément support intermédiaire 1C de façon analogue à leur fixation sur l'élément support 1A du câble supraconducteur. Ils y sont solidarisés par soudure ou brasure 1E au moyen d'un alliage à température de fusion compatible avec la température maximale que peuvent accepter ces brins, fils ou rubans. La soudure ou brasure 1E couvre de préférence les extrémités des brins pour les conserver étanches lors de l'immersion dans un fluide cryogénique 3 contenu dans une enceinte cryogénique ou cryostat 4 du câble supraconducteur.

[0031] Cette soudure 1E est donc constituée d'un alliage à basse température de fusion, par exemple un alliage d'étain, de plomb, de bismuth et d'indium.

[0032] Les figures 2 à 4 illustrent le mode de montage de l'agencement de connexion décrit ci-dessus.

[0033] La première étape illustrée sur la figure 2 consiste à préparer le câble supraconducteur en dénudant à son extrémité l'élément support 1A par retrait et épanouissement des brins supraconducteurs 1D sur une longueur déterminée. Cette manipulation est effectuée en respectant le rayon de courbure minimal admissible de ces brins, rubans ou fils supraconducteurs.

[0034] Cette longueur de déploiement des brins supraconducteurs doit permettre de libérer l'extrémité de l'élément support 1A pour sa soudure sur l'élément support intermédiaire de connexion 1C. Elle doit également assurer une longueur de brins libérés telle que ces derniers pourront être disposés sur le premier tronçon A et le second tronçon B de l'élément support intermédiaire 1C après découpe adéquate d'un tronçon de l'élément support 1A.

[0035] L'élément support 1A du câble supraconducteur est ensuite soudé sur l'élément support de connexion 1C comme illustré sur la figure 3.

[0036] Cette mise en oeuvre doit respecter la température maximum acceptable par les brins supraconducteurs 1D. Ainsi la longueur de la partie dénudée de l'élément support 1A du supraconducteur et l'utilisation et le positionnement de refroidisseurs pour le soudage ou brasage sont déterminés en fonction de la répartition de température le long du support 1A résultant de l'opération de soudage ou brasage.

[0037] A titre d'exemple, il peut être utilisé, dans le cas

d'une brasure à l'argent, une longueur dénudée du support 1A d'environ 15 cm et un refroidisseur positionné sur l'élément support 1A du câble supraconducteur juste avant brasure. Ceci permet de contrôler la température au niveau des brins supraconducteurs épanouis 1D pour qu'elle ne dépasse pas la température maximale acceptable par les brins, rubans ou fils supraconducteurs. Cette température maximale dépend de la spécifications des rubans supraconducteurs.

[0038] Les brins supraconducteurs 1D sont ensuite disposés et brasés sur l'élément support intermédiaire de connexion 1C comme illustré sur la figure 4, de préférence avec enroulement autour de ce dernier et apport d'alliage de soudure 1E.

[0039] Cette étape doit également être effectuée en respectant la manipulation des brins relativement à leur rayon de courbure minimal admissible. Avantagusement, les brins supraconducteur sont disposés sur l'élément support intermédiaire de connexion 1C avec un pas et un sens de câblage similaire à celui des brins supraconducteurs sur l'élément support 1A du câble supraconducteur.

[0040] Préliminairement à ou après ces opérations décrites ci-dessus, l'élément conducteur classique est soudé à l'autre extrémité de l'élément support intermédiaire de connexion 1C.

4. Agencement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits brins supraconducteurs (1D) sont enroulés sur les dits éléments supports (1A, 1C) selon un pas sensiblement identique.

5. Agencement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit élément support intermédiaire (1C) est constitué du même métal conducteur que ledit élément support (1A) de l'élément supraconducteur.

6. Agencement selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ledit métal est du cuivre.

Revendications

1. Agencement de connexion d'un élément supraconducteur constitué d'une pluralité de brins supraconducteurs (1D) disposés sur un élément support conducteur (1A) sensiblement cylindrique d'une première section (S1), avec un conducteur électrique (2) d'une seconde section (S2), **caractérisé en ce qu'il** comporte un élément support conducteur intermédiaire (1C) comprenant une partie sensiblement tronconique (B), de section variant de ladite première section (S1) à ladite seconde section (S2), cet élément support intermédiaire étant solidarisé au dit élément de support (1D) de l'élément supraconducteur et au dit conducteur électrique (2), une extrémité desdits brins supraconducteurs (1D) étant disposés sur ladite partie sensiblement tronconique.
2. Agencement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite extrémité desdits brins supraconducteurs (D) est brasée audit élément support intermédiaire de connexion (1C) au moyen d'un alliage conducteur à faible température de fusion (1E).
3. Agencement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit élément de support (1D) de l'élément supraconducteur, ledit élément support intermédiaire et ledit conducteur électrique (2) sont solidarisés par soudure.

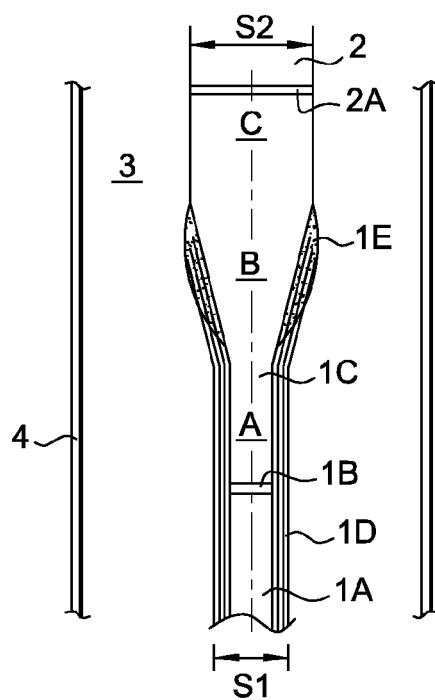


Fig. 1

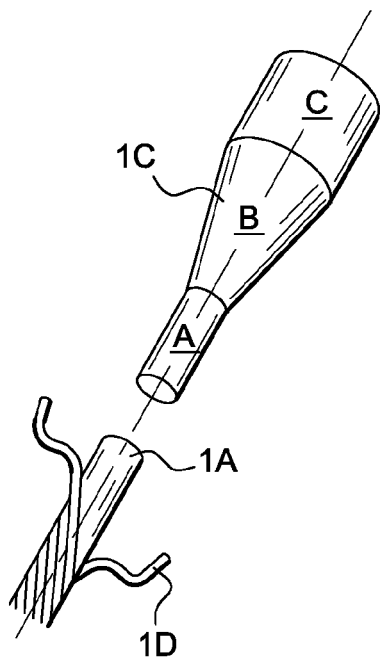


Fig. 2

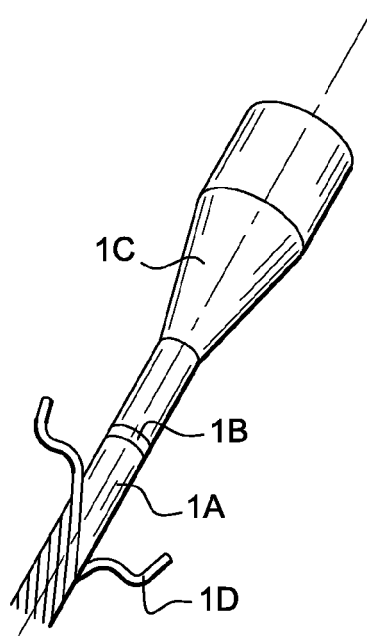


Fig. 3

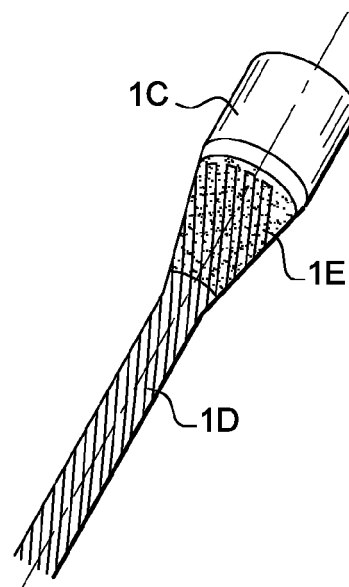


Fig. 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	DE 197 29 987 C1 (NOELL-KRC ENERGIE- UND UMWELTTECHNIK GMBH, 04435 SCHKEUDITZ, DE) 10 décembre 1998 (1998-12-10) * abrégé; figures * * colonne 2, ligne 59 - colonne 3, ligne 29 *	1	H01R4/68 H01R4/62
A	FR 2 734 414 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 22 novembre 1996 (1996-11-22) * abrégé; figures 9,10 * * page 16, ligne 3 - ligne 33 *	1	
A	EP 0 537 073 A (GEC ALSTHOM SA) 14 avril 1993 (1993-04-14) * abrégé; figures *	1	
A	DE 44 30 408 A1 (SIEMENS AG, 80333 MUENCHEN, DE) 27 juillet 1995 (1995-07-27) * abrégé; figures * * colonne 4, ligne 27 - colonne 6, ligne 42 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01R
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 24 janvier 2006	Examineur Serrano Funcia, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

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

EP 05 30 0979

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.

24-01-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19729987	C1	10-12-1998	AUCUN	

FR 2734414	A	22-11-1996	AUCUN	

EP 0537073	A	14-04-1993	AT 134799 T	15-03-1996
			DE 69208579 D1	04-04-1996
			DE 69208579 T2	11-07-1996
			DK 537073 T3	18-03-1996
			ES 2083710 T3	16-04-1996
			FR 2682526 A1	16-04-1993
			GR 3019415 T3	30-06-1996

DE 4430408	A1	27-07-1995	AUCUN	

EPO FORM P0460

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