República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016019754-2 B1

(22) Data do Depósito: 28/02/2014

(45) Data de Concessão: 03/11/2021

(54) Título: CABO ELÉTRICO

(51) Int.Cl.: H01B 7/04; H01B 7/18.

(73) Titular(es): ANDREW MAUNDER; GONZALO CHAVARRIA; PRYSMIAN S.P.A..

(72) Inventor(es): ANDREW MAUNDER; GONZALO CHAVARRIA.

(86) Pedido PCT: PCT US2014019500 de 28/02/2014

(87) Publicação PCT: WO 2015/130308 de 03/09/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/08/2016

(57) Resumo: CABO ELÉTRICO Um cabo elétrico (100) compreende: pelo menos dois primeiros membros (102) se estendendo ao longo de um comprimento do cabo elétrico (100), cada qual dos primeiros membros (102) compreendendo pelo menos um elemento condutor (112) e pelo menos uma camada isolante (302) radialmente externa a pelo menos um elemento condutor (112); pelo menos dois segundos membros (104) se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico (100), cada qual dos segundos membros (104) compreendendo pelo menos um elemento de resistência (116) e pelo menos uma camada condutora (118) radialmente externa a pelo menos um elemento de resistência (116); um berço (106) se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico (100), em que pelo menos dois primeiros membros (102) e pelo menos dois segundos membros (104) são trançados em torno do berço (106) para definir um conjunto, e em que cada qual dos primeiros membros (102) é configurado para fazer contato com o berço (106) quando pelo menos dois segundos membros (104) estão sob tensão; uma bainha (108) radialmente externa ao conjunto; e uma carga (110) entre o conjunto e a bainha (108).

CABO ELÉTRICO

Campo Técnico

[001] A presente invenção se refere a cabos elétricos com elementos de resistência. Mais especificamente, a presente invenção se refere a cabos elétricos com elementos de resistência se estendendo ao longo do comprimento dos cabos elétricos para aumentar a resistência à tração dos cabos elétricos.

Fundamentos

[002] Resistência à tração é um importante atributo de cabos elétricos. Resistência à tração pode ser de particular preocupação para cabos de energia com longos cursos em orientações vertical ou substancialmente vertical (a seguir referido como “curso vertical”), tais como em poços de mina e edifícios altos, especialmente no caso de grandes cabos (com tamanhos do condutor maiores que cerca de 53,5 mm^2 ou 1 /0 AWG).

[003] Nesta descrição, “curso” significa uma seção de cabo livremente situada entre dois consecutivos pontos de apoio.

[004] A fim de fornecer um fator de segurança suficiente, pode ser necessário que a resistência à tração do cabo elétrico seja diversas vezes a força exercida pelo peso do curso específico do cabo elétrico. Fatores de segurança padrões da indústria de até 7 (por exemplo, resistência à tração sete vezes o peso do curso do cabo elétrico) podem ser exigidos dependendo da aplicação.

[005] Para longos cursos verticais, os condutores de um cabo elétrico tipicamente não podem fornecer resistência à tração suficiente. A fim de atenuar este problema, cursos de cabo deslocados e/ou elementos de resistência à tração incluídos como parte da estrutura do cabo elétrico podem ser usados.

[006] Em um curso de cabo deslocado, um curso vertical do cabo elétrico pode ser interrompido por uma flexão em um ângulo de até 90° ou

mais, por exemplo, uma caixa de passagem, e então ficar disposto horizontalmente ou substancialmente horizontalmente por uma certa distância (tipicamente não menos que o dobro do diâmetro do cabo elétrico) antes de retomar um curso vertical. Desta maneira, o longo curso vertical é dividido em dois ou mais cursos verticais menores. Um longo curso vertical pode frequentemente exigir múltiplos deslocamentos e isto complica a instalação e consome bens imóveis valiosos em uma dada área. Em decorrência disto, deslocamentos podem não ser práticos para longos cursos verticais.

[007] Elementos de resistência à tração incluídos como parte da estrutura do cabo elétrico podem assumir inúmeras formas.

[008] Patente U.S. No. 4.956.523 se refere a um cabo elétrico blindado com membros de tração integrais para fornecer resistência à tração adicional. Os membros de tração são embutidos em uma camisa interna de poli(cloreto de vinila) (PVC) que segura firmemente os condutores isolados centrais sobre os quais ele é extrudado. A camisa é, por sua vez, firmemente segura por uma cobertura de blindagem formada de uma tira de aço. Assim, na posição vertical, grande parte do peso dos condutores isolados, camisas e revestimento de blindagem pode ser suportada pelos membros de tração sem produzir deslizamento longitudinal ou fluência perigosa entre eles. Entretanto, com camisa interna de PVC e cobertura de blindagem, este desenho de cabo é muito pesado.

[009] Também, o Requerente observou que membros de tração providos nos interstícios entre condutores isolados podem deslizar entre os condutores sob carga de tração nas temperaturas operacionais do cabo.

[0010] Patente U.S. No. 4.467.138 se refere a um fio de comunicação de construção plana. Os pares de cabos são localizados em lados opostos de um fio de reforço ou suporte central que pode consistir em um fio de aço revestido com cobre. Embora fio de comunicação possa ter longos cursos verticais, a estrutura e, especialmente, o peso de um fio de comunicação são

significativamente diferentes de um cabo elétrico para transmissão de energia.

[0011] Patente U.S. No. 4.002.820 se refere a um cabo de energia com um condutor de aterramento extensível para uso em operações de mineração. O cabo inclui um berço, em cujo centro é inserido o condutor de aterramento. O berço suporta três condutores de energia helicoidalmente enrolados constituídos de uma pluralidade de filamentos de fios metálicos cobertos com uma camada de isolamento elastomérico. O berço é feito de um material isolante semicondutor consistindo no mesmo material elastomérico do isolamento, mas contendo uma quantidade predeterminada de negro-de-fumo. O berço também suporta três condutores de aterramento inseridos um entre cada condutor de energia. Os condutores de aterramento são cada qual constituídos de uma pluralidade de filamentos de fios metálicos e são cobertos com uma camada elastomérica semicondutora do mesmo material do berço.

[0012] Relatório descritivo de patente alemã No. DE 32 24 597 Al se refere a um cabo de energia contendo, no núcleo ou nos interstícios dos condutores elétricos trançados simetricamente distribuídos na seção transversal da linha, um ou mais condutores ópticos que são providos com um trançamento ou malha externa feita de membros de tração e que ocupa toda a capacidade da linha. Como membros de tração, filamentos de aço ou plástico ou filamentos mistas de aço-cobre são consideradas.

[0013] “Flexible Electric Cables for Mining Applications”, página 39 (Pirelli, 2000), preceitua que cabos elétricos flexíveis para aplicações de mineração não devem ser tensionados acima de limites estabelecidos para as forças de tração permissíveis. Se maiores forças de tração forem esperadas, elementos de suporte têm que ser providos como parte da estrutura do cabo. Um elemento de suporte pode ser localizado no centro do cabo.

[0014] Esses problemas não são limitados aos cabos elétricos com longos cursos verticais. Outras situações podem surgir nas quais a resistência à tração de cabos elétricos pode ser de preocupação particular.

[0015] Cabos elétricos da técnica relacionada são discutidos, por exemplo, no Relatório descritivo de patente U.S. No. 2012/0082422 Al de Sarchi et al. e em “Flexible Electric Cables for Mining Applications”, discutido anteriormente.

SUMÁRIO

[0016] O requerente deparou com problema técnico de fornecer resistência à tração para cabos elétricos para transmissão de energia e distribuição que têm longos cursos verticais. Elementos de resistência à tração são tipicamente providos na estrutura de cabos elétricos para este tipo de aplicação. Elementos de resistência à tração podem ser trançados com os elementos do núcleo do cabo elétrico. Entretanto, o Requerente notou que, quando submetidos a temperaturas operacionais sob carga de tração, os elementos de resistência à tração podem penetrar nos condutores isolados. Sob carga, a hélice formada pelos membros de resistência à tração pode esticar e fazer com que os membros de resistência à tração penetrem nos elementos do núcleo, desenrolando-os e alterando a geometria do cabo, o alongamento do cabo, e a transferência de carga para os elementos do núcleo.

[0017] No caso de um elemento de resistência à tração provido na posição central axial de um cabo elétrico. O requerente notou que o elemento de resistência à tração do centro tipicamente não é tão flexível quanto uma pluralidade de elementos de resistência à tração trançados com o núcleo do cabo, não é facilmente acessado para fixação, e o uso do mesmo como o elemento de suporte primário tipicamente é aceitável somente para menores comprimentos de cursos verticais e/ ou bitolas de cabo de menor diâmetro.

[0018] O requerente observou que os problemas citados podem ser solucionados trançando condutores isolados e membros de resistência à tração do cabo elétrico em torno de um berço com uma resistência mecânica predeterminada e capaz de manter sua forma e características na temperatura operacional do cabo.

[0019] Em particular, o berço é configurado para suportar as forças de compressão exercida pelos elementos do núcleo e membros de resistência à tração, particularmente quando os membros de resistência à tração estão sob tensão na temperatura operacional do cabo.

[0020] Em um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a um cabo elétrico compreendendo:

pelo menos dois primeiros membros que se estendem ao longo de um comprimento do cabo elétrico, cada qual dos primeiros membros compreendendo um elemento condutor e uma camada isolante radialmente externa ao elemento condutor;

pelo menos dois segundos membros que se estendem ao longo do comprimento do cabo elétrico, cada qual dos segundos membros compreendendo um elemento de resistência e uma camada condutora radialmente externa ao elemento de resistência;

os primeiros e segundos membros sendo trançado em torno e em contato com um berço que se estende ao longo do comprimento do cabo elétrico;

em que o berço é feito de material polimérico com um módulo de tração maior ou igual a 1 GPa e uma temperatura de amolecimento Vicat maior ou igual a 125°C.

[0021] Os elementos de resistência dos segundos membros agem como membros de resistência à tração no cabo da invenção. Preferivelmente, os elementos de resistência são feitos de material polimérico, resultando assim em elementos de resistência mais leves que elementos feitos de material metálico. Preferivelmente, a camada condutora de um segundo membro é feita de um metal (por exemplo, cobre, alumínio, ou ligas ou compósitos dos mesmos) com uma espessura adequada para trabalhar como um condutor de aterramento. A dita espessura é dimensionada em vista de normas nacionais ou internacionais, reportadas, por exemplo, pelo Practical Guide To Electrical

Grounding, W. Keith Switzer, 1999, página IV (Library of Congress Catalog Card Number: 99-72910).

[0022] Com o propósito da presente descrição e das reivindicações anexas, exceto onde de outra forma indicado, todos os números que expressam quantias, quantidades, porcentagens, e assim por diante devem ser entendidos como sendo modificados em todos os casos pelo termo “cerca de”. Também, todas as faixas incluem qualquer combinação dos pontos máximo e mínimo descritos e incluem quaisquer faixas intermediárias a estas, que podem ou não ser especificamente enumeradas aqui.

[0023] Os cabos elétricos da invenção podem ser cabos de baixa tensão, cabos de média tensão, ou cabos de alta tensão. Nesta descrição, “baixa tensão” significa uma tensão menor que 1 quilovolt (kV); “média tensão” significa uma tensão maior ou igual a 1 kV e menor ou igual a 35 kV; e “alta tensão” significa uma tensão maior que 35 kV.

[0024] Os cabos elétricos das modalidades exemplificativas são preferivelmente usados para transmissão de energia de corrente alternada (CA).

[0025] Nesta descrição, “camada eletricamente isolante” significa uma camada de cobertura feita de material com propriedades isolantes, a saber, com uma rigidez dielétrica (resistência a disjunção dielétrica) adequada para a operação de tensão visada do cabo de acordo com as normas locais ou internacionais.

[0026] Nesta descrição, “polímero expandido” significa um polímero que tem uma porcentagem de seu volume não ocupada pelo polímero, mas por ar ou gás, ou por microesferas expansíveis, ou uma tecnologia similar. Nesta descrição, “polímero não expandido” significa um polímero que não tem uma porcentagem de seu volume ocupada por ar ou gás, ou por microesferas expansíveis, ou uma tecnologia similar.

[0027] Nesta descrição, “camada semicondutora” significa uma

camada de cobertura feita de material com propriedades semicondutoras, tal como uma matriz polimérica com negro-de-fumo, por exemplo, de maneira a obter um valor de resistividade volumétrica, à temperatura ambiente, de menos de 500 ohm-metros (Ω-m), e preferivelmente menos de 20 Ω-m. A quantidade de negro-de-fumo pode variar, por exemplo, entre 1% e 50% em peso em relação ao peso do polímero, e preferivelmente entre 3% e 30% em peso, em relação ao peso do polímero.

[0028] Nesta descrição, “carga de reforço” significa uma carga – tipicamente um material particulado ou filamentar – capaz de melhorar as características mecânicas do material no qual ele é disperso.

[0029] Os primeiros membros do cabo da invenção podem compreender, adicionalmente a um elemento condutor e uma camada isolante radialmente externa ao elemento condutor, uma camada semicondutora interna e, opcionalmente, uma externa. A camada semicondutora interna é posicionada entre e em contato com o elemento condutor e a camada isolante. A camada semicondutora externa é provida na posição radialmente externa e em contato com a camada isolante.

[0030] Vantajosamente, os primeiros membros podem compreender uma tela metálica provida na posição radialmente externa com relação à camada isolante e, em alguns casos, à camada semicondutora externa.

[0031] Em algumas modalidades exemplificativas, o elemento de resistência de um segundo membro é feito de um material – vantajosamente, um material polimérico – com uma resistência à ruptura de maneira tal a prover, pelo menos, um mínimo fator de segurança (SF), como definido pela norma ou regra de projeto aplicável. Vantajosamente, o valor de resistência à ruptura para os elementos de resistência no cabo da invenção é tal a exceder o mínimo SF em 10-20% no máximo.

[0032] Nesta descrição, “fator de segurança” significa um termo que descreve a capacidade estrutural de um elemento ou sistema além das cargas

esperadas ou cargas reais. Ele é calculado como se segue:

$$SF = (N \times B)/(CW \times L)$$

em que N é o número de membros de resistência;

em que B é a resistência à ruptura dos membros de resistência;

em que CW é o peso de cabo por unidade de comprimento; e

em que L é o comprimento de curso vertical do cabo.

[0033] Parâmetros adicionais podem ser considerados durante o cálculo de SF, de acordo com um esquema de cabo específico. Por exemplo, versados na técnica poderia incluir um parâmetro relacionado ao método de terminação das extremidades do cabo.

[0034] O mínimo SF é estabelecido por normas nacionais ou internacionais, por exemplo, pela ICEA S-93-639-2012, que, no caso de cabos verticais, prescreve um SF não menos que 5 para aplicações de furo de sondagem e não menos que 7 para aplicações de poço de mina.

[0035] O módulo de tração do material do berço da invenção é de acordo com ASTM D638- 10. Em algumas modalidades exemplificativas, o material do berço tem um módulo de tração menor ou igual a 1,7 GPa. Preferivelmente, um material do berço tem um módulo de tração maior ou igual a 1,0 GPa.

[0036] A temperatura de amolecimento Vicat do material do berço da invenção é de acordo com ASTM D 1525-09. A temperatura de amolecimento Vicat do berço pode ser até 160°C ou mais. O valor Vicat mais adequado pode ser selecionado em vista das máximas temperaturas operacionais de emergência exigidas por uma norma nacional ou internacional específica para o cabo.

[0037] Preferivelmente, o berço compreende um material polimérico de engenharia resistente à deformação. Em particular, o berço compreende um plástico de engenharia resistente à deformação classificado para pelo menos 90°C. Nesta descrição, “plástico de engenharia resistente à deformação”

significa um material com dureza Shore D de 45 a 75 (medida de acordo com ASTM D2240-05 à temperatura ambiente).

[0038] Em algumas modalidades exemplificativas, um material do berço pode ser selecionado de fibra de vidro ou material termoplástico tal como um poli(tereftalato de etileno), poliamida, um poliéster, polipropileno, polietileno – por exemplo, polietileno de alta densidade – o material termoplástico sendo opcionalmente adicionado com uma carga de reforço inorgânica tal como argila, fibra de aramida, ou fibra de vidro.

[0039] Em algumas modalidades exemplificativas, cada segundo membro é trançado entre dois primeiros membros.

[0040] Em algumas modalidades exemplificativas, o berço compreende um canal axialmente centralizado que se estende longitudinalmente configurado para alojar pelo menos um elemento de fibra óptica.

[0041] Preferivelmente, os primeiros membros são trançados com o máximo comprimento da disposição permitido pela norma nacional ou internacional selecionada. Isto permite limitar as forças rotacionais que surgem no cabo, embora sem afetar adversamente a flexibilidade do cabo. Os segundos membros vantajosamente têm a mesma disposição helicoidal dos primeiros membros.

[0042] O cabo elétrico de acordo com a invenção pode incluir 2, 3, 4 ou mais primeiros membros. Os primeiros membros podem ser arranjados de uma maneira simétrica, tal como tendo um eixo geométrico ou eixos geométricos de simetria e/ou simetria rotacional.

[0043] O cabo elétrico de acordo com a invenção pode incluir 2, 3, 4 ou mais segundos membros. Os segundos membros podem ser arranjados de uma maneira simétrica, tal como tendo um eixo geométrico ou eixos geométricos de simetria e/ou simetria rotacional.

[0044] O número de primeiros membros para o número de segundos

membros pode ser múltiplos um do outro. Pode haver, por exemplo, dois primeiros membros e dois ou quatro ou seis segundos membros, ou três primeiros membros e três ou seis ou nove segundos membros. Ao contrário, pode haver, por exemplo, dois segundos membros e dois ou quatro ou seis primeiros membros, e assim por diante. Este relacionamento de construção é adequado para preservar a simetria do cabo.

[0045] O cabo da invenção pode compreender adicionalmente uma bainha radialmente externa aos primeiros e segundos membros e, vantajosamente, uma carga entre a bainha e os primeiros e segundos membros. Na posição radialmente externa com relação à carga e na posição radialmente interna com relação à bainha, camadas adicionais podem estar presentes, tais como uma camada de polímero expandido, uma camada de revestimento contínua que age como uma barreira química, e uma camada de vedação. Preferivelmente, pelo menos a camada de polímero expandido e a camada de vedação estão presentes, a segunda externa à primeira. Mais preferivelmente, a camada de revestimento contínua que age como uma barreira química está presente, disposta entre a camada de polímero expandido e a camada de vedação.

[0046] Deve-se entender que tanto a descrição geral apresentada quanto a descrição detalhada seguinte são apenas exemplares e explanatórias, e não são restritivas da invenção na forma reivindicada.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0047] Os aspectos e vantagens apresentados, e outros mais, ficarão mais aparentes e mais facilmente percebidos a partir da descrição detalhada seguinte de modalidades exemplificativas, consideradas em conjunto com os desenhos anexos, em que:

FIG. 1 é uma vista em perspectiva de um cabo elétrico de acordo com algumas modalidades exemplificativas;

FIG. 2 é uma vista esquemática seccional transversal do cabo

elétrico da FIG. 1 de acordo com algumas modalidades exemplificativas;

FIG. 3 é uma vista seccional transversal de um cabo elétrico de acordo com algumas modalidades exemplificativas;

FIG. 4 é uma vista seccional transversal de um cabo elétrico de acordo com algumas modalidades exemplificativas;

FIG. 5 é uma vista seccional transversal de um cabo elétrico com elementos de resistência que se estendem ao longo do comprimento do cabo elétrico, com pelo menos uma camada isolante dos primeiros membros representada como uma única camada e a bainha do cabo elétrico representada como uma única camada, de acordo com algumas modalidades exemplificativas; e

FIG. 6 é uma vista seccional transversal de um cabo elétrico com elementos de resistência que se estende ao longo do comprimento do cabo elétrico, com pelo menos uma camada isolante dos primeiros membros representada como uma única camada e a bainha do cabo elétrico representada como uma única camada, de acordo com algumas modalidades exemplificativas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES EXEMPLIFICATIVAS

[0048] Modalidades exemplificativas serão agora descritas mais completamente com referência aos desenhos anexos. Modalidades exemplificativas, entretanto, podem ser concebidas em muitas diferentes formas e não devem ser interpretadas como sendo limitadas às modalidades exemplificativas apresentadas aqui. Em vez disso, essas modalidades exemplificativas são providas de forma que esta descrição seja total e completa, e que transferirá totalmente o escopo para os versados na técnica. Nos desenhos, sempre que possível, números iguais se referem a elementos iguais.

[0049] Nas FIGs. 1 e 2, os mesmos números de referência são usados para identificar componentes iguais como funções iguais ou similares.

[0050] Nas FIGs. 1 e 2, o cabo elétrico 100 compreende três primeiros membros 102 trançados ao longo do comprimento do cabo elétrico 100; três segundos membros 104 trançados ao longo do comprimento do cabo elétrico 100; berço 106 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100; camisa externa 108 radialmente externa aos primeiros membros 102 e segundos membros 104; e carga 110 entre a camisa externa 108 e tanto primeiros membros 102 quanto segundos membros 104.

[0051] Primeiros membros 102 compreendem um elemento condutor 112 e uma camada isolante 302 radialmente externa a pelo menos um elemento condutor 112.

[0052] Elementos condutores 112 no geral compreendem componentes eletricamente condutores normalmente feitos de material metálico, preferivelmente cobre, alumínio, ou ligas dos mesmos, tanto como hastes sólidas quanto como fios de metal trançados por métodos convencionais.

[0053] Por exemplo, um elemento condutor 112 pode compreender três condutores de cobre sólidos 2/0, cada qual classificado para 15 kV.

[0054] Nas FIGs. 1 e 2, cada elemento condutor 112 é adicionalmente envolto por duas camadas semicondutoras, em particular, uma camada semicondutora interna 300, provida entre o elemento condutor 112 e a camada isolante 302, e uma camada semicondutora externa 304 provida na posição radialmente externa com relação à camada isolante 302. Uma tela metálica 306 (não ilustrada na FIG. 2, mas com posição e característica como na FIG. 1), é provida na posição radialmente externa com relação à camada semicondutora externa 304.

[0055] A camada isolante 302 pode ser feita de material polimérico, por exemplo, polietileno (tipicamente reticulado), polipropileno, copolímeros (por exemplo, e borracha de etileno – propileno), ou misturas destes. As camadas semicondutoras 300, 304 são tipicamente feitas de material

carregado com carga condutora tal como negro-de-fumo e com base em um polímero polar (por exemplo, acetato de etileno vinila ou acrilato de etileno etila), opcionalmente em mistura com material de polímero análogo ao empregado para a camada isolante 302.

[0056] Preferivelmente, a tela metálica 306 compreende uma blindagem de fita de cobre.

[0057] Segundos membros 104 compreendem um elemento de resistência 1 16 e uma camada condutora 118 radialmente externa ao elemento de resistência 116.

[0058] Elementos de resistência 116 podem compreender fibras sintéticas de aramida ou para-aramida, tanto como hastes sólidas quanto como filamentos de corda trançadas por métodos convencionais. Por exemplo, elementos de resistência 116 podem ser cordas trançadas feitas de aramida da Technora® ou Kevlar® e comercializadas pela Phillystran.

[0059] Camadas condutoras 118 no geral compreendem componentes eletricamente condutores aplicados nas superfícies externas dos elementos de resistência 116, normalmente feitos de material metálico, preferivelmente cobre, alumínio, compósitos ou ligas dos mesmos, tanto como uma fita quanto fio bobinado helicoidal trançado, folha ou equivalente.

[0060] Camadas condutoras 118 podem compreender metálicas ou, preferivelmente, fios metálicos helicoidalmente bobinados aplicados em torno dos núcleos da corda. Por exemplo, fio neutro concêntrico com diâmetro de 8,36 mm^2 a 2,08 mm^2 podem ser usados para terras com um diâmetro de cerca de 35 mm^2 (2 AWG), enquanto fios com diâmetro de 0,82 mm^2 a 0,20 mm^2 podem ser usados para terras menores.

[0061] Por exemplo, camadas condutoras 118 compreendem trançamentos de cobre ou espiras helicoidais de fio de cobre com uma seção do terra equivalente de 21,14 mm^2 aplicando 22 fios de 0,33 mm^2 de cobre nos elementos de resistência 116. Dependendo do raio dos elementos de

resistência 116, a cobertura (isto é, quantidade de superfície coberta pelo fio) de tais camadas condutoras 118 sobre os elementos de resistência 116 pode ser somente 36% ou menos, pode ser 64% ou mais, ou pode ser algum valor entre 36% e 64%.

[0062] Por exemplo, nos segundos membros 104, camadas condutoras 118 compreendem espiras helicoidais de fio de cobre menor ou igual a 8,36 mm^2 e maior ou igual a 0,0127 mm^2.

[0063] Camadas condutoras 118 compreendendo os componentes eletricamente condutores facilitam aos segundos membros 104 agir como membros de aterramento elétrico quando em contato com a tela metálica 306 (por exemplo, blindagem de fita de cobre) dos primeiros membros 102.

[0064] O berço 106 é adequadamente centralizado na seção transversal do cabo elétrico 100. Preferivelmente, o berço 106 apresenta simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100. Mais preferivelmente, a simetria pode ser simetria axial (por exemplo, 2 ou 4 eixos geométricos de simetria) e/ou simetria rotacional (por exemplo, 90°, 120° ou 180°).

[0065] Preferivelmente, um material de berço 106 tem um módulo de tração maior ou igual a 1,0 GPa e menor ou igual a 1,7 GPa.

[0066] No cabo de acordo com a FIG. 1, o berço 106 compreende um canal que se estende longitudinalmente 126. Preferivelmente, o canal que se estende longitudinalmente 126 é axialmente centralizado no berço 106 ao longo do eixo geométrico central Z. O canal que se estende longitudinalmente 126 pode ser configurado para alojar pelo menos um elemento de fibra óptica. Preferivelmente, o cabo elétrico 100 compreende adicionalmente pelo menos um elemento de fibra óptica alojado no canal que se estende longitudinalmente 126.

[0067] Primeiros membros 102 e segundos membros 104 são trançados em torno do berço 106 para definir um conjunto que compreende

primeiros membros 102 e segundos membros 104. A camisa externa 108 é radialmente externa ao conjunto. Preferivelmente, a camisa externa 108 é feita de material polimérico, por exemplo, polietileno de alta densidade. A carga 110 é entre o conjunto e a camisa externa 108. Preferivelmente, a carga 110 é provida no conjunto por extrusão e é baseada em material polimérico, por exemplo, borracha de monômero de etileno propileno dieno (EPDM), PVC, termoplástico vulcanizado (TPV), ou poli(fluoreto de vinilideno) (PVDF).

[0068] O material polimérico de carga 110 pode ser tanto não expandido quanto expandido. A carga 110 compreendendo um polímero expandido deve fazer com que o cabo elétrico 100 seja mais leve por unidade de comprimento do que um cabo similar compreendendo um polímero não expandido, potencialmente permitindo maiores cursos verticais, mantendo ainda o fator de segurança da indústria padrão exigido. Adicionalmente, ou alternativamente, o cabo elétrico 100 sendo mais leve por unidade de comprimento deve permitir o uso de menores elementos de resistência 116 e/ou segundos membros 104, permitindo reduções de peso adicionais por unidade de comprimento. Cargas expansíveis adequadas para a presente invenção são descritas, por exemplo, na Patente U.S. No. 6.501.027 B1, Patente U.S. No. 7.465.880 B2 e PCT/IB2013/002426.

[0069] Camadas protetoras adicionais podem ser providas entre a carga 110 e a camisa externa 108, tal como uma camada de polímero expandido ou não expandido 400, por exemplo, como descrito em PCT/IB2013/002426 ou na Patente U.S. No. 7.465.880 B2.

[0070] Como pela FIG. 2, o cabo da invenção preferivelmente compreende uma camada de vedação 402 feita, por exemplo, de fita metálica revestida com polímero com sobreposição vedada com uma camada adesiva sobre a camada de polímero expandido 400, e envolta por uma camada de revestimento contínua agindo como uma barreira química 404 feita, por exemplo, de uma poli-imida.

[0071] Vantajosamente, primeiros membros 102 fazem contato com segundos membros 104. Preferivelmente, cada primeiro elemento 102 faz contato com pelo menos um segundo membro 104. Mais preferivelmente, cada primeiro elemento 102 faz contato com dois segundos membros 104.

[0072] O conjunto de primeiro e segundos membros 102, 104 define primeira zona 122 radialmente interna ao conjunto. Vantajosamente, o berço 106 ocupa substancialmente a totalidade da primeira zona 122.

[0073] O conjunto define uma segunda zona radialmente externa ao conjunto, mas radialmente interna à bainha 108. A carga 110 pode ocupar substancialmente a totalidade da segunda zona preenchendo praticamente todo espaço de outra forma vazio na segunda zona sob a bainha 108 e os interstícios dos primeiros membros 102 e segundos membros 104.

[0074] Preferivelmente, o material de polímero da carga 110 se estende além do conjunto e da segunda zona, e sobrepõe os mesmos, de maneira tal que um anel anular envolve o conjunto e a segunda zona. Esta extensão da carga 110 sobre o conjunto e a segunda zona (também referida como uma camada anular) pode ter uma espessura maior ou igual a cerca de 0,1 mm e menor ou igual a cerca de 6,0 mm, mas maiores espessuras radiais podem ser usadas, dependendo do diâmetro de cabo elétrico 100 e/ou da aplicação visada do cabo elétrico 100.

[0075] Preferivelmente, cada qual dos segundos membros 104 é trançado entre dois dos primeiros membros 102.

[0076] Vantajosamente, primeiros membros 102 são trançados com o máximo comprimento da disposição permitido pela norma nacional ou internacional selecionado. Por exemplo, de acordo com ICEA 639, para um cabo de dois núcleos, o comprimento da disposição é trinta (30) vezes o diâmetro do condutor 112; para um cabo de três núcleos, o comprimento da disposição é trinta e cinco (35) vezes o diâmetro do condutor; para um cabo de quatro núcleos, o comprimento da disposição é quarenta (40) vezes o

diâmetro do condutor; para um cabo com mais de quatro núcleos, o comprimento da disposição é quinze (15) vezes o diâmetro do conjunto de cabo.

[0077] Quando segundos membros 104 estão sob tensão, particularmente quando o cabo elétrico 100 está a elevada temperatura, segundos membros 104 tendem a ser puxados em direção ao centro do cabo elétrico 100. Na ausência de berço 106, esta tendência de segundos membros 104 serem puxados em direção ao centro de cabo elétrico 100 poderia deslocar os primeiros membros 102 para fora do centro do cabo elétrico 100, espalhando primeiros membros 102. Entretanto, como aqui discutido, em virtude de os primeiros membros 102 e os segundos membros 104 serem configurados para ficar em contato com o berço 106, o berço 106 age para impedir tal espalhamento dos primeiros membros 102. Assim, o berço 106 funciona para suportar e manter as posições dos primeiros membros 102 e segundos membros 104, garantindo a estabilidade estrutural do cabo elétrico 100. O berço 106 funciona como um espalhador mecânico para segundos membros 104 também, particularmente quando segundos membros 104 estão sob tensão.

[0078] A rigidez de torção geral de um cabo elétrico de acordo com a invenção pode ser significante, especialmente quando os elementos condutores compreendem um componente eletricamente condutor feito de fios de metal trançados. Neste caso, os elementos condutores podem começar a desenrolar, alterando o comprimento da disposição dos elementos condutores e submetendo os elementos de resistência a tensão adicional, um problema potencialmente significante nas orientações vertical ou substancialmente vertical.

[0079] A rigidez de torção de inúmeros constituintes de um cabo elétrico contribui para a rigidez de torção geral de cabo em si. Em particular, uma camada de polímero expandido 400 e camada de vedação 402 tendem a

ser torcionalmente rígidas. Especialmente, uma camada de vedação 402 feita de fita metálica revestida com polímero, com sobreposições na fita metálica revestida com polímero vedada por uma camada adesiva, tende a reter sua rigidez de torção tanto a temperaturas operacionais (por exemplo, 90°C) quanto a temperaturas de emergência (por exemplo, 140°C) do cabo elétrico. Alta rigidez de torção do cabo elétrico 100 dotado de uma camada de polímero expandido 400 e, preferivelmente, uma camada de vedação 402 na faixa de temperaturas operacionais normais tende a combater esses efeitos de desenrolamento e tensão adicional.

[0080] Abordagens adicionais foram consideradas para reduzir tensão de torção em um cabo elétrico de acordo com a invenção.

[0081] No caso do cabo elétrico 100 de acordo com a FIG. 1, quando elementos condutores 112 compreendem um componente eletricamente condutor feito de fios de metal trançados, a disposição dos primeiros membros 102 é feita vantajosamente oposta à dos fios de metal trançados. Adicionalmente, ou alternativamente, quando elementos de resistência 116 são filamentos de corda trançados, a disposição dos segundos membros 104 é oposta à dos filamentos de corda trançados.

[0082] Como anteriormente discutido, o comprimento da disposição dos primeiros membros 102 e, dessa maneira, dos segundos membros 104 é vantajosamente controlada em relação ao diâmetro do elemento condutor 1 12. O comprimento da disposição é o máximo apresentado pela norma nacional ou internacional selecionado – por exemplo, ICEA 639.

[0083] Com propósitos de fabricação de um cabo elétrico de acordo com a invenção, o berço pode ser extrudado. Primeiros membros 102 e segundos membros 104 podem ser trançados em torno do berço extrudado 106.

[0084] Com propósitos de fabricação do cabo elétrico 100, um cabeador tipo planetário que fornece sete posições é capaz de cabear o berço

106, primeiros membros 102 e segundos membros 104. Entretanto, se segundos membros 104 não compreenderem tanto um elemento de resistência 116 quanto uma camada condutora 118, um cabeamento em um cabeador tipo planetário com mais de sete posições deve ser usado para incluir pelo menos um condutor de aterramento separado. O uso de um cabeador tipo planetário com mais de sete posições é complicado do ponto de vista industrial em virtude da disponibilidade limitada deste maquinário e da escassa praticidade do mesmo, especialmente na fabricação de cabo grande (com bitolas do condutor maiores que cerca de 53,5 mm^2 ou 1 /0 AWG).

[0085] FIG. 3 é uma seccional transversal esquemática de um cabo elétrico 100 com segundos membros 104 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100, com primeiros membros 102 e com uma camisa externa 108, de acordo com algumas modalidades exemplificativas. Na FIG. 3, os mesmos números de referência são usados para identificar componentes iguais como funções iguais ou similares nas FIGs. 1 e 2.

[0086] No presente caso, como no caso do cabo das FIGs. 1 e 2, o número de primeiros membros 102 é igual ao número de segundos membros 104.

[0087] O cabo 100 da FIG. 3 difere daqueles das FIGs. 1 e 2 em que compreende dois primeiros membros 102 e dois segundos membros 104. Também, uma barreira química como 404 na FIG. 2 não está representada, mas pode ser vantajosamente provida neste tipo de cabo.

[0088] Na FIG. 3, o berço 106 é centralizado na seção transversal do cabo elétrico 100. Em particular, o berço 106 apresenta simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100. O berço 106 apresenta dois eixos geométricos de simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100, bem como simetria rotacional de 180°.

[0089] FIG. 4 é uma vista seccional transversal esquemática de um cabo elétrico 100 com segundos membros 104 se estendendo ao longo do

comprimento do cabo elétrico 100, com primeiros membros 102 e com uma camisa externa 108, de acordo com algumas modalidades exemplificativas. Na FIG. 4, os mesmos números de referência são usados para identificar componentes iguais com funções iguais ou similares nas FlGs. 1 e 2. Também, uma barreira química como 404 na FIG, 2 não está representada, mas pode ser vantajosamente provida neste tipo de cabo.

[0090] No presente caso, como no caso do cabo das FIGs. 1 e 2, o número de primeiros membros 102 é igual ao número de segundos membros 104. Pode haver, por exemplo, quatro primeiros membros e quatro segundos membros.

[0091] O cabo da FIG. 4 difere daqueles das FIGs. 1 e 2 em que compreende quatro primeiros membros 102 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100 e quatro segundos membros 104.

[0092] Na FIG. 4, o berço 106 é centralizado na seção transversal do cabo elétrico 100. Em particular, o berço 106 apresenta simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100. O berço 106 apresenta dois eixos geométricos de simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100, bem como simetria rotacional de 180°.

[0093] FIG. 5 é uma vista seccional transversal esquemática de um cabo elétrico 100 com segundos membros 104 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100, com primeiros membros 102 e com uma camisa externa 108, de acordo com algumas modalidades exemplificativas. Na FIG. 5, os mesmos números de referência são usados para identificar componentes iguais com funções iguais ou similares nas FIGs. 1 e 2. Também, uma barreira química como 404 na FIG. 2 não está representada, mas pode ser vantajosamente provida neste tipo de cabo.

[0094] No presente caso, o número de primeiros membros 102 é maior que o número de segundos membros 104. Em particular, o cabo 100 da FIG. 5 compreende quatro primeiros membros 102 e dois segundos membros

104.

[0095] FIG. 5 difere das FIGs. 1 e 2 em que o cabo elétrico 100 na FIG. 5 compreende quatro primeiros membros 102 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100 e dois segundos membros 104 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100.

[0096] Na FIG. 5, o berço 106 é centralizado na seção transversal do cabo elétrico 100. Em particular, o berço 106 apresenta simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100. O berço 106 apresenta dois eixos geométricos de simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100, bem como simetria rotacional de 180°.

[0097] FIG. 6 é uma vista seccional transversal esquemática de um cabo elétrico 100 com segundos membros 104 se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico 100, com primeiros membros 102 e com uma camisa externa 108, de acordo com algumas modalidades exemplificativas. Na FIG. 6, os mesmos números de referência são usados para identificar componentes iguais com funções iguais ou similares nas FIGs. 1 e 2. Também, uma barreira química como 404 na FIG. 2 não está representada, mas pode ser vantajosamente provida neste tipo de cabo.

[0098] No presente caso, o número de primeiros membros 102 é menor que o número de segundos membros 104. Em particular, o cabo 100 da FIG. 6 compreende dois primeiros membros 102 e quatro segundos membros 104.

[0099] Na FIG. 6, o berço 106 é centralizado na seção transversal do cabo elétrico 100. Em particular, o berço 106 apresenta simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100. Preferivelmente, o berço 106 apresenta dois eixos geométricos de simetria com relação à seção transversal do cabo elétrico 100, bem como simetria rotacional de 180°.

[00100] Embora modalidades exemplificativas tenham sido particularmente mostradas e descritas, versados na técnica entendem que

várias mudanças na forma e detalhes podem ser feitas aqui sem fugir do espírito e escopo da presente invenção definido pelas reivindicações seguintes.

EXEMPLOS

[00101] Duas variações do cabo da invenção são descritas. Cabos A e B ambos compreenderam três condutores de cobre de 70 mm^2 (2/0), classificados para 15 kV, isolados com borracha de etileno-propileno (EPR), montados em torno de um berço central. Também montados em torno do berço central foram três elementos de resistência de cordas de aramida cobertos por uma camada de cobre agindo como fios condutores (terra). Envolvendo um encerramento, o núcleo montado foi uma carga de borracha de EPDM, que ficou sobreposta aos elementos do núcleo. Envolvendo a carga havia uma bainha sistema de múltiplas camadas. As camadas compreenderam uma camada de revestimento contínua de poli-imida agindo como uma barreira química e uma camisa de plástico externa. Duas camadas intermediaram a borracha de EPDM e a camada de poli-imida compreendeu uma camada a base de polipropileno expandido e uma fita metálica revestida com polímero com sobreposição vedada com uma camada adesiva.

[00102] Em particular, o cabo A compreendeu cordas de aramida (comercialmente disponível pela Phillystran) com uma resistência à ruptura de 102 kN (23.000 libras), enquanto o cabo B compreendeu cordas de aramida (comercialmente disponível pela Phillystran) com uma resistência à ruptura de 34 kN (7.700 libras). O cabo A, com membros de resistência de maior classificação podem ser projetados, por exemplo, para uma maior queda vertical.

[00103] Tanto o cabo A quanto B foram providos com o equivalente da seção de aterramento de 25 mm^2 (4 AWG) aplicando 22 fios de 0,34 mm^2 (22 AWG) de cobre sobre os elementos de resistência. No caso do cabo A, isto traduziu em 36% de cobertura de cobre no elemento de resistência. No caso

do cabo B, isto traduziu em 64% de cobertura de cobre no elemento de resistência.

[00104] Cabo A tem um peso de 65,6 N/metro (4,5 lbsf/pé) e foi destinado a uma queda vertical de 667,5 metros (2.190 pés) em um poço de mina (peso força do curso = 43.837 N ou 9.855 lbsf). Então, para um fator de segurança de pelo menos 7 de acordo com ICEA S-93-639-2012, os elementos de resistência do cabo devem ser uma resistência à ruptura combinada de 306,8 kN (68.985 lbsf) – no presente caso, três cordas de aramida como membros de resistência, cada qual tendo uma resistência à ruptura de pelo menos 102,28 kN (22.995 lbsf). No cabo A, cada corda selecionada excedeu esta quantidade em 20%, já que teve uma resistência à ruptura de 122,7 kN (27.594 lbsf) cada.

[00105] O cabo B tem um peso de 65,6 N/metro (4,5 lbsf/pé) e foi projetado para uma queda vertical de 304,8 metros (1.000 pés) em um furo de sondagem (peso força do curso = 20.017 N ou 4.500 lbsf). Então, para um fator de segurança de pelo menos 5 de acordo com ICEA S-93-639-2012, seus elementos de resistência devem ter uma resistência à ruptura combinada de 100,1 kN (22.000 lbsf) – no presente caso, três cordas de aramida como membros de resistência, cada qual tendo uma resistência à ruptura de pelo menos 33 kN (7.400 lbsf). No cabo B, cada corda de aramida selecionada excedeu esta quantidade em 20%, já que teve uma resistência à ruptura de 39,6 kN (8.902 lbsf).

[00106] Versados na técnica devem entender que podem ser capazes de selecionar os elementos de resistência adequados com a resistência à ruptura apropriada com base no número de elementos de resistência, peso do cabo /unidade de comprimento geral, fator de segurança exigido, e queda vertical usando os exemplos apresentados.

REIVINDICAÇÕES

1. Cabo elétrico (100), compreendendo:

pelo menos dois primeiros membros (102) se estendendo ao longo de um comprimento do cabo elétrico (100), cada qual dos primeiros membros (102) compreendendo um elemento condutor (112) e uma camada isolante (114) radialmente externa ao elemento condutor (112); e

pelo menos dois segundos membros (104) se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico (100), cada qual dos segundos membros (104) compreendendo um elemento de resistência (116) e uma camada condutora (118) radialmente externa ao elemento de resistência (116);

caracterizado pelo fato de que os primeiros membros (102) e os segundos membros (104) são trançados em torno e em contato com um berço (106) se estendendo ao longo do comprimento do cabo elétrico (100); e

em que o berço (106) é feito de material polimérico com um módulo de tração de 1 GPa a 1,7 GPa, e uma temperatura de amolecimento Vicat maior ou igual a 125°C.

2. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada condutora (118) é feita de metal com uma espessura adequada para trabalhar como um condutor de aterramento.

3. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os primeiros membros (102) compreendem uma tela metálica (306) provida na posição radialmente externa com relação à camada isolante (114).

4. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a camada condutora (118) fica em contato com a tela metálica (306).

5. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento de resistência (116) é feito de material polimérico.

6. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento de resistência (116) é feito de material com uma resistência à ruptura (B) de maneira a prover pelo menos um fator de segurança mínimo (SF).

7. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o berço (106) é feito de material selecionado de fibra de vidro ou material termoplástico.

8. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o material termoplástico é adicionado com carga de reforço inorgânica.

9. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o berço 106 é feito de material com uma dureza Shore D de 45 a 75.

10. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada segundo membro (104) é trançado entre dois dos primeiros membros (102).

11. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os primeiros membros (102) são trançados com um máximo comprimento da disposição permitido por uma norma nacional ou internacional selecionada.

12. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os primeiros membros (102) e os segundos membros (104) estão presentes em números que são múltiplos um do outro.

13. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente, sequencialmente na posição radialmente externa com relação aos primeiros membros (102) e os segundos membros (104), pelo menos uma camada de polímero expandido (400), uma camada de revestimento contínua agindo como uma barreira química (404), ou uma camada de vedação (402).

14. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que primeiros membros (102) fazem contato com segundos membros (104).

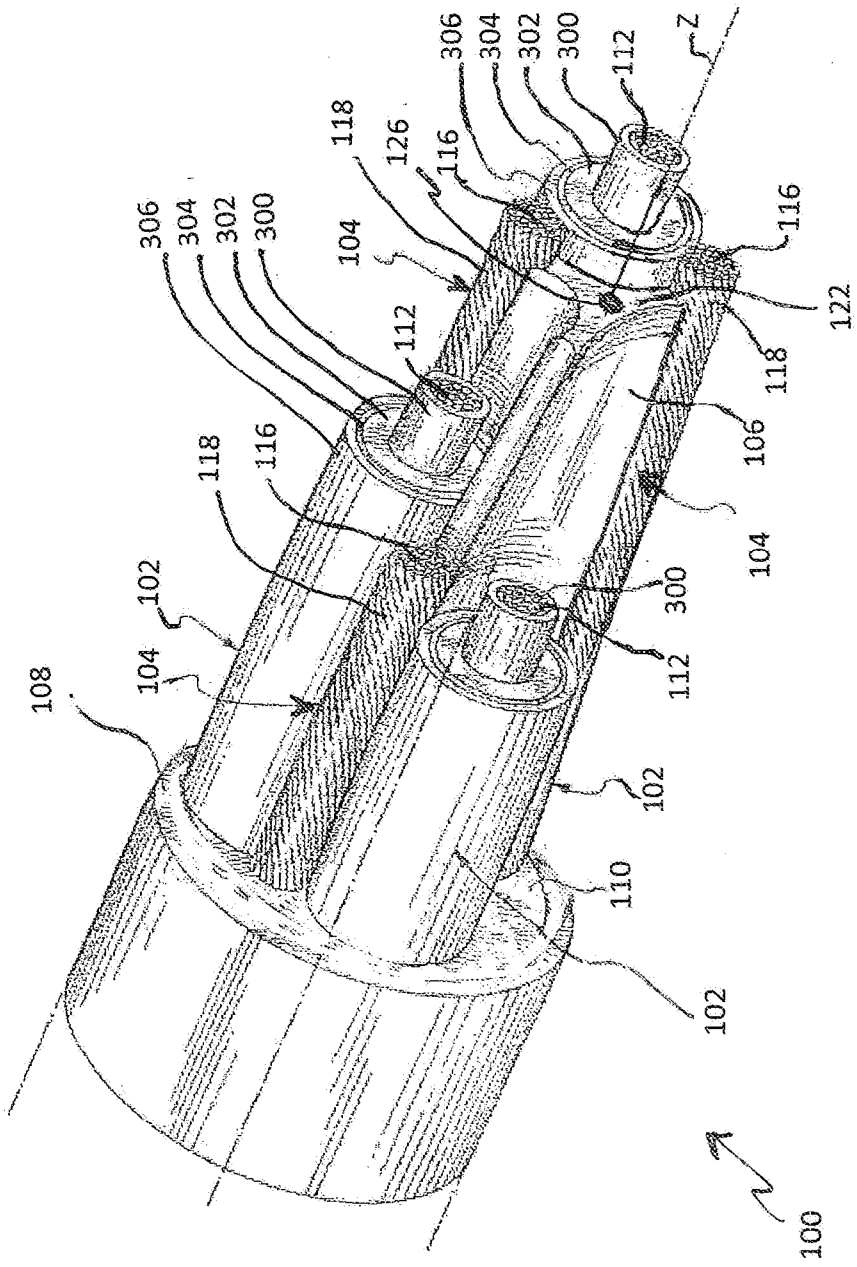


FIG. 1

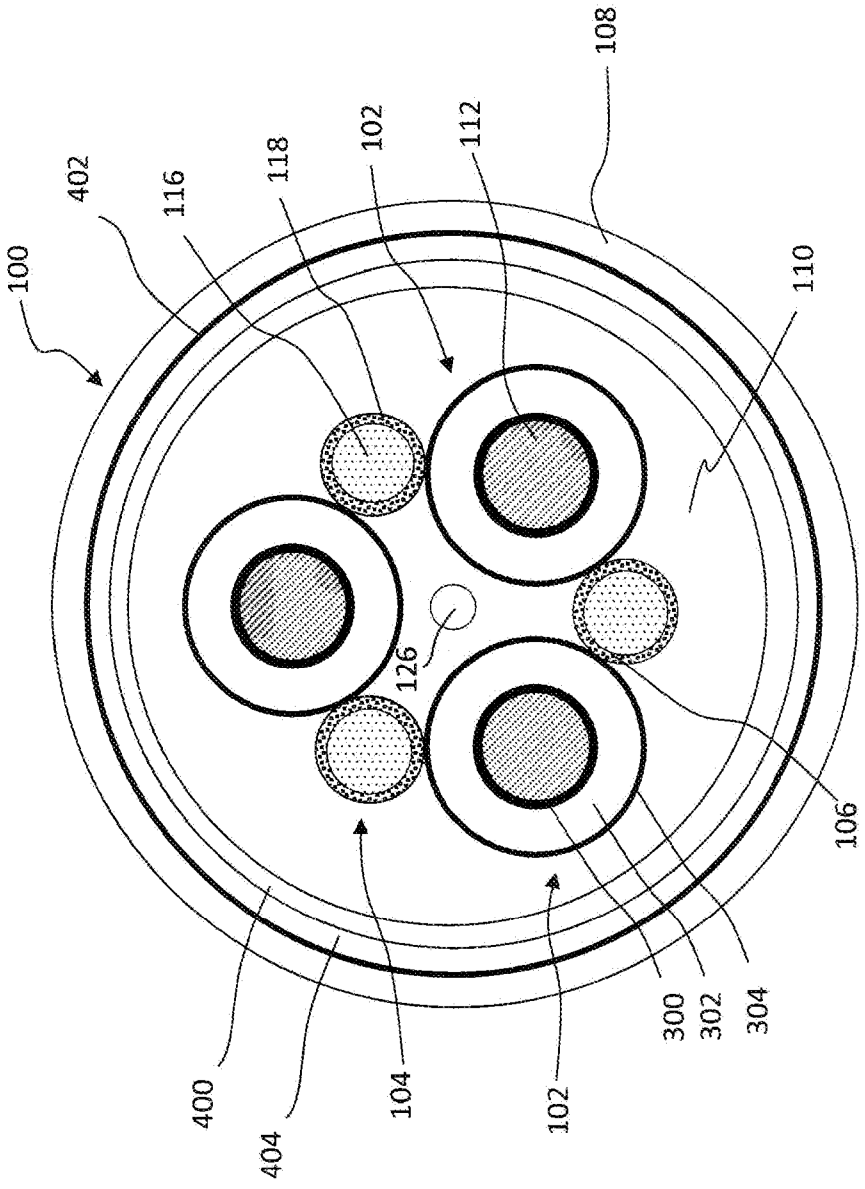

100
402
116
118
102
112
108
110
126
106
400
404
104
102
300
302
304

FIG. 2

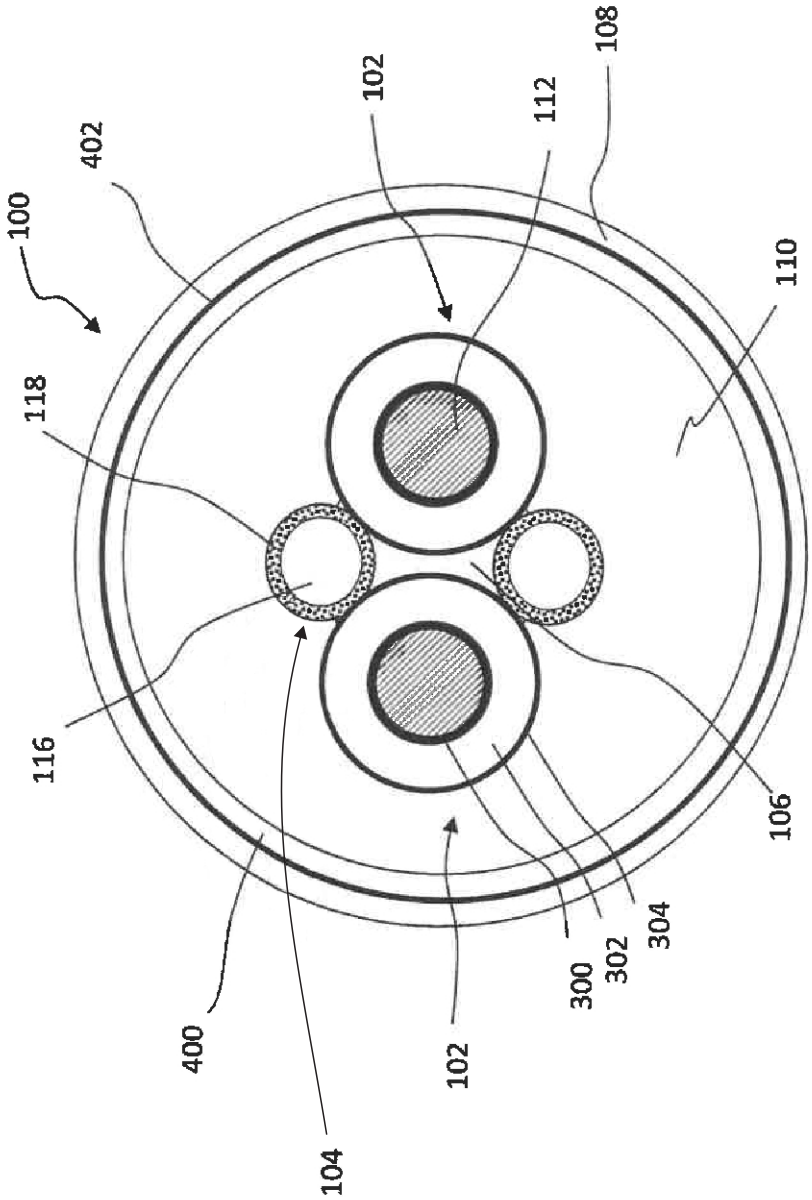


FIG. 3

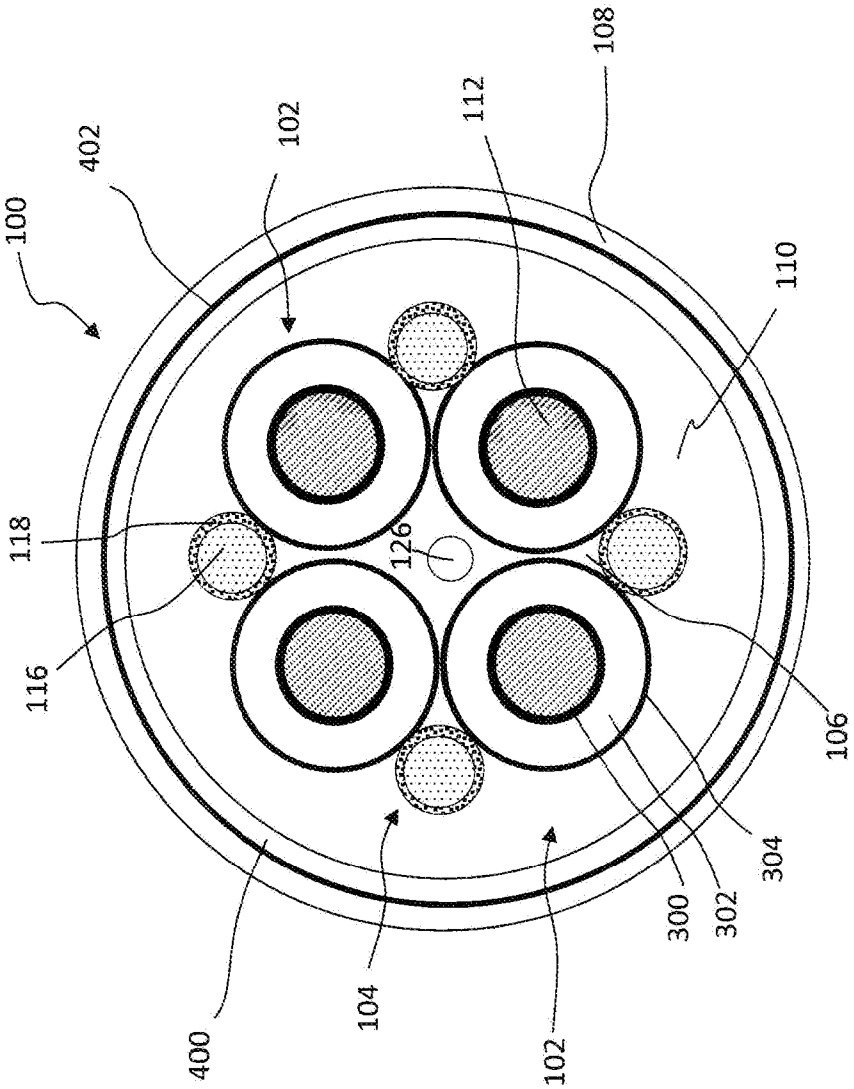


FIG. 4

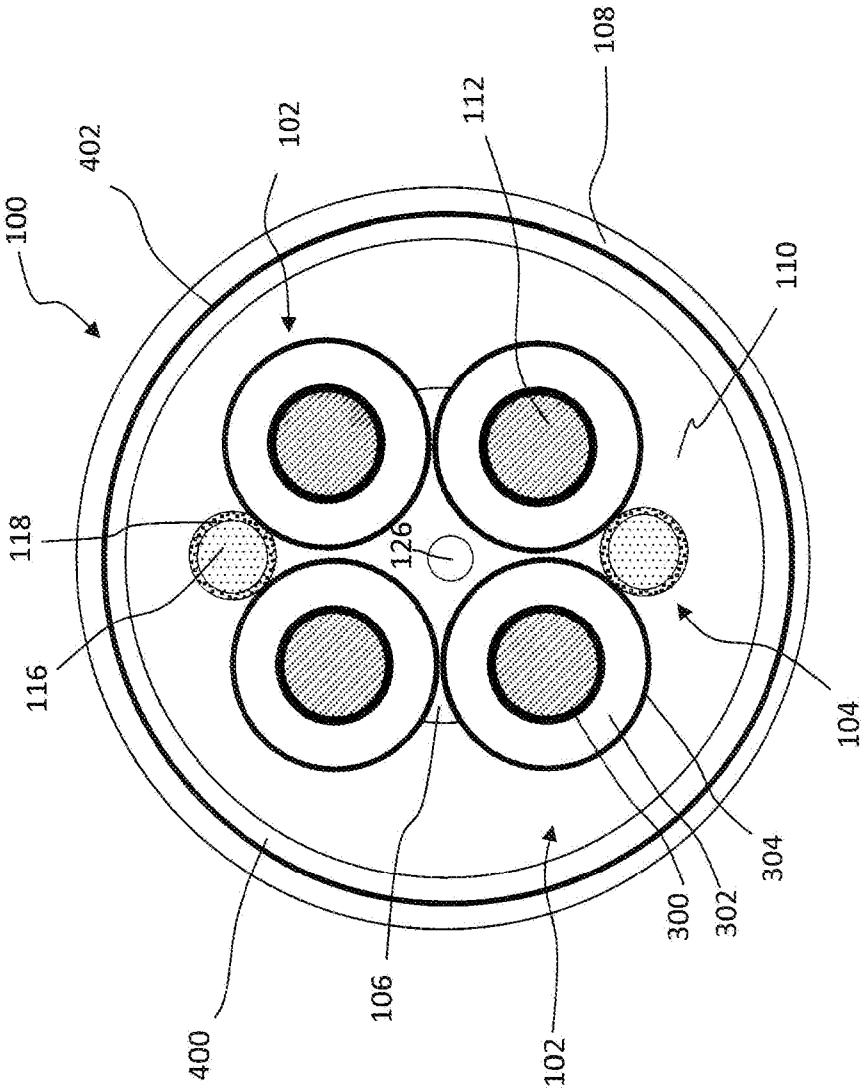


FIG. 5

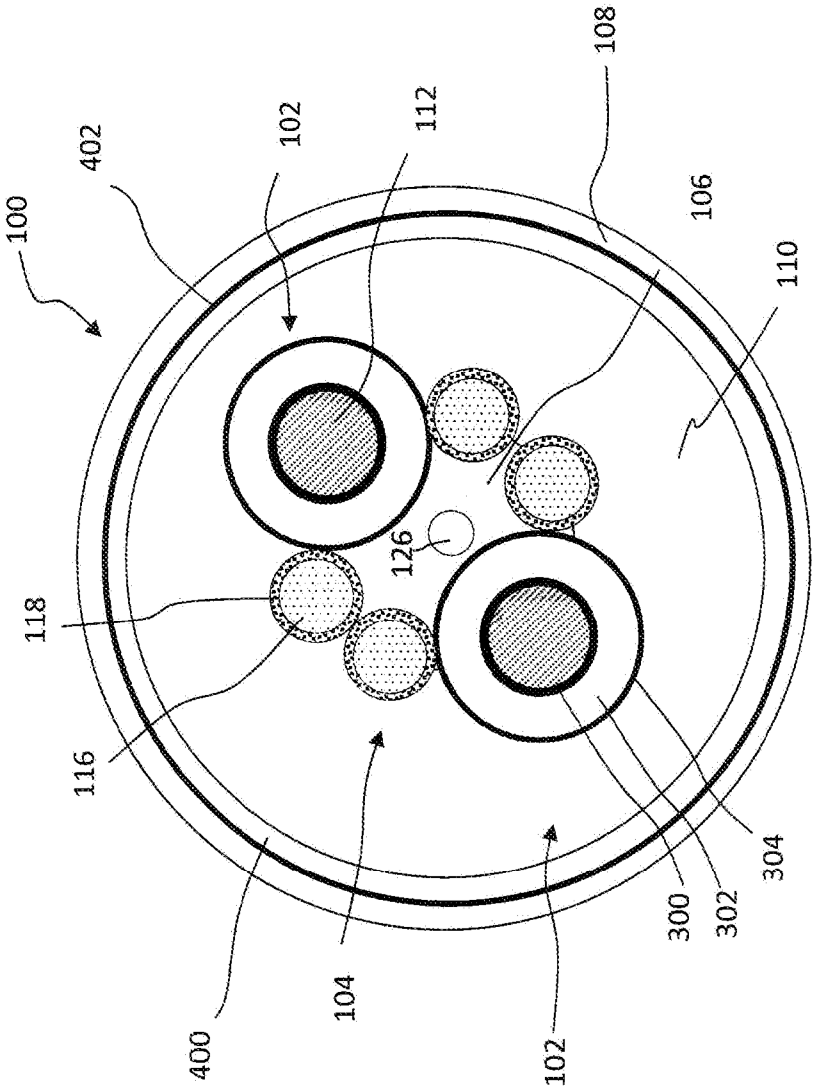


FIG. 6