

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Numéro de publication: **0 539 905 A1**

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **92118276.2**

51 Int. Cl.⁵: **H01B 3/44**

22 Date de dépôt: **26.10.92**

30 Priorité: **31.10.91 FR 9113511**

71 Demandeur: **ALCATEL CABLE**
30, rue des Chasses
F-92111 Clichy Cédex(FR)

43 Date de publication de la demande:
05.05.93 Bulletin 93/18

72 Inventeur: **Prigent, Madeleine**
10 allée des Fraises
F-91460 Marcoussis(FR)
Inventeur: **Pons, Alain**
30 Résidence du Val
F-91290 Ollainville(FR)

84 Etats contractants désignés:
CH DE FR GB IT LI SE

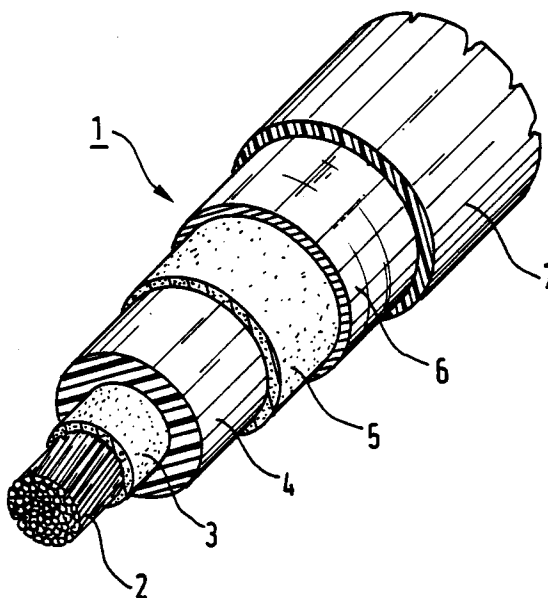
74 Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing (DE)

54 **Cable électrique.**

57 La présente invention concerne un câble électrique comprenant, disposés coaxialement de l'intérieur vers l'extérieur :

- une âme conductrice (2),
- une enveloppe en un matériau isolant (4),
- un écran métallique (6),
- une gaine extérieure de protection (7),

caractérisé en ce que le matériau isolant est constitué d'une phase organique continue dans laquelle sont dispersés des agrégats organiques.



EP 0 539 905 A1

La présente invention concerne un câble électrique destiné à être utilisé plus particulièrement sous de hautes tensions (typiquement supérieures à 60 kV) en courant continu.

Les câbles de transport d'énergie sous haute tension en courant continu sont de plus en plus utilisés actuellement car ils ont un rendement bien meilleur que celui des câbles haute tension alternative. Ces câbles sont généralement constitués d'une âme conductrice entourée :

- éventuellement d'un premier écran semi-conducteur,
- d'une enveloppe isolante,
- éventuellement d'un second écran semi-conducteur,
- d'un écran métallique,
- d'une gaine extérieure de protection en un matériau synthétique.

En ce qui concerne l'enveloppe isolante, plusieurs matériaux sont envisageables pour sa réalisation.

En premier lieu, on pourrait penser à utiliser un matériau employé pour les câbles à haute tension alternative, c'est-à-dire par exemple le polyéthylène réticulé chimiquement (noté PRC dans la suite), qui présente de très bonnes propriétés thermiques, mécaniques et électriques. La réticulation chimique du polyéthylène est obtenue par addition à ce dernier de peroxydes organiques qui se dissocient à température élevée pour former des radicaux libres venant réticuler entre elles les chaînes linéaires de polyéthylène. La décomposition ou dissociation de ces peroxydes organiques conduit également à la formation de sous-produits. Ces sous-produits se sont avérés d'un effet néfaste en courant continu. En effet, sous l'action d'une tension de service continue, ces sous-produits sont à l'origine de la formation de charges importantes qui migrent à proximité des interfaces entre les écrans semi-conducteurs et l'enveloppe isolante (ou bien entre l'enveloppe isolante et l'âme conductrice d'une part et entre l'enveloppe isolante et l'écran métallique d'autre part, lorsque le câble ne comporte pas d'écrans semi-conducteurs) où elles sont la cause de renforcements locaux du champ électrique. L'intensité du champ électrique peut ainsi atteindre au voisinage des interfaces deux à trois fois l'intensité du champ électrique nominal, de sorte que la tension de claquage de l'enveloppe isolante peut être rapidement atteinte, notamment lorsqu'une impulsion de forte amplitude (due à la foudre par exemple) se superpose à la tension de service continue. On observe alors à terme une perforation de cette enveloppe isolante et par conséquent une détérioration du câble. L'utilisation du PRC comme isolant de câbles pour haute tension continue n'est donc pas souhaitable.

On pourrait alors penser à utiliser du polyéthylène réticulé par irradiation. L'épaisseur de l'enveloppe isolante nécessaire pour les applications en haute tension et en courant continu (de l'ordre de 2 cm) rend la réticulation par irradiation difficile et en pratique de mauvaise qualité.

Un autre type de matériaux a récemment été proposé pour l'isolation des câbles pour haute tension continue. Ce sont des matériaux à base de PRC contenant des particules minérales, et dont les performances sont décrites par exemple dans un article intitulé "Research and development of DC XLPE cables" paru dans JI CABLE 87. Ces matériaux permettraient d'éviter le phénomène néfaste de l'accumulation des charges d'espace aux interfaces. Toutefois, pour parvenir à ce résultat, il est nécessaire, comme cela est précisé dans l'article mentionné ci-dessus, que la pureté des particules minérales introduites dans le PRC soit minutieusement contrôlée afin d'éviter l'introduction simultanée d'impuretés diverses dans le PRC. En effet, la présence d'une très petite quantité d'impuretés suffit à provoquer l'accumulation de charges d'espace, car les impuretés peuvent se dissocier sous l'action du champ électrique pour former des charges d'espace. Or il est en pratique difficile et fastidieux d'introduire des particules minérales très purifiées dans le PRC. L'utilisation de PRC contenant des particules minérales est donc peu envisageable.

Le but de la présente invention est donc de réaliser un câble électrique dans lequel le matériau constituant l'enveloppe isolante permet de réduire le phénomène d'accumulation de charges d'espace en présence d'une haute tension continue.

La présente invention propose à cet effet un câble électrique comprenant, disposés coaxialement de l'intérieur vers l'extérieur :

- une âme conductrice,
- une enveloppe en un matériau isolant,
- un écran métallique,
- une gaine extérieure de protection,

caractérisé en ce que ledit matériau isolant est constitué d'une phase organique continue dans laquelle sont dispersés des agrégats organiques.

Grâce à l'utilisation d'un tel isolant, l'accumulation des charges d'espace aux interfaces entre l'enveloppe isolante et l'âme conductrice d'une part, et entre l'enveloppe isolante et l'écran métallique d'autre part, en présence d'une haute tension continue, est réduite par rapport aux câbles de l'art antérieur.

Le matériau isolant peut être constitué par exemple d'un caoutchouc thermoplastique comprenant une phase élastomérique et une phase thermoplastique.

Selon une première possibilité, le caoutchouc thermoplastique peut être de type oléfinique. Dans

ce cas, la phase thermoplastique peut être choisie parmi le polyéthylène et le polypropylène, et la phase élastomérique constituée d'un caoutchouc d'éthylène-propylène.

Selon une deuxième possibilité, le caoutchouc thermoplastique peut être de type styrénique. Dans ce cas, la phase élastomérique, éventuellement hydrogénée, peut être choisie parmi le polybutadiène et le polyisoprène, et la phase thermoplastique constituée de polystyrène.

Enfin, un premier écran semi-conducteur peut être interposé entre l'âme conductrice et l'enveloppe en un matériau isolant, et un deuxième écran semi-conducteur peut être interposé entre l'enveloppe en un matériau isolant et l'écran métallique.

L'enveloppe isolante peut être extrudée.

Le câble selon l'invention peut être utilisé sous de hautes tensions continues.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description suivante d'un câble selon l'invention, donnée à titre illustratif et nullement limitatif.

La figure unique représente en perspective éclatée un câble pour tension continue, et en particulier pour haute tension continue, selon l'invention.

Dans cette figure, un câble 1 pour haute tension continue comprend :

- une âme conductrice 2 en cuivre ou en aluminium,
- un premier écran semi-conducteur 3,
- une enveloppe isolante 4 constituée, selon l'invention, d'un caoutchouc thermoplastique,
- un second écran semi-conducteur 5,
- un écran métallique de protection 6,
- une gaine extérieure de protection 7 en un matériau synthétique.

Les caoutchoucs thermoplastiques (CT) sont constitués de deux phases incompatibles entre elles : une phase dite thermoplastique (phase T), et une phase dite élastomérique (phase E). On donne ci-après l'exemple, non limitatif, de deux familles de CT possibles pour l'application de l'invention : les CT oléfiniques et les CT styréniques.

Dans les CT oléfiniques, la phase T peut être préparée à partir de polypropylène ou de polyéthylène haute ou basse densité, et la phase E est généralement constituée par un caoutchouc d'éthylène-propylène. La proportion de polyéthylène dans le CT est comprise dans ce cas, de préférence mais de manière non limitative, entre 10 et 25%. Afin d'obtenir le CT ayant la structure souhaitée, on procède à une réticulation dynamique de la phase E en présence de la phase T, c'est-à-dire que l'on réticule la phase E en malaxant fortement l'ensemble, ce qui permet le fractionnement de la phase E et sa dispersion sous

forme d'agrégats dans la phase T.

Dans les CT styréniques, c'est-à-dire dans les copolymères séquencés à base de styrène, ou copolymères blocs, la phase T est constituée par exemple d'un polystyrène non cristallin, et la phase E de polybutadiène ou de polyisoprène non réticulé. Lors de la synthèse du CT, le polystyrène se greffe sur le polybutadiène par exemple, en bout de chaîne de ce dernier et en se regroupant en "domaines" de faibles dimensions (diamètre de l'ordre de 30 nm), tandis que la matrice caoutchoutique (ou phase E) reste continue. Le matériau est ainsi constitué d'une succession de segments rigides dans une phase caoutchoutique continue.

Les CT présentent donc de manière générale une phase organique dispersée dans une phase organique continue. Cette dispersion d'agrégats crée de nombreux interfaces au sein même de l'enveloppe isolante. De ce fait, les charges d'espace éventuelles ne s'accumulent plus seulement aux interfaces entre écrans semi-conducteurs et enveloppe isolante, mais se répartissent également au niveau des nombreux interfaces internes de l'enveloppe isolante. Dès lors, on ne trouve plus d'accumulations importantes de charges d'espace aux interfaces entre écrans semi-conducteurs et enveloppe isolante, et les accumulations dispersées dans l'enveloppe isolante ne génèrent, sous l'effet d'une tension de service continue, que de faibles renforcements du champ électrique local.

L'isolation des câbles pour haute tension continue au moyen de CT permet de résoudre tous les problèmes posés par les divers matériaux de l'art antérieur envisageables.

Comme cela vient d'être décrit, les CT donnent de meilleurs résultats que les PRC en ce qui concerne l'accumulation de charges d'espace. De plus, ils sont d'une mise en oeuvre beaucoup plus simple. En effet, avec le PRC, la réticulation chimique a lieu pendant la fabrication du câble et immédiatement après l'extrusion de l'enveloppe isolante. Elle est effectuée sous pression et à une température très élevée (de l'ordre de 200 °C) ; le refroidissement est également effectué sous pression. Le processus de fabrication est donc très lourd. En revanche, les CT sont synthétisés avant la fabrication, et leur mise en oeuvre se fait par chauffage et extrusion autour du câble comme pour tout autre matériau thermoplastique. Ils ne perdent pas leur caractère thermoplastique lors du chauffage en vue de l'extrusion.

Par ailleurs, la formation d'agrégats organiques étant une caractéristique intrinsèque des CT, les risques de présence d'impuretés extérieures sont faibles par rapport au cas de l'introduction de particules minérales dans du PRC. De plus, la mise en oeuvre des CT est plus simple que celle d'un PRC à particules minérales.

Des tests effectués en laboratoire montrent que, dans les mêmes conditions d'expérimentation, les PRC et les CT ont un comportement totalement différent. Ainsi, les renforcements locaux de champ électrique dus à l'accumulation de charges d'es-
pace sont beaucoup plus faibles pour les CT : après une heure de polarisation continue à 20° C, le renforcement de champ au voisinage des inter-
faces est de l'ordre de 110% par rapport à la valeur du champ appliqué pour les PRC, alors qu'il est inférieur à 20% pour les CT.

Des tests de tenue aux impulsions de forte amplitude ont également été effectués. La tenue des matériaux testés à des impulsions de forte amplitude est déterminée soit par application directe d'une impulsion de tension croissante jusqu'au claquage de l'isolant, soit par application de cette impulsion de tension croissante après une prépolarisation d'une heure sous une tension continue égale au tiers de la tension de claquage espérée. On appelle V_0 la tension de claquage sans prépolarisation, et V_p la tension de claquage avec prépolarisation. Le rapport entre ces deux valeurs donne une idée de la tenue aux impulsions de forte amplitude superposées à une tension de service continue des matériaux testés : pour les PRC, le rapport $\frac{V_p}{V_0}$ est égal à 0,7 ; pour les CT, le rapport $\frac{V_p}{V_0}$ est égal à 1.

Les CT sont disponibles actuellement sur le marché et sont utilisés comme isolants dans les câbles pour basse tension alternative. Les CT présentent en effet la particularité, du fait de leur constitution moléculaire, de se comporter à la fois comme des matériaux plastiques aux températures auxquelles ils sont mis en oeuvre pour la fabrication des câbles, et comme des matériaux caoutchoutiques aux températures courantes d'utilisation. Ils sont donc utilisés dans le domaine des basses tensions alternatives pour leur facilité de mise en oeuvre et pour leurs propriétés mécaniques et thermiques intéressantes.

Il est bien connu par ailleurs que la tenue aux impulsions de forte amplitude d'un matériau augmente avec son taux de cristallinité. L'article intitulé "The effect of morphology on the impulse breakdown in XLPE cable insulation" paru dans IEEE Vol. E117 n° 5 d'Octobre 1982, en page 386, montre à cet égard une courbe donnant la tenue aux impulsions de forte amplitude en fonction du taux de cristallinité. Or les CT sont très peu cristallins, et ont donc une tenue aux impulsions de forte amplitude médiocre. C'est pourquoi ils n'ont pas été envisagés jusqu'à présent comme matériaux d'isolation de câbles pour haute tension continue.

Contrairement à ce qui était communément admis, on a donc découvert que les caoutchoucs thermoplastiques, bien qu'ayant une tenue aux impulsions de forte amplitude moins bonne que

celle des PRC, se montrent bien meilleurs que ces derniers lorsqu'ils sont soumis à des impulsions de forte amplitude superposées à une tension de service continue, et peuvent en conséquence être utilisés comme isolants pour des câbles pour haute tension continue.

Bien évidemment, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit : les valeurs numériques fournies ne le sont qu'à titre indicatif, et l'on pourra remplacer tout moyen par un moyen équivalent sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Câble électrique comprenant, disposés coaxialement de l'intérieur vers l'extérieur :
 - une âme conductrice (2),
 - une enveloppe en un matériau isolant (4),
 - un écran métallique (6),
 - une gaine extérieure de protection (7),
 caractérisé en ce que ledit matériau isolant est constitué d'une phase organique continue dans laquelle sont dispersés des agrégats organiques.
2. Câble selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit matériau isolant est constitué par un caoutchouc thermoplastique comprenant une phase élastomérique et une phase thermoplastique.
3. Câble selon la revendication 2 caractérisé en ce que ledit caoutchouc thermoplastique est de type oléfinique.
4. Câble selon la revendication 3 caractérisé en ce que ladite phase thermoplastique est choisie parmi le polyéthylène et le polypropylène.
5. Câble selon l'une des revendications 3 et 4 caractérisé en ce que ladite phase élastomérique est constituée d'un caoutchouc d'éthylène-propylène.
6. Câble selon la revendication 2 caractérisé en ce que ledit caoutchouc thermoplastique est de type styrénique.
7. Câble selon la revendication 6 caractérisé en ce que ladite phase élastomérique est hydrogénée.
8. Câble selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que ladite phase élastomérique est choisie parmi le polybutadiène et le polyisoprène.

9. Câble selon l'une des revendications 6 à 8 caractérisé en ce que ladite phase thermo-plastique est constituée de styrène.
10. Câble selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisé en ce qu'un premier écran semi-conducteur (3) est interposé entre ladite âme conductrice (2) et ladite enveloppe en un matériau isolant (4), et en ce qu'un deuxième écran semi-conducteur (5) est interposé entre ladite enveloppe en un matériau isolant (4) et ledit écran métallique (6). 5
10
11. Câble selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que ladite enveloppe est extrudée. 15
12. Câble selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il est utilisé en haute tension continue. 20

25

30

35

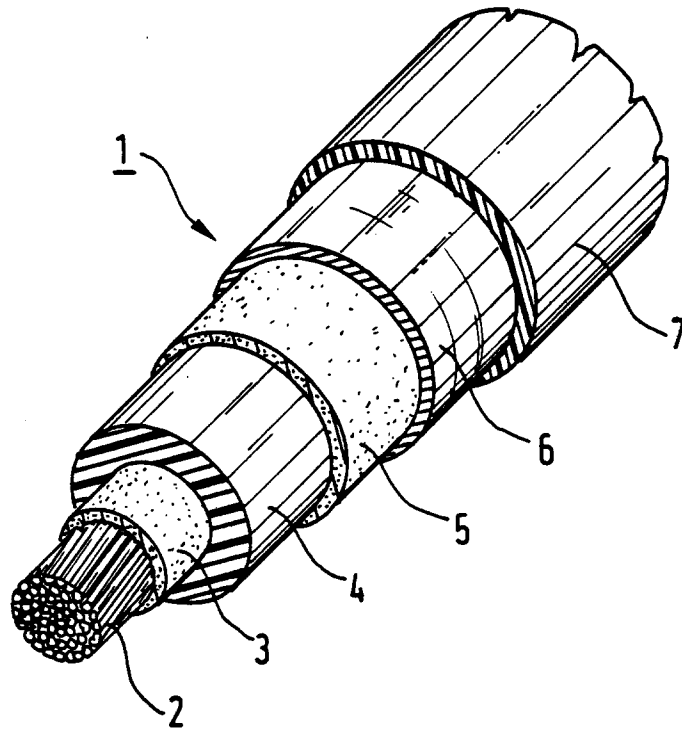
40

45

50

55

5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 11 8276

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.5)
A	FR-A-2 138 920 (WESTINGHOUSE) ---		H01B3/44
A	FR-A-2 475 280 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) ---		
A	US-A-3 569 610 (O.G.GARNER ET AL.) ---		
A	EP-A-0 167 239 (FUJIKURA LTD.) ---		
A	EP-A-0 440 118 (FUJIKURA LTD.) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 24 NOVEMBRE 1992	Examineur STIENON P.M.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 L : 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 (P0402)