



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0520432-1 B1

(22) Data do Depósito: 15/07/2005

(45) Data de Concessão: 28/11/2017



(54) Título: "CABO"

(51) Int.Cl.: H01B 9/02; H01B 7/18

(73) Titular(es): PRYSMIAN CAVI E SISTEMI ENERGIA S.R.L.

(72) Inventor(es): PAUL CINQUEMANI; ANDREW MAUNDER; PAOLO VEGGETTI; ALBERTO BAREGGI; SÉRGIO BELLI

“CABO”

Campo Técnico

A presente invenção trata genericamente de cabos condutores de energia elétrica dotados de coberturas externas poliméricas. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a cabos condutores de energia elétrica dotados de elementos neutros concêntricos embutidos nas suas cobertas ou revestimentos externos.

Fundamentos

Os cabos condutores de energia elétrica tipicamente apresentam uma camisa externa ou bainha, que circunda o exterior do cabo e confere proteção térmica, mecânica e ambiental para os elementos condutores no seu interior. As camisas externas com freqüência consistem de polietileno, poli(cloreto de vinila) (PVC), ou nylon.

Os cabos projetados para distribuição de tensão média (genericamente 5 kV a 46 kV inclusive), tais como cabos de alimentação ou aqueles projetados para distribuição residencial ou distribuição subterrânea primária, genericamente têm uma camisa polimérica não expandida formada em uma única camada. Estes cabos também podem incluir elementos, fios ou cintas planas, por exemplo, formados no interior da camisa e concêntricamente dispostos em torno do eixo geométrico do cabo e helicoidalmente ao longo de sua extensão. Estes elementos também designados de “neutros concêntricos” ou “*wire serves*” proporcionam um trajeto de corrente de retorno para acomodar panes. Os elementos tipicamente necessitam ter capacidade para conduzir altas correntes elétricas (milhares de Ampères) por uma curta duração (60 ciclos/s ou menos) durante uma condição de emergência até um sistema de relé poder interromper o sistema de distribuição.

A figura 1 é uma vista esquemática em corte transversal de um cabo de elementos neutros concêntricos de natureza convencional. O cabo

100 contém um condutor 110, uma blindagem semicondutora 115, uma
camada isolante 120, uma blindagem isolante 125, uma camisa externa 130, e
elementos neutros concêntricos 150. Os elementos neutros concêntricos 150
servem como trajeto de corrente de retorno neutro e tem de ser dimensionados
5 correspondentemente. A blindagem isolante 125 é usualmente produzida de
uma camada semicondutora produto de extrusão que circunda a camisa
isolante 120. O condutor 110 serve para distribuir energia elétrica ao longo do
cabo 100.

As camisas para cabos neutros concêntricos são tipicamente
10 extrudadas sob pressão durante a manufatura do cabo. Este método,
conhecido como “extrudado até encher” conduz a uma camada de polímero
termoplástico encapsulada circundando o cabo. A pressão de extrusão causa o
material polimérico a preencher as áreas intersticiais entre e em torno dos
elementos neutros. Outrossim, os materiais tipicamente selecionados para o
15 dito processamento tal como um polietileno, têm uma tendência a se contrair
após a extrusão e assim mantêm uma firme retenção sobre o núcleo do cabo.
Além disso, o emprego de camisas poliméricas extrudadas ao ponto de
preenchimento são comumente empregada para conferir uma boa proteção
anti tensão circular para travar os neutros concêntricos, suportar temperaturas
20 razoáveis durante situações de pane, e proporcionar satisfatória proteção
mecânica. Na verdade, as camisas na distribuição residencial subterrânea tem
de ser suficientemente robustas para enfrentar os rigores mecânicos de
instalação através de valetas de soterramento diretas ou *plow-in*.

Embora as camisas externas extrudadas ao ponto de
25 preenchimento ofereçam determinadas vantagens como supra indicado, a dita
construção de camisa externa gera igualmente um número de questões. Por
exemplo, um grau significativo de força física é requerido para remover a
camisa externa do núcleo, aumentando a probabilidade de lesar o núcleo. Na
verdade, na remoção da camisa no campo, é prática comum para os

operadores de a linha recuperar um dos pesados elementos neutros concêntricos sob a camisa e utilizar o mesmo como uma corda de rasgar para puxar através da camisa. O cabo é levantado e puxado a um ângulo de aproximadamente 15° em relação ao eixo geométrico do cabo, cortando a
5 camisa ao longo do eixo geométrico em espiral do elemento neutro. A força exigida para puxar o elemento pode ser significativa.

O alto grau de força física requerido para remover a camisa decorre de um número de razões. Primeiro devido à afinidade da classe de polietileno de camisas à classe de materiais normalmente empregada como
10 blindagens de isolamento de semicondutores, há uma tendência para os dois materiais a permanecerem aderidos entre si o a formar uma ligação de leve a moderada. Para superar esta ligação, a manufaturas de cabos com frequência aplicam, por exemplo, talco/mica para permitir fácil separação das duas camadas. Pó intumescível pela água também pode ser aplicado conforme
15 descrito na patente US nº 5 010 209. O uso destes pós decresce a probabilidade de migração de água entre a camisa e a interface da camisa e blindagem isolante no caso de água penetrar devido a uma fresta na camisa externa. Segundo, um alto grau de força no destacar ou remover a camisa se apresenta, porque, no encapsulamento dos elementos neutros concêntricos, a
20 camisa com frequência é mais espessa que as camisas em cabos comparáveis sem neutros concêntricos. Mais de 90% de cabos neutros concêntricos para distribuição residual subterrânea possuem elementos neutros que variam entre #14 AWG (64,1 mils ou 1,29 mm em diâmetro) e #8 AWG (128,5 mils ou 3,26 mm em diâmetro). Os padrões da indústria frequentemente especificam a
25 espessura mínima para a camisa nos ditos cabos ser determinada de acordo com a espessura sobre estes elementos neutros concêntricos, resultando em uma camisa maior e mais robusta.

A dimensão aumentada de camisas em cabos neutros concêntricos também pode causar aqueles cabos a serem menos flexíveis.

Embora um projetista de cabo possa especificar tipos alternados de isolamento para aperfeiçoar a flexibilidade sem sacrifício da confiabilidade, a camisa encapsulada total mantém significativa influência sobre a flexibilidade dos ditos cabos. Materiais de camisa alternativos que aperfeiçoam a flexibilidade são disponíveis; aqueles materiais podem ser indesejáveis porque não satisfazem atributos mais significativos na construção do cabo.

Além disso, existe uma preocupação na indústria com entalhes inconvenientes na blindagem isolante que podem se apresentar em cabos neutros concêntricos tendo camisas extrudadas ao ponto de enchimento. Estas reentrâncias ocorrem quando as camisas rígidas convencionais se contraem após a extrusão e forçam os elementos neutros para o interior da blindagem. As reentrâncias podem aumentar após aplicar os cabos a uma bobina de expedição onde o peso do cabo sobre as espiras internas da bobina podem adicionalmente induzir a compressão. As reentrâncias na blindagem isolante assumem o trajeto helicoidal dos elementos neutros. Caso a água penetre no cabo devido à brecha na camisa, as reentrâncias helicoidais podem proporcionar condutas canais para a água migrar longitudinalmente ao longo do cabo. Ocasionalmente, as reentrâncias podem se transferir através da blindagem isolante e deixar reentrâncias a um menor grau sobre a superfície do isolamento.

A despeito destas questões, camisas pra cabos neutros concêntricos tendem a constituir uma única camadas encapsulada de material da classe do polietileno para assegurar que o cabo possa suportar os rigores mecânicos de instalação subterrânea. Para outros tipos de cabos, todavia, camisas incorporando uma camada interna de material polimérico expandido foram expostas na técnica para auxiliar a proteger os cabos contra impactos acidentais. Os materiais poliméricos expandidos são polímeros que têm uma densidade reduzida devido ao gás ter sido introduzido no polímero enquanto em uma condição plastificada ou em fusão. Este gás, que pode ser introduzido

fisicamente ou quimicamente, produz bolhas no interior do material resultando em vazios. Um material contendo estes vazios de modo geral exhibe tais propriedades desejáveis como peso reduzido e a faculdade de prestar um amortecimento mais uniforme do que um material desprovido dos vazios. A
5 adição de um grande volume de gás resulta em um material muito mais leve, porém, a adição de demasiado gás pode decrescer parte da resiliência do material.

A patente US nº 6 501 627, por exemplo, descreve uma camada de revestimento de preferência em contato com a capa do cabo para
10 conferir resistência a impacto para o cabo. A camada de revestimento é produzida de um material polimérico expandido (isto é, um polímero que tem uma porcentagem de seu volume não ocupada pelo polímero, porém, por um gás ou ar) tendo um grau de expansão de cerca de 20% a 3000%.

A requerente observou que os materiais poliméricos
15 expandidos são candidatos potenciais para aperfeiçoar a estrutura e desempenho de cabos tendo elementos embutidos nas suas camisas, tais como cabos de energia neutra concêntricos. A requerente observou ainda que distintamente das construções convencionais para cabos neutros concêntricos, cabos dotados de camisas de múltiplas camadas inclusive uma camada de
20 material polimérico expandido pode resultar em uma camisa que é mais fácil de remover, tem maior flexibilidade, e incidência decrescida de reentrâncias no isolante.

Sumário

De acordo com os princípios da invenção, um cabo inclui um
25 núcleo e uma camisa circundando o núcleo e formando o exterior do cabo. Uma primeira parte da camisa substancialmente encapsula uma pluralidade de elementos neutros dispostos circunferentemente em torno de um raio e helicoidalmente ao longo da extensão do cabo. Pelo menos a primeira parte da camisa é de um material polimérico expandido. A camisa do cabo pode ser

pelo menos de um material selecionado do grupo consistindo de poli (cloretos) de vinila (VC), acetatos de etileno e vinila (EVA), polietileno de baixa densidade, LLDPE, HDPE, polipropileno, e polietileno clorado.

O núcleo tem um condutor, uma blindagem de condutor circundando o condutor, um isolamento circundando a blindagem do condutor, e uma blindagem isolante circundando o isolante. A blindagem isolante é de um material semiconductor e elementos neutros contatam eletricamente a blindagem isolante semicondutora. De preferência, os elementos neutros são fios variando em diâmetro de cerca de n^o 24 AWG a n^o 8 AWG. Também a área em mil circular total da pluralidade de elementos neutros pode ser de entre 5000 mils circular por polegada de diâmetro de núcleo isolado até a plena área em mil circular total do condutor de fase.

A camisa pode incluir uma camada circunferencial interna próxima ao núcleo e incluindo a primeira parte, e uma camada circunferencial externa formando o exterior do cabo. A camada circunferencial externa não necessita ser de um material polimérico expandido. Pelo menos uma das camadas interna e externa pode ter um grau de expansão de cerca de 2 a 50%.

Em uma construção de cabo, a camada externa compreende cerca de 20 a 30% de uma espessura radial da camisa, as camadas interna externa compreendem polietileno de baixa densidade linear (LDPE), e a camada interna tem um grau de expansão de até cerca de 15-25%. Em outra construção, a camada externa consiste de polietileno de alta densidade (HDPE) e compreende cerca de 20% de uma espessura radial da camisa, e a camada interna é de LLDPE e tem um grau de expansão de até cerca de 30%.

Tipicamente, pelo menos uma das primeira e segunda camadas da camisa externa é expandida dentro de uma faixa de cerca de 2% a 50%. Esta construção resulta em um cabo que tem um aperfeiçoamento de resistência a impacto de cerca de 5% a 15% e flexibilidade aumentada de cerca de 5% a 25% em relação às construções de cabo convencionais. Além

disso, uma construção deste tipo resultará em uma camisa externa com uma redução da força de decapar de cerca de 10% a 30% e a reentrância de serviço de fio neutro concêntrica é reduzida em pelo menos 10% quando comparada com construções de cabo convencionais. Uma terceira camada que pode ser
5 expandida dentro de uma faixa de cerca de 10% a 12% presta proteção ainda maior para o cabo.

Um método de fabricar um cabo de acordo com os princípios da invenção primeiramente compreende proporcionar um condutor e aplicar uma blindagem do condutor. A seguir, o isolante é extrudado sobre a
10 blindagem e uma blindagem isolante é aplicada sobre o isolante. A seguir, os elementos neutros concêntricos são aplicados em torno da blindagem isolante. A partir daqui, um material polimérico é expandido com um agente espumante. Este material polimérico é então usado para formar a primeira camada de uma camisa externa procedendo à extrusão da primeira camada de
15 material polimérico expandido e uma segunda camada exterior para substancialmente encapsular os elementos neutros concêntricos.

Deve ser entendido que tanto a descrição genérica precedentes como a descrição detalhada subsequente são típicas e meramente explanatórias, e não são limitativas da invenção conforme reivindicada.

20 Descrição Sucinta dos Desenhos

Os desenhos apensos, que são aqui incorporados e constituem uma parte do relatório descritivo, ilustram várias modalidades da invenção, e juntamente com a descrição, servem para explicar os princípios da invenção.

A figura 1 é um diagrama em corte transversal de um cabo
25 convencional;

A figura 2 é um diagrama em corte transversal de um cabo consentâneo com os princípios da presente invenção.

A figura 3 é um diagrama em perspectiva longitudinal do cabo da figura 2;

A figura 4 é um diagrama em barras ilustrando a resistência a impacto entre um cabo convencional e cabos típicos de acordo com a presente invenção;

A figura 5 é um fluxograma de método de um método de fabricar um cabo de acordo com a presente invenção.

Descrição Detalhada

Referência passa a ser feita a seguir em detalhe às modalidades de acordo com a presente invenção, exemplos das quais são ilustrados nas figuras dos desenhos apensos. Sempre que possível, os mesmos numerais de referência serão usados através da totalidade dos desenhos para se reportar às mesmas ou partes idênticas.

Consentaneamente com os princípios da presente invenção, um cabo compreende um núcleo e uma camisa, ou bainha externa, circundando o núcleo e formando um exterior do cabo. O núcleo pode compreender um condutor, uma blindagem de condutor, isolante, e uma blindagem de isolante. A camisa de preferência tem duas camadas concêntricas. As camadas são formadas efetuando sua co-extrusão através de elementos neutros concêntricos, que causam uma parte da camada interna a substancialmente encapsular os elementos neutros. “Encapsulando substancialmente” entende-se que o material extrudado circunda a maior parte, se não a totalidade, do exterior dos elementos neutros concêntricos. Pelo menos a parte da camada interna que substancialmente encapsula os elementos neutros compreende um material polimérico expandido.

Como incorporado aqui, um cabo consentâneo com os princípios da presente invenção é representado nas figuras 2 e 3. A figura 3 é um digrama em perspectiva longitudinal do cabo 100 da figura 2. O cabo 100 inclui um núcleo tendo um elemento condutor 110. Os condutores 110 são normalmente quer maciços quer trançados, e são produzidos de cobre, alumínio ou liga de alumínio. O trançamento do condutor confere

flexibilidade à construção do cabo. Aqueles versados na técnica reconhecerão que o elemento condutor 110 pode compreender cabos mistos de energia, telecomunicação, que incluem um núcleo de fibra óptica além de ou em lugar de cabos elétricos. Por conseguinte, o termo “elemento condutor” significa
5 um condutor do tipo metálico ou do tipo misto eletro-óptico.

O núcleo também inclui uma blindagem de condutor 115 que circunda o elemento condutor 110. A blindagem do condutor 115 é genericamente produzida de um material semicondutor e é usada para controle da tensão elétrica.

10 A camada isolante 120 circunda a blindagem do condutor 115. O isolante 120 é uma camada extrudada que proporciona isolamento elétrico entre o condutor 110 e a terra elétrica mais próxima, assim prevenindo uma pane elétrica. Aqueles versados na técnica reconhecerão que a camada isolante 120 pode compreender uma composição polimérica reticulada ou não
15 reticulada com propriedades isolantes elétricas conhecidas da técnica. Exemplos das ditas composições isolantes para cabos de baixa e média tensão são polietileno reticulado, borracha de propileno etileno, poli (cloro) de vinila, polietileno, copolímeros de etileno, acetatos de vinil acetato, borrachas sintéticas e naturais.

20 Uma blindagem isolante semicondutora 125 é prevista em torno do isolante 120. A blindagem isolante usualmente é produzida de uma camada semicondutora extrudada que é desencapável, parcialmente ligada com ou inteiramente ligada com a camada isolante 120. A blindagem isolante 125 e a blindagem de condutor 115 são usadas para controle da tensão elétrica
25 proporcionando maior simetria dos campos dielétricos no interior do cabo 100.

Uma pluralidade de fios eletricamente condutores 150, ou elementos neutros concêntricos, são localizados no exterior da blindagem isolante 125. Os neutros concêntricos 150 servem como um trajeto de retorno

de corrente neutra no caso de condições de pane e têm de ser dimensionados correspondentemente. Os elementos 150 são de preferência distribuídos concentricamente em torno do eixo geométrico do cabo 100 e são helicoidalmente torcidos ao longo de sua extensão. Os elementos neutros 150
5 são tipicamente fios de cobre. Ainda que a maioria dos cabos neutros concêntricos convencionais tenha resultado tenha filtros neutros variando em dimensão de nº 14 AWG a nº AWG, elementos neutros 150 podem ter qualquer dimensão prática, tal como de nº 24 AWG a nº 8 AWG. Alternativamente, eles podem variar em dimensão coletivamente de cerca de
10 5000 mils circulares/polegada de diâmetro de núcleo isolado até a dimensão plena do condutor 110. Também podem ser configurados como cintas planas ou ter outros perfis não circulares conforme a implementação o permitir.

A camisa externa 130 circunda o isolador semiconductor 135 e forma o exterior do cabo 100. A camisa exterior 130 compreende um material
15 polimérico e pode ser formada via extrusão por compressão, conforme descrito em maior detalhe abaixo. A camisa externa 130 serve para proteger o cabo contra riscos ambientais, térmicos e mecânicos e substancialmente encapsula elementos neutros 150. Quando extrudada, a camisa externa 130 flui sobre a camada isolante semicondutora 125 e circunda os elementos
20 neutros 150. A espessura da camisa externa 130 resulta em uma bainha encapsulada que estabiliza os elementos neutros 150, mantém espaçamento neutro uniforme para distribuição de corrente, e confere um exterior robusto para o cabo 100. Enquanto o material polimérico da camisa flui em torno dos elementos 150, os elementos tipicamente mantêm um contato elétrico
25 suficiente com a blindagem 125, de tal modo que a camisa pode não circundar inteiramente os elementos 150.

A camisa externa 130 compreende um material polimérico expandido, que é produzido por expansão (também conhecida como espumação) de um material polimérico conhecido para realizar uma redução

em densidade desejada. O material polimérico expandido da camisa pode ser selecionado do grupo compreendendo: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de olefina/éster não saturados, poliésteres, policarbonatos, polissulfonas, resinas fenólicas, resinas uréicas, e misturas das
5 mesmas. Exemplos de polímeros preferenciais são os poli (cloreto) de vinila (PVC), copolímeros de etileno/ acetato de vinila (EVA), polietileno (categorizados como de baixa densidade, de baixa densidade linear, de densidade média e de alta densidade), polipropileno, e poli etilenos clorados.

O polímero selecionado é usualmente expandido durante a fase
10 de extrusão. Esta expansão pode se processar quer quimicamente por intermédio de misturar o material polimérico com um agente espumante químico. Esta mistura é também designada de uma mistura padrão espumante e é suscetível de gerar um gás sob condições de temperatura e pressão definidas, ou elas podem se processar fisicamente (isto é, por intermédio de
15 injeção de gás sob alta pressão diretamente no interior de um cilindro de extrusão). Quando um material polimérico é expandido usando um agente químico espumante, pequenas bolsas ou vazios são criados onde o gás proveniente do método de expansão é encarcerado no interior do material polimérico expandido. A área superficial do material polimérico expandido
20 que circunda um vazio é comumente designada de uma célula espumante.

Entre exemplos de agentes de expansão químicos apropriados estão azodicarbonamido, misturas de ácidos orgânicos (por exemplo, ácido cítrico) com carbonatos e/ou bicarbonatos (por exemplo, bicarbonato de sódio). Exemplos de gases a serem injetados sob alta pressão no interior do
25 cilindro de extrusão são o nitrogênio, dióxido de carbono, ar e hidrocarbonetos de baixo ponto de ebulição tais como propano e butano.

A mistura padrão espumante pode incluir um agente espumante químico endotérmico, exotérmico ou híbrido (“CFA”). Os CFAs reagem com o calor proveniente do método ou outro agente químico para

liberar o gás. CFAs são tipicamente divididos em duas classes, endotérmicos e exotérmicos. Os CFAs endotérmicos absorvem calor durante sua reação química e produzem gás de dióxido de carbono, gás de pressão mais baixa, e pequenas células. CFAs exotérmicos liberam calor e produzem nitrogênio, 5 gás sob pressão mais alta, maior produção de gás e células maiores. CFAs híbridos, uma família de CFAs contendo misturas de agentes espumantes endotérmicos e exotérmicos, combinam a fina estrutura, de células uniformes de endotérmicos com pressão de gás mais alta do componente exotérmico.

A escolha de um agente espumante químico endotérmico, 10 exotérmico ou híbrido depende da compatibilidade com o material polimérico incorporado na camisa de camisa expandida, perfis e métodos de extrusão, a proporção desejada de espumação, dimensão e estrutura das células espumadas, assim como outras considerações de construção específicas para o cabo sendo produzido e aparentes aqueles versados na técnica. 15 Genericamente, dadas proporções similares de ingrediente ativo, os agentes de expansão química exotérmicos reduzirão a densidade ao máximo e produzem uma espuma com células espumadas mais uniformes e maiores. Os agentes de expansão endotérmicos produzem uma estrutura de células espumadas mais fina. Isto é devido, pelo menos em parte do agente 20 espumante endotérmico liberar menos gás e ter uma melhor taxa controlada de nucleação de liberações de gás do que um agente espumante exotérmico. Embora uma camada espumante exotérmica seja empregada em uma modalidade preferencial, outros agentes espumantes podem resultar em estruturas celulares satisfatórias. Uma estrutura de células fechadas é 25 preferida de modo a não oferecer canais para migração de água, e proporcionar satisfatória resistência mecânica e uma textura de superfície uniforme da camisa expandida.

Os materiais poliméricos expandidos de camisa 130 incluem vazios ou espaços ocupados por gás ou ar. Genericamente, a percentagem de

vazios em um polímero expandido (isto é, a relação do volume dos vazios por um volume dado de material polimérico) é expresso pelo denominado “grau de expansão” (G), definido como:

$$G = (d_0/d_e - 1) \times 100$$

onde d_0 indica a densidade do polímero não expandido e d_e representa a
 5 densidade aparente medida, ou peso por volume unitário em g/cm^3 , do polímero expandido. Há conveniência em obter um grau de expansão tão grande quanto possível enquanto ainda alcançado das propriedades de cabo desejadas. Particularmente, um grau mais elevado de expansão resultará em custos de material reduzidos aumentando o espaço ocupado pelos vazios na
 10 camisa externa. Além disso, tendo mais espaço ocupado pelos vazios, a camisa externa 130 é mais suscetível de absorver forças aplicadas externamente ao cabo 100. Outrossim, devido ao cabo 100 ter maior resistência a impacto, os elementos neutros concêntricos 150 são menos prováveis de criar uma reentrância sobre a superfície de blindagem isolante
 15 semicondutora 125 e/ou sobre o isolante 120. A requerente constatou que graus adequados de expansão, ou redução em densidade, estão genericamente na faixa de 2% a 50%, embora graus de expansão maiores possam ser obtidos.

Como indicado acima, a espumação pode prestar um grau confiável de expansão. O CFA selecionado deve ser suscetível de realizar
 20 dimensões de cabo uniformes da camada circunferencial interna 210 e condições superficiais adicionalmente uniformes quando empregado na camada circunferencial externa 220. Um CFA que comprovou ser particularmente proveitoso na modalidade preferênciã é o *Clariant Hydrocerol B1H 40*, comercializado pela Clariant de Winchester, Virginia.

25 Vários elementos reconhecidamente afetam a consistência da espumação: 1) a taxa de adição da mistura padrão espumante; 2) a forma da estrutura celular espumada obtida dentro da parede polimérica; 3) a velocidade de extrusão (metros/minuto); e 4) a temperatura da água da calha

de resfriamento. Uma calha de resfriamento é tipicamente posicionada para receber o cabo, dentro de cerca de 0,61 m a 1,52 m, quando egressa da extrusora e tem cerca de 34,48 m a 76,20 m em comprimento. A calha de resfriamento pode ser seccionada para controlar a temperatura da água em múltiplas seções e é usada para gradualmente resfriar a temperatura do cabo, e assim, reduzir o grau de retração na camisa extrudada. Aqueles versados na técnica podem determinar os parâmetros para produzir a camisa 130, tendo propriedades de desempenho uniformes e desejadas.

Como ilustrado nas figs. 2 e 3, a camisa externa 130 pode compreender uma camada circunferencial interna 210 e uma camada circunferencial externa 220. A camada circunferencial interna 210 é disposta circunferentemente e torno do cabo e está próxima à blindagem isolante 125. Como tal, pelo menos uma primeira parte da camada circunferencial interna 210 substancialmente encapsula os elementos neutros 150. A camada circunferencial externa 220 circunda o cabo e atua como seu exterior.

De acordo com os princípios da presente invenção, a camada circunferencial interna 210, a camada circunferencial externa 220, ou ambas podem ser de polímeros expandidos. Em uma modalidade preferencial, a camada interna 210 da camisa 130 é produzida de polietileno de baixa densidade (densidade reduzida) expandida linear (LLDPE) através da adição de agentes de espumação, ao passo que a segunda ou camada circunferencial externa 220 da bainha total consiste de uma camada de revestimento sólida de LLDPE que não é expandida. Os materiais selecionados para uma camisa compósita deste tipo necessitam ter boa afinidade de maneira a assegurar que a camisa compósita resulte de preferência em uma única estrutura ligada.

A requerente verificou que o grau de redução de densidade na camada interna para obter satisfatória excentricidade da camisa total e satisfazer propriedades requeridas do material da camisa pode depender da espessura da parede das camadas de camisa. Por exemplo, uma camisa com

uma camada circunferencial externa não expandida mais pesada 220 permitirá um maior grau de redução de densidade da camada circunferencial interna 210 e ser suscetível de manter excelente excentricidade e baixas irregularidades sobre a superfície da camisa total. A experimentação
5 comprovou que com materiais LLDPE compósitos, uma camada circunferencial externa 220 que constitui 20% da espessura total da camisa 130 permite que a camada circunferencial interna 210 seja expandida em cerca de 15%. Ao passo que uma camada circunferencial externa 220 que constitui 30% da espessura total da camisa externa 130 permite que a camada
10 circunferencial interna 210 seja expandida em cerca de 25% e realiza as propriedades física e dimensionais totais desejadas sem quaisquer irregularidades superficiais.

Um grau maior de redução de densidade para a camada circunferencial interna 210 é possível quando um polímero de densidade mais elevada é usado na camada circunferencial externa 220. Especificamente, no
15 caso onde a camada externa da camisa é de polietileno de alta densidade (HDPE) e a camada interna é de LLDPE, uma camada circunferencial externa 220 que constitui cerca de 20% da espessura de camisa total permitirá uma redução de densidade para a camada circunferencial interna 210 atingir cerca
20 de 30% devido às propriedades físicas mais elevadas do HDPE. Assim, as características de construção de bainha total finais são sinergicamente afetadas pela combinação de tipos de materiais na camisa composta e o grau de redução de densidade de cada camada. Isto é, com uma camada externa de alta densidade, a camada externa pode ser produzida mais fina ou a camada
25 interna pode acomodar um maior grau de expansão, ou ambos. Tanto com uma camada externa mais fina como com uma expansão aumentada para a camada interna, o cabo pode consumir menos material do que seria requerido convencionalmente.

Naqueles modalidades onde somente a camada circunferencial

interna 210 é expandida, as características de espumação para aquela camada não necessitam considerar a qualidade da superfície. A camada circunferencial externa 220 proporcionará um acabamento exterior liso e brilhante.

5 Se a camada circunferencial externa 220 é espumada, todavia, então a qualidade da superfície pode constituir uma preocupação. Na verdade, em modalidades alternativas, as camadas de camisa interna e externa podem ambas ser expandidas. A requerente observou que a relação de estiramento (“DDR”) alcançada durante a formação por extrusão da manga afeta a
10 qualidade superficial da camisa expandida. A relação de estiramento é definida pela seguinte equação:

$$DDR = \frac{D_2^2 - D_1^2}{d_2^2 - d_1^2}$$

na qual D_2 é o diâmetro do orifício de matriz, D_1 da extremidade guia, d_2 é o diâmetro externo da camisa do cabo, e d_1 é o diâmetro interno da camisa de cabo. A relação de estiramento apropriado para obter um acabamento
15 superficial desejado pode ser determinada experimentalmente e variará baseado sobre o polímero usado, a natureza do agente espumante, e a proporção do agente espumante. Conforme será apreciado, um acabamento superficial aceitável depende da aplicação contemplada para o cabo. Outrossim, a aceitabilidade do acabamento superficial é tipicamente
20 determinada por aqueles versados na técnica, frequentemente pelo toque ou inspeção visual. Ainda que existam técnicas para medir a lisura superficial de materiais e possam ser empregadas para aferir a lisura de uma camisa expandida, aquelas técnicas genericamente são empregadas para materiais onde a lisura é tão crítica que não pode ser determinada por observação visual
25 ou por toque. De preferência, DDR é compreendida de cerca de 0,5 a 2,5.

Em outras modalidades alternativas, a camisa compósita pode compreender múltiplas camadas de mais de duas. Esta configuração seria importante para construções especializadas quando maior resistência a abuso

mecânico e/ou flexibilidade aperfeiçoada adicional são necessárias. Uma terceira camada pode ser uma camada intermediária entre a camada circunferencial interna 210 e a camada circunferencial externa 220. A opção para uma terceira camada poderia ser qualquer material, tipicamente aquele que confira resistência otimizada para abuso mecânico, tal como um polietileno de maior densidade ou polipropileno. O grau de expansão para a terceira camada naturalmente dependerá das propriedades selecionadas para as outras camadas. Dadas as limitações típicas no diâmetro externo do cabo e a presença já de outra camada expandida, o grau de espumação para uma terceira camada tenderá a ser baixo, embora inexista qualquer restrição neste aspecto para a presente invenção. Por exemplo, uma terceira camada pode ter um grau de expansão de cerca de 10 a 12%.

Sob a disposição aqui exposta, o material polimérico expandido da camisa 130 proporciona um cabo 100 com peso reduzido, maior flexibilidade, e capacidade aumentada de remoção da camisa, como explanado abaixo. O material polimérico expandido na camisa também decresce a probabilidade de que elementos neutros concêntricos criem reentrâncias sobre a superfície do núcleo, e assim reduz o risco de migração de água ao longo do cabo caso ocorra uma ruptura na camisa externa.

Para ilustrar aspectos vantajosos consentâneos com a presente invenção, um cabo convencional (Cabo 1) e dois cabos típicos consentâneos com a presente invenção (Cabo 2 e Cabo 3) foram testados e comparados entre si. Cada cabo 10 compreende elementos condutores idênticos 110 de fios de alumínio de nº 1/0 AWG 19, blindagem de condutor semicondutor, um isolamento de polietileno reticulado de 175 mil nominais, 6 elementos neutros concêntricos helicoidalmente aplicados nº 14 AWG. A camisa externa 130 para o Cabo 1 foi uma camisa sólida de polietileno de baixa densidade linear encapsulada da espessura nominal de 50 mils. A camisa externa encapsulada 130 para Cabo 2 foi uma camada circunferencial interna de polietileno de

baixa densidade linear expandida 210 de 35 mils, e uma camada sólida circunferente externa de polietileno de baixa densidade linear 220 de 15 mils, A camisa externa encapsulada 130 para o Cabo 3 foi da espessura nominal de 50 mils com uma camada circunferencial interna de polietileno de baixa densidade linear expandida 210 de 40 mils e uma cada circunferente externa sólida de polietileno de alta densidade 220 de 10 mils. O requisito de espessura da camisa total foi medido como de 50 mils acima dos elementos neutros concêntricos 150 com a camisa também preenchendo as cavas entre os elementos que são medidas a 80,8 mils (fios n^o 14 AWG), usando parâmetros de teste de acordo com ICEA/ANSI ICEA S-94-649, um padrão da indústria para cabos neutros concêntricos classificados para de 5 a 46 kV. A tabela 1 ilustra as propriedades físicas genéricas de cada um dos cabos típicos descritos acima, tal como redução de densidade, resistência à tração e estiramento ao ponto de ruptura.

15 **Tabela 1 – Propriedades Físicas**

Jaqueta compósita	Redução de densidade (% de camada interna)	Resist. à tração psi (MPa)			Along. na ruptura %			Tração requ. ICEA Mínimo	Alongam. requ. ICEA
		20 in/min	10 in/min	2 in/min	20 in/min	10 in/min	2 in/min		
CABO 1	0	2550 (17.6)	2712 (18.7)	2890 (19.9)	690	650	623	1700 psi 117.7 MPa	350%
CABO 2	23	1712 (11.8)	1915 (13.2)	1987 (13.7)	609	575	645	1700 psi 117.7 MPa	350%
CABO 3	18	1508 (10.4)	1770 (12.2)	2002 (13.8)	629	573	649	(sem requisitos especificados)	

Além das propriedades físicas de cabo especificadas na Tabela 1, o cabo 1, cabo 2 e cabo 3 foram submetidos a uma curvatura de três (3) pontos modificada por um Método 1 ASTM D709 modificado para acomodar

amostras de cabo de escala normal quando comparadas com o moldado especificado ASTM, de maneira a determinar a flexibilidade de cada cabo.

Neste teste, cada cabo foi suportado por um vão de 22,86 cm entre dois pontos e um nariz de carga de uma ponta para aplicar uma carga de flexão com uma velocidade de deformação de 50,8 mm/minuto. A carga de flexão compreendida de um mandril de 7,62 cm de raio para aplicar a carga de flexão. O teste prosseguiu até o cabo ser enrolado em torno do mandril. Cada cabo foi submetido à carga de flexão, girado em 120 graus, novamente testado, a seguir repetido mais uma vez após girar o cabo outros 120 graus.

Os dados relacionados na Tabela 2 representam a média das cargas de flexão, aplicadas individualmente, a cinco (5) lances de cabo separados. Quando comparados com o Cabo 1, dotado de uma camisa externa sólida, o Cabo 2 e o Cabo 3 receberam uma carga de flexão máxima reduzida, a força requerida para flexionar o cabo em 180 graus em torno do mandril fletor de cerca de 12% a 13%.

Tabela 2: Propriedade Flexional do Cabo

ID do Artigo de Cabo	Diâmetro Do Cabo (cm)	Camisa Extrudada	Máxima Força Fletora (Newton)
Cabo 1	2,692 cm	LLDPE Standard	482,2 N
Cabo 2	2,687 cm	LLDP Sólido	430,1 N
Cabo 3	2,705 cm	HDPE Sólido	425,7 N

Além de ter um maior grau de flexibilidade em relação ao Cabo 1, o Cabo 2 e o Cabo 3 também são mais resistentes a impactos. Mais especificamente, os vazios introduzidos na camada circunferencial interna durante a expansão permitem a camada circunferencial interna do Cabo 2 e Cabo 3 a absorver energia e assim reduzir o dano aos cabos mediante impacto. Os dados indicados na Tabela 3 abaixo, e na figura 4 (uma representação gráfica do dano e dados de energia da Tabela 3 (representam a média de dois impactos para cada um dos Cabos 1, 2 e 3. A redução de densidade refere-se a relação de volumes de vazios para um volume dado de material polimérico, e a altura de peso é a distância em que a ferramenta de impacto é suspensa acima do cabo. Baseado sobre esta altura e a altura efetiva

da ferramenta de impacto, a força ou energia de impacto, é determinada.. Dano ao isolante é o grau de deformação conferida ao núcleo medido a partir da blindagem isolante 125. Sob níveis de impacto mais elevados, o Cabo 2 e o Cabo 3 exibiram aproximadamente 10% a menos de deformação do núcleo isolado quando comparados com o Cabo 1.

Tabela 3: Resultados do teste de impacto

ID Artigo de Cabo	Diâm. do cabo (mm)	Dens. de redução de camada int.	Altura do peso	Energia	Danificação do Isolante
			(mm)	(Joule)	Média (mm)
			78,4	10	0,23
Cabo 1	27	0	117,8	15	0,37
			156,9	20	0,49
			78,4	10	0,22
Cabo 2	27	23%	117,8	15	0,33
			156,9	20	0,44
			78,4	10	0,23
Cabo 3	27	18%	117,6	15	0,32
			156,9	20	0,46

Os testes de impacto foram conduzidos empregando um dispositivo de testes de impacto similar aquele especificado na Especificação Francesa HN 33-8-52, cláusula 5.3.2.1. A máquina de teste de impacto foi modificada para processar energias de impacto de até 350 Joule (a especificação francesa define 72 Joule somente) e uma forma testadora de impacto equivalente (impactor cuneiforme de 90 graus, 2 mm de raio na ponta/quina). Durante o teste o impactor atingiu o cabo com a energia supra indicada. Após cada impacto individual, as espessuras totais das várias camadas e o dano local sobre o isolante 120, com um sistema a laser óptico, mediu a profundidade do dano.

Outro aspecto físico de um cabo de energia 100 é a faculdade de remoção da sua cobertura ou camisa externa 130. A faculdade de remover a sua cobertura externa corresponde ao grau de força de extração requerida para remover a camisa externa 130 durante a realização de junções ou terminação do cabo 100. A remoção da camisa externa 130 é comumente efetuada recuperando um dos elementos neutros concêntricos encapsulados pela camisa exterior 130 e aplicação de força extratora através

da camisa externa 130, desse modo cortando a camisa externa 130 ao longo do eixo geométrico em espiral do cabo 100. O fio neutro concêntrico 150 é levantado e puxado a um ângulo de cerca de 15° em reação ao eixo geométrico longitudinal do cabo 100. Se um grau de força significativo é requerido para remover a camisa externa 130 do cabo 100, existe uma maior probabilidade de que a blindagem isolante 135 e/ou o isolante 120 possa ser danificado. Por conseguinte é preferível minimizar o grau de força extratora necessário para remover a camisa externa 130 do cabo 100. De maneira a comparar a força de tração requerida para remover a camisa externa 130 entre um cabo convencional (Cabo 1) e os cabos de exemplo (Cabo 2 e Cabo 3), um teste foi realizado sobre cada cabo 100 para registrar o grau de força de tração requerida para cada cabo 100.

Previamente à realização do teste, a espessura da camisa externa 130 foi medida em uma única seção transversal aleatoriamente escolhida para cada amostra de cabo. A medição foi realizada com software SPSS Sigma Scan usando fotos microscópicas tomadas por um Microscópio Óptico Olympus SZ-PT acoplado com uma vídeo câmera Sony 3CCD. Além disso, medições de confirmação foram tomadas com um *Nikon V-12 Profile Projector* acoplado com um contador SC-112 da Nikon. A média das medidas, arredondada para o valor em ml mais próximo, foi usada para normalizar a força extratora do fio neutro concêntrico 150.

O teste em causa mediu a força requerida para tracionar um fio neutro concêntrico 150 através da camisa externa 130 a uma velocidade de tração de 0,508 m/minuto a um ângulo de 15° em relação à camisa externa 130. A duração de cada tração equivaleu ao comprimento estendido do fio neutro concêntrico 150, e duas trações (elementos neutros concêntricos separados por 180°) por comprimento de amostra foram completadas. Um total de 10 trações foi completado para o cabo 1 e 6 trações foram completadas para o Cabo 2 e o Cabo 3.

Os dados de teste, conforme mostrados na Tabela 4 abaixo, mostram que a expansão da camada circunferencial interna 210 da camisa externa 130 reduz o grau de força exigido para remover um fio neutro concêntrico 150 da camisa externa 139. Os dados indicam que o grau de força de tração aplicado para a extração do fio neutro concêntrico 150 é menor para ambos os fios típicos consentâneos com os princípios da presente invenção. Como a espessura efetiva da camisa externa 130 variou ligeiramente conforme medida ao longo de cada cabo, uma espessura de camisa externa normalizada foi determinada para cada um. A força de puxar o fio neutro concêntrico 150 foi cerca de 20% menor para o Cabo 2 típico e de 15% menor para o cabo 3 típico, em comparação com a força de puxar ou extratora requerida para o Cabo 1. O aumento na força de puxar requerida do Cabo 2 para o Cabo 3 pode ser atribuído ao menor nível de espumação da camada circunferencial interna 210 e ao polietileno de maior densidade da camada circunferencial externa 220 do cabo 3. Reduções adicionais na força extratora podem ser previstas quando a camada circunferencial externa 220 é também expandida adicionalmente à camada circunferencial interna 210.

Tabela 4: Dados de Força de Extração de Filamento

	Cabo 1	Cabo 2	Cabo 3
Polímero da Polímero Segunda Camada	LLDPE	LDDPE	HDPE
Polímero Primeira Camada	LLDPE	LLDPE expandido	HDPE espumado
Espumação Primeira Camada, %	0	23	18
Força de Tração sobre Filamento			
Mínima Média, kgf.	249	222	209
Máxima Média, kgf.	344	289	258
Espessura Camisa/ Média normalizada, kgf	3,123	3,903	4,137

Além de minimizar a força de extração sobre o fio neutro concêntrico 150, requerida para desencapar a camisa externa 130 de um cabo 100, o grau de reentrâncias que podem ser introduzidas pelos elementos neutros concêntricos 150 sobre a superfície da blindagem isolante 135, e potencialmente sobre o isolante 120, é convenientemente reduzido. Há conveniência em minimizar as ditas reentrâncias uma vez que podem oferecer trajetos para a água migrar longitudinalmente ao longo da extensão do cabo

100 caso a água penetre no cão 100 devido a uma brecha na camisa externa
130.

Para comparar a facultade de cada cabo minimizar o grau de
reentrância de fio neutro concêntrico 150 sobre a superfície da blindagem
5 isolante 125 e sobre o isolamento 120, o teste padronizado ICEA/ANSI S-94-
649 foi conduzido sobre um cabo convencional (Cabo 4) e um único cabo
típico (Cabo 5). Especificamente, ambos os cabos contiveram elementos
condutores idênticos 110 de fio de alumínio nº 2 AWG,

Uma blindagem semicondutora, isolante EPR (borracha de
10 etileno propileno) de 175 mils nominais, e seis elementos neutros 150
concêntricos de cobre helicoidalmente aplicado Nº 14 AWG. Outrossim, o
cabo 4 recebeu uma camisa externa sólida de LLDPE 130 da espessura de 50
mils, ao passo que a camisa externa 130 do cabo 5 tem uma camada
circunferencial interna de LLDPE expandido encapsulada da espessura
15 nominal de 50 mils 210 de 35 mils e uma camada circunferencial externa
sólida de LLDPE 220 de 15 mils para a camisa externa 130.

Medições de reentrância de fio neutro concêntrico 150 na
blindagem isolante 125 foram tomadas e registradas de acordo com
ICEA/ANSI S-94-649. Os dados da Tabela 5 abaixo mostram claramente uma
20 redução de 50% no grau de reentrância para o cabo 5, quando comparado com
o cabo 4. Isto reduz grandemente um trajeto de migração de água helicoidal
caso a camisa total for sujeita a uma brecha ou dano.

Tabela 5 – Dados de Reentrância Neutra Concêntrica

	Cabo 4	Cabo 5
Polímero Camada Externa	LLDPE	LLDPE
Polímero Camada Interna	LLDPE	LLDPE Expandido
Esponj. Camada Interna, %	0	19
Reentrância Fio Neutro Concêntrico (mils)		
Mínimo	3,2	0,0
Máximo	10,3	4,5
Média total	5,9	2,3

A figura 5 é um fluxograma de método de alto-nível de um

método de manufaturar um cabo 100 de acordo com os princípios da presente invenção. Um núcleo compreendendo elementos condutores 110, é previsto 410 e uma blindagem de condutor 115 é aplicada em torno do núcleo 420. Outrossim, um isolante 120 é aplicado 430 e uma blindagem isolante 125 é aplicada 440 em torno do isolante 120. A seguir, elementos neutros concêntricos 150 são aplicados em torno da blindagem isolante 450. Finalmente, a camisa externa 130 é aplicada através dos métodos de expansão e extrusão 460.

Em maior detalhe, um núcleo do cabo 100 é obtido enrolando helicoidalmente elementos condutores metálicos em um condutor elétrico circular. Cada perna tem um diâmetro predeterminado, e cada camada de pernas é helicoidalmente aplicada com uma extensão predeterminada de assentamento dos elementos para obter um diâmetro total especificado e área em mil circular mínima. Cada condutor tem uma camada compreendendo a blindagem de condutor, isolante e blindagem isolante, normalmente aplicada por extrusão. Ao término da etapa de extrusão, o material de cada extrusão de preferência é reticulado de acordo com técnicas conhecidas, por exemplo, fazendo uso de peróxidos ou silanos. Alternativamente, o material da camada isolante pode ser do tipo termoplástico que não é reticulado, de modo a assegurar que o material seja reciclável. Uma vez completado, cada núcleo é armazenado sobre um primeiro carretel coletor.

O material para a blindagem de condutor 115 e camadas isolantes 120/125 é expandido e extrudado sobre os elementos condutores 110. A composição polimérica destas camadas pode incorporar uma etapa de pré-mistura da base polimérica com outros componentes (cargas, aditivos, ou outros), a etapa de pré-mistura sendo realizada em equipamento a montante do método de extrusão (e.g. um misturador interno do tipo de rotor tangencial (Banbury) ou com rotores interpenetrantes, ou em um misturador contínuo do tipo Ko-Kneader (Buss) ou do tipo tendo duas hélices em co-rotação ou em

contra rotação). O pré-misturamento de compostos pode ser conduzido quer nas instalações do fabricante do cabo ou por uma empresa comercial.

Cada composição polimérica é genericamente administrada à extrusora na forma de grânulos e plastificada (isto é, convertida ao estado em fusão) através de aplicação de calor (através do tambor da extrusora) e a ação mecânica de uma pá helicoidal onde é aplicada ao núcleo subjacente. O tambor é com frequência dividido em várias seções, conhecidas como “zonas”, cada uma das quais tem um controle de temperatura independente. As zonas mais afastadas da matriz de extrusão (isto é, a extremidade de saída da extrusora) tipicamente são ajustadas a uma temperatura inferior àquela das zonas mais próximas da matriz de extrusão. Assim, a medida que o material se propaga através da extrusora é submetido a temperaturas gradualmente crescentes quando atinge a matriz de extrusão. A expansão da blindagem condutora 115 e camadas isolantes 120/125 (e opcionalmente o material de carga, caso este seja usado) é efetuada durante a operação de extrusão usando os produtos e parâmetros acima expostos.

A aplicação da camisa externa 130 ao cabo 100 como ilustrado nas figuras 2 & 3 pode ser realizada de várias maneiras. Em um método a camada circunferencial interna 210 e a camada circunferencial externa 220 são aplicadas ao cabo 10 em dois métodos de extrusão separados. Estes dois métodos de extrusão podem ser realizados em operações totalmente separadas ou podem ser conduzidos sucessivamente em uma única operação, onde as duas extrusões são separadas por uma distância adequada para habilitar o resfriamento da primeira camada antes da aplicação da segunda camada extrudada. Em um método alternativo, as duas camadas 210/220 podem ser extrudadas simultaneamente na mesma cabeça transversal de extrusão usando um método de co-extrusão. Em um método deste tipo duas extrusoras são usadas para cada fornecer uma das camadas (espumada ou não-espumada) a uma única cabeça transversal de extrusão.

Dois tipos de co-extrusão podem ser empregados para realizar as camadas 210/220 da camisa externa 130. Em um método as duas camadas 210/220 são mantidas em canais separados até o ponto em que ambas as camadas 210/220 são aplicadas ao cabo 100. Em um método deste tipo a

5 cabeça de extrusão de camada dupla compreende uma matriz macho (ou de ponta), uma matriz intermediária (ou matriz tip), e uma matriz fêmea. As matrizes são dispostas na seqüência recém exposta, concentricamente se superpondo reciprocamente e se estendendo radialmente do eixo geométrico do elemento montado. A camada circunferencial interna 210 é extrudada em

10 uma posição radialmente externa à camada circunferencial exterior 220 através de um conduto localizado entre a matriz intermediária e a matriz fêmea. A camada circunferencial interna 210 e a camada circunferencial externa 220 fundem-se simultaneamente no ponto de aplicação ao cabo 100. Em um método de co-extrusão alternativo, a camada circunferencial interna

15 210 e a camada circunferencial externa se fundem em camadas concêntricas no interior da cabeça transversal de extrusão. Em um método deste tipo a cabeça transversal compreende uma matriz macho (ou de ápice) e uma matriz fêmea. Não é empregada qualquer matriz intermediária. As camadas combinadas da camada circunferencial interna 210 e a camada circunferencial

20 externa 220 fluem através de um conduto entre as matrizes macho e fêmea e são aplicadas simultaneamente ao cabo 100.

O conjunto de cabo semi-acabado assim obtido é genericamente submetido a um ciclo de resfriamento. O resfriamento de preferência é realizado passando o conjunto de cabo semi-acabado em uma

25 calha de resfriamento contendo um fluido apropriado, tipicamente água de poço/água de rio ou sistema de água de refrigeração em laço fechado. A temperatura da água pode estar entre cerca de 2°C e 30°C, porém de preferência é mantida entre cerca de 10° e 20°C. Durante a extrusão e até certo ponto durante o resfriamento, as camadas de camisa 210 e 220 entram

em colapso para substancialmente assumir a forma da periferia do elemento montado. A jusante do ciclo de resfriamento, o conjunto é genericamente submetido à secagem, por exemplo, por intermédio de ventiladores, e é recolhido em um terceiro carretel coletor. O cabo acabado é enrolado sobre
5 um carretel coletor final.

Aqueles versados na técnica reconhecerão que diversas variações deste método podem ser usadas para obter um cabo consentâneo com os princípios da invenção. Por exemplo, vários estágios do método podem ser conduzidos em paralelo ao mesmo tempo. Estas variações
10 conhecidas devem ser consideradas como se enquadrando dentro do âmbito dos princípios da invenção.

Embora modalidade preferenciais da invenção tenham sido descritas e ilustradas acima, deve ser entendido que estas são típicas da invenção e não devem ser consideradas como limitativas. Por exemplo, ainda
15 que um cabo de energia elétrica consentâneo com a presente invenção seja particularmente apropriado para aplicações através da totalidade da indústria de serviços elétricos inclusive distribuição subterrânea residencial (URD) ou distribuição subterrânea primária, e cabos alimentadores, a construção de cabo descrita aqui pode ser aplicada a outras dimensões e capacidades de
20 cabos sem se afastar do âmbito da invenção. Adições, omissões, substituições e outras modificações podem ser introduzidas sem se afastar do espírito ou âmbito da presente invenção. Por conseguinte, a invenção não deve ser considerada como sendo limitada pela descrição precedente, e é somente limitada pelo âmbito das reivindicações apensas.

REIVINDICAÇÕES

1. Cabo (100) compreendendo:

um núcleo formando o interior do cabo (100) com uma periferia externa definida por uma blindagem isolante (125); e

5 uma camisa compósita externa (130) circundando o núcleo e formando o exterior do cabo (100), a camisa compósita externa (130) incluindo uma camada circunferencial interna (210) próxima ao núcleo e uma camada circunferencial externa (220), caracterizado pelo fato de que a
10 camada circunferencial interna (210) substancialmente encapsula uma pluralidade de elementos neutros (150) distribuídos circunferencialmente em torno de um raio e helicoidalmente ao longo da extensão do cabo (100), os elementos neutros (150) contatando eletricamente a blindagem isolante (125) do núcleo, pelo menos a camada circunferencial interna (210) sendo um material polimérico expandido.

15 2. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo compreende um condutor (110), uma blindagem de condutor (115) circundando o condutor (110), um isolante (120) circundando a blindagem do condutor (115), e a blindagem isolante (125) circundando o isolante (120).

20 3. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 2 caracterizado pelo fato de que a blindagem isolante (125) é de um material semicondutor ou não condutor.

 4. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de elementos neutros concêntricos (150) é de
25 fios variando em dimensão de nº 24 AWG a nº 8 AWG.

 5. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de a área em mil (25,4 microns) circular total da pluralidade de elementos neutros (150) estar entre cerca de 5000 mils (127 mm) circulares por 25,4 mm de diâmetro de núcleo isolante até a área em mil (2,54) circular

total plena do condutor de fase (110).

6. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial externa (220) não é de um material polimérico expandido.

5 7. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma da camada circunferencial interna (210) e da camada circunferencial externa (220) tem um grau de expansão de cerca de 2% a cerca de 50%.

10 8. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial externa (220) compreende cerca de 20% a cerca de 30% de uma espessura radial da camisa externa (130) e a camada circunferencial interna (210) e a camada circunferencial externa (220) compreende polietileno linear de baixa densidade (LLDPE).

15 9. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial interna (210) tem um grau de expansão de até cerca de 15% a cerca de 25%.

20 10. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial externa (220) compreende polietileno de alta densidade (HDPE) e compreende cerca de 20% de uma espessura radial da camisa externa (130) e a camada circunferencial interna (210) compreende LLDPE.

11. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial interna (210) tem um grau de expansão de até cerca de 30%.

25 12. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camisa externa (130) compreende adicionalmente uma camada circunferencial intermediária de material polimérico.

13. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a camada circunferencial intermediária tem um

grau de expansão de cerca de 10 a cerca de 12%.

14. Cabo (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camisa externa (130) compreende pelo menos um material selecionado do grupo consistindo de poli(cloreto) de vinila (PVC), copolímeros de etileno/acetato de vinila (EVA), polietileno de baixa densidade, LLDPE, HDPE, polipropileno, e polietileno clorado.