

(19)



(11)

EP 1 783 786 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.09.2014 Patentblatt 2014/36

(51) Int Cl.:
H01B 9/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06022902.8**

(22) Anmeldetag: **03.11.2006**

(54) **Kabelsystem mit magnetischer Schirmungshülle**

Cable system with magnetic screen

Système de câble avec un écran magnétique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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**

(30) Priorität: **04.11.2005 DE 102005053050**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.05.2007 Patentblatt 2007/19

(73) Patentinhaber: **nkt cables GmbH**
51061 Köln (DE)

(72) Erfinder: **Waschk, Volker Dr.**
51519 Odenthal (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 191 546 WO-A1-03/003382
CH-A- 346 920 DE-A1- 3 123 040
DE-A1- 19 807 527

EP 1 783 786 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 Kabelsystem, insbesondere für Drehstrom mit magnetischer Schirmungshülle.

[0002] In zunehmendem Maße wird bei der Installation von Hochspannungskabeln und Freileitungen die Forderung erhoben, elektromagnetische Felder abzuschirmen.

[0003] Hierbei sind Hochspannungskabel gegenüber Freileitungen von Vorteil, weil sie in ihrer Umgebung kein elektrisches Feld erzeugen. Allerdings ist bei gängigen Kabelkonstruktionen das durch die Kabelströme erzeugte niederfrequente äußere Magnetfeld vorhanden.

[0004] Ein solches Hochspannungskabel entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der CH 346920 bekannt.

[0005] Eine bereits bekannte Abschirmmaßnahme ist das Einziehen der Kabel in ein Stahlrohr mit drei verseilten und stahldrahtbewehrten 110-kV-Kabeladern: Broschüre (1999), Nr. E21.2d 1.0; "Stadtkabel" der Firma nkt cables GmbH, Köln. Das Stahlrohr weist zwar eine magnetische Abschirmwirkung auf, doch ist diese Konstruktion kostenaufwendig und weist weitere Nachteile auf, beispielsweise die Erfordernisse, kurze, starre Stahlrohrabschnitte aneinanderzuschweißen und die Stahlrohre gegen Korrosion schützen zu müssen.

[0006] Das Abschirmen von Hoch- oder Mittelspannungskabeln mit weichmagnetischem (hochpermeablem) Material ist bekannt. Geeignete Materialien lassen sich jedoch nicht in großflächiger Form einsetzen, da die Materialien mechanisch relativ spröde Eigenschaften haben, die zur Einschränkung der Biegsbarkeit der Kabel führt. Kabel sollte jedoch eine gewisse Biegsbarkeit aufweisen, weil dies im Herstellprozess und während des Verlegens von Vorteil ist. Um die geforderte Biegsbarkeit und Flexibilität nicht einzuschränken, wurde schon vorgeschlagen, hochpermeable Materialien in Form von Teilchen (DE 19807527 A1) oder in Bandform (DE 3123040 A1) zu verwenden.

[0007] In der DE 19807527 A1 werden Teilchen hoher Permeabilität in einem als Geflecht aufgebauten Schirm eingebracht, wobei entweder das Einbringen der Teilchen in die Maschen oder Lücken des Schirms vorgeschlagen wird oder die Teilchen auf das Geflecht aufgebracht werden. Beides sind sehr aufwendige und daher nachteilige Verfahrensschritte.

[0008] In der DE 3123040 A1 wird die Herstellung einer magnetischen Schirmungshülle durch Verwendung zweier Bänder dargestellt. Die Bebänderung erfolgt mit Abstand der Wicklungen, so dass Luftspalte entstehen, die die Biegsbarkeit und Flexibilität des Kabels erhalten, jedoch eine doppelte Bebänderung erfordern. Damit werden die Luftspalte der unteren Bandlage durch die (in Gegenschlag) aufgetragene obere Bandlage abgedeckt.

[0009] In einer anderen Anordnung zur magnetischen Abschirmung unter Verwendung von Folien oder Bändern mit hoher Permeabilität wird ein aus armierten und

verseilten Einzeladern umfassendes Drehstromkabel beschrieben (WO03-003382 A1). Über der Armierung liegen zwei Schichten aus Material unterschiedlich hoher Permeabilität. Das Drehstromkabel liegt in einem Rohr, welches mit den Schichten des Materials hoher Permeabilität bedeckt ist. Nachteil dieser Anordnung ist, dass erst mit der Rohrkonstruktion die Schirmwirkung erzielt wird. Um eine auf der Kabellänge durchgängige Schirmung zu erzielen, muss ebenso die Rohrkonstruktion in voller Länge vorgenommen werden. Dies verlangt eine aufwändige Rohrinstallation und Rohrverbindungstechnik.

[0010] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Kabelsystem mit Armierung anzugeben, also mit nicht notwendig hoher Biegsbarkeit des Kabels, bei dem das durch die Kabelströme erzeugte niederfrequente äußere Magnetfeld weitestgehend unterdrückt wird.

[0011] Die Lösung der Aufgabe findet sich im Hauptanspruch. Weiterführende Ausführungsformen werden in den Unteransprüchen formuliert.

[0012] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass mindestens eine unterhalb einer Armierung liegende, die Kabeladern umfassende, im folgenden als Schirmungshülle bezeichnete Schicht als Wicklung mindestens eines Bandes aus magnetisch hochpermeablem Material aufgebracht ist.

[0013] Für ein Drehstromsystem kann eine erfindungsgemäße Kabelkonstruktion vorgesehen sein, bei der drei verseilte und stahldrahtbewehrte Kabeladern in ein äußeres Rohr eingezogen werden. Der Aufbau ist so, dass unterhalb einer Stahldrahtarmierung eine oder mehrere Schichten aus sogenannten Elektrobändern aufgebracht werden, gegebenenfalls in Kombination mit Kompensationsleitern oder -leitschichten.

[0014] Solche Elektrobänder, wie sie im Transformatoren- und Elektromaschinenbau verwendet werden, bestehen aus Silicium-Stahlblechbändern mit geringem Siliciumanteil ($< 2,5\%$) und werden in einer Dicke von 0,02 bis 0,04 mm hergestellt. Sie sind kaltgewalzt, kornorientiert oder nicht-kornorientiert, und sie weisen hervorragende magnetische Eigenschaften wie hohe Permeabilität und geringe Ummagnetisierungsverluste auf.

[0015] Ebenfalls sehr gute magnetische Eigenschaften, wie sie hier vorausgesetzt oder gefordert werden, haben die sogenannten metallischen Gläser. Im Handel werden diese unter der Bezeichnung Mumetall oder Vitrovac von der Firma Vacuumschmelze angeboten. Solche speziellen, nichtkristallinen Nickel-Eisenlegierungen werden schon für ortsfeste bzw. starre Abschirmanordnungen eingesetzt. Sie werden in einem aufwendigen Verfahren hergestellt, und haben allerdings den Nachteil der immens hohen Kosten einerseits und der schlechten Verarbeitbarkeit andererseits. Kritisch wäre auch die Biegebeanspruchung, die bei der Kabelherstellung und später bei der Installation auftritt.

[0016] Die einzusetzenden Elektrobänder haben demgegenüber eine gute mechanische Beanspruchbarkeit und einen günstigen Preis. Sie weisen schon vom Her-

stellungsprozess her eine sehr dünne (Mikrometerbereich) Isolierschicht auf, können aber auch durch zusätzliche Prozesse oberflächenbeschichtet, beispielsweise verzinkt werden.

[0017] Die Wirkung der magnetischen Abschirmung ist dann optimal, wenn das Kabelsystem keinen Nullstrom führt. Dies dürfte bei einem "idealen" Drehstromsystem der Fall sein. Wichtig bei der magnetischen Schirmung eines Drehstromkabels ist, dass alle drei Kabeladern gemeinsam von der hochpermeablen Schirmungshülle umfasst werden. Daher werden die Abschirmbänder über die drei verseilten Kabeladern gewickelt. Um hohe magnetische Leitwerte der Schirmungshülle zu erhalten und um das die Kabeladern etwa zirkular umgebende Magnetfeld optimal zu führen, ist es wichtig, die Abschirmbänder mit kleiner Schlaglänge um die Kabeladern zu wickeln. Hierdurch liegt die Wicklung der Abschirmbänder fast rechtwinklig zur Längsrichtung der Kabeladern.

[0018] Auftretende Nullströme in einem Drehstromsystem können nur dadurch abgeschirmt werden, dass sie in hochleitfähigen elektrischen Leitern in ihrer Umgebung Gegenströme induzieren, die durch ein Gegenfeld das Magnetfeld kompensieren. Dies gilt auch bei einem anderen als dreiadrigem Kabelaufbau, wo keine Symmetrie der von den Kabeladern ausgehenden Magnetfeldern vorliegt.

[0019] Deshalb wird als weitere Ausführungsform vorgeschlagen, in Kombination mit den magnetischen Abschirmbändern zusätzliche hochleitfähige Schichten oder Einzelleiter in den Kabelaufbau zu integrieren. Abhängig von der geforderten Minderung des magnetischen Streufeldes kann schon eine Lage von Abschirmbändern ausreichen. In den meisten Fällen sollte eine zweilagige Schirmungshülle den gewünschten Zweck erfüllen.

[0020] Beim Aufbringen der Bänder ist eine kleine Schlaglänge bei kornorientierten Bändern entscheidend, um das zirkulare Magnetfeld in der magnetischen Vorzugsrichtung (dies ist die Längsrichtung) der Bänder zu führen. Auch bei nicht-kornorientierten Bändern wird durch eine kleine Schlaglänge der magnetische Widerstand der Schicht minimiert. Der Vorteil einer kurzen Schlaglänge ist auch, dass sich die Bänder beim Biegen des Kabels gegeneinander verschieben können.

[0021] Da die Bänder der magnetischen Schirmungshülle mit kleiner Schlaglänge aufgebracht werden sollen, können sie nicht die Funktion einer Armierung übernehmen, um Zugkräfte von den Kabelenden beim Einziehen der Kabel aufzunehmen und zu halten, daher kommt zum Kabelaufbau die Armierung hinzu.

[0022] Die zuvor beschriebenen Maßnahmen zur magnetischen Schirmung lassen sich auch ausführen für zwei in einer Einleiterkabel- oder in einer Zweileiterkabelkonstruktion nebeneinander liegende Kabeladern, von denen die eine den Strom in die eine Richtung führt und die andere den Strom zurückführt, wie dies beispielsweise bei einem einphasigen Wechselspannungssystem oder einem bipolaren Gleichspannungssystem der

Fall ist.

[0023] Mehrere Ausgestaltungen der Erfindung werden in den Figuren dargestellt, welche im Einzelnen zeigen:

Fig. 1 drei Konstruktionen eines magnetisch geschirmten, armierten Dreileiterkabels und

Fig. 2 eine magnetisch geschirmte Anordnung im Muffenbereich.

[0024] Die Fig. 1 zeigt ein Hochspannungskabel für Drehstrom mit drei verseilten Adern 1, einer magnetisch schirmenden Schicht 2 (Schirmungshülle) und einer Armierung 3, wobei die Armierung die Aufgabe von Kabelzugelementen zu übernehmen hat, an denen das Kabel in Kabelgräben, in Rohre oder Düker einziehbar ist. Die Leiter der Adern sind wie üblich isoliert und die Isolierung mit innerer und äußerer Leitschicht versehen. In der Teilfigur 1A ist ein magnetisch geschirmtes, armiertes Dreileiterkabel dargestellt. Teilfigur 1 B entspricht 1A, aber zusätzlich mit einer hochleitfähigen Schicht 4 unterhalb der Bandschicht. Die Teilfigur 1C unterscheidet sich von Teilfigur 1A durch einen zusätzlichen Kompensationsleiter 5 innerhalb der Bandschicht.

[0025] Die Fig. 2 zeigt eine magnetisch geschirmte Anordnung im Muffenbereich. Wobei ein äußeres Schirmungsrohr 6 für die Muffenschirmung und Muffen 7 dargestellt sind.

[0026] Die Fig. 1A zeigt eine erste Lösungsvariante mit über der Schirmungshülle liegende Armierung. Diese Armierung kann aus Bändern oder -drähten, beispielsweise aus Stahl oder Bronze, vorzugsweise auch als Flachdraht ausgebildet, bestehen. Bei geeigneter Auslegung ergänzen sich Armierung und Schirmungshülle sowohl elektromagnetisch wie auch mechanisch.

[0027] Wie schon angesprochen, funktioniert die beschriebene Art der magnetischen Abschirmung dann optimal, wenn ein Drehstromsystem keinen Nullstrom führt. (Erklärung: Ohne Nullstrom ergänzen sich die drei Ströme eines Drehstromsystems in jedem Augenblick zu Null).

[0028] Es wird daher für Drehstromsysteme oder für andere als dreiadrige Kabelkonstruktionen vorgeschlagen, die Abschirmung dadurch zu unterstützen, dass in Kombination mit den magnetischen Abschirmbändern zusätzliche hochleitfähige Schichten 4 oder Einzelleiter 5 in den Kabelaufbau eingebracht werden. Nullströme oder Unsymmetrieströme induzieren in den hochleitfähigen elektrischen Leitern in ihrer Umgebung Gegenströme, die durch ein Gegenfeld das Magnetfeld kompensieren. Dabei wird die beste Abschirmwirkung erreicht, wenn diese sich innerhalb der magnetischen Bandschicht befinden. Zwei Lösungsvarianten sind in den Teillabbildungen Fig. 1B und 1C dargestellt, wo die Kompensationsleiter als eingezogene Einzelleiter 5 oder als leitfähige Schicht 4 unter der Schirmungshülle dargestellt sind. Eine weitere, nicht dargestellte Möglichkeit besteht in der Anordnung einer koaxialen hochleitfähigen Hülle

um jede Kabelader; somit auch hier unterhalb der Schirmungshülle.

[0029] In den Muffenbereichen muss die magnetische Schirmung durch Absetzen der Armierung und der Schirmungshülle unterbrochen werden, so dass hier zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen. Eine wirk-
5
same Schirmung innerhalb dieses Bereiches kann so erreicht werden, wie dies in der Fig. 2 dargestellt ist: über die gesamte Muffenanordnung wird ein magnetisch wirksames Rohr 6 geschoben. Dieses Rohr kann ein Stahlrohr mit der erforderlichen Wanddicke sein. Es kann aber
10
auch als Kunststoff-Verbundrohr ausgestaltet sein, indem ein Kunststoffrohr mit einer oder mehreren Schichten von Elektrobändern umwickelt wird, ähnlich wie in den sonstigen Bereichen die verseilten Kabeladern 1.

[0030] Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, dass das äußere Schirmungsrohr 6 an seinen Enden mit der Schirmungshülle 2 der Kabeladern magnetisch dicht verbunden wird. Unter dem Aspekt der magnetischen Abschirmung reicht es aus, wenn das äußere Schirmungs-
15
rohr 6 um eine Länge, die seinem Durchmesser entspricht, die abgesetzten Enden der Schirmungshülle der Kabeladern überdeckt. Unter Erdungsgesichtspunkten wird es sinnvoll sein, das äußere Schirmungsrohr mit der Schirmungshülle der Kabeladern elektrisch zu verbinden.
20
25

[0031] Befinden sich in den Kabeladern innerhalb der Schirmungshülle Leitschichten oder zusätzliche Kompensationsleiter, vergl. Fig. 1B und 1C, so sind deren Enden in den Muffenbereichen entweder durchzuverbin-
30
den oder aber zu erden.

Patentansprüche

1. Hochspannungskabel umfassend mindestens zwei isolierte und miteinander verseilte Kabeladern (1), wobei über den Kabeladern eine, Zugkräfte aufnehmende Armierung (3) vorhanden ist,
35
dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb der Armierung mindestens eine die Kabeladern (1) umfassende, im folgenden als Schirmungshülle bezeichnete Schicht (2) als Wicklung mindestens eines Bandes aus magnetisch hochpermeablem Material aufgebracht ist.
40
45
2. Hochspannungskabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hochspannungskabel drei isolierte, verseilte Kabeladern (1) umfasst und die Armierung (3) aus Stahlflachdraht gebildet ist.
50
3. Hochspannungskabel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hochspannungskabel mindestens ein Paar nebeneinander liegender Kabeladern (1) umfasst, bei dem die eine
55
Kabelader den Strom in die eine Richtung führt und die andere den Strom zurückführt.

4. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Material der Schirmungshülle (2) Silicium-Stahlblech oder metallisches Glas verwendet wird.
5. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Material der Schirmungshülle (2) mindestens ein Band mit kleiner Schlaglänge aufgebracht ist.
6. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei mehreren Schichten von Bändern als Material der Schirmungshülle (2) zwei übereinander liegende Lagen im Gegenschlag aufgebracht werden.
7. Hochspannungskabel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einer Schicht von Bändern das Band mit Lücke aufgewickelt ist.
8. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kabeladern (1) zusammen mit mehreren elektrischen Leitern (5) verseilt sind.
9. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterhalb der Schirmungshülle (2) eine Schicht (4) hochleitfähigen Materials eingebracht ist.
10. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über der Schirmungshülle (2) eine Korrosionsschutzbeschichtung aufgebracht ist.

Claims

1. High-voltage cable comprising at least two insulated cable strands (1) which are stranded with each other, an armouring (3) which absorbs tensile forces being provided over the cable strands,
characterised in that, below the armouring, at least one layer (2) which surrounds the cable strands (1) and which is referred to below as a shielding sheath is fitted as a winding of at least one strip of magnetically highly permeable material.
2. High-voltage cable according to claim 1, **characterised in that** the high-voltage cable comprises three insulated, stranded cable strands (1) and the armouring (3) is formed from flattened steel wire.
3. High-voltage cable according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** the high-voltage cable comprises at least one pair of cable strands (1) which are located beside each other, wherein one cable strand guides the current in one direction and the

other cable strand returns the current.

4. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that** silicon steel sheet or metallic glass is used as a material of the shielding sheath (2).
5. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least one strip having a small length of lay is fitted as the material of the shielding sheath (2).
6. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that**, in the case of a plurality of layers of strips as the material of the shielding sheath (2), two layers which are located one above the other are fitted in reversed-lay arrangement.
7. High-voltage cable according to claim 6, **characterised in that**, in at least one layer of strips, the strip is wound with gaps.
8. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cable strands (1) are stranded together with a plurality of electrical conductors (5).
9. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a layer (4) of highly conductive material is introduced below the shielding sheath (2).
10. High-voltage cable according to any one of the preceding claims, **characterised in that** an anti-corrosion coating is applied above the shielding sheath (2).

Revendications

1. Câble haute-tension comprenant au moins deux âmes de câble (1) isolées et toronnées l'une avec l'autre, une armure (3) absorbant les efforts de traction étant présente par-dessus les âmes de câble, **caractérisé par le fait qu'**au moins une couche (2) entourant les âmes de câble (1), ci-après dénommée «enveloppe de blindage», est appliquée, sous l'armure, en tant qu'enroulement d'au moins une bande en matériau à haute perméabilité magnétique.
2. Câble haute-tension selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** le câble haute-tension comprend trois âmes de câble (1) toronnées isolées et l'armure (3) est formée d'un fil plat en acier.
3. Câble haute-tension selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé par le fait que** le câble haute-tension

comprend au moins une paire d'âmes de câble (1) situées côte à côte, une des âmes conduisant le courant dans un sens et l'autre âme ramenant le courant.

4. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'on utilise, en tant que matériau de l'enveloppe de blindage (2), une tôle d'acier au silicium ou un verre métallique.
5. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'on applique, en tant que matériau de l'enveloppe de blindage (2), au moins une bande ayant un petit pas d'assemblage.
6. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, si plusieurs couches de bandes sont présentes en tant que matériau de l'enveloppe de blindage (2), deux couches superposées sont appliquées en se croisant.
7. Câble haute-tension selon la revendication 6, **caractérisé par le fait que**, dans au moins une couche de bandes, la bande est enroulée en laissant un vide.
8. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** les âmes de câble (1) sont toronnées avec plusieurs conducteurs électriques (5).
9. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**une couche (4) en matériau hautement conducteur est placée sous l'enveloppe de blindage (2).
10. Câble haute-tension selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'**un revêtement anticorrosion est appliqué par dessus l'enveloppe de blindage (2).

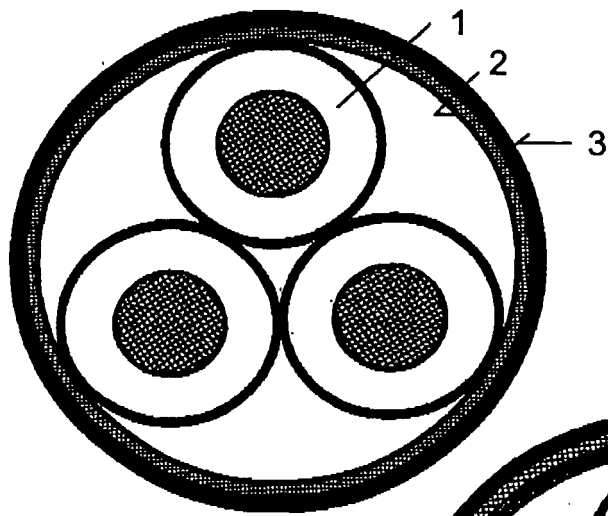


Fig. 1A

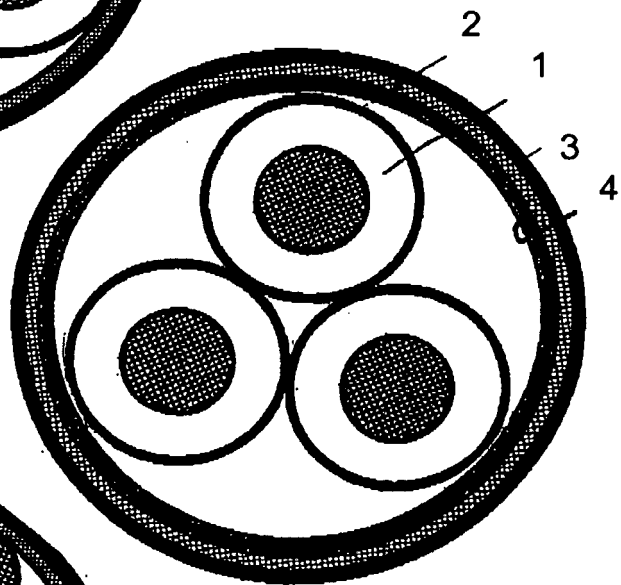


Fig. 1B

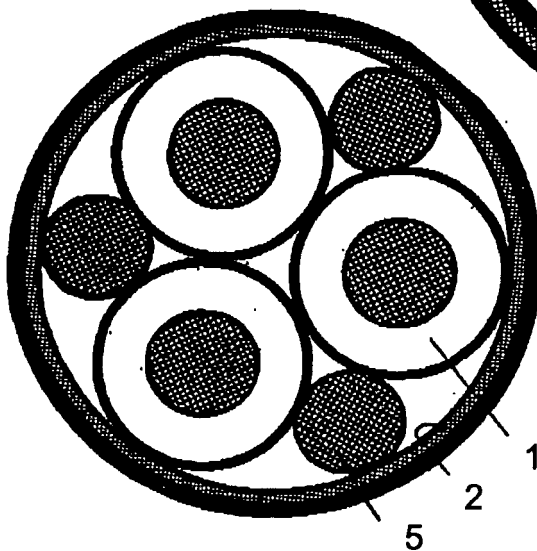


Fig. 1C

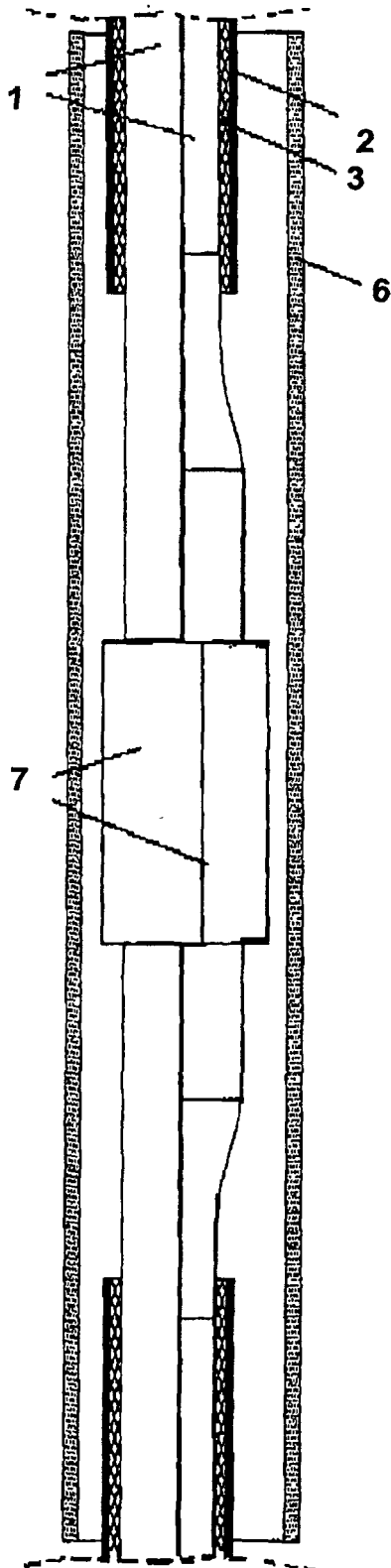


Fig. 2

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

- CH 346920 [0004]
- DE 19807527 A1 [0006] [0007]
- DE 3123040 A1 [0006] [0008]
- WO 03003382 A1 [0009]