



(11) **EP 2 637 179 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **18.02.2015 Patentblatt 2015/08** (51) Int Cl.: **H01B 9/06 (2006.01) H01B 9/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **12158096.3**

(22) Anmeldetag: **05.03.2012**

(54) **Selbstkühlendes, koaxiales Hochspannungskabel und Verfahren zum Betrieb desselben**

Self-cooling coaxial high voltage cable and method for operating same

Câble haute tension auto-refroidissant coaxial et son procédé de fonctionnement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.09.2013 Patentblatt 2013/37

(73) Patentinhaber: **Antrova AG**
8260 Stein am Rhein (CH)

(72) Erfinder: **Widenhorn, Markus**
78354 Sipplingen (DE)

(74) Vertreter: **Dr. Graf & Partner AG**
Intellectual Property
Herrenacker 15
Postfach 518
8200 Schaffhausen (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-99/33067 DE-A1- 3 315 588

EP 2 637 179 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein selbst kühlendes koaxiales Hochspannungskabel gemäss Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb eines selbst kühlenden, koaxialen Hochspannungskabels gemäss Anspruch 13.

Stand der Technik

[0002] Es besteht ein zunehmender Bedarf, grosse Mengen an elektrischer Energie zuverlässig, sicher und kostengünstig über grosse Distanzen zu übertragen. Hierzu ist insbesondere die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) geeignet, ein Verfahren das elektrische Energie mit hoher Gleichspannung von über 100 kV und über Distanzen zwischen beispielsweise 1000 km bis 3000 km überträgt. Im Englischen wird die Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) auch als *HVDC (High Voltage Direct Current)* bezeichnet. Solche Übertragungen werden aus Kostengründen vorzugsweise als Freileitungen ausgestaltet. Solche Freileitungen weisen die Nachteile auf, dass diese aufgrund der über 60m hohen Masten in der Landschaft signifikant sichtbar sind, eine Gefährdung für den bodennahen Flugverkehr wie zum Beispiel Rettungshubschrauber darstellen, und vor allem für Anwohner erhebliche elektrische und magnetische Feldemissionen verursachen. Es besteht daher ein zunehmender Bedarf grosse Energiemengen mit Hilfe von Erd- oder Seekabeln zu übertragen. Bisher verwendete Erd- oder Seekabel mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung weisen eine relativ kurze Distanzen von einigen 10 km bis zu einigen 100 km auf, insbesondere auch weil das elektrische Übertragungskabel konstruktionsbedingt einen sehr hohen kapazitiven Belag aufweist. Zudem erzeugen die elektrischen Übertragungskabel bisheriger Bauarten ein starkes magnetisches Feld. Zur Verminderung starker elektrischer und magnetischer Felder sind Lösungen bekannt geworden, bei denen die 3 Leiter eines 3-Phasensystems gegenseitig möglichst nahe zu einem Leitersystem zusammengefasst werden. Derartige Leitersysteme weisen den Nachteil auf, dass diese, insbesondere bei hohen Spannungen über 120 kV, starke Streufelder bewirken, welche als sehr störende oder sogar schädliche Emission erachtet werden.

[0003] Das Dokument DE3315588A1 offenbart ein Starkstromkabel mit einem mittig angeordneten Stromleiter und einem geerdeten Metallmantel. Ein derartiges Starkstromkabel erzeugt eine hohe Feldemission, insbesondere eine hohe magnetische Feldemission. Zudem ist es schwierig das Starkstromkabel zu kühlen, dass die Gefahr besteht, dass das Starkstromkabel überhitzt und beschädigt wird.

Darstellung der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es ein vorteilhafteres

Hochspannungskabel auszubilden, das als Erd- oder Seekabel geeignet ist, und das geringfügige elektrische und/oder magnetische Feldemissionen verursacht.

[0005] Diese Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem selbstkühlenden, koaxialen Hochspannungskabel aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die Unteransprüche 2 bis 12 betreffen weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen. Die Erfindung wird weiter gelöst mit einem Verfahren zur Selbstkühlung eines koaxialen Hochspannungskabels aufweisend die Merkmale von Anspruch 13. Die abhängigen Ansprüche 14 bis 15 betreffen weitere, vorteilhafte Verfahrensschritte.

[0006] Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem selbstkühlenden, koaxialen Hochspannungskabel umfassend einen metallischen Innenleiter sowie einen metallischen Aussenleiter welche sich beide in einer Verlaufsrichtung erstrecken, sowie umfassend zumindest einen elektrisch isolierenden Distanzhalter welcher derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter durch den Distanzhalter gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig koaxial verlaufend gehalten sind, wobei der metallische Aussenleiter einen Innenraum umschliesst, innerhalb welchem der Innenleiter und der Distanzhalter angeordnet ist, wobei der Distanzhalter ein Innenauflageteil zur Auflage am Innenleiter umfasst, und wobei der Distanzhalter ein Aussenauflageteil zur Auflage am metallischen Aussenleiter umfasst, wobei das Innenauflageteil derart ausgestaltet ist, dass dieses in Verlaufsrichtung höchstens 15% der Oberfläche des Innenleiters bedeckt, und wobei das Aussenauflageteil derart ausgestaltet ist, dass dieses höchstens 50% der Innenoberfläche des Aussenleiters bedeckt, wobei der Innenleiter und der Aussenleiter einen Zwischenraum begrenzen innerhalb welchem der Distanzhalter angeordnet ist, wobei der Zwischenraum zudem mit einem Isolationsmittel gefüllt ist, wobei das Isolationsmittel entweder flüssig ist oder sich durch die während dem Betrieb des Hochspannungskabels entstehende Betriebstemperatur verflüssigt, um bei Betriebstemperatur im Zwischenraum eine natürliche Konvektion des Isolationsmittels zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter zu bewirken.

[0007] Die Aufgabe wird weiter insbesondere gelöst mit einem Verfahren zur Selbstkühlung eines koaxialen Hochspannungskabels, wobei das Hochspannungskabel einen metallischen Innenleiter sowie einen koaxial zum Innenleiter verlaufenden metallischen Aussenleiter aufweist, wobei der Innenleiter und der Aussenleiter einen Zwischenraum begrenzen in welchem Distanzhalter angeordnet sind und welcher mit einem bei Betriebstemperatur flüssigem Isolationsmittel gefüllt ist, wobei während der Stromführung des Hochspannungskabels im Innenleiter und im Aussenleiter eine Verlustwärme erzeugt wird, wobei die Verlustwärme über den Aussenleiter an die Umgebung abgegeben wird, sodass der Innenleiter auf eine höhere Temperatur erwärmt wird als der Aussenleiter und daher im Isolationsmittel eine Konvektions-

bewegung erzeugt wird, indem das durch den Innenleiter erwärmte Isolationsmittel vom metallischen Innenleiter zum metallischen Aussenleiter hin strömt, und indem das vom metallischen Aussenleiter gekühlte Isolationsmittel vom Aussenleiter zurück zum metallischen Innenleiter strömt, sodass Wärme vom metallischen Innenleiter zum metallischen Aussenleiter und vom metallischen Aussenleiter an die Umgebung übertragen wird.

[0008] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel umfasst einen metallischen Innenleiter, einen bezüglich dem metallischen Innenleiter koaxial angeordneten metallischen Aussenleiter sowie einen Distanzhalter, wobei der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter durch den Distanzhalter gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig koaxial verlaufend gehalten sind, und wobei der metallische Aussenleiter einen Innenraum umschliesst, und wobei der Innenraum mit flüssigem oder festem Isolationsmittel, vorzugsweise Palmöl oder ein Palmöl-Derivat, gefüllt ist, wobei der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter derart gegenseitig beabstandet sind, dass sich im Innenraum bei genügender Erwärmung eine natürliche Konvektion zwischen Innenleiter und Aussenleiter ausbildet.

[0009] Das Isolationsmittel weist derartige Eigenschaften auf, dass dieses entweder in einem Grundzustand flüssig ist, oder dass dieses in einem Grundzustand fest ist, und sich ab einer gewissen Temperatur verflüssigt, sodass sich im Innenraum eine natürliche Konvektion zwischen Innenleiter und Aussenleiter ausbilden kann, um die am Innenleiter auftretende Wärme an den Aussenleiter abzugeben, wobei der Aussenleiter die Wärme nach Aussen abgibt, vorzugsweise an das den Aussenleiter umgebende Medium wie Erde oder Wasser.

[0010] Als Isolationsmittel sind eine Mehrzahl von Isolationsmitteln geeignet, vorzugsweise umweltverträgliche und/oder biologische Isolationsmittel. Insbesondere ist flüssiges oder festes Palmöl oder ein Palmöl-Derivat wie beispielsweise Palmölstearin geeignet. Vorzugsweise weist das Palmöl einen Stearinanteil zwischen 4% und 100% auf. Als weiteres biologisches Isolationsmittel wäre zum Beispiel auch Zucker geeignet. Als weiteres Isolationsmittel wäre zum Beispiel auch ein Silikon geeignet wie Polydimethylsiloxan (PDMS), ein Polymer auf Siliziumbasis.

[0011] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist den Vorteil auf, dass auf Grund der koaxialen Anordnung der Strom führenden Leiter und der dadurch bewirkten gegenseitigen Interferenz der Felder die elektrischen und magnetischen Felder vorzugsweise vollständig kompensiert werden, sodass ausserhalb des Strom führenden Hochspannungskabels keine oder nur geringfügige elektrische und/oder magnetische Feldemissionen auftreten.

[0012] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist den Vorteil auf, dass sich im Innenraum eine natürliche Konvektion zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter ausbilden kann, um die am Innenleiter auf-

tretende Wärme an den Aussenleiter zu übertragen, wobei der Aussenleiter die Wärme nach Aussen abgibt, vorzugsweise an das den Aussenleiter umgebende Medium wie Erde oder Wasser. Der isolierende Distanzhalter, welcher den Innenleiter und den Aussenleiter in gegenseitig beabstandeter Lage hält, ist dabei derart ausgestaltet, dass dieser in Verlaufsrichtung von Innen- und Aussenleiter höchstens 15% und vorzugsweise höchstens 5% der Oberfläche des Innenleiters bedeckt und höchstens 50% und vorzugsweise höchstens 10% der Oberfläche des Aussenleiters bedeckt. Über die nicht bedeckte Oberfläche kann der Innenleiter Wärme an das Isolationsmittel abgeben. Über die nicht bedeckte Oberfläche kann der Aussenleiter Wärme vom Isolationsmittel aufnehmen. Zudem ist der Distanzhalter derart ausgestaltet und angeordnet, dass der Zwischenraum zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter vorzugsweise so weit als möglich offen gehalten wird, sodass das flüssige Isolationsmittel auf Grund der auftretenden Konvektion ungehindert vom Innenleiter in Richtung Aussenleiter und wieder zurück in Richtung Innenleiter strömen kann. Dies hat zur Folge, dass dem Isolationsmittel grosse Bereiche der Oberflächen des Innenleiters und des Aussenleiters für einen Wärmeaustausch zur Verfügung stehen. Dieser effizienter und selbsttätige Wärmetransport zwischen Innen- und Aussenleiter und der Abführung der Wärme nach Aussen ermöglicht es mit dem erfindungsgemässen Hochspannungskabel hohe Leistungen im Bereich von 10 MW bis zu 5 GW zu übertragen, da die am Innenleiter auf Grund der Ohmschen Verluste auftretende Erwärmung auf einfache und zuverlässige Weise sowie selbsttätig und ohne zusätzliche Fördervorrichtungen an den Aussenleiter und anschliessend nach Aussen in das Erdreich oder in das Wasser übertragen werden kann. Vorzugsweise weist der metallische Innenleiter und die dem Innenraum zugewandte Oberfläche des metallischen Aussenleiters keine Beschichtung auf, sodass das Isolationsmittel direkt mit dem Metall des Innen- und Aussenleiters in Berührung kommt. Es ist jedoch auch möglich, dass der metallische Innenleiter und/oder der metallische Aussenleiter eine Beschichtung aufweist, sofern diese Beschichtung nur einen geringen Wärmedurchlasswiderstand aufweist, und somit die Übertragung der Wärme zwischen Isolationsmittel und Innen- bzw. Aussenleiter gewährleistet ist.

[0013] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der Zwischenraum zwischen Innenleiter und Aussenleiter so weit als möglich oder vollständig freigehalten von Feststoffen wie etwa Isolationspapier, konventionellen zylindrischen Stützvorrichtung usw. um einerseits im Zwischenraum eine Konvektion zu ermöglichen, und um andererseits die Oberfläche vom Innenleiter und die dem Innenleiter zugewandte Oberfläche des Aussenleiters möglichst unbedeckt zu halten, um dadurch zwischen Innenleiter und Aussenleiter einen effizienten Wärmetransport, insbesondere durch natürlich Konvektion zu erreichen. Der Aussenleiter gibt die Abwärme, verursacht vorzugsweise durch Ohmsche Verluste des Innen-

leiters und teilweise auch des Aussenleiters, auf einfache und zuverlässige Weise nach Aussen ins Erdreich oder ins Wasser ab. Beim erfindungsgemässen Hochspannungskabel sind somit keine festen Isolationsstoffe wie Feststoffisolationen oder ölgetränkte Isolatorpapiere erforderlich. Solche festen Isolationsstoffe würden die Konvektion behindern.

[0014] In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird ein Isolationsmittel verwendet, das fest ist, wenn das Hochspannungskabel keine elektrische Energie überträgt, und das flüssig ist, wenn das Hochspannungskabel Energie überträgt und daher erwärmt ist. Ein derartiges Isolationsmittel erfährt somit eine Phasenumwandlung. Als ein derartiges Isolationsmittel ist beispielsweise Stearin, insbesondere Palmölstearin geeignet. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung weist das Isolationsmittel wie beispielsweise das Stearin im flüssigen Zustand einen Überdruck gegenüber dem ausserhalb des Hochspannungskabels herrschenden Druck auf. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass bei einer allfälligen Verletzung der Aussenhaut oder des Aussenleiters des Hochspannungskabels an der dadurch entstandenen Austrittsstelle das Isolationsmittel aus dem Hochspannungskabel austritt, wobei sich das über diese Austritts- beziehungsweise diese Leckagestelle austretende Isolationsmittel auf Grund einer Wärmeabgabe an das umgebende kühlere Erdreich oder Seewasser abkühlt, einen Phasenübergang erfährt und somit anschliessend erstarrt, sodass sich ein Pfropfen ausbildet, der ein weiteres Ausfliessen von Isolationsmittel verhindert. Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist somit eine selbst verpfropfende Eigenschaft auf. Die Verwendung eines biologischen oder umweltverträglichen Isolationsmittels weist den Vorteil auf, dass eine Verletzung des Hochspannungskabels keine oder eine nur sehr geringe Umweltschädigung zur Folge hat, und dass die allenfalls auftretende Umweltschädigung klein und vor allem lokal sehr eng begrenzt ist.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Nachspeisevorrichtung vorgesehen, welche das Isolationsmittel zum Beispiel aus einem Vorratsbehälter automatisch in den Innenraum des Hochspannungskabels nachspeist, damit das Hochspannungskabel weiter betrieben werden kann, zumindest in einem Notbetrieb mit verminderter Leistung. Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist somit den Vorteil einer erhöhten Versorgungssicherheit auf.

[0016] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel ist insbesondere zur Übertragung von Gleichstrom oder von niederfrequentem Wechselstrom, z.B. 16 2/3 Hz oder 50 Hz geeignet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Kabels;

Fig. 2 eine Stirnansicht des Kabels;

Fig. 3 eine Seitenansicht des Kabels, mit teilweise entfernter Aussenhülle;

Fig. 4 eine in Figur 1 mit D bezeichnete Detailansicht;

5 Fig. 5 eine in Figur 2 mit C bezeichnete Detailansicht;

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines Distanzhalters mit im Innern verlaufenden Fasern;

Fig. 7 eine Seitenansicht eines weiteren Kabels mit teilweise entfernter Aussenhülle.

10

[0018] Grundsätzlich sind in den Zeichnungen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

15

[0019] Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht und Figur 3 ein Seitenansicht eines Hochspannungskabels 1 umfassend einen metallischen Innenleiter 2 sowie einen bezüglich dem Innenleiter 2 koaxial angeordneten metallischen Aussenleiter 3. Vom Innenleiter 2 ist in Figur 1 nur ein kurzer Abschnitt sichtbar dargestellt. Der Innenleiter 2 erstreckt sich natürlich über die gesamte Länge des Hochspannungskabels 1. Der Aussenleiter 3 umschliesst einen Innenraum 5, in welchem der metallische Innenleiter 2 angeordnet ist sowie eine Mehrzahl von in Verlaufsrichtung L des Hochspannungskabels 1 beabstandet angeordnete Distanzhalter 4. Der dargestellte Distanzhalter 4 umfasst ein kreisförmiges Innenauflageteil 4a, zwei Aussenauflageteile 4d, 4e, welche über ein Aussenverbindungsstück 4f gegenseitig verbunden sind, sowie radial verlaufende Abstandhalter 4b, 4c. Das kreisförmige Innenauflageteil 4a ist in Verlaufsrichtung L sehr schmal ausgestaltet um die Oberfläche des metallischen Innenleiters 2 nur geringfügig zu bedecken. Das kreisförmige Innenauflageteil 4a bedeckt in Verlaufsrichtung L höchstens 15% der Oberfläche 2a des Innenleiters 2 und vorzugsweise höchstens 5%, damit eine genügend grosse Oberfläche des Innenleiters 2 zur Wärmeabgabe an das Isolationsmittel 7 wirksam sein kann. Zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 ist ein Zwischenraum 5a ausgebildet, in welchem die Distanzhalter 4 angeordnet sind, und welcher ansonsten mit einem Isolationsmittel 7 gefüllt ist. Die Distanzhalter 4 sind vorzugsweise derart angeordnet und ausgestaltet, dass sich der Zwischenraum 5a ausgehend vom Innenleiter 2 ungehindert bis zum Aussenleiter 3 erstreckt, damit das flüssige Isolationsmittel 7 im Zwischenraum 5a ungehindert zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 zirkulieren kann. Der Aussenleiter 3 bildet eine Aussenoberfläche 3b aus, an welcher ein Aussenmantel 6 anliegt. Der Aussenmantel 6 umfasst einen ersten Teilaussenmantel sowie einen zweiten Teilaussenmantel 6b. Die Distanzhalter 4 sind im Hochspannungskabel 1 in Verlaufsrichtung L gegenseitig beabstandet, und weisen zum Beispiel einen gegenseitigen und vorzugsweise auch einen regelmässigen Abstand im Bereich zwischen 50 cm und 2 m auf, insbesondere 1 m.

20

25

30

35

40

45

50

[0020] Figur 2 zeigt eine Stirnansicht des in Figur 1

55

dargestellten Hochspannungskabels 1. Der Innenleiter 2 und der Aussenleiter 3 sind mit Hilfe des Distanzhalters 4 gegenseitig beabstandet und gegenseitig konzentrisch gehalten. Figur 2 zeigt zudem eine Konvektionsströmung K des sich im Zwischenraum 5a befindlichen Isolationsmittel 7. Die Konvektionsströmung K tritt auf, wenn sich der Innenleiter 2 sowie der Aussenleiter 3 während der Energieübertragung erwärmt, wobei der Aussenmantel 6 von Aussen gekühlt wird, beispielsweise durch das den Aussenmantel 6 umgebende Erdreich oder Wasser, sodass der Innenleiter 2 eine höhere Temperatur aufweist als der Aussenleiter 3. Die Erwärmung des Innenleiters 2 hat zur Folge, dass das Isolationsmittel 2 wie in Figur 2 dargestellt beim Innenleiter 2 aufsteigt und dabei zum Aussenleiter 3 hin fließt, wo es abgekühlt wird und deshalb nach unten fließt, sodass sich ein Kreislauf der Konvektionsströmung K ausbildet. Diese Konvektionsströmung K weist den Vorteil auf, dass diese selbsttätig erfolgt und sich dadurch eine selbsttätige Kühlung des Innenleiters 2 ergibt. Die Konvektionsströmung K ergibt sich unter anderem auch deshalb, weil die Distanzhalter 4 derart ausgestaltet sind, dass die Oberfläche des Innenleiters 2 und des Aussenleiters 3 nur geringfügig vom Distanzhalter abgedeckt sind, sodass für den Energieaustausch ein grosser Anteil der Oberfläche des Innenleiters 2 zur Verfügung steht. Da der Innenleiter 2 einen relativ kleinen Durchmesser aufweist ist es besonders wichtig, dass der Distanzhalter nur einen geringen Teil der Oberfläche des Innenleiters 2 abdeckt von höchstens 15% und vorzugsweise höchstens 5%, damit der Innenleiter 2 zum Wärmeaustausch mit dem Isolationsmittel 2 eine genügend grosse Oberfläche zur Verfügung steht, beziehungsweise dass eine genügend grosse Energiemenge vom Innenleiter 2 zum Aussenleiter 3 übertragen werden kann.

[0021] Figur 4 zeigt die in Figur 1 mit D bezeichnete Detailansicht und Figur 5 zeigt die in Figur 2 mit C bezeichnete Detailansicht. Im dargestellten Ausführungsbeispiel besteht der metallische Aussenleiter 3 aus einer Mehrzahl von helixförmig verlaufenden Teilaussenleitern 3a, welche derart gegenseitig angeordnet und angepasst ausgestaltet sind, dass der metallische Aussenleiter 3 eine über den gesamten Umfang geschlossene Metallfläche ausbildet. Der Aussenleiter 3 könnte jedoch auch einstückig beziehungsweise rohrförmig ausgestaltet sein.

[0022] Figur 6 zeigt in einer Seitenansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Distanzhalters 4. Die Konturen des Distanzhalters 4 sind nur strichliert dargestellt. Der Distanzhalter 4 besteht aus Kunststoff und weist zur Verstärkung Faserarmierungen 4g auf, zum Beispiel Glasfasern. Der Distanzhalter umfasst ein kreisförmiges Innenauflageteil 4a, ein kreisförmiges Aussenauflageteil 4d sowie radial verlaufende Abstandhalter 4c.

[0023] Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hochspannungskabels 1, wobei nur der Innenleiter 2, der Aussenleiter 3 sowie der Distanzhalter 4 dargestellt ist. Der den Aussenleiter 3 umgebende Aussen-

mantel 6 ist nicht dargestellt. Der elektrisch isolierende Distanzhalter 4 besteht vorzugsweise aus einem Kunststoff wie z.B. Polyethylen oder Silikon und ist wendelförmig verlaufend ausgestaltet, wobei der Distanzhalter 4 an dessen einen Stirnseite ein Aussenauflageteil 4d ausbildet, an welchem der Aussenleiter 3 anliegt, und wobei der Distanzhalter 4 an dessen innerer Stirnseite eine Innenauflageteil 4a ausbildet, an welchem der Innenleiter 2 anliegt. Auch diese Ausführungsform eines Distanzhalters 4 gewährleistet, dass der Zwischenraum 5a in bezüglich dem Innenleiter 2 radialer Richtung zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 frei von Hindernissen ist, sodass in dem im Zwischenraum 5a befindliche Isolationsmittel 7 bei genügender Erwärmung des Innenleiters 2 eine Konvektionsströmung K ausbildet wird, über welche zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 Wärmeenergie übertragen wird.

[0024] In einem möglichen Ausführungsbeispiel eines Hochspannungskabels 1 könnte der Innenleiter 2 einen Durchmesser im Bereich von 10 mm bis 100 mm aufweisen. Der Innendurchmesser des Aussenleiters 3 könnte zum Beispiel 600 mm betragen.

[0025] Vorzugsweise beträgt die Temperatur des Innenleiters 2 während dem Betrieb des Hochspannungskabels weniger als 120 °C. Vorzugsweise ist das Isolationsmittel 7 derart gewählt, dass dieses einen Phasenübergang aufweist und unterhalb von 50 °C einen festen Zustand annimmt und oberhalb von 50°C in einen flüssigen Zustand übergeht.

[0026] Besonders vorteilhaft wird das Hochspannungskabel derart betrieben, dass, sofern die Aussenhülle 6 auf Grund einer Beschädigung eine Austrittsstelle 6c aufweist an welcher das flüssige Isolationsmittel 7 austreten kann, das flüssige Isolationsmittel 7 während dem Austreten aus der Aussenhülle 6 abgekühlt und dadurch verfestigt wird, sodass an der Aussenhülle 6 selbsttätig ein Pfropfen ausgebildet wird, welcher die Austrittsstelle 6c der Aussenhülle 6 verschliesst. Um diesen Effekt zu erzielen ist es vorteilhaft, dass die Temperatur bei welcher der Phasenübergang stattfindet beziehungsweise die Temperatur bei welcher das Isolationsmittel sich verfestigt 5 °C über der maximalen Umgebungstemperatur liegt, sodass sicher gestellt ist, dass sich das Isolationsmittel beim Austritt verfestigt.

[0027] Die Figuren zeigten nur Ausführungsbeispiele von Distanzhalter 4.

Der Distanzhalter kann in einer Vielzahl von möglichen Ausführungsformen ausgestaltet sein, um die technische Wirkung zu erzielen, dass eine Konvektionsströmung K des Isolationsmittel 7 im Zwischenraum 5a entstehen kann, um den Innenleiter 2 selbsttätig zu kühlen und dadurch die im Hochspannungskabel 1 entstehende Wärmeenergie über den Aussenmantel 6 an die Umgebung abzuleiten, um dadurch einen selbst kühlenden Effekt im Hochspannungskabel 1 zu bewirken.

Patentansprüche

1. Selbstkühlendes Hochspannungskabel (1) mit geringer Feldemission, umfassend einen metallischen Innenleiter (2) zur Stromführung, sowie einen metallischen Aussenleiter (3) zur Stromführung, welche sich beide in einer Verlaufsrichtung (L) erstrecken, sowie umfassend zumindest einen elektrisch isolierenden Distanzhalter (4) welcher derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass der metallische Innenleiter (2) und der metallische Aussenleiter (3) durch den Distanzhalter (4) gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig coaxial verlaufend gehalten sind, wobei der metallische Aussenleiter (3) einen Innenraum (5) umschliesst, innerhalb welchem der Innenleiter (2) und der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Distanzhalter (4) ein Innenauflageteil (4a) zur Auflage am Innenleiter (2) umfasst, und wobei der Distanzhalter (4) ein Aussenauflageteil (4d) zur Auflage am metallischen Aussenleiter (3) umfasst, wobei das Innenauflageteil (4a) derart ausgestaltet ist, dass dieses in Verlaufsrichtung (L) höchstens 15% der Oberfläche (2a) des Innenleiters (2) bedeckt, und wobei das Aussenauflageteil (4d) derart ausgestaltet ist, dass dieses höchstens 50% der Innenoberfläche (3c) des Aussenleiters (3) bedeckt, wobei der Innenleiter (2) und der Aussenleiter (3) einen Zwischenraum (5a) begrenzen innerhalb welchem der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Zwischenraum (5a) zudem mit einem Isolationsmittel (7) gefüllt ist, wobei das Isolationsmittel (7) entweder flüssig ist oder sich durch die während dem Betrieb des Hochspannungskabels (1) entstehende Betriebstemperatur (T) verflüssigt, um bei Betriebstemperatur (T) im Zwischenraum (5a) eine natürliche Konvektion (K) des Isolationsmittels (7) zwischen dem Innenleiter (2) und dem Aussenleiter (3) zu bewirken.
2. Hochspannungskabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) derart gewählt ist, dass dieses bei einer Temperatur im Bereich zwischen 50°C und 100°C eine Phasenumwandlung von fest zu flüssig aufweist.
3. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) ein Palmöl ist, insbesondere ein raffiniertes Palmöl.
4. Hochspannungskabel nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Palmöl einen Stearinanteil zwischen 4% und 100% aufweist.
5. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Mehrzahl von Distanzhaltern (4) in Verlaufsrichtung (L) gegenseitig beabstandet angeordnet sind, wobei jeder Distanzhalter (4) ein kreisförmiges Innenauflageteil (4a), ein kreisförmiges Aussenauflageteil (4d) und radial verlaufende Abstandsteile (4b, 4c) umfasst, wobei das kreisförmige Innenauflageteil (4a) den metallischen Innenleiter (2) von aussen umschliesst, und wobei der metallische Aussenleiter (3) das kreisförmige Aussenauflageteil (4d) von aussen umschliesst.
6. Hochspannungskabel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einige Distanzhalter (4) ein kreisförmiges Innenauflageteil (4a) und zwei kreisförmige Aussenauflageteile (4d, 4e) umfassen, wobei die beiden kreisförmigen Aussenauflageteile (4d, 4e) in Verlaufsrichtung (L) gegenseitig beabstandet angeordnet sind.
7. Hochspannungskabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Distanzhalter (4) wendelförmig verlaufend ausgestaltet ist, mit dem zum metallischen Innenleiter (2) hin ausgerichteten Innenauflageteil (4a) und dem zum metallischen Aussenleiter (3) hin ausgerichteten Aussenauflageteil (4d).
8. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Innenauflageteil (4a) höchstens 5% der Oberfläche des metallischen Innenleiters (2) bedeckt und dass das Aussenauflageteil (4d) höchstens 10% der Oberfläche des metallischen Aussenleiters (3) bedeckt.
9. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Distanzhalter (4) aus einem Kunststoff besteht, und dass die radial verlaufenden Abstandhalter (4b, 4c) eine in radialer Richtung verlaufende Faserarmierung (4g) aufweisen.
10. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Innenleiter (2) eine Mehrzahl von gegenseitig verdrehten Teilinnenleitern (2a) aufweist.
11. Hochspannungskabel nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilinnenleiter (2a) beim Zusammenbau des Hochspannungskabels (1) mit festem Isolationsmittel (7) beschichtet sind, um die Teilinnenleiter (2a) in einer gegenseitig beabstandeten Lage zu halten.
12. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Aussenleiter (3) aus einer Mehrzahl helixförmig verlaufender Teilaussenleitern (3a) besteht, welche derart gegenseitig angeordnet und ausgestaltet sind, dass der metallische Aussenleiter

(3) eine Mantelfläche ausbildet.

13. Verfahren zur Selbstkühlung und zur Feldemissionsreduzierung eines Hochspannungskabels (1), wobei das Hochspannungskabel (1) einen metallischen Innenleiter (2) zur Stromführung sowie einen koaxial zum Innenleiter (2) verlaufenden metallischen Aussenleiter (3) zur Stromführung aufweist, wobei der Innenleiter (2) und der Aussenleiter (3) einen Zwischenraum (5a) begrenzen in welchem Distanzhalter (4) angeordnet sind und welcher mit einem bei Betriebstemperatur (T) flüssigem Isolationsmittel (7) gefüllt ist, wobei während der Stromführung des Hochspannungskabels (1) im Innenleiter (2) und im Aussenleiter (3) eine Verlustwärme erzeugt wird, wobei die Verlustwärme über den Aussenleiter (3) an die Umgebung abgegeben wird, sodass der Innenleiter (2) auf eine höhere Temperatur erwärmt wird als der Aussenleiter (3) und daher im Isolationsmittel (7) eine Konvektionsbewegung (K) erzeugt wird, indem das durch den Innenleiter (2) erwärmte Isolationsmittel (7) vom metallischen Innenleiter (2) zum metallischen Aussenleiter (3) hin strömt, und indem das vom metallischen Aussenleiter (3) gekühlte Isolationsmittel (7) vom Aussenleiter (3) zurück zum metallischen Innenleiter (2) strömt, sodass Wärme vom metallischen Innenleiter (2) zum metallischen Aussenleiter (3) und vom metallischen Aussenleiter (3) an die Umgebung übertragen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) bei nicht Strom führendem, abgekühltem Hochspannungskabel (1) in festem Zustand ist, und dass das Isolationsmittel (7) bei Strom führendem Hochspannungskabel (1) auf Grund der Verlustwärme vorerst erwärmt wird, eine Phasenumwandlung erfährt, und während dem Betrieb des Strom führenden Hochspannungskabels (1) auf Grund der Verlustwärme in flüssigem Zustand gehalten wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**, sofern die Aussenhülle (6) auf Grund einer Beschädigung eine Austrittsstelle (6c) aufweist an welcher das flüssige Isolationsmittel (7) austreten kann, das flüssige Isolationsmittel (7) während dem Austreten aus der Aussenhülle (6) abgekühlt und dadurch verfestigt wird, sodass an der Aussenhülle (6) selbsttätig ein Pfropfen ausgebildet wird, welcher die Austrittsstelle (6c) der Aussenhülle (6) verschliesst.

Claims

1. Self-cooling high-voltage cable (1) with a low level of field emission, comprising a metallic inner conductor (2) for carrying current and also a metallic

outer conductor (3) for carrying current, the said conductors both extending in a running direction (L), and also comprising at least one electrically insulating spacer (4) which is designed and arranged in such a way that the metallic inner conductor (2) and the metallic outer conductor (3) are spaced apart from one another by the spacer (4) and are held such that they run substantially coaxially in relation to one another, wherein the metallic outer conductor (3) encloses an interior space (5) within which the inner conductor (2) and the spacer (4) are arranged, wherein the spacer (4) comprises an inner bearing part (4a) for bearing against the inner conductor (2), and wherein the spacer (4) comprises an outer bearing part (4d) for bearing against the metallic outer conductor (3), wherein the inner bearing part (4a) is designed in such a way that it covers at most 15% of the surface (2a) of the inner conductor (2) in the running direction (L), and wherein the outer bearing part (4d) is designed in such a way that it covers at most 50% of the inner surface (3c) of the outer conductor (3), wherein the inner conductor (2) and the outer conductor (3) delimit an intermediate space (5a) within which the spacer (4) is arranged, wherein the intermediate space (5a) is additionally filled with an insulation medium (7), wherein the insulation medium (7) is either liquid or is liquefied by the operating temperature (T) which is produced during operation of the high-voltage cable (1), in order to create natural convection (K) of the insulation medium (7) between the inner conductor (2) and the outer conductor (3) in the intermediate space (5a) at operating temperature (T).

2. High-voltage cable according to Claim 1, **characterized in that** the insulation medium (7) is selected in such a way that the said insulation medium experiences a change in phase from solid to liquid at a temperature in the range of between 50°C and 100°C.
3. High-voltage cable according to either of the preceding claims, **characterized in that** the insulation medium (7) is a palm oil, in particular a refined palm oil.
4. High-voltage cable according to Claim 3, **characterized in that** the palm oil has a stearin content of between 4% and 100%.
5. High-voltage cable according to one of the preceding claims, **characterized in that** a plurality of spacers (4) are arranged in a manner spaced apart from one another in the running direction (L), wherein each spacer (4) comprises a circular inner bearing part (4a), a circular outer bearing part (4d) and radially running spacer parts (4b, 4c), wherein the circular inner bearing part (4a) surrounds the metallic inner conductor (2) from the outside, and wherein the me-

- tallic outer conductor (3) surrounds the circular outer bearing part (4d) from the outside.
6. High-voltage cable according to Claim 5, **characterized in that** at least some spacers (4) comprise one circular inner bearing part (4a) and two circular outer bearing parts (4d, 4e), wherein the two circular outer bearing parts (4d, 4e) are arranged in a manner spaced apart from one another in the running direction (L).
 7. High-voltage cable according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the spacer (4) is designed so as to run in the manner of a helix, with the inner bearing part (4a) which is oriented towards the metallic inner conductor (2) and the outer bearing part (4d) which is oriented towards the metallic outer conductor (3).
 8. High-voltage cable according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inner bearing part (4a) covers at most 5% of the surface of the metallic inner conductor (2), and **in that** the outer bearing part (4d) covers at most 10% of the surface of the metallic outer conductor (3).
 9. High-voltage cable according to one of the preceding claims, **characterized in that** the spacer (4) is composed of a plastic, and **in that** the radially running spacers (4b, 4c) have a fibre reinforcement (4g) which runs in the radial direction.
 10. High-voltage cable according to one of the preceding claims, **characterized in that** the metallic inner conductor (2) has a plurality of inner conductor elements (2a) which are twisted in relation to one another.
 11. High-voltage cable according to Claim 10, **characterized in that** the inner conductor elements (2a) are coated with solid insulation medium (7) when the high-voltage cable (1) is assembled, in order to hold the inner conductor elements (2a) in a position in which they are spaced apart from one another.
 12. High-voltage cable according to one of the preceding claims, **characterized in that** the metallic outer conductor (3) comprises a plurality of external conductor elements (3a) which run in a helical manner and which are arranged and designed in relation to one another in such a way that the metallic outer conductor (3) forms a casing surface.
 13. Method for self-cooling and for reducing field emissions from a high-voltage cable (1), wherein the high-voltage cable (1) has a metallic inner conductor (2) for carrying current and also a metallic outer conductor (3), which runs coaxially in relation to the inner conductor (2), for carrying current, wherein the inner conductor (2) and the outer conductor (3) delimit an intermediate space (5a) in which spacers (4) are arranged and which is filled with an insulation medium (7) which is liquid at operating temperature (T), wherein heat is lost from the inner conductor (2) and the outer conductor (3) when current is carried in the high-voltage cable (1), wherein the lost heat is emitted to the surrounding area via the outer conductor (3), so that the inner conductor (2) is heated to a higher temperature than the outer conductor (3) and therefore a convection movement (K) is generated in the insulation medium (7) by the insulation medium (7) which is heated by the inner conductor (2) flowing from the metallic inner conductor (2) to the metallic outer conductor (3), and by the insulation medium (7) which is cooled by the metallic outer conductor (3) flowing back from the outer conductor (3) to the metallic inner conductor (2), so that heat is transmitted from the metallic inner conductor (2) to the metallic outer conductor (3), and from the metallic outer conductor (3) to the surrounding area.
 14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the insulation medium (7) is in the solid state when the high-voltage cable (1) is cooled and is not carrying current, and **in that**, when the high-voltage cable (1) is carrying current, the insulation medium (7) is, for the time being, heated due to the lost heat, experiences a change in phase, and is kept in the liquid state due to the lost heat during the operation of the current-carrying high-voltage cable (1).
 15. Method according to Claim 14, **characterized in that** if, due to damage, the outer sleeve (6) has a leak point (6c) at which the liquid insulation medium (7) can leak, the liquid insulation medium (7) is cooled as it leaks out of the outer sleeve (6) and as a result is solidified, so that a plug which closes off the leak point (6c) of the outer sleeve (6) is automatically formed on the outer sleeve (6).

Revendications

1. Câble à haute tension (1) auto-refroidissant à faible émission de champ, comprenant un conducteur interne métallique (2) destiné à la conduction de courant ainsi qu'un conducteur externe métallique (3) destiné à la conduction de courant, lesquels s'étendent tous deux dans le sens d'un tracé (L), et comprenant également au moins une entretoise (4) électriquement isolante, laquelle est configurée et disposée de telle sorte que le conducteur interne métallique (2) et le conducteur externe métallique (3) sont espacés mutuellement par l'entretoise (4) et sont maintenus dans un tracé sensiblement coaxial l'un par rapport à l'autre, le conducteur externe métallique (3) entourant un espace interne (5) à l'inté-

- rieur duquel sont disposés le conducteur interne (2) et l'entretoise (4), l'entretoise (4) comprenant une pièce d'appui interne (4a) destinée à venir en appui sur le conducteur interne (2), et l'entretoise (4) comprenant une pièce d'appui externe (4d) destinée à venir en appui sur le conducteur externe métallique (3), la pièce d'appui interne (4a) étant configurée de telle sorte que, dans le sens du tracé (L), celle-ci recouvre au maximum 15 % de la surface (2a) du conducteur interne (2), et la pièce d'appui externe (4d) étant configurée de telle sorte que celle-ci recouvre au maximum 50 % de la surface interne (3c) du conducteur externe (3), le conducteur interne (2) et le conducteur externe (3) délimitant un espace intermédiaire (5a) à l'intérieur duquel est disposée l'entretoise (4), l'espace intermédiaire (5a) étant en outre rempli d'un agent isolant (7), l'agent isolant (7) étant soit liquide, soit se liquéfiant sous l'effet de la température de service (T) produite pendant l'utilisation du câble à haute tension (1), afin de provoquer dans l'espace intermédiaire (5a), à la température de service (T), une convexion naturelle (K) de l'agent isolant (7) entre le conducteur interne (2) et le conducteur externe (3).
2. Câble à haute tension selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'agent isolant (7) est choisi de telle sorte que celui-ci présente un changement de phase de solide à liquide à une température comprise dans la plage entre 50 °C et 100 °C.
 3. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'agent isolant (7) est une huile de palme, notamment une huile de palme raffinée.
 4. Câble à haute tension selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'huile de palme présente une part de stéarine comprise entre 4 % et 100 %.
 5. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une pluralité d'entretoises (4) sont disposées de façon mutuellement espacée dans le sens du tracé (L), chaque entretoise (4) comprenant une pièce d'appui interne (4a) de forme circulaire, une pièce d'appui externe (4d) de forme circulaire et des pièces d'espacement (4b, 4c) qui s'étendent dans le sens radial, la pièce d'appui interne (4a) de forme circulaire entourant le conducteur interne métallique (2) depuis l'extérieur et le conducteur externe métallique (3) entourant la pièce d'appui externe (4d) de forme circulaire depuis l'extérieur.
 6. Câble à haute tension selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**au moins certaines entretoises (4) comprennent une pièce d'appui interne (4a) de forme circulaire et deux pièces d'appui externes (4d, 4e) de forme circulaire, les deux pièces d'appui externes (4d, 4e) de forme circulaire étant disposées de façon mutuellement espacée dans le sens du tracé (L).
 7. Câble à haute tension selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'entretoise (4) est configurée avec un tracé de forme ondulée, comprenant la pièce d'appui interne (4a) orientée vers le conducteur interne métallique (2) et comprenant la pièce d'appui externe (4d) orientée vers le conducteur externe métallique (3).
 8. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce d'appui interne (4a) recouvre au maximum 5 % de la surface du conducteur interne métallique (2) et **en ce que** la pièce d'appui externe (4d) recouvre au maximum 10 % de la surface du conducteur externe métallique (3).
 9. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'entretoise (4) est constituée d'une matière plastique, et **en ce que** les pièces d'espacement (4b, 4c) qui s'étendent dans le sens radial présentent une armature en fibres (4g) qui s'étend dans le sens radial.
 10. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le conducteur interne métallique (2) présente une pluralité de conducteurs internes partiels (2a) mutuellement torsadés.
 11. Câble à haute tension selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** lors de l'assemblage du câble à haute tension (1), les conducteurs internes partiels (2a) sont revêtus d'agent isolant (7) solide afin de maintenir les conducteurs internes partiels (2a) dans une position d'espacement mutuel.
 12. Câble à haute tension selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le conducteur externe métallique (3) se compose d'une pluralité de conducteurs externes partiels (3a) qui s'étendent sous forme hélicoïdale, lesquels sont disposés et configurés les uns par rapport aux autres de telle sorte que le conducteur externe métallique (3) forme une surface d'enveloppe.
 13. Procédé d'auto-refroidissement et de réduction des émissions de champ d'un câble à haute tension (1), le câble à haute tension (1) comprenant un conducteur interne métallique (2) destiné à la conduction de courant ainsi qu'un conducteur externe métallique (3) destiné à la conduction de courant, lequel s'étend de manière coaxiale par rapport au conducteur interne (2), le conducteur interne (2) et le con-

ducteur externe (3) délimitant un espace intermédiaire (5a) dans lequel sont disposées des entretoises (4) et qui est rempli d'un agent isolant (7) liquide à la température de service (T), une chaleur perdue étant produite dans le conducteur interne (2) et dans le conducteur externe (3) pendant la conduction de courant par le câble à haute tension (1), la chaleur perdue étant dissipée dans l'environnement par le biais du conducteur externe (3), de sorte que le conducteur interne (2) est chauffé à une température plus élevée que le conducteur externe (3) et qu'un mouvement de convection (K) soit ainsi produit dans l'agent isolant (7), en ce que l'agent isolant (7) chauffé par le conducteur interne (2) s'écoule du conducteur interne métallique (2) vers le conducteur externe métallique (3), et en ce que l'agent isolant (7) refroidi par le conducteur externe métallique (3) s'écoule de nouveau du conducteur externe (3) vers le conducteur interne métallique (2), de sorte que de la chaleur est transmise du conducteur interne métallique (2) au conducteur externe métallique (3), puis du conducteur externe métallique (3) à l'environnement.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'agent isolant (7) se trouve à l'état solide lorsque le câble à haute tension (1) est refroidi et ne conduit pas de courant, et **en ce que** l'agent isolant (7), lorsque le câble à haute tension (1) conduit du courant, est tout d'abord chauffé en raison de la chaleur perdue, subit un changement de phase puis, pendant l'utilisation du câble à haute tension (1) conduisant du courant, est maintenu à l'état liquide en raison de la chaleur perdue.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** dans la mesure où l'enveloppe externe (6) présente, suite à un dommage, un point d'écoulement (6c) au niveau duquel l'agent isolant (7) liquide peut s'écouler, l'agent isolant (7) liquide est refroidi pendant l'écoulement hors de l'enveloppe externe (6) et se solidifie ainsi, de sorte qu'un bouchon se forme automatiquement sur l'enveloppe externe (6), lequel ferme le point d'écoulement (6c) de l'enveloppe externe (6).

5

10

15

20

25

30

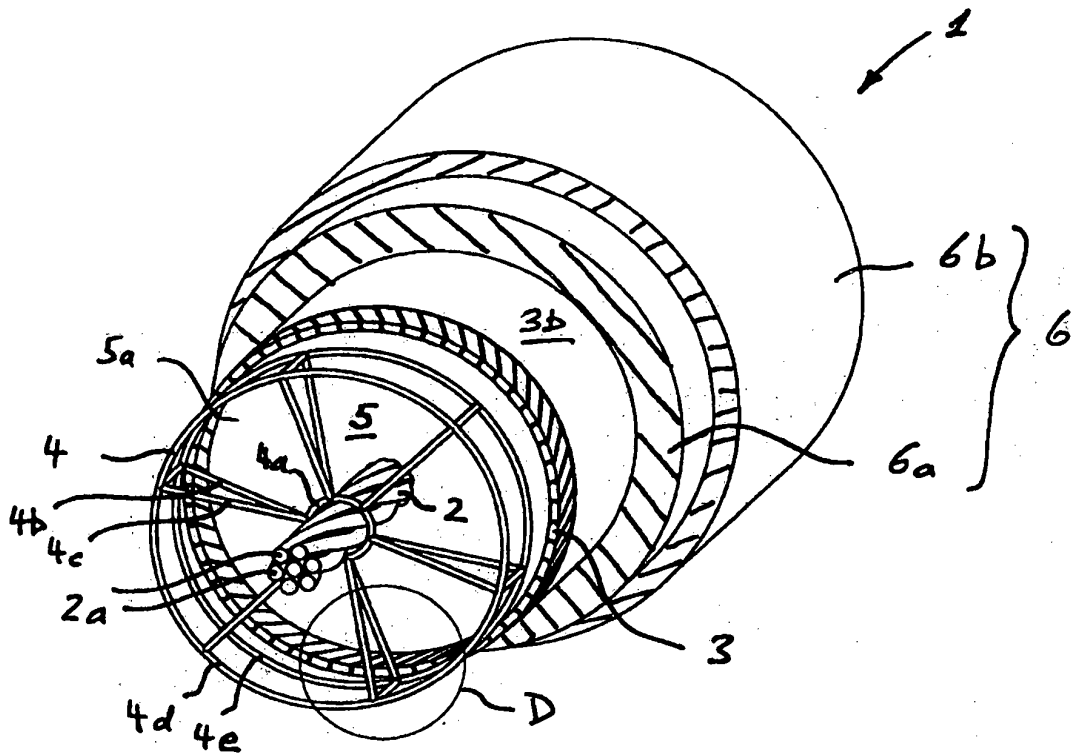
35

40

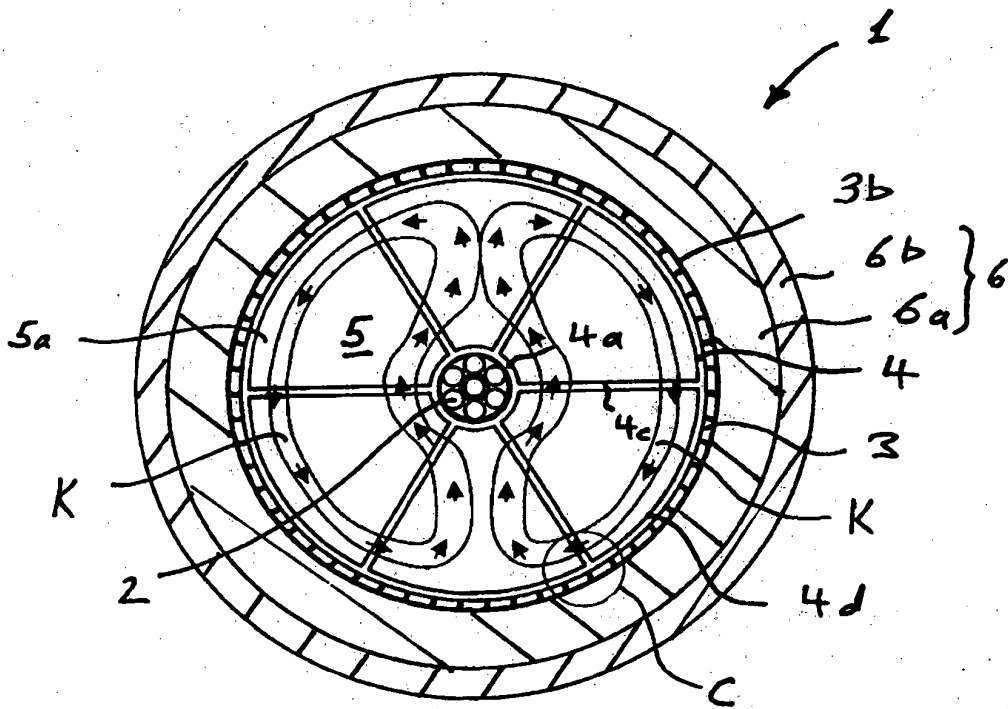
45

50

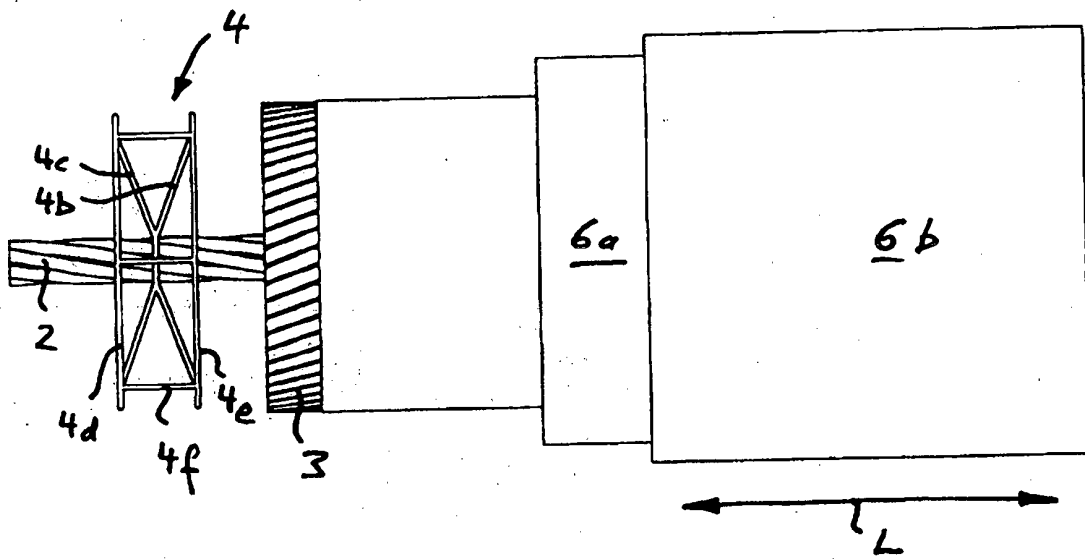
55



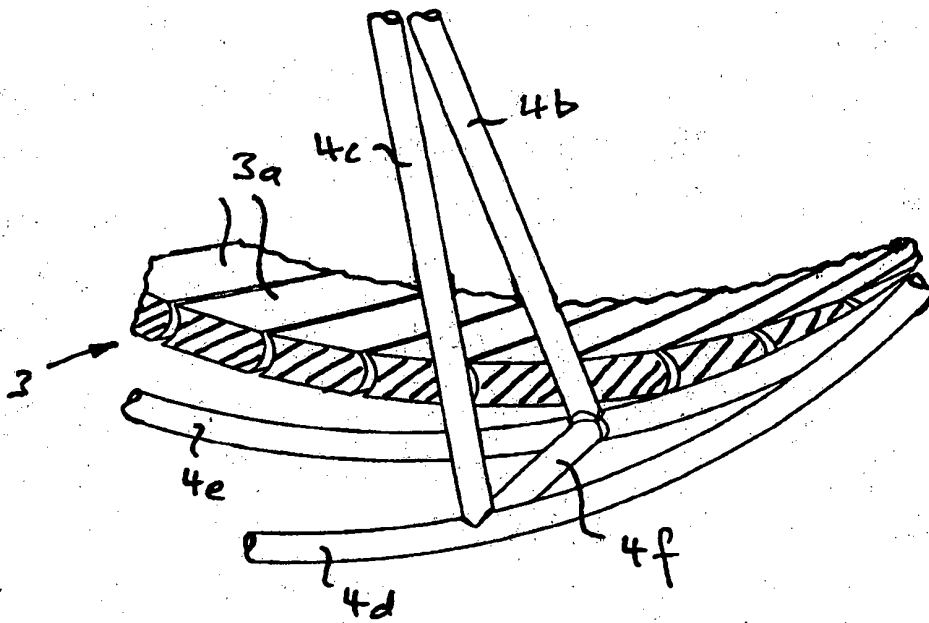
Figur 1



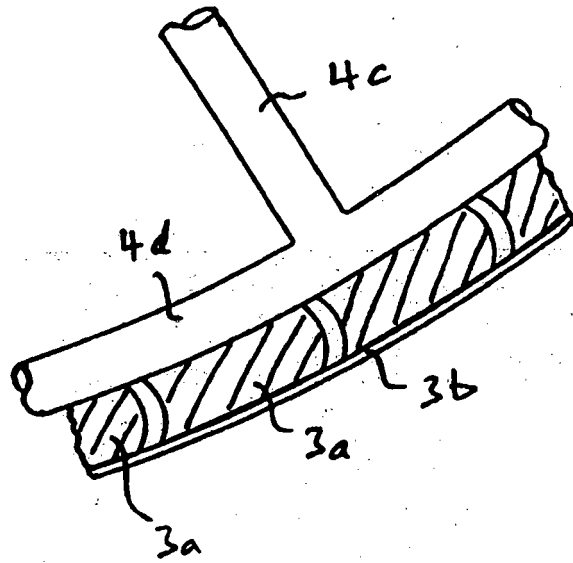
Figur 2



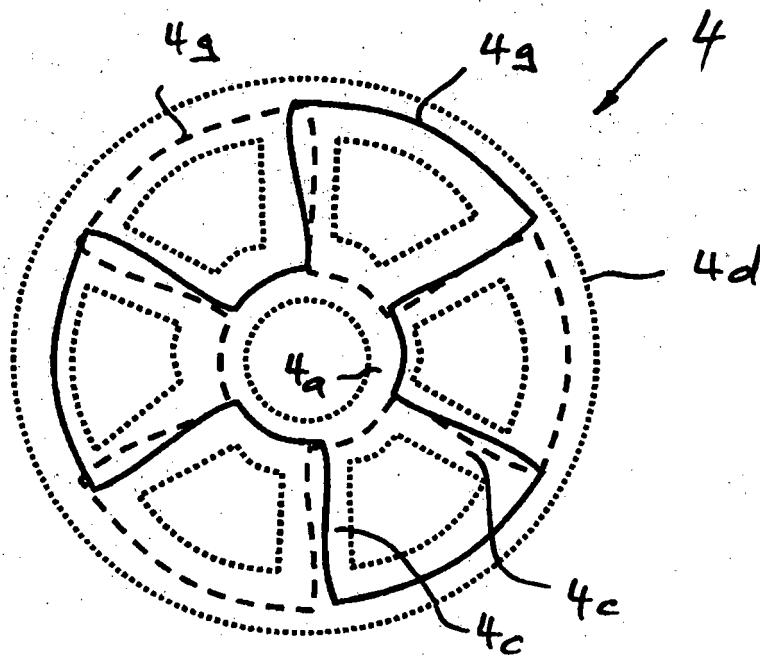
Figur 3



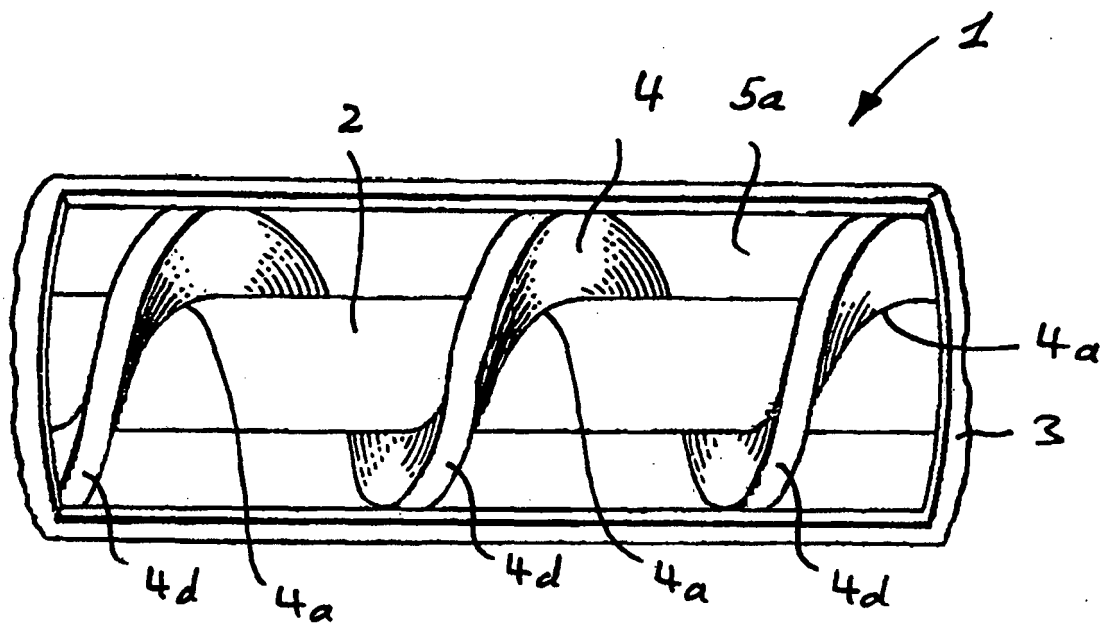
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3315588 A1 [0003]