(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 783 786 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.05.2007 Patentblatt 2007/19

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

(21) Anmeldenummer: **06022902.8**

(22) Anmeldetag: **03.11.2006**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

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

(71) Anmelder: **nkt cables GmbH**
51063 Köln (DE)

(72) Erfinder: **Die Erfindernennung liegt noch nicht vor**

(54) **Kabelsystem mit magnetischer Schirmungshülle**

(57) Vorgeschlagen wird eine magnetisch geschirmte Kabelkonstruktion mit mehreren verseilten und stahldrahtbewehrten Kabeladern (1), die in ein äußeres Rohr eingezogen werden können, dergestalt, dass unterhalb einer Stahldrahtarmierung (3) eine oder mehrere Schichten (2) aus sogenannten Elektrobändern aufgebracht werden, gegebenenfalls in Kombination mit Kompensationsleitern (5) oder -leitschichten (4). Solche Elektrobänder, wie sie im Transformatoren- und Elektromaschinenbau verwendet werden, bestehen aus Silicium-Stahlblechbändern mit geringem Siliciumanteil.

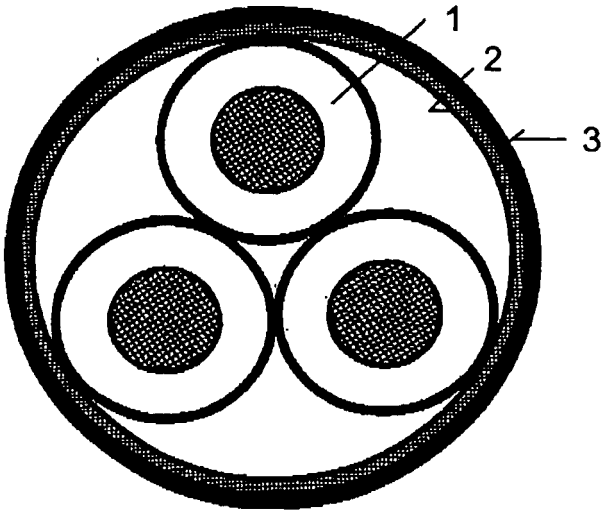

Fig. 1A

EP 1 783 786 A2

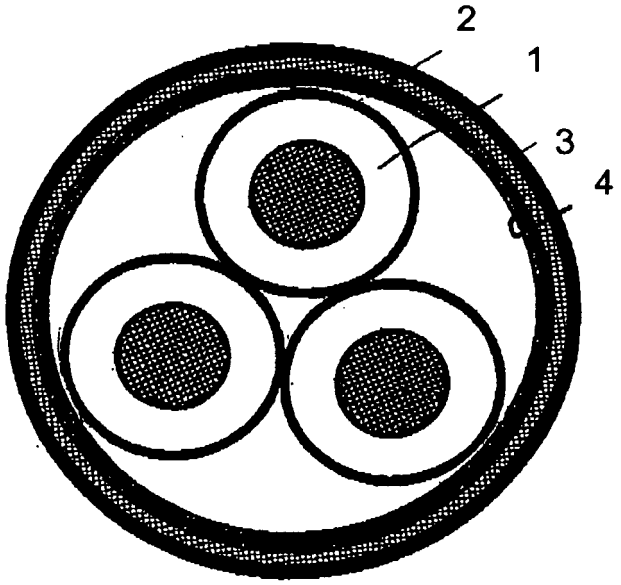

Fig. 1B

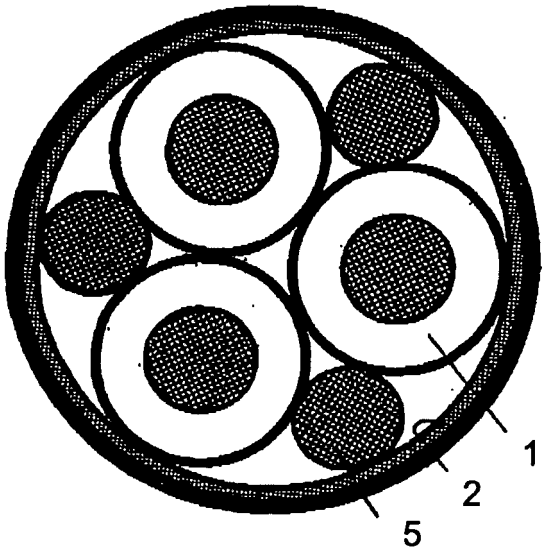

Fig. 1C

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] 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.

[0005] Das Abschirmen von Hoch- oder Miftelspannungskabeln 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 Biegbarkeit der Kabel führt. Kabel sollte jedoch eine gewisse Biegbarkeit aufweisen, weil dies im Herstellprozess und während des Verlegens von Vorteil ist. Um die geforderte Biegbarkeit und Flexibilität nicht einzuschränken, wurde schon vorgeschlagen, hochpermeable Materialien in Form von Teilchen (DE 19807527 A1) oder in Bandform (DE 3123040 A1) zu verwenden.

[0006] In der DE 19807527 A1 werden die Teilchen 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 aufgeklebt werden. Beides sind sehr aufwendige und daher nachteilige Verfahrensschritte.

[0007] 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 Biegbarkeit und Flexibilität des Kabels erhalten, jedoch eine doppelte Bebänderung erfordern. Damit werden die Luftspalte der unteren Bandlage durch die (in Gegenschlag) aufgebrachte obere Bandlage abgedeckt.

[0008] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Kabelsystem mit nicht notwendig hoher Biegbarkeit des Kabels anzugeben, bei dem das durch die Kabelströme erzeugte niederfrequente äußere Magnetfeld weitestgehend unterdrückt wird.

[0009] Die Lösung der Aufgabe findet sich im Hauptanspruch. Weiterführende Ausführungsformen werden in den Unteransprüchen formuliert.

[0010] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass mindestens eine die Kabeladern umfassende, im folgenden als Schirmungshülle bezeichnete Schicht als Wicklung mindestens eines Bandes aus magnetisch hochpermeablem Material aufgebracht ist.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] Die einzusetzenden Elektrobänder haben demgegenüber eine gute mechanische Beanspruchbarkeit und einen günstigen Preis. Sie weisen schon vom Herstellungsprozess her eine sehr dünne (Mikrometerbereich) Isolierschicht auf, können aber auch durch zusätzliche Prozesse oberflächenbeschichtet, beispielsweise verzinkt werden.

[0015] Die Wirkung der magnetischen Abschirmung ist dann optimal, wenn das Kabelsystem keinen Nullstrom führt. Dies dürfte für 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] Die Fig. 2 zeigt eine magnetisch geschirmte Anordnung im Muffenbereich. Wobei ein äußeres Schirmungsrohr 6 für die Muffenschirmung und Muffen 7 dargestellt sind.

[0024] 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.

[0025] 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).

[0026] 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 Teilabbildungen Fig. 1 B 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.

[0027] 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 wirksame 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 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.

[0028] Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, dass das äußere Schirmungsrohr 6 an seinen Enden mit der Schirmungshülle 2 der Kabeladern magnetisch dicht ver-

bunden wird. Unter dem Aspekt der magnetischen Abschirmung reicht es aus, wenn das äußere Schirmungsrohr 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.

[0029] 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 durchzuverbinden oder aber zu erden.

Patentansprüche

1. Hochspannungskabel bestehend aus isolierten und verseilten Kabeladern (1), wobei über den Kabeladern eine, Zugkräfte aufnehmende Armierung (3) vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine die Kabeladern (1) umfassende, im folgenden als Schirmungshülle bezeichnete Schicht (2) als Wicklung mindestens eines Bandes aus magnetisch hochpermeablem Material aufgebracht ist.

2. Hochspannungskabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hochspannungskabel aus drei isolierten, verseilten Kabeladern (1) besteht und die Armierung (3) aus Stahlflachdraht gebildet ist.

3. Hochspannungskabel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hochspannungskabel aus mindestens einem Paar nebeneinander liegender Kabeladern (1) besteht, bei dem die eine 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.

11. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über einen Bereich von als Muffe ausgebildeten Adernverbindungen, in dem die Schirmungshülle (2) geöffnet ist, ein Rohr (6) aus magnetisch permeablem Material angeordnet ist.

12. Hochspannungskabel nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (6) aus Stahl oder aus mit Elektrobändern umwickeltem Kunststoff besteht.

13. Hochspannungskabel nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das magnetisch permeable Material des Rohrs (6) mit der Schirmungshülle (2) elektrisch verbunden ist.

14. Hochspannungskabel nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (6) eine Länge hat, die den Bereich von als Muffe ausgebildeten Adernverbindungen überdeckt und beiderseits um den Durchmesser des Rohrs (6) verlängert ist.

15. Hochspannungskabel nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der als Muffe ausgebildeten Adernverbindungen die Enden zusätzlich vorhandener Leitschichten (4) oder Kompensationsleiter (5) miteinander verbunden oder diese geerdet sind.

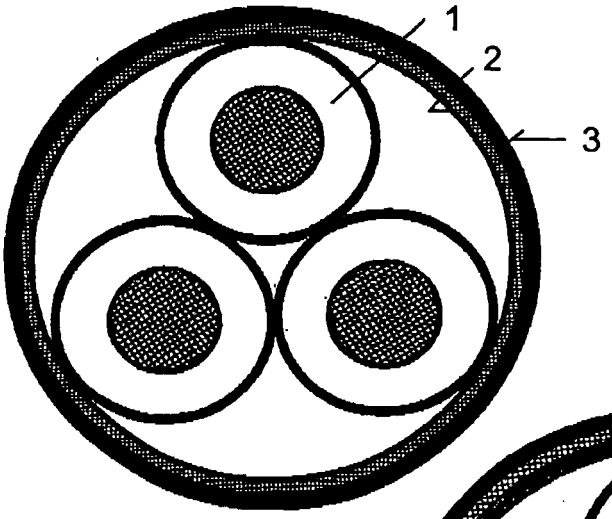

Fig. 1A

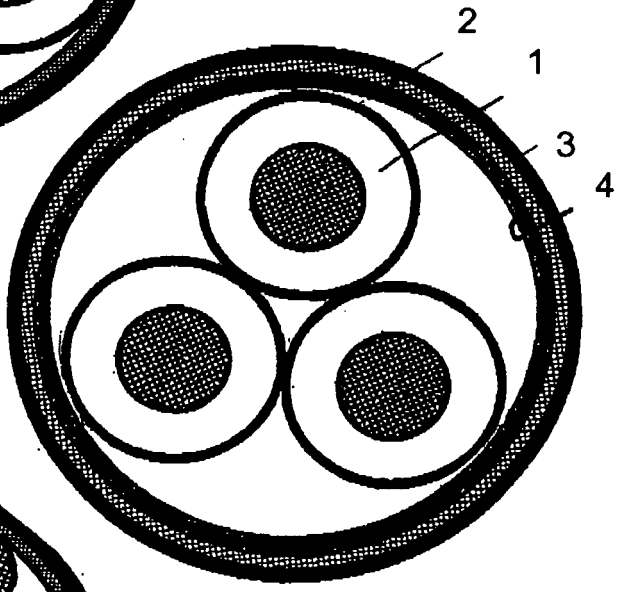

Fig. 1B

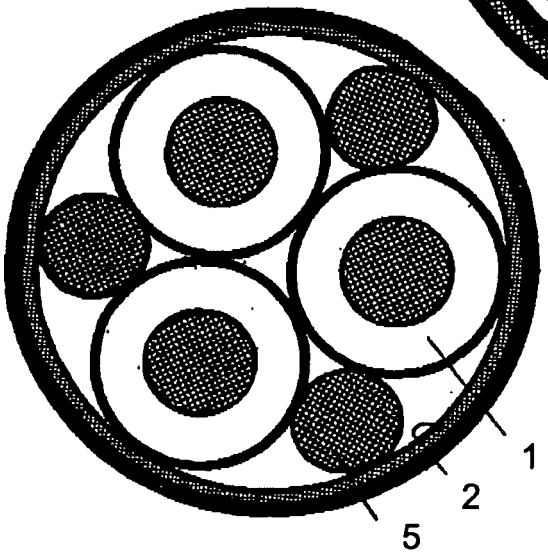

Fig. 1C

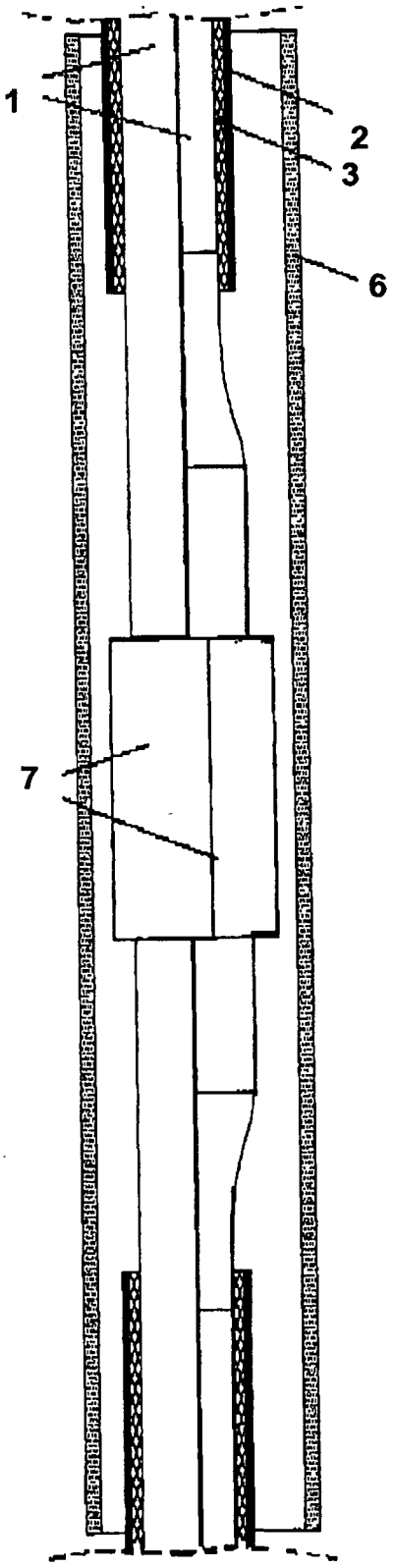

Fig. 2

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

- DE 19807527 A1 **[0005] [0006]**
- DE 3123040 A1 **[0005] [0007]**