

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

(11) **PI9713938-6 B1**

(22) Data de Depósito: 10/03/1997
(45) **Data da Concessão: 23/02/2010**
(RPI 2042)



(51) *Int.Cl.:*
H02G 15/068 (2010.01)

(54) Título: **TERMINAÇÃO PARA UM CABO ELÉTRICO DE POTÊNCIA.**

(30) Prioridade Unionista: 16/12/1996 US 08/763390

(73) Titular(es): Minnesota Mining and Manufacturing Company

(72) Inventor(es): John T. Larson, Lawrence C. Chor, Robert A. Wandmacher

"TERMINAÇÃO PARA UM CABO ELÉTRICO DE POTÊNCIA".

Campo da Invenção

A presente invenção relaciona-se ao controle de tensão elétrica e mais particularmente a um método e um arranjo para controlar a tensão elétrica em
5 uma região de alta intensidade de campo elétrico associado com um equipamento elétrico de alta tensão.

Fundamento da Invenção

É bem conhecido empregar meios de controle de tensão para controlar a tensão elétrica em uma região de alta intensidade de campo elétrico
10 devido a uma descontinuidade da blindagem em cabo de alta tensão ou equipamento elétrico, por exemplo, em buchas elétricas, e juntas ou terminações de cabos de alta tensão. Tais meios de controle de tensão compreendem cones de tensão e fitas ou artigos tubulares de material semicondutivo de controle de tensão. Esta invenção é dirigida para os meios de controle de tensão compreendendo um
15 material de controle de tensão de alta permissividade e fornece um desempenho melhor na extinção da descarga corona, na tensão suportada de frequência de potência e na tensão suportada de impulso, quando comparado com o desempenho dos arranjos da arte anterior usando tais meios de controle de tensão. Para propósitos de ilustração, esta invenção é descrita primariamente numa utilização
20 como uma terminação de um cabo de alta tensão. A invenção pode ser aplicada, entretanto, a outro cabo elétrico ou equipamento onde o controle de tensão é desejado.

Um cabo de alta tensão típico inclui um condutor interno circundado por uma blindagem condutora que é, por vez, circundada por um
25 material isolante que é blindagem, em alguns exemplos, e blindagem metálica. Terminando tal cabo, é usual remover ou cortar cada camada sucessiva do cabo para expor a camada abaixo. Corte da blindagem eletricamente semicondutora provoca uma descontinuidade no campo elétrico resultando em alta tensão elétrica à extremidade da blindagem. A alta tensão elétrica pode induzir descargas elétricas

a ocorrer, que por sua vez tendem a causar ruptura do isolamento do cabo. A alta tensão elétrica pode ser controlada por meios de controle de tensão elétrica.

5 Terminações de cabo de corrente alternada de alta tensão são geralmente testadas nos EUA sob o padrão de procedimento de teste padrão IEEE 48-1990. Este procedimento descreve, *inter-alia*, testes de projeto a serem realizados pelo fabricante para obter informação do desempenho de uma terminação de cabo de alta tensão.

10 Os testes de projeto do procedimento IEEE que são particularmente úteis na determinação da eficácia de uma terminação tendo um arranjo de controle de tensão, incluem o "Teste de Tensão de Extinção de Descarga Parcial (Corona)", o "Teste de Tensão Suportada de Frequência de Potência" e o "Teste de Tensão Suportada a Impulso Atmosférico". No teste de tensão de extinção de descarga, a descarga elétrica na terminação é medida em específicas tensões aplicadas e tem que estar abaixo de valores específicos. Nos
15 testes de tensão suportada de frequência de potência, a tensão especificada é aplicada ao cabo e deveria ser suportada sem descarga elétrica ou outra disrupção dielétrica. No teste de tensão suportada a impulso, os impulsos de valor e de forma de onda específicos são aplicados ao cabo e deveriam ser suportados sem descarga elétrica ou outra disrupção dielétrica. A tensão na qual as descargas elétricas
20 ocorrem deveria estar acima de valores específicos. O desempenho de descarga, a tensão de frequência de potência e a tensão de impulso da terminação deveria atender aos requisitos publicados nos procedimentos de Teste Padrão IEEE padrão 48 - 1990.

25 O uso de material de controle de tensão em terminações de cabo de alta tensão não produzem sempre terminações que atendem aos requisitos de desempenho sob impulso dos procedimentos de teste IEEE. A fim de atender a este requisito, o arranjo de controle de tensão pode ser ampliado pelo uso de defletores de chuva. Enquanto defletores são tipicamente empregados com terminações de uso externo para outros propósitos, eles não são geralmente

empregados quando a terminação do cabo é instalada para uso interno. Como o uso de defletores aumenta o custo da terminação e requer espaço adicional ao redor do cabo, é desejável ser possível se dispensar o uso de tais defletores e ainda assim atender ao desempenho sob o impulso desejado.

5 A presente invenção, fornece um novo arranjo que significativamente melhora o desempenho de descarga de terminação, de tensão de frequência de potência e de tensão de impulso com ou sem o uso de defletores. Enquanto a presente invenção seja primariamente descrita em conexão com uma terminação de um cabo, ela é conveniente para emprego com junções de cabos de
10 alta tensão e outros equipamentos de alta tensão incluindo buchas elétricas e buchas passantes.

Sumário da Invenção

 A presente invenção inclui uma manga de isolamento elastomérico elasticamente recuperável que é fornecida com um suporte interno ou "núcleo" que
15 retém a manga em uma condição esticada. A manga é colocada sobre o cabo de potência e o núcleo é desenrolado e removido, permitindo a manga contrair em contato com o cabo. Entre a manga e o núcleo é disposto um sistema de controle de tensão, em duas partes, consistindo de um material de controle de tensão conformável desprovido de preenchimento, não pegajoso, circundado por um tubo
20 de controle de tensão elastomérico. Tanto o material de controle de tensão conformável como o tubo de controle de tensão tem alta permissividade (maior do que 10). Como aqui empregado, "Permissividade" ou "Permissividade Relativa" é sinônimo de constante dielétrica e o seu valor relativo é a razão do fluxo elétrico gerado por um campo elétrico em um meio em relação ao gerado pelo mesmo
25 campo elétrico em no vácuo.

 A presente invenção define as relações entre as permissividades do material de controle de tensão conformável e o tubo de controle de tensão, as espessuras de ambos os membros, e o comprimento do material de controle de tensão conformável que se estende da borda da camada de blindagem condutiva

do cabo.

Em uma primeira concretização da invenção, o material de controle de tensão conformável é disposto em contato com a extremidade cortada da blindagem do cabo e se estende ao longo do isolamento do cabo. Em uma
5 segunda concretização da invenção, um material de controle de tensão conformável está também em contato com a extremidade cortada do isolamento do cabo e terminal de conexão.

Breve Descrição dos Desenhos

10 A presente invenção será descrita com respeito aos desenhos em anexo, onde os mesmos números referem-se as mesmas partes nas diversas vistas, e onde:

a Figura 1 é uma vista de seção transversal de uma manga de terminação de controle de tensão da presente invenção com defletores de chuva;

15 a Figura 2 é uma vista de seção transversal de uma manga de terminação de controle de tensão da presente invenção sem defletores de chuva;

a Figura 3 é uma vista de seção transversal de uma manga de terminação de controle de tensão da presente invenção quando aplicada a um cabo elétrico de potência;

20 a Figura 4 é uma vista de seção transversal de uma concretização alternativa da manga de terminação de controle de tensão da presente invenção quando aplicada a um cabo elétrico de potência;

a Figura 5 é uma vista de seção transversal de ainda outra concretização alternativa da manga de terminação de controle de tensão da presente invenção quando aplicada a um cabo elétrico de potência; e,

25 a Figura 6, mostra nos Gráficos 1 e 2 os níveis de desempenho melhorado exibidos pelas primeira e segunda concretizações da terminação objeto da presente invenção.

Descrição da Concretização Preferida

A Figura 1 ilustra uma montagem de terminação, geralmente

indicada como 10, de acordo com uma concretização da presente invenção. A
terminação 10 mostrada na Figura 1 é uma manga tubular pré esticada 12,
suportada na condição esticada por um núcleo 14, cujo núcleo 14 é facilmente
removível. A terminação 10 é tipicamente designada como "TPE" (Tubo Pré-
5 Esticado). Tal terminação 10 está ilustrada na patente US 3.515.798, incorporada
aqui por referência. Preferivelmente o núcleo 14 é um núcleo espiral rígido em
uma peça tendo voltas adjacentes interconectadas em uma configuração helicoidal
fechada, como descrita na patente U.S. 3.515.798. A manga externa 12 é
preferivelmente de borracha de silicone, embora uma larga variedade de materiais
10 possa ser usado em quanto eles possuam a resistência requerida de arco e trajeto,
resistência a ultravioleta e capacidade para esticar e recuperar substancialmente
suas dimensões originais quando o núcleo 14 é removido.

A montagem de terminação da Figura 1 é primariamente destinada
para uso externo e assim inclui defletores de chuva 16 que aumentam o
15 comprimento de trajeto ao longo do comprimento da manga 12. O espaço é
normalmente mais critico em aplicações abrigadas, de forma que os defletores de
chuva 16 são normalmente dispensados nestas situações, como mostrado na Figura
2. Cada terminação 10 é aplicada como mostrado na Figura 3 a um cabo elétrico
de potência 22 que tem um dispositivo de terminação adequado tal como o
20 terminal de conexão 24 mostrado encrespado ao condutor 26 do cabo 22.

Para aplicar o terminal de conexão 24 e assim terminar o cabo 22,
o cabo 22 deve estar preparado pela remoção de uma predeterminado
comprimento do isolamento 28 cobrindo o condutor 26 e um maior
predeterminado comprimento de blindagem semicondutiva 30 cobrindo o
25 isolamento 28. O corte da blindagem 30 causa uma descontinuidade do campo
elétrico ao redor do condutor 26 e resulta em alta tensão elétrica à extremidade da
blindagem 30. A alta tensão pode induzir descarga elétrica a ocorrer, que por sua
vez pode causar disrupção do isolamento 28 do cabo 22 ou da manga de
terminação 12. A presente invenção é destinada a controlar estas altas tensões

elétricas para evitar esses resultados indesejáveis.

O controle de tensão elétrica na concretização preferida é fornecido na terminação 10 pelo uso combinado de um tubo de controle de tensão 18 de alta permissividade alinhando uma parte da manga 12, e um material de controle de tensão conformável 20 dentro do tubo de controle de tensão 18. A espessura do tubo de controle de tensão 18 e do material de controle de tensão conformável 20, o comprimento do material de controle de tensão conformável 20 e a permissividade de ambos tubo de controle de tensão 18 e material de controle de tensão conformável 20 são controlados para cumprir o desejado controle de tensão dentro da terminação 10.

O tubo de controle de tensão 18 de alta permissividade é descrito genericamente na patente U.S. 4.363.842, que está incorporado aqui por referência. O artigo descrito naquela patente foi um tanto o quanto modificado para produzir o tubo de controle de tensão 18 preferido definido pela seguinte composição:

	Partes em peso
Nordel 1470 (Marca registrada para uma borracha monomérica de etileno / propileno / dieno comercialmente disponível da DuPont)	50
Nordel 1440 (Marca registrada para uma borracha monomérica de etileno / propileno / dieno comercialmente disponível da DuPont)	50
Oxido de Zinco (Processo Francês)	5,0
Negro de Carbono ARO60 (um grau N754, negro de carbono de grande tamanho de partícula comercialmente disponível de J. M. Huber)	71,35
Mica Mineralítica 4X (comercialmente disponível de Thompson Hayward Chemical)	20
D-148 (Marca Registrada para um auxílio de processo comercialmente disponível de Ventron)	2,0
Struktol WB - 16 (Marca Registrada para uma mistura de sabão ácido gorduroso, predominantemente cálcio, disponível de Struktol Company)	2,0
EF (A - 172) D-50 (Marca Registrada de um agente de acoplamento de silano vinil pré dispersado em uma cera de hidrocarboneto comercialmente	

disponível de Elastochem)	1,0
Sunpar 2280 (Marca Registrada para um óleo de processo parafínico comercialmente disponível da Sun Company)	9,8
Plasthall DOZ (Marca Registrada para Azelato de Di-2-Etil-hexil comercialmente disponível da C. P. Hall Co.)	13,3
Plasthall DIDG (Marca Registrada para Glutarato de Di isodecila comercialmente disponível C. P. Hall Co.)	13,3
Silvex 113 - 20 - C (Marca Registrada para um óleo mineral tratado com floco de alumínio de partícula de diâmetro médio de 22 micron comercialmente disponível de Silberline Manufacturing)	8,5
Drimix SR - 297 - 75E (Marca Registrada para dispersão de dimetacrilato de 1,3 butileno comercialmente disponível de Kenrich Petrochemicals)	7,0
E (VC) D - 40 (Marca Registrada para uma dispersão de peróxido difuncional comercialmente disponível de Elastochem)	4,5

O material de controle de tensão conformável está descrito no pedido de patente norte-americano de nº de série 08/524.390 depositado em 6 de setembro de 1995 que corresponde ao pedido brasileiro PI9610113-0 depositado em 8 de agosto de 1996. Este pedido patente está aqui incorporada por referência. O material de controle de tensão conformável 20 é composto de um componente de resina que consiste de uma mistura de duas resinas poliméricas; polímeros de epialoidrina e polímeros isolantes tendo um fator de dissipação elétrica ($\tan \delta$) de menos que 1.

Polímeros de epialoidrina adequados para uso são os polímeros elastoméricos de uma epialoidrina em forma de homopolímero ou copolímero. Tais polímeros são preparados por polimerização do material monomérico em massa ou em solução com catalisadores organometálicos, e podem ser homopolímeros, copolímeros, terpolímeros, etc. Exemplos de homopolímeros incluem epicloroidrina, ou epibromoidrina; copolímeros úteis incluem copolímeros de epialoidrinas com óxidos alquilênicos, e copolímeros com epóxidos, por exemplo, oxido de propileno, oxido de etileno, oxido de buteno, e

éteres de epóxi tal como éter etilglicídico, éter alilglicídico e similar. Tais polímeros são disponíveis da Zeon Chemicals, Inc.

Polímeros de epialoidrina preferidos incluem copolímeros com óxidos de alquilenos, particularmente etileno e óxidos de propileno.

5 O componente de resina também contém um polímero isolante tendo uma $\tan \delta$ de menos que um. Polímeros úteis incluem silicone, EPM ou EPDM e borrachas de hidrocarboneto. Silicones úteis incluem silicones que são fluidos a temperatura ambiente e silicones em goma; silicones em goma são preferidos para fácil composição e processamento; os mais preferidos são aqueles
10 silicones em goma tendo uma dureza de cerca de 30.

Elastômeros de silicone disponíveis comercialmente incluem aqueles silicones fluidos disponíveis como Dow Corning DC 10.000, e similar, e silicones em goma disponíveis como Elastosil® R300/30 de Wacker Silicones Corporation e Silastic® GP31 da Dow Corning, e similar.

15 Esta formulação produz um material de controle de tensão 20 conformável não pegajoso compreendendo:

- a) cerca de 100 partes de um componente de resina contendo
 - 1) cerca de 20% a cerca de 80% de um polímero de epialoidrina, e
 - 2) correspondentemente, cerca de 80% a cerca de 20% de um
20 polímero de isolamento tendo uma $\tan \delta$ de menos que um,
- b) cerca de 8 a cerca de 200 partes de um enchimento selecionado de um grupo consistindo de titanato de bário e silicato de alumínio hidratado, e
- c) de zero a 30 partes de um plastificante.

25 Materiais de controle de tensão elétrica não pegajosos preferidos compreendem:

- a) cerca de 100 partes de um componente de resina contendo
 - 1) cerca de 20% a cerca de 80% de um polímero de epialoidrina, e
 - 2) correspondentemente, cerca de 80% a cerca de 20% de um
polímero de silicone tendo uma $\tan \delta$ de menos que um,

- b) de cerca de 8 a cerca de 200 partes de titanato de bário, e
- c) de zero a 30 partes de um plastificante.

Como estabelecido anteriormente, a mais alta tensão elétrica de um cabo 22 preparado ocorre à extremidade cortada da blindagem de isolamento semicondutivo 30. A presente invenção coordena dois componentes fixados a uma específica relativa geometria baseada nas suas permissividades para fornecer controle de tensão.

O material de controle de tensão conformável interno 20 é posicionado a estender-se em ambas direções da face cortada da blindagem 30 e deveria ter uma espessura suficiente para preencher o degrau radial da superfície externa do isolamento do cabo 28 para a superfície externa da blindagem 30. O tubo de controle de tensão 18 cobre o material de controle de tensão conformável 20 e se estende além do material de controle de tensão conformável 20 em ambas direções da face da blindagem 30.

A tensão elétrica interna máxima em um isolamento de cabo 28 é primariamente afetada pela permissividade do material de controle de tensão conformável 30. A equação para melhor expressar a tensão máxima é mostrada abaixo:

$$S_{\text{máximo interno}} = (V / (R \ln (R/r))) A$$

onde:

$$A = 1,69 - 1,63 \times 10^{-2} \epsilon_p;$$

V é a tensão aplicada;

R é o raio externo do isolamento do cabo;

r é o raio interno do isolamento do cabo; e

ϵ_p é a permissividade do material de controle de tensão conformável.

A permissividade do material de controle de tensão conformável deve ser alta o suficiente para prevenir sua ruptura na tensão suportada de frequência de potência máxima requerida para o cabo e sua terminação incorporada para obter a categoria de tensão requerida de acordo com os testes

padrão de indústria. Os esforços disruptivos para os materiais de controle de tensão conformável testados foram cerca de 11800 V/mm. Os valores mínimos para permissividade do materiais de controle de tensão conformável em níveis de tensão selecionadas são mostradas na tabela abaixo:

5

Classe de tensão (kV)	Tensão suportada de frequência de potência (kV durante 1 min)	$V/(R \ln (R/r))_{MAX}$ para 2500 MCM (V/mm)	ϵ_p (min) para $V_{BD} = 11800$ V/mm
5,0	25	10450	34
8,7	35	11320	40
15	50	8365	17
25	65	8735	21
28	70	8665	20
34,5	90	8820	22
46	120	8810	21
69	175	8245	16

Como pode ser visto, a permissividade do material de controle de tensão conformável deveria ser de pelo menos cerca de 16.

10 Quando a faixa de tensão for de 15 a 69 kV, o valor preferido para a permissividade será maior do que 22, e mais preferivelmente, maior do que 25.

A máxima tensão elétrica ao longo da superfície externa da manga de terminação 12 adjacente a cada extremidade da blindagem do cabo 30 ou a extremidade do composto de controle de tensão 20 é afetado por muitos parâmetros.

15 A relação matemática que melhor define o valor desta tensão máxima é dada pela equação:

$$S_{\text{máximo externo}} = (V/(R \ln (R/r))) B$$

onde:

$$B = 0,585 + 1,76 \times 10^{-3} \epsilon_p - 2,43 \times 10^{-3} \epsilon_t \\ + 7,32 \times 10^{-5} l_p - 4,45 \times 10^{-2} t_t \\ - 3,39 \times 10^{-2} t_p - 4,45 \times 10^{-5} \epsilon_p l_p$$

20

onde;

ϵ_p é a permissividade do material de controle de tensão conformável;

ϵ_t é a permissividade do tubo de controle de tensão;

l_p é o comprimento do material de controle de tensão conformável sobre o isolamento do cabo em mm;

t_t é a espessura do tubo de controle de tensão em mm; e

5 t_p é a espessura do material de controle de tensão conformável em mm.

Esta relação matemática dada pela equação acima assume uma espessura da manga de terminação 12 de cerca de 2 mm. Esta espessura sendo a mais fina que suportará uma disrupção de tensão através da manga 12 para conservar o material. Uma espessura aumentada da manga 12 também reduzirá a
10 tensão na superfície externa da manga 12.

As máximas tensões externas permissíveis, S, devem estar abaixo de um nível que causaria a disrupção elétrica do ar durante as condições de impulso. Foi verificado que a intensidade de disrupção de impulso para as terminações está na faixa de cerca de 3.000 e 9.200 V/mm. A concretização
15 preferida deveria manter a tensão nos níveis de impulso requeridos de cerca de 3.150 V/mm. Este fator permite que seja calculada uma máxima quantidade para B tal como mostrado na equação acima. Os máximos valores permissíveis para B em tensões de interesse estão listados na tabela abaixo:

Classe de tensão (kV)	Impulso atmosférico BIL (kV)	$V/(R \ln (R/t))_{MAX}$ para 2500 MCM (V/mm)	B(MAX) para $V_{BD} = 9.200 \text{ V/mm}$
5,0	75	800	0,292
8,7	95	780	0,300
15	110	465	0,499
25	150	510	0,456
28	175	550	0,423
34,5	200	500	0,470
46	250	465	0,502
69	350	420	0,558

Da equação para B mostrada acima pode ser visto que o aumento
20 na permissividade do material de controle de tensão conformável 20 e no comprimento do material de controle de tensão conformável 20 tende a aumentar a tensão na superfície externa da manga 12, embora isto seja deslocado um pouco pelo último termo da equação para B, onde pode ser visto que o produto da

permissividade e pelo comprimento do material de controle de tensão conformável 20 tende a diminuir esta tensão. Aumentos tanto na permissividade e como na espessura do tubo de controle de tensão 18 tendem a diminuir a tensão na superfície externa da manga 12. Como estabelecido acima, espessura aumentada da manga de terminação 12 também reduzirá a tensão na superfície externa da manga 12.

Entretanto, esta espessura é mantida em um mínimo requerido para prevenir a disrupção da manga 12 nela mesmo, aproximadamente 2 mm, pois o material de silicone do qual a manga 12 é feita é relativamente caro.

Na prática, é preferido que a espessura do material de controle de tensão conformável 20 seja de pelo menos 1 mm, mais preferivelmente entre 2 e 3 mm, para garantir que o material 20 preencha completamente o degrau na extremidade de corte da blindagem 30. O comprimento do material conformável 20 é de pelo menos 10 mm, preferivelmente de 25 a 50 mm, ao longo do isolamento do cabo 28. Em adição, é preferido que o material conformável se estenda cerca de 10 mm no topo da blindagem do cabo 30 para garantir um contato íntimo com a blindagem 30. Entretanto, tal extensão não deve ser tão longa, nem é necessária, caso haja contato suficiente entre o material de controle de tensão conformável 20 e a blindagem do cabo 30.

Em uma primeira concretização da invenção, onde o composto de controle de tensão está posicionado somente adjacente à extremidade de corte da blindagem do cabo 30, o tubo de controle de tensão 18 tem preferivelmente cerca de 60 mm de comprimento, sendo verificado que um comprimento maior do tubo de controle de tensão não tem qualquer efeito adicional para quaisquer permissividades do tubo 18 menores do que 50. Para evitar limitações na faixa de tamanhos de cabo com os quais a terminação de controle de tensão possa ser usada, o tubo de controle de tensão 18 não deveria se estender além da extremidade de corte do isolamento do cabo 28 e não deveria se estender além do ponto de corte de quaisquer camadas posteriores (por exemplo, qualquer

blindagem metálica) além da blindagem do cabo 30. A espessura do tubo 18 é preferivelmente de pelo menos 1 mm e mais preferivelmente entre 2 e 3 mm.

5 A manipulação destes vários parâmetros permite a previsão, por exemplo, da necessária permissividade do tubo de controle de tensão 18, a ser determinada com base nas dimensões dadas ou permite a previsão de que dimensões os dois componentes de controle de tensão devem assumir para as dadas permissividades dos materiais.

10 O uso do sistema de controle de tensão de dois componentes acima descrito, consistindo do material de controle de tensão conformável 20 e do tubo de controle de tensão 18, melhora enormemente o controle de tensão face as aproximações feitas no passado, permitindo assim tanto um desempenho elétrico aperfeiçoado para um dado comprimento de terminação como uma redução do comprimento de terminação (cerca de 40% dos dispositivos anteriores) em um dado nível de desempenho. Certamente, tais vantagens podem ser combinadas
15 para produzir uma terminação algo mais curta com um desempenho elétrico melhorado. Desde que todos os componentes possam ser carregados no núcleo 14 da terminação 10, a aplicação dos componentes é um processo de passo único e é assim muito econômico e conveniente.

20 O uso do sistema de controle de tensão de dois componentes acima descrito (tendo um material de controle de tensão conformável em contato com a extremidade da blindagem do cabo e se estendendo ao longo do isolamento do cabo, e então sendo coberto por um tubo de controle de tensão polimérico) melhora dessa forma enormemente o controle de tensão face o sistema do estado da técnica que lida com a tensão adjacente onde o terminal de conexão se torna a
25 área de mais alta tensão. Por exemplo, em uma terminação sem controle de tensão, a tensão adjacente à blindagem de corte do cabo pode ser aproximadamente 100 vezes maior do que a tensão em um terminal de conexão de terminação, talvez de 1.000 kV/cm no corte de blindagem e 10 kV/cm no terminal de conexão. O sistema de controle de tensão de dois componentes é efetivo na redução da tensão

adjacente à blindagem ao ponto onde a tensão superficial no terminal de conexão é a tensão predominante na superfície da terminação.

Até a introdução do sistema de controle de tensão de dois componentes, não houve interesse em direcionar o controle de tensão no terminal de conexão da terminação, pois a tensão adjacente ao terminal de conexão era pequena se comparada com a tensão adjacente da blindagem cortada. Entretanto, a grande redução na tensão adjacente do corte de blindagem permite que o controle de tensão adjacente ao terminal de conexão seja enfrentado. O controle de tensão adjacente ao terminal de conexão se torna importante pois os comprimentos de terminação mais curtos que são possíveis com o sistema de controle de tensão de dois componentes provoca tensões elétricas nas proximidades do terminal de conexão que podem se elevar a um nível que pode ser significativo. (Deve ser notado que o nível de tensão perto do terminal de conexão é ainda baixo quando comparado com o nível de tensão que existia na terminação anterior pela introdução do sistema de controle de tensão de dois componentes exposto acima).

As terminações do estado da técnica, incluindo a inventiva terminação mostrada nas Figuras 1 a 3, utilizam um composto selante de silicone 40 adjacente ao final do terminal de conexão da terminação para remover vazios de ar ao redor do terminal de conexão e para prover um selo estanque ao meio ambiente. Foi verificado que pela substituição do composto de selo de silicone 40 com o composto de controle de tensão aqui exposto, a tensão elétrica adjacente ao terminal de conexão é significativamente reduzida. Em particular, esta segunda concretização da inventiva terminação tendo uma primeira região de material de controle de tensão 20 (em contato com a extremidade de corte da blindagem 30) e uma segunda região de material de controle de tensão 21 (em contato com a extremidade de corte do isolamento do cabo 28 e terminal de conexão) exibe um melhorado desempenho em tensão suportada CA e um melhorado desempenho de tensão suportada sob impulso.

Os níveis de desempenho melhorado exibidos pela primeira e

segunda concretizações das inventivas terminações estão ilustrados nos Gráficos 1 e 2 mostrados na Figura 6.

Os gráficos 1 e 2, mostrados na Figura 6, comparam o desempenho de uma terminação tubular sem o composto de controle de tensão (Controle), com uma terminação tubular com somente o composto de controle de tensão conformável adjacente à extremidade de corte da blindagem do cabo 30 (Concretização 1), e com o composto de controle de tensão conformável adjacente tanto na extremidade de corte da blindagem 30 como na extremidade de corte do isolamento 28 e no terminal de conexão (Concretização 2). Um tubo de controle de tensão é usado em todos exemplos. Embora os gráficos ilustrem o desempenho de terminações tubulares, seriam esperados desempenhos similares relativamente melhorados nas utilizações com terminações de saias.

Como pode ser visto nos Gráficos 1 e 2, a introdução de uma primeira região de composto de controle de tensão 20 adjacente à extremidade de corte da blindagem 30 produz um desempenho superior em uma terminação sem composto de controle de tensão, e o uso de uma segunda região de composto de controle de tensão 21 adjacente à extremidade de corte do isolamento 28 e ao terminal de conexão resulta em uma terminação que exhibe até um melhor desempenho para um dado comprimento de terminação. Consequentemente, para um dado nível de desempenho, as terminações podem ser feitas mais curtas.

Será reconhecido que são possíveis múltiplas variações da segunda concretização da terminação objeto da invenção, dependendo da particular aplicação a ser dada para a terminação. Em particular, o tubo de controle de tensão polimérico 18 pode ser omitido da terminação inteira (não mostrada), ou pode se estender entre a primeira e a segunda regiões de material de controle de tensão 20, 21, ou pode ser disposto sobre somente uma ou ambas as regiões de material de controle de tensão conformável 20, 21. A Figura 4 mostra o tubo de controle de tensão 18 se estendendo entre a primeira e a segunda regiões de material de controle de tensão 20, 21, enquanto a Figura 5 mostra o tubo de

controle de tensão 18 se estendendo somente sobre a primeira região de material de controle de tensão 20. A primeira e a segunda regiões de material de controle de tensão 20, 21 podem também se estender através da terminação de forma que a primeira e a segunda regiões 20, 21 contatem uma a outra (não mostrado).

5 Como descrito acima, o material de controle de tensão conformável é preferivelmente composto de uma mistura de polímeros de epialoidrina e polímeros de isolamento tendo um fator de dissipação elétrica de menos que 1, e uma permissividade ϵ_p de pelo menos cerca de 16, preferivelmente entre cerca de 20 e 50.

10 O uso do sistema de controle de tensão descrito acima, consistindo de duas regiões de material de controle de tensão conformável, melhora consideravelmente o controle de tensão sobre tentativas feitas no passado, e assim permite um desempenho elétrico melhorado para um dado comprimento de terminação ou permite uma redução no comprimento de terminação em um dado
15 nível de desempenho. Como todos os componentes podem ser acondicionados no núcleo 14 da terminação 10, a aplicação dos componentes é um processo de passo único e assim é muito econômico e conveniente.

REIVINDICAÇÕES

1. Terminação (10) para um cabo elétrico de potência incluindo um condutor interno (26), um isolamento elétrico (28) circundando o condutor (26) e uma blindagem semicondutiva (30) circundando o isolamento (28), onde a blindagem (30) é removida de um comprimento predeterminado e o isolamento (28) é removido de um comprimento predeterminado menor para expor o condutor (26), caracterizada pelo fato de compreender:

uma primeira região (20) de material de controle de tensão conformável, com permissividade maior que 10, em contato com uma extremidade de corte da blindagem (30) do cabo e se estendendo ao longo do isolamento (28) do cabo;

uma segunda região (21) de material de controle de tensão conformável, com permissividade maior que 10, disposta em contato com uma extremidade de corte do isolamento (28) do cabo;

uma camada de isolamento elétrico polimérica (12) se estendendo de uma primeira extremidade da terminação para uma segunda extremidade da terminação, a camada de isolamento elétrico (12) disposta sobre a primeira (20) e a segunda (21) regiões de material de controle de tensão conformável com permissividade maior que 10; e,

um tubo de controle de tensão polimérico (18) se estendendo entre a primeira (20) e a segunda (21) regiões de material de controle de tensão conformável.

2. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o tubo de controle de tensão polimérico (18) está disposto sobre a primeira região (20) de material de controle de tensão conformável.

3. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o tubo de controle de tensão polimérico (18) está disposto sobre a segunda região (21) de material de controle de tensão conformável.

4. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a primeira (20) e a segunda (21) regiões de material de controle de tensão conformável contatam uma a outra.

5. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a permissividade ϵ_p do material de controle de tensão conformável é pelo menos 16.

5 6. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a permissividade ϵ_p do material de controle de tensão conformável está na faixa de 20 e 50.

7. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o comprimento da primeira região (20) de material de controle de tensão conformável, a espessura da primeira região (20) de material de controle de tensão e a
10 espessura do tubo de controle de tensão (18) são definidas pela seguinte equação, onde B é o parâmetro usado para calcular a máxima tensão elétrica externa na superfície exterior da camada de isolamento (28) adjacente à extremidade de corte da blindagem (30) do cabo, e onde:

$$\begin{aligned} B = & 0,585 + 1,76 \times 10^{-3} \epsilon_p - 2,43 \times 10^{-3} \epsilon_t \\ & + 7,32 \times 10^{-5} l_p - 4,45 \times 10^{-2} t_t \\ & - 3,39 \times 10^{-2} t_p - 4,45 \times 10^{-5} \epsilon_p l_p \end{aligned}$$

onde;

ϵ_p é a permissividade do material de controle de tensão conformável;

ϵ_t é a permissividade do tubo de controle de tensão;

20 l_p é o comprimento do material de controle de tensão conformável sobre o isolamento do cabo em mm;

t_t é a espessura do tubo de controle de tensão em mm; e

t_p é a espessura do material de controle de tensão conformável em mm.

8. Terminação de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo
25 fato de que B é menor do que cerca de 0,56.

9. Terminação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o material de controle de tensão conformável é composto de uma mistura de polímeros de epialoidrina e polímeros de isolamento tendo um fator de dissipação elétrica de menos que 1.

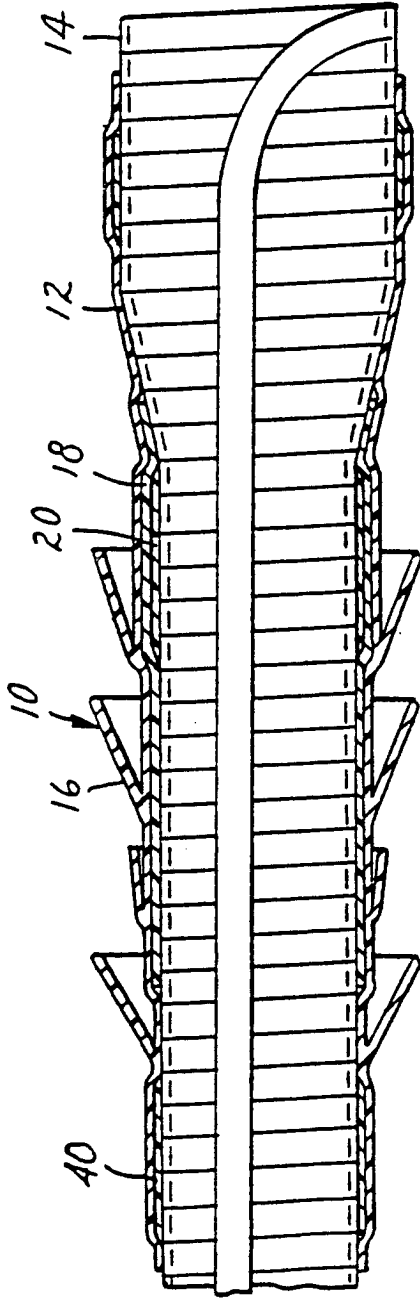


FIG. 1

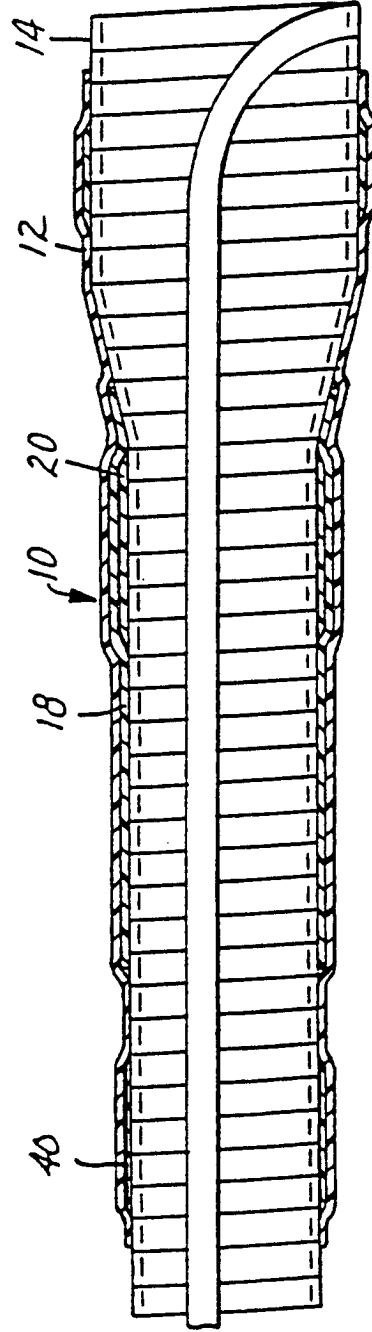
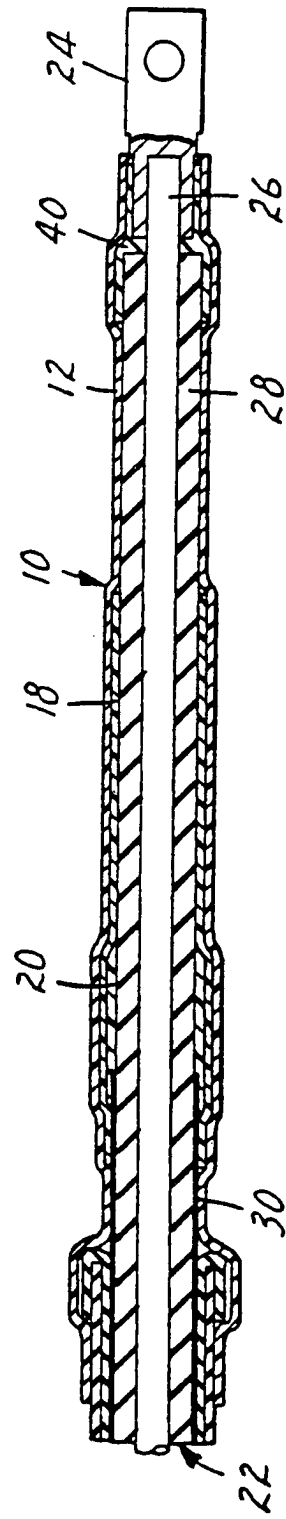


FIG. 2

**FIG. 3**

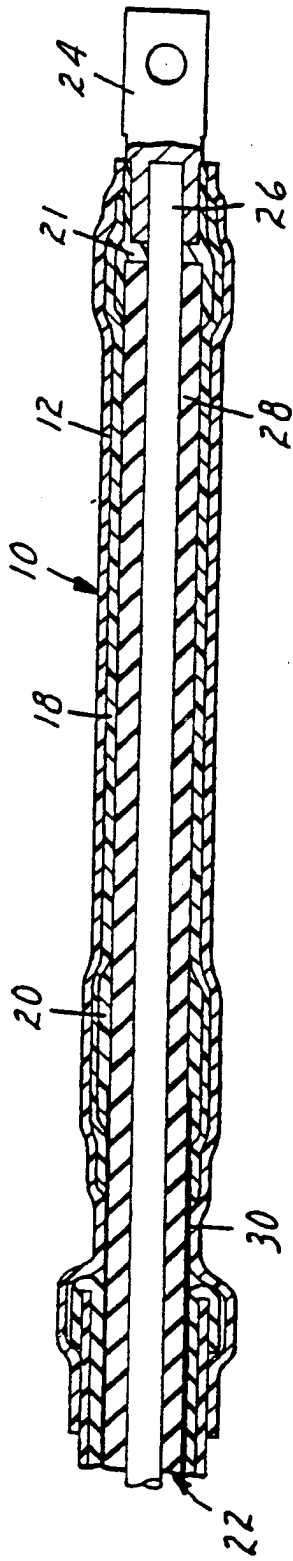


FIG. 4

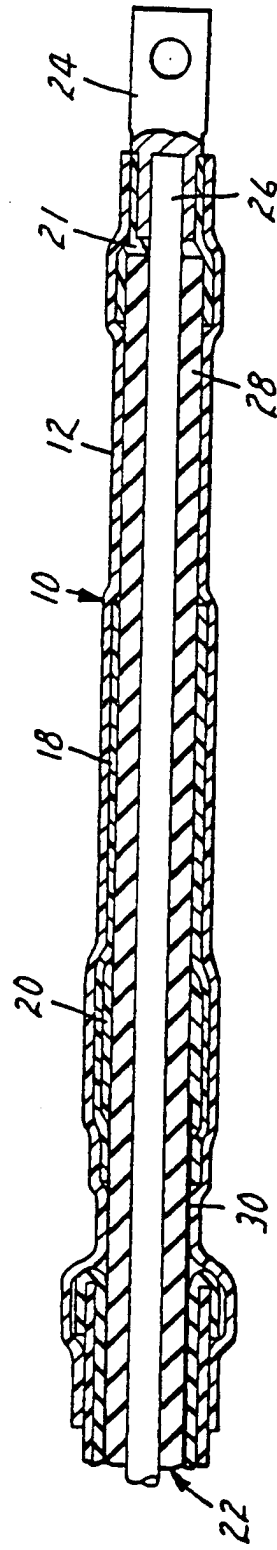


FIG. 5

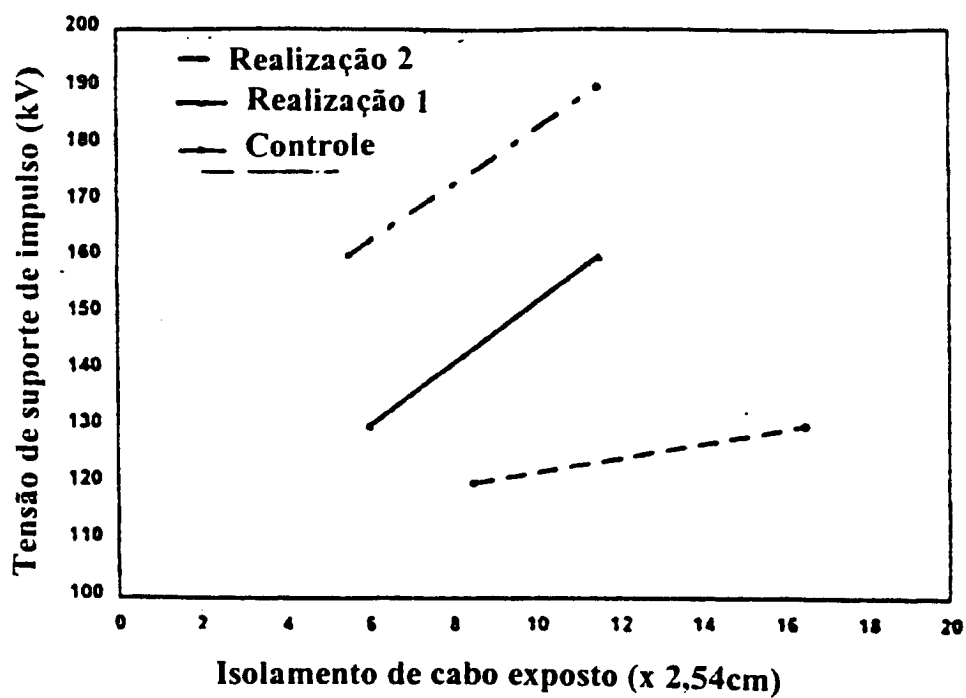


GRÁFICO 1

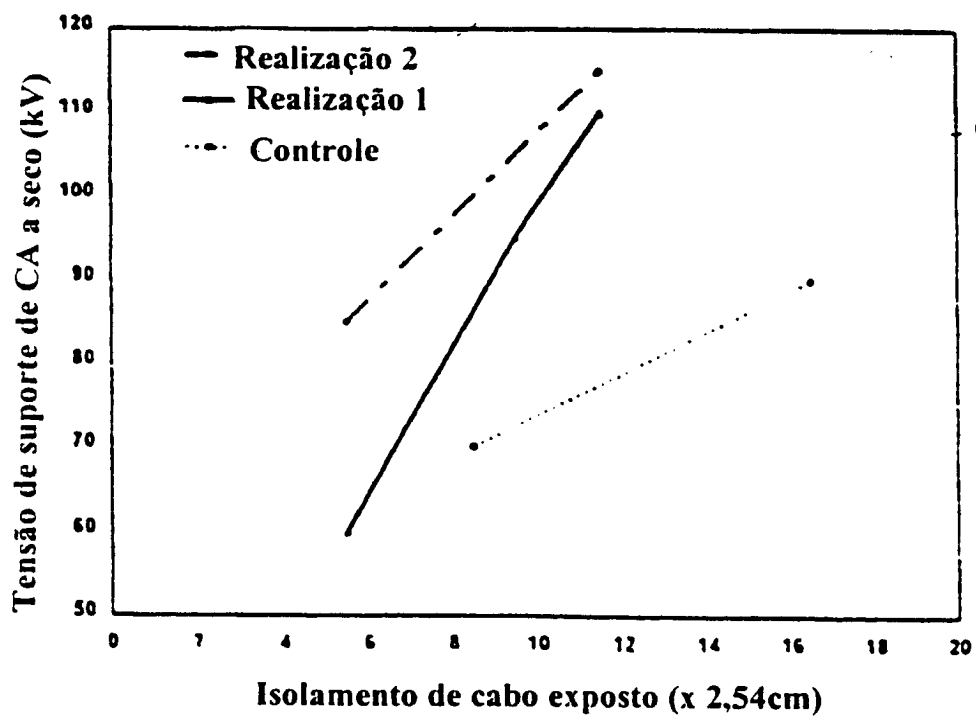


GRÁFICO 2

FIG.6

RESUMO**"TERMINAÇÃO PARA UM CABO ELÉTRICO DE POTÊNCIA"**

Refere-se a invenção a uma terminação (10) para um cabo elétrico de potência incluindo um condutor interno (26), um isolamento elétrico (28) circundando o condutor (26) e uma blindagem semicondutiva (30) circundando o isolamento (28), onde a blindagem (30) é removida de um comprimento predeterminado e o isolamento (28) é removido de um comprimento predeterminado menor para expor o condutor (26). A terminação (10) compreende: uma primeira região (20) de material de controle de tensão conformável, com permissividade maior que 10, em contato com uma extremidade de corte da blindagem (30) do cabo e se estendendo ao longo do isolamento (28) do cabo; uma segunda região (21) de material de controle de tensão conformável, com permissividade maior que 10, disposta em contato com uma extremidade de corte do isolamento (28) do cabo; uma camada de isolamento elétrico polimérica (12) se estendendo de uma primeira extremidade da terminação para uma segunda extremidade da terminação, a camada de isolamento elétrico (12) disposta sobre a primeira (20) e a segunda (21) regiões de material de controle de tensão conformável com permissividade maior que 10; e, um tubo de controle de tensão polimérico (18) se estendendo entre a primeira (20) e a segunda (21) regiões de material de controle de tensão conformável.