



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

(21) **PI0709356-0 A2**



(22) Data de Depósito: 20/03/2007  
(43) Data da Publicação: 12/07/2011  
(RPI 2114)

(51) *Int.Cl.:*  
H01F 27/28 2006.01  
H01F 27/32 2006.01  
H01F 41/12 2006.01  
H01B 3/40 2006.01

(54) Título: **ELEMENTO ESPAÇADOR DISTINTO, TRANSFORMADOR ELÉTRICO, PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO ESPAÇADOR ISOLANTE E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM TRANSFORMADOR ELÉTRICO**

(57) Resumo: ELEMENTO ESPAÇADOR DISTINTO, TRANSFORMADOR ELÉTRICO, PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO ESPAÇADOR ISOLANTE E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM TRANSFORMADOR ELÉTRICO A presente invenção se refere a isolantes distintos para um transformador elétrico, produzidos a partir de polímero cristalino líquido termotrópico (LCP).

(30) Prioridade Unionista: 22/03/2006 US 60/784.718

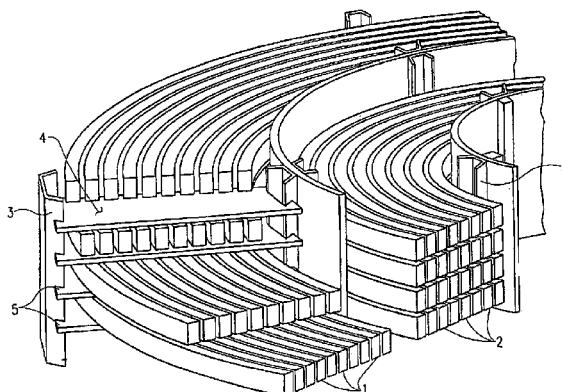
(73) Titular(es): E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

(72) Inventor(es): GIORGIO PATRIZIO VERCESI, JEAN - PIERRE JAKOB, RICHARD P. MAREK

(74) Procurador(es): PAOLA CALABRIA MATTIOLI

(86) Pedido Internacional: PCT US2007006938 de 20/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/111889 de 04/10/2007



**“ELEMENTO ESPAÇADOR DISTINTO, TRANSFORMADOR ELÉTRICO,  
PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO ESPAÇADOR  
ISOLANTE E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM  
TRANSFORMADOR ELÉTRICO”**

5

**CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção se refere ao campo dos transformadores elétricos, em particular, aos isolantes ou espaçadores utilizados em transformadores de potência e distribuição.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

10

Um transformador é um dispositivo para aumentar, isolar ou reduzir a voltagem de um sinal elétrico alternado e é amplamente utilizado para transferir energia de uma corrente alternada no enrolamento primário para aquele em um ou mais enrolamentos secundários.

15

O projeto básico de um transformador consiste em dois ou mais circuitos elétricos que compreendem os enrolamentos primários e secundários, cada um fabricado de bobinas multivoltas de condutores com um ou mais núcleos magnéticos acoplando as bobinas pela transferência do fluxo magnético entre os mesmos. Convencionalmente, na construção da forma do núcleo, duas ou mais pernas do núcleo de aço laminado dispostas verticalmente possuem dois ou mais enrolamentos dispostos concêntricamente ao redor de cada perna do núcleo. Em sua forma mais simples, os enrolamentos são comumente separados em seções de enrolamento de Baixa Voltagem (LV) e Alta Voltagem (HV). Em uma construção alternada, as bobinas LV e HV são interfoliadas verticalmente para a construção na forma de concha.

20

25

As bobinas são separadas entre si por um material dielétrico (isolante).

É conhecido, por exemplo, vide o pedido de patente publicado US 2004/0070480, as patentes US 6.445.269 e US 6.259.345, para fabricar pequenos transformadores pela encapsulação das bobinas condutoras em um

polímero cristalino líquido (LCP) como dielétrico. Entretanto, a tecnologia de encapsulação não é possível para os transformadores de tamanho grande, comumente designados como transformadores de potência e distribuição. Para os transformadores grandes, os espaçadores na forma de bastões axiais e espaçadores radiais devem ser utilizados para assegurar e manter o resfriamento eficaz das bobinas do transformador, ou entre os enrolamentos da camada ou entre as seções de enrolamentos múltiplos. Os bastões dispostos verticalmente são utilizados freqüentemente como separadores entre as bobinas e/ou as seções do enrolamento para o enrolamento do tipo camada.

10 Quando os enrolamentos são do tipo disco, cujo termo também engloba os termos seção, hélice e no tipo de forma de concha, o termo panqueca, é conhecido por apresentar espaçamento axial e radial através da utilização apropriada dos espaçadores axiais e/ou espaçadores (disco) radiais. Em uma forma de estrutura de núcleo típico, os espaçadores radiais são discretos e

15 protegidos sobre os espaçadores axiais ao longo da altura da bobina de modo a manter os espaçadores radiais no local e, ainda, fornecer a distância dielétrica desejada entre os condutores e fluxo adequado de fluido refrigerante ao redor dos enrolamentos. Geralmente um fluido refrigerante médio, tal como um óleo, ar ou gás é utilizado. Estes espaçadores radiais são tipicamente

20 colados a uma folha isolante denominada uma lavadora em uma construção na forma de concha. Em outra estrutura típica, os espaçadores axiais e radiais são combinados para formar uma configuração em formato de favo de mel. Alguns exemplos dos espaçadores de enrolamento são descritos, por exemplo, nas patentes US 1.159.770, US 2.201.005, US 2.756.397 e US 2.783.441.

25 Os elementos dielétricos na forma de bastões verticais, axiais e espaçadores radiais, denominados daqui por diante de espaçadores em grupo, devem ser fabricados de material eletricamente isolante. O material isolante deve possuir resistência dielétrica apropriada e ser capaz de suportar calor e

flutuações de temperatura. Em alguns transformadores, as bobinas e camadas isolantes são imersas em fluido, que auxilia no transporte de calor para longe das bobinas, de modo que o material isolante deve ser idealmente resistente aos fluidos comumente utilizados. Assim, os espaçadores devem ser capazes de suportar as tensões mecânicas desenvolvidas durante a fabricação e as tensões elétricas / mecânicas durante a operação do transformador, tal como, por exemplo, durante um evento de curto circuito.

Os transformadores convencionais, os espaçadores são fabricados de uma variedade de materiais isolantes dependendo das classes de temperatura requerida, projeto, custo e outras exigências de desempenho e propriedade. Os materiais comumente utilizados incluem as fibras de celulose, papel ou papelão, materiais de cerâmica, fibras de aramida, papel ou papelão prensado, e materiais termorrígidos preenchidos com fibra, tais como epóxi ou poliéster, onde o vidro pode estar na forma de fibras curtas descontínuas, uma manta de micro fibra ou um tecido.

O isolamento de celulose é um material de isolamento de custo eficaz, mesmo com o trabalho significativo requerido para preparar as partes. As partes são tipicamente cortadas ou serradas, moídas em uma espessura consistente, moídas nas extremidades para remover os cantos agudos que podem rasgar o isolamento do fio e, então, finalmente perfuradas em partes individuais. No caso dos bastões, pilhas de tiras previamente cortadas devem ser coladas e então curadas em forno para produzir a parte na espessura apropriada. Além disso, a utilização do isolamento de celulose é limitada aos transformadores de classe de temperatura relativamente baixa, com capacidades de área de calor limitada e limites de temperatura de abertura até 105° C contínuo. Uma outra limitação das partes do papelão de celulose deriva de seu comportamento de absorção de umidade que, dependendo da umidade

relativa do ambiente, afeta a estabilidade dimensional e a consistência das partes. Isto, por sua vez pode desenvolver graves dificuldades na operação de conjunto das bobinas onde devem ser tomados cuidados especiais para manter as distâncias disco-a-disco, bem como a altura total do conjunto de enrolamento dentro das especificações do projeto, que é crítico para as características e desempenhos fundamentais do transformador. Os ajustes para este propósito durante a montagem dos enrolamentos são típicos, para compensar as dimensões inconsistentes dos espaçadores (por exemplo, com relação à espessura dos espaçadores radiais em um conjunto de enrolamento de disco) e pode levar a um aumento de tempo substancial da montagem e, em último caso, dos custos. Além disso, é conhecido que em exposição à temperatura alta-para-média a longo prazo, as fibras de celulose são submetidas à degradação hidrolítica e envelhecimento, que causa um encolhimento do espaçador, resultando no relaxamento da estrutura de grampeamento mecânico, levando eventualmente à falha do transformador em condições de curto-circuito. Muito tempo é gasto na secagem e no ajuste dos enrolamentos, devido à tendência de absorção da umidade da celulose.

Os materiais de isolamento de epóxi ou poliéster preenchido por fibra de vidro possuem melhor desempenho de temperatura (até 155 – 180° C para epóxi, até 220° C para os poliésteres), entretanto, a presença de fibras de vidro, que são necessárias para proporcionar rigidez estrutural, diminui a vida do isolante e pode precipitar as descargas parciais. No ciclo de temperatura repetido, a diferença dos coeficientes térmicos de expansão do vidro e do polímero pode levar à formação de espaços vazios na parte, resultando em descargas parciais ou efeito de corona, levando eventualmente ao colapso do isolante. Portanto, tais materiais são mais comumente encontrados nos transformadores do tipo seco, enquanto que em transformadores preenchidos por líquido, as fibras de celulose e aramida

são geralmente preferidas, em especial, nas seções de enrolamento HV. Além disso, com os materiais termorrígidos, os formatos das partes dos espaçadores que podem ser produzidos são limitados, estabelecendo restrições no projeto do transformador. Do mesmo modo, os materiais termorrígidos não são inerentemente resistentes à chama (UL 94-V0), e seu uso nos transformadores do tipo seco requer formulação extensiva pela utilização dos aditivos retardantes da chama.

Os espaçadores de cerâmica estão sendo cada vez menos utilizados nos transformadores do tipo seco, primariamente por causa do custo relativamente elevado devido ao seu processo de fabricação e sua fragilidade, que pode causar freqüentes necessidades de reparo. A fragilidade pode causar a rachadura durante o processo de enrolamento, durante o conjunto das bobinas sobre a estrutura do núcleo, e no campo durante a rotina de manutenção. As limitações práticas também se aplicam na variedade dos formatos disponíveis.

Os espaçadores produzidos a partir de papelões prensados ou papel de fibras de aramida, tais como Nomex<sup>®</sup>, podem ser utilizados em temperaturas elevadas (até 220° C contínuos) e apresentar um balanço excelente das propriedades termo-químicas, mecânicas e elétricas. Entretanto, o formato do isolante desejado deve ser cortado de um painel do papelão, ou estampados nas folhas de papel de aramida, resultando em um custo de manejo e trabalho significativo, e perda de material considerável dos enfeites não utilizados. Todos eles somam custo ao transformador.

Em geral, com todos os materiais descritos acima, os conjuntos de bobinas precisam ser projetados para encaixar o formato/ tamanho dos espaçadores.

Permanece uma necessidade por melhores espaçadores para transformadores.

### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

Em um primeiro aspecto, a presente invenção apresenta um elemento espaçador isolante distinto, que é utilizado para separar e manter o espaço entre os enrolamentos condutores ou bobinas de um transformador, em que o elemento espaçador é fabricado de um polímero cristalino líquido (LCP).

Em um segundo aspecto, a presente invenção apresenta um transformador elétrico que compreende:

- bobinas condutoras elétricas para aumentar, isolar e/ou diminuir a voltagem, e elementos espaçadores isolantes distintos separando e isolando as bobinas elétricas, em que os elementos espaçadores distintos são fabricados de um polímero cristalino líquido.

Em um terceiro aspecto, a presente invenção apresenta um processo para a fabricação de um elemento espaçador isolante para um transformador elétrico, que compreende a injeção – modelagem ou extrusão de uma composição LPC em uma forma desejada.

Em um quarto aspecto, a presente invenção apresenta um processo para a fabricação de um transformador elétrico, que compreende a etapa de:

- inserir um espaçador isolante fabricado de LCP entre as bobinas do fio condutor.

### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

A Figura 1 mostra um transformador elétrico construído utilizando os elementos espaçadores distintos da presente invenção.

A Figura 2 mostra uma realização preferida de um elemento espaçador distinto da presente invenção, com meios de ligação nas duas extremidades.

A Figura 3 mostra uma realização preferida de um elemento

espaçador distinto da presente invenção, com meios de ligação em uma extremidade.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Os inventores revelaram que os espaçadores isolantes entre as bobinas dos transformadores elétricos podem ser produzidos de polímeros de cristal líquido (LCPs). Em uma realização preferida, o espaçador é uma forma modular que pode ser utilizada para construir um transformador de qualquer tamanho desejado do formato, simplesmente ao aumentar o número de bobinas e espaçadores. Um transformador é produzido pelas bobinas de formação, de um número desejado de voltas, com espaçadores de LCP entre as bobinas. Os espaçadores da presente invenção são separáveis das bobinas. O método de construção de um transformador com os espaçadores da presente invenção é distinto dos métodos conhecidos de encapsulação com LCP. Os espaçadores da presente invenção são distintos, destacados ou separados das bobinas. No método de encapsulação, as bobinas de fios devem ser primeiro produzidas e, então, moldadas em polímero derretido. À medida em que as bobinas assumem maiores dimensões, como no caso com um transformador de alta voltagem para transmissão de longo alcance, não é possível moldá-las em um polímero fundido. O método da presente invenção não é limitado desta maneira. Os transformadores de tamanho e capacidade essencialmente ilimitados podem ser construídos.

Também são contemplados os transformadores em que alguns dos elementos espaçadores são produzidos de LCP (por exemplo, em áreas de calor potenciais) e outros elementos espaçadores são produzidos de materiais convencionais, tais como celulose, aramida, cerâmica ou material termorrígido.

Os espaçadores da presente invenção possuem inerentemente absorção da umidade muito baixa e características de recuperação de umidade (< 0,05% após 6 meses de imersão em água, medido de acordo com a ASTM

D570). Isto representa uma vantagem significativa com relação aos espaçadores de celulose, em que os espaçadores da presente invenção mostram excelente estabilidade dimensional e consistência.

Em outra realização preferida do método de fabricação de um transformador, as bobinas de fio podem ser envoltas ao redor dos espaçadores produzidos de LCP.

Os espaçadores fabricados de LCP possuem vantagem com relação aos isolantes de epóxi ou poliéster preenchido de fibra de vidro em que os espaçadores não requerem reforço de fibra de vidro. Ao evitar o reforço de fibra de vidro, os defeitos que levam a descargas parciais são enormemente minimizados, significando que os espaçadores possuem um tempo de vida útil maior sem descargas. De preferência, os espaçadores da presente invenção não compreendem fibra de vidro.

Além disso, os LCP's são inerentemente resistentes à chama. Isto significa que os espaçadores podem ser fabricados sem a adição dos retardantes da chama. No entanto, os espaçadores que compreendem os retardantes da chama também estão dentro do escopo da presente invenção.

As composições descritas no presente podem ser produzidas e formadas nos espaçadores por métodos convencionais utilizados para a mistura e a formação de composições termoplásticas. As composições podem ser produzidas pela mistura por fusão do LCP e quaisquer outros ingredientes de baixa fusão em um equipamento de mistura típico, tal como uma extrusora simples ou de duplo-fuso ou um misturador por fusão. As partes podem ser formadas por métodos de formação de termoplásticos típicos, tais como extrusão, revestimento por extrusão, termoformação, moldagem por sopro, injeção, folha ou moldagem por prensa.

Os processos de formação preferidos são de moldagem por injeção ou extrusão. A moldagem por injeção é particularmente preferida,

porque podem ser produzidos essencialmente espaçadores de qualquer formato desejado, a medida em que evita o desperdício, o manejo excessivo e custos de mão-de-obra significativos. Também é possível formar uma folha de LCP e cortar os espaçadores da folha, por exemplo, utilizando um raio laser ou um método mecânico de corte, tal como uma faca ou serra. Quaisquer cortes de resíduos podem ser fundidos novamente e reciclados.

Os espaçadores da presente invenção podem possuir qualquer forma desejada, tornando possível projetar o formato e o tamanho do transformador para adaptar ao uso final. Os espaçadores podem ser projetados para encaixar as bobinas, ao invés do contrário. Uma forma preferida para os espaçadores em folhas, que pode possuir o formato, por exemplo, de retângulos, quadrados, triângulos, círculos, elipses ou formatos irregulares. Em adição, os espaçadores podem assumir a forma de hastes ou varetas. Em uma realização preferida, os espaçadores assumem a forma de hastes, que são então utilizadas para fornecer uma estrutura para a construção de bobinas do transformador, pela sustentação das bobinas na circunferência da bobina, ou no meio da bobina. Tais espaçadores do tipo haste também podem sustentar espaçadores do tipo folha, que podem ser colocados de modo ortogonal às hastes, entre as bobinas do transformador.

Os espaçadores da presente invenção podem ser ociosos, parcialmente ociosos ou sólidos, dependendo das exigências de resistência do espaçador específico.

Os espaçadores de LCP da presente invenção podem ser utilizados em transformadores preenchidos por ar, gás ou óleo, mas são particularmente adequados para utilização em transformadores preenchidos por óleo.

Por um "polímero cristalino líquido" no presente entende-se um polímero que é anisotrópico quando testado utilizando o teste TOT ou qualquer

variação razoável do mesmo, conforme descrito na patente US 4.118.372, que é incluída como referência por meio deste. Os LCPs úteis incluem os poliésteres. Uma forma preferida de LCP é "todo aromático", isto é, todos os grupos na cadeia principal do polímero são aromáticos (exceto pelos grupos de ligação, tais como os grupos éster), mas os grupos laterais que não são aromáticos podem estar presentes. De preferência, o ponto de fusão do LCP é de cerca de 350° C ou maior, de maior preferência, cerca de 365° C ou maior e, em especial, de preferência, cerca de 390° C ou maior. Os pontos de fusão são medidos pelo Método ASTM D3418. Os pontos de fusão são tomados como o máximo da endoterma de fusão e são medidos no segundo calor em uma velocidade de aquecimento de 10° C/ min. Se mais de um ponto de fusão estiver presente, o ponto de fusão do polímero é tomado como o maior dos pontos de fusão.

Um LCP preferido é fabricado de 4,4'-bifenol / 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (50/50/88/12/320 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C. As partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico também podem variar de cerca de 70/30 a cerca de 90/10. Um segundo LCP preferido é fabricado a partir do 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (100/5/95/100 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C. As partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico também podem variar de cerca de 5/95 a cerca de 30/70 e as partes molares do ácido 4-hidroxibenzóico também pode variar de cerca de 100 a cerca de 300.

Outros materiais, em particular, aqueles encontrados freqüentemente em composições termoplásticas ou fabricados para este uso

também podem estar presentes na composição. Estes materiais devem ser, de preferência, quimicamente inertes e razoavelmente estáveis termicamente nos ambientes de operação da parte moldada em operação, e/ou durante a formação da parte. Tais materiais podem incluir, por exemplo, um ou mais enchimentos, agentes de reforço, pigmentos e agentes de nucleação. Outros polímeros também podem estar presentes, formando deste modo as misturas de polímeros. Se outros polímeros estiverem presentes, é preferível que eles sejam menores de 25% em peso da composição. Em outro tipo preferido da composição, outros polímeros não estão presentes exceto por uma pequena quantidade total (menos de 5% em peso) dos polímeros, tais como lubrificantes e auxiliares do processo. Em outra forma preferida, a composição contém cerca de 1 a cerca de 55% em peso de cargas e/ou agentes de reforço, de maior preferência, cerca de 5 a cerca de 40% em peso destes materiais. Os agentes de reforço e/ou enchimentos incluem a fibra de vidro, materiais fibrosos, tais como fibras de *meta-* ou *para-*aramida e particulados (polpa, fibrídeos, pó), volastonita, filamentos de dióxido de titânio e pós (particulados), tais como mica, argilas, sulfato de cálcio, fosfato de cálcio, sulfato de bário e talco. Alguns destes materiais podem agir para melhorar a resistência e/ou o módulo da composição e/ou melhorar a resistência à inflamabilidade (vide, por exemplo, o documento WO 02/02717, que é incluso como referência por meio deste).

Os agentes de preenchimento / reforço preferidos incluem o talco.

Embora os enchimentos de vidro não sejam utilizados em uma realização preferida da presente invenção, devido a sua propensão à formação acelerada de defeitos levando a descargas parciais, seu uso pode ser vantajoso para obter as exigências específicas, por exemplo, resistência mecânica da parte. Por "enchimento de vidro" no presente, entende-se qualquer partícula relativamente pequena ou material vítreo fibroso apropriado

para a mistura em um termoplástico. Os materiais de vidro úteis incluem os denominados "E-vidros", "S-vidros", vidros de cal sodada e vidro de borossilicato. Este enchimento pode estar em qualquer forma, tal como fibra (fibra de vidro), vidro moído (fibra de vidro moído), floco de vidro, esferas ocas ou sólidas.

Todas as porcentagens em peso no presente são baseadas na composição total contendo o LCP e o enchimento, salvo indicações em contrário.

De preferência, a quantidade de LCP na composição é de pelo menos cerca de 35% em peso, de maior preferência, pelo menos cerca de 45% em peso. De preferência, a quantidade de enchimento (que em alguns casos pode ser considerada um agente de reforço) é de 0,1 a cerca de 65% em peso, de maior preferência, cerca de 5 a cerca de 50% em peso.

É preferível que uma composição possua um UL-94 variando de V-1 a uma espessura de 0,79 mm, de maior preferência, um UL-94 variando de V-0 a uma espessura de 0,79 mm. O teste UL-94 (Underwriter's Laboratories) é um teste de inflamabilidade para materiais plásticos, e as exigências para uma taxa V-0 são mais rigorosas do que aquelas de uma taxa V-1.

De preferência, a composição possui uma Temperatura de Deflexão do Calor (HDT) a 1,82 MPa de pelo menos cerca de 240° C, de maior preferência, pelo menos cerca de 275° C e, em especial, de preferência, pelo menos cerca de 340° C. O HDT é medido pelo Método ASTM D648.

Um exemplo do transformador de voltagem de acordo com a presente invenção é mostrado na Figura 1. O transformador consiste em bobinas de alta voltagem (1) e bobinas de baixa voltagem (2) em compartimentos separados. As bobinas são produzidas de material condutor, tal como o cobre. Os espaçadores de LCP vertical de acordo com a presente invenção (3) são projetados para engatar com os espaçadores de LCP

horizontais de acordo com a presente invenção (4), pelo engate de alças (5) em uma das extremidades dos espaçadores horizontais. Os espaçadores horizontais (4) se encaixam horizontalmente entre as bobinas de condução adjacentes.

5 A Figura 2 mostra o espaçador horizontal (4), com alças (5) em duas extremidades. A Figura 3 mostra uma variação com alças (5) em apenas uma extremidade. As alças podem ser produzidas em muitas variações, tais como no formato de "T", no formato de "osso" ou quaisquer outros formatos de fixação.

10 Um transformador, conforme representado na Figura 1, pode ser construído conforme desejado, pela adição dos espaçadores horizontais (4) pelo grampeamento das alças (5) sobre os espaçadores verticais (3). Em uma realização preferida, os espaçadores horizontais (4) são projetados de modo que as alças (5) possuem algum grau de folga quando grampeada no lugar nos  
15 espaçadores verticais (3). Deste modo os espaçadores (3) e (4) podem acomodar mudanças nas dimensões que podem ocorrer com as mudanças de temperatura.

#### EXEMPLO 1

Os espaçadores de acordo com a presente invenção foram  
20 moldados por injeção de um LCP fabricado a partir de 4,4'-bifenol / 1,4-dihidroxibenzeno / 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico (50/50/88/12/320 partes molares) e possuindo um ponto de fusão de cerca de 350° C.

Os espaçadores de diversas dimensões e espessuras foram  
25 fabricados. Neste exemplo, os espaçadores de dimensões 30 x 89 (largura x comprimento) foram produzidos em 1, 2 e 3,5 mm de espessura. Os espaçadores foram testados para a Resistência Elétrica de acordo com o Padrão Internacional IEC 60243-1. Este método determina a voltagem em que

o material danifica, e ocorre uma descarga. Os resultados são normalizados pela divisão da espessura do espaçador.

Os espaçadores foram colocados entre dois eletrodos e a voltagem entre os eletrodos foi aumentada rapidamente até ocorrer uma  
5 descarga. A voltagem em que a descarga ocorre foi dividida pela espessura do espaçador em mm, resultando na resistência dielétrica, relatada em V/mm.

Os resultados dos testes nos espaçadores de 1 mm a 2 mm de espessura são listados na Tabela 1 como a média de dez corridas.

<b>TABELA 1 - RESISTÊNCIA DIELÉTRICA PARA OS ESPAÇADORES (AUMENTO RÁPIDO AC, POR IEC 60243-1)</b>	
<b>Material do espaçador</b>	<b>Resistência dielétrica (kV/mm)</b>
LCP (de acordo com a presente invenção) espessura de 1 mm	44,4
LCP (de acordo com a presente invenção) espessura de 2 mm	33,2

É evidente que os espaçadores LCP da presente invenção  
10 possuem excelente resistência dielétrica.

### REIVINDICAÇÕES

1. ELEMENTO ESPAÇADOR DISTINTO, utilizado para separar e isolar as bobinas de condução de um transformador, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador é fabricado a partir de um polímero cristalino líquido (LCP).  
5
2. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o polímero cristalino líquido é um poliéster cristalino líquido.
3. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação  
10 1, caracterizado pelo fato de que o LCP é fabricado a partir do 4,4'-bifenol / 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (50/50/88/12/320 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 70/30 a cerca de 90/10, ou em que o  
15 LCP é fabricado a partir do 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (100/5/95/100 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 5/95  
20 a cerca de 30/70 e as partes molares do ácido 4-hidroxibenzóico também variam de cerca de 100 a cerca de 300.
4. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma forma do tipo folha.
- 25 5. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma forma do tipo haste.
6. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é produzido a partir de moldagem por injeção.

7. ELEMENTO ESPAÇADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é produzido por extrusão.

8. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 - bobinas condutoras elétricas para aumentar, isolar e/ou diminuir a voltagem, e elementos espaçadores distintos separando e isolando as bobinas elétricas, em que os elementos espaçadores distintos são fabricados a partir de um polímero cristalino líquido.

9. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o polímero cristalino líquido é um poliéster cristalino líquido.

10. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o LCP é fabricado a partir do 4,4'-bifenol / 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (50/50/88/12/320 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 70/30 a cerca de 90/10, ou em que o LCP é fabricado a partir do 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (100/5/95/100 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 5/95 a cerca de 30/70 e as partes molares do ácido 4-hidroxibenzóico também variam de cerca de 100 a cerca de 300.

11. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador possui uma forma do tipo folha.

12. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador possui uma forma do tipo haste.

13. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que os elementos espaçadores são fabricados a partir de moldagem por injeção.

14. TRANSFORMADOR ELÉTRICO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que os elementos espaçadores são fabricados a partir de extrusão.

15. PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO ESPAÇADOR ISOLANTE, para um transformador elétrico, caracterizado pelo fato de que compreende a injeção – modelagem ou extrusão de um LPC na forma desejada.

16. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o LCP é fabricado a partir do 4,4'-bifenol/ 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (50/50/88/12/320 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 70/30 a cerca de 90/10, ou em que o LCP é fabricado a partir do 1,4-dihidroxibenzeno/ ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (100/5/95/100 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 5/95 a cerca de 30/70 e as partes molares do ácido 4-hidroxibenzóico também variam de cerca de 100 a cerca de 300.

17. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15,

caracterizado pelo fato de que o espaçador possui uma forma do tipo folha.

18. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o espaçador possui uma forma do tipo haste.

19. PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM  
5 TRANSFORMADOR ELÉTRICO, caracterizado pelo fato de que compreende a etapa de:

- inserir um espaçador isolante fabricado de LCP entre as bobinas do fio condutor.

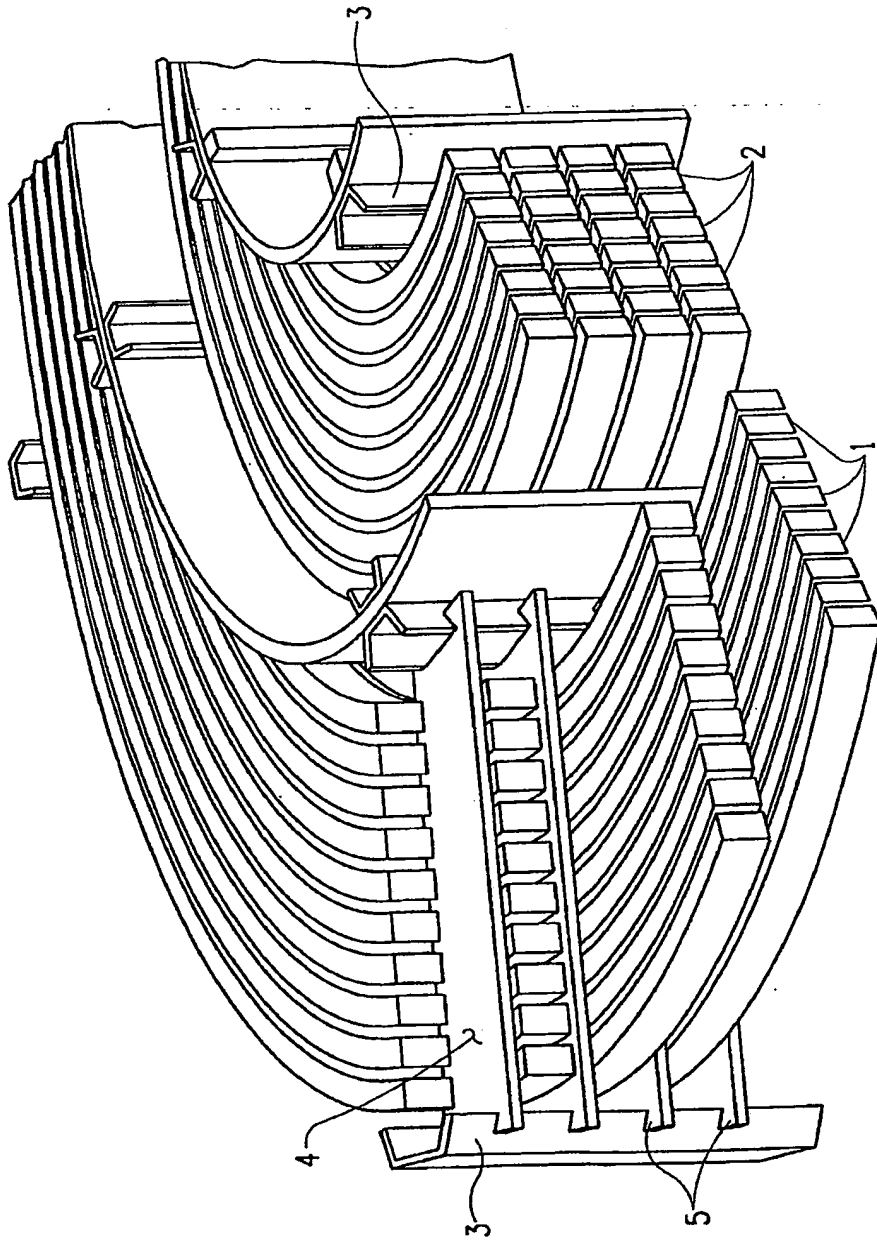
20. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19,  
10 caracterizado pelo fato de que o LCP é fabricado a partir do 4,4'-bifenol / 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (50/50/88/12/320 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 70/30 a cerca de 90/10, ou em que o  
15 LCP é fabricado a partir do 1,4-dihidroxibenzeno / ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico / ácido 4-hidroxibenzóico ou seus derivados (100/5/95/100 partes molares) e possui um ponto de fusão de cerca de 350° C, e em que as partes molares do ácido 1,4-benzenodicarboxílico / ácido 2,6-naftalenodicarboxílico variam de cerca de 5/95  
20 a cerca de 30/70 e as partes molares do ácido 4-hidroxibenzóico também variam de cerca de 100 a cerca de 300.

21. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador possui uma forma do tipo  
25 folha.

22. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador possui uma forma do tipo haste.

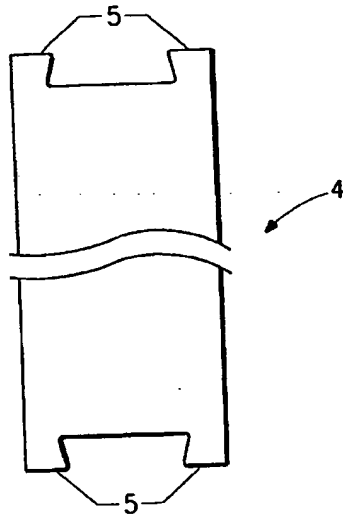
23. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador é fabricado a partir de moldagem por injeção.

24. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19,  
5 caracterizado pelo fato de que o elemento espaçador é fabricado a partir de extrusão.

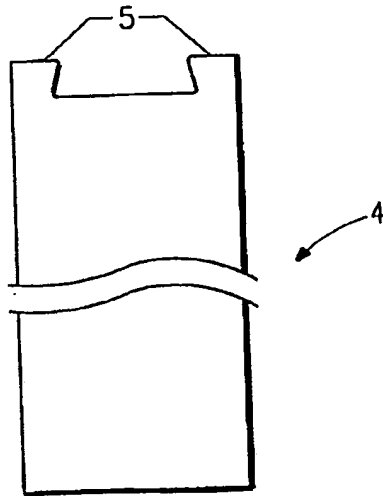


**Fig. 1**

**Fig. 2**



**Fig. 3**



**RESUMO****“ELEMENTO ESPAÇADOR DISTINTO, TRANSFORMADOR ELÉTRICO,  
PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO ESPAÇADOR  
ISOLANTE E PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE UM  
TRANSFORMADOR ELÉTRICO”**

5

A presente invenção se refere a isolantes distintos para um transformador elétrico, produzidos a partir de polímero cristalino líquido termotrópico (LCP).