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

(21) **PI0618409-0 A2**

BRPI0618409A2

(22) Data de Depósito: 11/10/2006
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)

(51) Int.Cl.:
H01B 3/20

(54) Título: **FLUIDOS DIELÉTRICOS COM BASE EM ÓLEO VEGETAL DE BAIXA VISCOSIDADE, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO, E MODIFICADORES DE VISCOSIDADE DOS FLUIDOS DIELÉTRICOS OBTIDOS**

(30) Prioridade Unionista: 11/10/2005 AU 2005905593

(73) Titular(es): Biolectric Pty Ltd

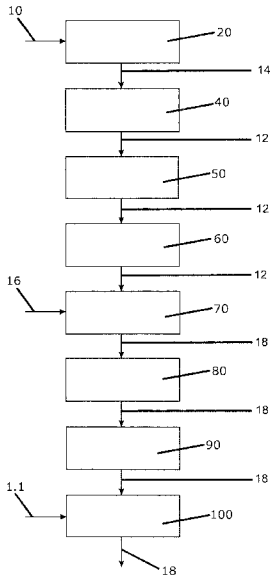
(72) Inventor(es): Gary Ienco, Mohammed Amanullah, Samer Chami, Syed Mofizul Islam

(74) Procurador(es): Simbolo Marcas e Patentes Ltda

(86) Pedido Internacional: PCT AU2006001493 de 11/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/041785de 19/04/2007

(57) Resumo: FLUIDOS DIELÉTRICOS COM BASE EM ÓLEO VEGETAL DE BAIXA VISCOSIDADE, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO, E MODIFICADORES DE VISCOSIDADE DOS FLUIDOS DIELETRICOS OBTIDOS. Que consiste em uma composição de fluido dielétrico com base em óleo vegetal com baixa viscosidade compreendendo óleo vegetal e ésteres de alquila. A estabilidade física e química de um fluido dielétrico em periodos prolongados de uso é uma exigência importante de desempenho. Dessa forma, em uma configuração preferida da invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido graxo monoinsaturado, particularmente composições de óleo vegetal de alto ácido oléico. Uma combinação de óleo vegetal com o éster de alquila em uma proporção de 40:60 - 60:40 fornecerá uma composição de fluido dielétrico com uma viscosidade de < 20 cSt a 40°.



"FLUIDOS DIELÉTRICOS COM BASE EM ÓLEO VEGETAL DE BAIXA VISCOSIDADE, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO, E MODIFICADORES DE VISCOSIDADE DOS FLUIDOS DIELÉTRICOS OBTIDOS"

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um fluido dielétrico com base em óleo vegetal, especificamente um fluido dielétrico com base em óleo vegetal com baixa viscosidade.

Histórico da Invenção

Os fluidos dielétricos usados na distribuição elétrica e equipamento de energia, incluindo transformadores, mecanismo de distribuição e cabos elétricos, realizam duas funções importantes. Os fluidos dielétricos atuam como um meio dielétrico e isolante, um meio de resfriamento e também reduzem os efeitos corrosivos do oxigênio e umidade. As análises do fluido dielétrico podem fornecer uma indicação das condições do material isolante e, dessa forma, atuam como uma ferramenta de diagnóstico para avaliar a condição de isolamento de sólido do transformador.

Também existem diversas características de propriedades funcionais específicas dos fluidos dielétricos. O colapso dielétrico ou resistência dielétrica, por exemplo, fornece uma indicação da capacidade de um fluido dielétrico de resistir ao colapso elétrico e é medido como a voltagem mínima exigida para provocar a centelhação entre dois eletrodos em um intervalo especificado submergido no fluido. A voltagem de colapso dielétrico de impulso de um fluido dielétrico fornece uma indicação de sua capacidade de resistir ao colapso elétrico sob estresses temporários de voltagem, tais como relâmpagos e sobrecargas de energia. O fator de dissipação de um fluido dielétrico é uma medida das perdas dielétricas no fluido; um fato de baixa dissipação indica a perda dielétrica baixa e uma baixa concentração de contaminantes polares e solúveis.

Devido a uma função do fluido dielétrico é a de transportar e dissipar o calor, os fatores que significativamente afetam a capacidade relativa do fluido para funcionar como uma solução de resfriamento dielétrica incluindo a viscosidade, calor específico, condutividade térmica e o coeficiente de expansão.

Os valores dessas propriedades, especificamente na faixa das temperaturas operacionais para o equipamento em potência nominal total, devem ser pesados na seleção de fluidos dielétricos adequados para aplicações específicas.

Um fluido dielétrico ideal demonstra a estabilidade química e térmica em uma longa vida útil de 20-30 anos, boas propriedades elétricas e térmicas conforme acima descrito, baixa inflamabilidade (i.e., pontos altos de incêndio e lampejo), baixa viscosidade e baixo ponto de fluidez, miscibilidade e óleos de transformadores existentes, e não é corrosivo e/ou é compatível com o material de equipamento elétrico ao qual é exposto.

Os fluidos dielétricos com base em óleo mineral admiravelmente demonstram os critérios acima e, dessa forma, têm sido amplamente utilizados em todo o mundo por mais de um século nessas aplicações. O volume dos fluidos dielétricos com base em óleo mineral usados nos transformadores de energia e distribuição em todo o mundo é estimado em cerca de 30 a 40 bilhões de litros. De forma crescente, entretanto, existe uma preocupação que o fluido dielétrico ideal também deveria ser biodegradável e renovável de modo a exibir pouco ou nenhum impacto prejudicial ao meio-ambiente. Os fluidos dielétricos com base em óleo mineral não são biodegradáveis e nem são obtidos a partir de uma fonte renovável. Assim, não é surpresa que os fluidos dielétricos alternativos sejam procurados.

Os óleos vegetais são biodegradáveis, produtos renováveis e, dessa forma, são candidatos adequados para substituir os fluidos dielétricos com base em petróleo.

De forma vantajosa, os óleos vegetais também possuem características de ponto mais alto de lampejo e incêndio do que os óleos minerais, o que garante a melhor segurança na operação, manuseio, armazenamento e transporte dos óleos vegetais e, assim, a segurança operacional dos transformadores utilizando os fluidos dielétricos com base em óleo vegetal. As excelentes características de segurança contra incêndio dos fluidos dielétricos com base em óleo vegetal os tornam os candidatos ideais para transformadores de alta voltagem.

Não obstante as vantagens acima, os óleos vegetais são suscetíveis à degradação oxidativa, e possuem um ponto de fluidez mais alto, fator mais alto de dissipação, número mais alto de acidez, teor mais alto de umidade e viscosidade significativamente mais alta comparados aos óleos minerais. Muitas dessas deficiências podem ser superadas ao sujeitar o óleo vegetal aos processos de purificação para remover água, acido e contaminantes condutivos, e um processo de preparação para o inverno para melhorar o ponto de fluidez do óleo vegetal. Adicionalmente, os antioxidantes podem ser adicionados ao óleo vegetal purificado de modo a aprimorar sua estabilidade oxidativa.

A baixa viscosidade do fluido dielétrico com base em óleo vegetal é um parâmetro extremamente importante com relação à operação segura dos transformadores de energia e distribuição altamente dependentes desse parâmetro. A dissipação do calor a partir de pontos de calor, circulação efetiva e resfriamento dos transformadores, funcionamento regular dos transformadores em condições operacionais de alta voltagem é amplamente controlado pelas características viscosas do fluido dielétrico.

A Patente Norte-Americana Nº 5.949.017 revela os transformadores elétricos contendo os fluidos de isolamento elétrico, compreendendo composições de alto óleo de ácido oléico como uma alternativa para os fluidos dielétricos com base em óleo mineral com pouca/nenhuma melhoria das propriedades viscosas do óleo de base ou dos produtos finais.

A Patente Norte-Americana Nº 6.280.659 revela os fluidos isolantes do óleo de semente vegetal com a melhoria de somente as características viscosas de baixa temperatura; i.e., ponto de fluidez ao invés das características viscosas gerais do fluido dielétrico com base em óleo vegetal. De fato, o fluido dielétrico acabado descrito na US 6.280.659 possui uma viscosidade de cerca de 100 cSt medida em 40ºC, que é muito mais alta do que o fluido dielétrico com base em óleo mineral típico. A melhoria do ponto de fluidez (-18ºC), i.e., características viscosas de baixa temperatura não é apreciável, pois os parâmetros de ponto de fluidez dos óleos vegetais ficam entre -15ºC e -25ºC.

Ainda existe uma necessidade significativa para os fluidos dielétricos biodegradáveis a partir de fontes renováveis que exibem boas propriedades elétricas e térmicas, baixa viscosidade, estabilidade química e térmica, baixa inflamabilidade, baixo ponto de fluidez, miscibilidade com óleos de transformadores existentes e vida útil longa de 20-30 anos comparável aos fluidos dielétricos existentes com base nos óleos minerais.

A presente invenção supera pelo menos algumas das desvantagens acima mencionadas dos fluidos dielétricos com base em óleo vegetal ao fornecer um fluido dielétrico com base em óleo vegetal de baixa viscosidade.

Deve ser entendido que, embora o uso e publicações da técnica anterior podem ser mencionados no presente, tal referência não constitui uma admissão de que quaisquer dessas formam uma parte do conhecimento geral comum na técnica, na Austrália ou em qualquer outro país.

Sumário da Invenção

A presente invenção é com base na realização de que um fluido dielétrico com base em óleo vegetal de baixa viscosidade com propriedades de isolamento e resfriamento comparável aos fluidos dielétricos com base em óleo mineral pode ser obtido ao combinar um fluido dielétrico com base em óleo vegetal com um éster de alquila.

O termo "fluido dielétrico", conforme aqui utilizado, refere-se a um fluido não-inflamável usado no equipamento de energia e distribuição elétrica, tais como, por exemplo, transformadores, capacitores, mecanismo de distribuição e cabos elétricos, cujo fluido exibe as propriedades de isolamento elétrico e propriedades de resfriamento.

Dessa forma, em um primeiro aspecto da presente invenção, é fornecida uma composição de fluido dielétrico compreendendo o óleo vegetal e ésteres de alquila.

Em uma configuração da invenção, o óleo vegetal é selecionado a partir do grupo consistindo em óleo vegetal natural, óleo vegetal sintético, óleo vegetal geneticamente modificado e misturas dos mesmos.

Em outra configuração, o óleo vegetal é selecionado a partir de um grupo consistindo em óleo de mamona, óleo de coco, óleo de milho, óleo de semente de algodão, óleo de linhaça, óleo de oliva, azeite de dendê, óleo de amendoim, óleo de semente de uva, óleo de canola, óleo de cártamo, óleo de girassol e óleo de soja, variantes oléicos altos dos mesmos, e misturas dos mesmos. O termo "oléico alto", conforme aqui usado, refere-se a um teor de acido oléico de cerca de 80% ou mais.

A estabilidade física e química de qualquer óleo vegetal é determinada por seu teor de ácido graxo. O termo "ácido graxo", conforme aqui utilizado, refere-se a uma cadeia de hidrocarboneto de longa cadeia (mais do que 8 átomos de carbono) reta ou ramificada saturada, monoinsaturada ou poliinsaturada ligada a um grupo de carboxila terminal. Será entendido que o termo "ácido graxo" também abrange as metades de ácido graxo de mono-, di- e triglicérides, que são os constituintes principais dos óleos vegetais.

Os ácidos graxos saturados são estáveis sob condições oxidativas brandas, considerando que os ácidos graxos monoinsaturado e, ainda mais os ácidos graxos poliinsaturados, são suscetíveis à oxidação. O ponto de fusão dos ácidos graxos saturados aumenta com o comprimento da cadeia, de modo que os ácidos graxos saturados de cadeia decanóica e mais longa são sólidos na temperatura ambiente. Enquanto também é verdade que o ponto de fusão dos ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados aumenta com o comprimento da cadeia, o aumento no ponto de fusão tende a ser moderado por um aumento no grau de insaturação por todo o comprimento da cadeia dos ácidos graxos ou a extensão de ramificação por todo o comprimento da cadeia dos ácidos graxos.

A estabilidade física e química de um fluido dielétrico em períodos prolongados de uso é uma exigência importante de desempenho. Dessa forma, em uma configuração da presente invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido graxo monoinsaturado. Tipicamente, o teor de ácido graxo monoinsaturado é de > 60%. Em uma configuração específica da invenção, o óleo vegetal compreende cerca de 80% de teor de ácido graxo monoinsaturado.

O ácido graxo monoinsaturado mais comum encontrado no óleo vegetal é o ácido oléico. É averiguado em muitos óleos vegetais ocorrendo naturalmente, tais como, óleo de girassol, oliva e cártamo em proporções relativamente altas. A modificação genética de determinados estoques de semente de óleo, tais como, canola e girassol, pode gerar óleos vegetais com um teor de ácido oléico de acima de 80%. De forma correspondente, em uma configuração preferida da invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido oléico.

Em uma das configurações da invenção, o óleo vegetal é um óleo de girassol oléico alto (HOSO) com 80% de ácido oléico e < 3% de ácido linoléico.

Em uma configuração da invenção, o éster de alquila compreende um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo. Tipicamente, a metade de alquila possui de 1 a 4 átomos de carbono. Em uma configuração da invenção, o éster de alquila compreende um ou mais ésteres de metila de ácido graxo ou ésteres de etila de ácido graxo.

Os ésteres de alquila do ácido graxo são compostos orgânicos formados por uma reação de esterificação ou transesterificação entre os álcoois de 1 a 4 átomos de carbono e ácidos graxos. Em uma configuração da invenção, os ácidos graxos são selecionados a partir de um grupo consistindo em ácidos graxos saturados, ácidos graxos monoinsaturados, ácidos graxos poliinsaturados e misturas dos mesmos. Os exemplos adequados dos ácidos graxos saturados incluem, porém sem limitação, butanóico, valérico, capróico, caprílico, pelargônico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, margárico, esteárico, araquídico, beênico, lignocérico, cerótico, carbocérico, montânico, melíssico, laceóico, psílico. Os exemplos adequados de ácidos graxos monoinsaturados incluem, porém sem limitação, obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico. Os exemplos adequados dos ácidos graxos poliinsaturados incluem, porém sem limitação, linoléico, γ-linoléico, dihomo-γ-linoléico, araquidônico, α-linoléico, estearidônico, 7,10,13,16-docosatetraenóico, 4,7,10,13,16-docosapentaenóico, 8,11,14,17-

eicosatetraenóico, 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico (EPA), 7,10,13,16,19-docosapentaenóico (DPA), 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico (DHA) e 5,8,11-eicosatrienóico (ácido de hidromel).

Em uma configuração da invenção, as metades do ácido graxo dos ésteres de alquila do ácido graxo são substancialmente homólogas com o teor de ácido graxo do óleo vegetal da composição de fluido dielétrico.

Em outra configuração da invenção, os ésteres de alquila compreendem um alto teor de ácido graxo monoinsaturado. Tipicamente, o éster de alquila compreende o teor de ácido graxo monoinsaturado de acima de 60%. Na configuração preferida, o éster de alquila compreende teor de ácido graxo monoinsaturado em cerca de 80%.

Em uma configuração adicional da presente invenção, os ésteres de alquila compreendem ésteres de alquila de ácido graxo derivados do óleo vegetal da composição de fluido dielétrico.

Em uma configuração da invenção, a composição do fluido dielétrico compreende óleo vegetal na faixa de 40 – 60 %v/v, e ésteres de alquila na faixa de 60 – 40 %v/v.

Em outra configuração da invenção, a composição do fluido dielétrico ainda compreende pelo menos um aditivo, ou cada aditivo sendo selecionado a partir de um grupo consistindo em antioxidantes, tranqüilizantes de ponto de fluidez, inibidores de corrosão, anti-sépticos, modificadores de viscosidade. Os exemplos adequados dos aditivos de antioxidantes compreendem desativadores de metal.

O fluido dielétrico com base em óleo vegetal desenvolvido pelos inventores possui propriedades e desempenho dielétricos comparáveis ao óleo mineral, o fluido dielétrico padrão atualmente usado no equipamento de energia e distribuição elétrica, tais como, transformadores, mecanismo de distribuição e cabos elétricos. Os transformadores existentes podem ser prontamente retro-alimentados com o fluido dielétrico com base em óleo vegetal da presente invenção e operados sob condições padrão.

De forma correspondente, em um segundo aspecto da invenção, é fornecido um transformador com um alojamento que acomoda uma montagem de núcleo/espiral de transformador e uma composição do fluido dielétrico cercando a referida montagem de núcleo/espiral de transformador, caracterizado pelo fato de que a composição do fluido dielétrico compreende o óleo vegetal e ésteres de alquila.

Os inventores averiguaram que a viscosidade do fluido dielétrico com base em óleo vegetal pode ser convenientemente reduzida para dentro dos limites aceitáveis (< 20 cSt @40°C), comparável à viscosidade do óleo mineral, ao combinar o óleo vegetal com os ésteres de alquila, especificamente os ésteres de alquila do ácido graxo.

Dessa forma, em conformidade com um terceiro aspecto da invenção, é fornecido um método para diminuir a viscosidade de um fluido dielétrico com base em óleo vegetal compreendendo a combinação do fluido dielétrico com base em óleo vegetal com éster de alquila.

Será entendido que o volume do éster de alquila combinado com o fluido dielétrico com base em óleo vegetal necessário para obter uma viscosidade desejável de < 20 cSt @40°C variará dependendo do teor de ácido graxo do fluido dielétrico com base em óleo vegetal e a viscosidade do éster de alquila. Em uma configuração da invenção, o fluido dielétrico com base em óleo vegetal é combinado com o éster de alquila em uma proporção de 40:60 – 60:40.

Em um quarto aspecto da invenção, é fornecido um modificador de viscosidade para os fluidos dielétricos com base em óleo vegetal compreendendo o éster de alquila.

Em uma configuração da invenção, o modificador de viscosidade compreende um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo. Tipicamente, a metade de alquila possui 1 a 4 átomos de carbono. Em uma configuração da invenção, o modificador de viscosidade compreende um ou mais ésteres de metila do ácido graxo ou ésteres de etila do ácido graxo.

Tipicamente, os ácidos graxos são selecionados a partir de um grupo compreendendo os ácidos graxos saturados, ácidos graxos monoinsaturados, ácidos graxos poliinsaturados e misturas dos mesmos. Os exemplos adequados dos ácidos graxos saturados incluem, porém sem limitação, butanóico, valérico, capróico, caprílico, pelargônico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, margárico, esteárico, araquídico, beênico, lignocérico, cerótico, carbocérico, montânico, melíssico, laceóico, psílico. Os exemplos adequados de ácidos graxos monoinsaturados incluem, porém sem limitação, obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico. Os exemplos adequados dos ácidos graxos poliinsaturados incluem, porém sem limitação, linoléico, γ-linoléico, dihomo-γ-linoléico, araquidônico, α-linoléico, estearidônico, 7,10,13,16-docosatetraenóico, 4,7,10,13,16-docosapentaenóico, 8,11,14,17-eicosatetraenóico, 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico (EPA), 7,10,13,16,19-docosapentaenóico (DPA), 4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico (DHA) e 5,8,11-eicosatrienóico (ácido de hidromel).

Em uma configuração da invenção, os ésteres de alquila compreendem um alto teor de ácido graxo monoinsaturado. Tipicamente, o éster de alquila compreende teor de ácido graxo monoinsaturado de acima de 60%. Na configuração preferida, o éster de alquila compreende teor de ácido graxo monoinsaturado de cerca de 80%.

Especificamente, o éster de alquila pode ser derivado do óleo vegetal a partir do qual o fluido dielétrico tem base.

Dessa forma, em um quinto aspecto da invenção, é fornecido um processo para produzir uma composição de fluido dielétrico compreendendo as etapas de:

a) fornecer um primeiro volume do óleo vegetal e um segundo volume do óleo vegetal;

b) esterificar o primeiro volume do óleo vegetal com um álcool e formar um éster de alquila; e,

c) combinar o éster de alquila com o segundo volume do óleo vegetal.

Em uma configuração da invenção, o óleo vegetal é selecionado a partir do grupo compreendendo o óleo vegetal natural, óleo vegetal sintético, óleo vegetal geneticamente modificado e misturas dos mesmos.

Em outra configuração, o óleo vegetal é selecionado a partir de um grupo consistindo em óleo de mamona, óleo de coco, óleo de milho, óleo de semente de algodão, óleo de linhaça, óleo de oliva, azeite de dendê, óleo de amendoim, óleo de semente de uva, óleo de canola, óleo de cártamo, óleo de girassol e óleo de soja, variantes oléicos altos dos mesmos, e misturas dos mesmos.

Em uma configuração da presente invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido graxo monoinsaturado. Tipicamente, o teor de ácido graxo monoinsaturado é de > 60%. Em uma configuração específica da invenção, o óleo vegetal compreende teor de ácido graxo monoinsaturado de cerca de 80%.

Em uma configuração preferida da invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido oléico.

Em uma das configurações da invenção, o óleo vegetal é um óleo de girassol oléico alto (HOSO) com 80% de ácido oléico e < 3% de ácido linoléico.

Em algumas configurações, a etapa b) para esterificar o primeiro volume do óleo vegetal é realizada na presença de um catalisador de base. Os exemplos típicos do catalisador de base compreendem hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, alcóxidos de sódio, alcóxidos de potássio, os catalisadores de alcoxilado de metal álcali selecionados do grupo consistindo em metanolato de sódio, etanolato de sódio, propanolato de sódio, butanolato de sódio, metanolato de potássio, etanolato de potássio, propanolato de potássio, butanolato de potássio e misturas dos mesmos, trietanolamina e misturas da mesma.

Em outras configurações, a etapa b) para esterificar o primeiro volume do óleo vegetal é realizada na presença de um catalisador de ácido. Os exemplos típicos do catalisador de ácido compreendem os

catalisadores de ácido inorgânico, selecionados a partir do grupo consistindo em ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico ou misturas dos mesmos.

Tipicamente, o éster de alquila é combinado com o segundo volume do óleo vegetal em uma proporção de volume de porcentagem de 40:60 para 60:40.

Em algumas configurações da invenção, a composição de fluido dielétrico é ainda combinada com pelo menos um aditivo, ou cada aditivo sendo selecionado a partir de um grupo consistindo em antioxidantes, tranqüilizantes de ponto de fluidez, inibidores de corrosão, anti-sépticos, modificadores de viscosidade. Os exemplos adequados dos aditivos de antioxidantes compreendem desativadores de metal.

O processo pode ainda compreender a etapa de esvaziar a referida composição de água e outros contaminantes condutivos, tal como o ácido. Tipicamente, a purificação da composição do fluido dielétrico compreende o contato da composição do fluido dielétrico com um meio de adsorção. O meio adequado de adsorção para remover a água inclui, porém sem limitação, dessecantes químicos, tais como, gel de sílica ou sulfato de magnésio anídrico ou peneiras moleculares. O meio adequado de adsorção para remover o ácido inclui, porém sem limitação, terra diatomácea, atapulgita ou terra Fuller.

Em uma configuração, a composição do fluido dielétrico entra em contato com o referido meio de adsorção ao eluir a composição do fluido dielétrico através de uma coluna do referido meio de adsorção. Em uma configuração adicional, a etapa de purificar a composição do fluido dielétrico compreende a eluição da composição do fluido dielétrico através de um primeiro meio de adsorção e remoção de água, e então eluição da composição do fluido dielétrico através de um segundo meio de adsorção e remoção do ácido.

Em uma configuração alternativa, o processo compreende a etapa de purificar o segundo volume do óleo vegetal e os ésteres de alquila antes de combinar o segundo volume do óleo vegetal e ésteres de alquila. Tipicamente, a purificação do segundo volume de óleo vegetal e ésteres de alquila antes da etapa c) compreende a eluição do segundo volume do óleo

vegetal e ésteres de alquila através do respectivo meio de adsorção para remover a água e o ácido, respectivamente.

Na descrição da invenção e das reivindicações, exceto no caso em que o contexto exigir de outro modo devido à linguagem expressa ou implicação necessária, as palavras "compreendem" ou variações, tais como "compreende" ou "compreendendo", são utilizadas em um sentido inclusivo, i.e., para especificar a presença das características declaradas, porém não para impedir a presença ou adição de características adicionais em diversas configurações da invenção.

Descrição das Figuras

As configurações preferidas, incorporando todos os aspectos da invenção, agora serão descritas somente como exemplo com referência aos desenhos anexos, em que:

A Figura 1 é um diagrama de bloco de um processo para produzir uma composição do fluido dielétrico em conformidade com um aspecto da invenção; e,

A Figura 2 é uma visão esquemática de um transformador em conformidade com outro aspecto da invenção.

Descrição Detalhada das Configurações Preferidas da Invenção

Antes da configuração preferida da presente invenção for descrita, é entendido que esta invenção não é limitada aos materiais específicos descritos, conforme esses poderão variar. Também deve ser entendido que a terminologia usada no presente é para o objetivo de descrever somente a configuração específica, e não tem a intenção de limitar o escopo da presente invenção de qualquer modo. Deve ser observado que, conforme aqui utilizado, as formas do singular "um", "uma" e "o/a" incluem a referência de plural, exceto se o contexto claramente determinar de outro modo. Exceto se definido de outro modo, todos os termos técnicos e científicos aqui utilizados possuem os mesmos significados conforme comumente entendidos por aquele com habilidade na técnica ao qual esta invenção pertence.

A presente invenção fornece uma composição do fluido dielétrico compreendendo o óleo vegetal e ésteres de alquila.

O óleo vegetal pode ser um ou mais óleos vegetais. Enquanto a presente invenção providencia o uso dos óleos naturais vegetais, a invenção pode usar os óleos vegetais sintéticos, que possuem características iguais ou semelhantes de composição que os óleos vegetais naturais, ou óleos vegetais geneticamente modificados ou uma mistura dos mesmos. O óleo vegetal ou mistura de óleo vegetal também pode ser combinado com uma quantidade menor de um ou mais óleos minerais ou óleos sintéticos providenciando que a mistura resultante demonstra as propriedades benéficiais do óleo vegetal ou mistura de óleo vegetal.

Os exemplos típicos de óleos vegetais adequados para uso na presente invenção incluem, porém sem limitação, óleo de mamona, óleo de coco, óleo de milho, óleo de semente de algodão, óleo de linhaça, óleo de oliva, azeite de dendê, óleo de amendoim, óleo de semente de uva, óleo de canola, óleo de cártamo, óleo de girassol e óleo de soja. Uma configuração específica da presente invenção emprega o óleo vegetal de grau alimentício, também denominado como óleo vegetal RBD (Refinado, Branqueado e Desodorizado).

A estabilidade oxidativa do óleo vegetal é amplamente determinada pelo grau de insaturação no teor de ácido graxo, enquanto o ponto de congelamento do óleo vegetal é determinado pelo comprimento da cadeia, grau de derivação e insaturação. Enquanto um óleo vegetal com alto teor de ácido graxo saturado demonstrará estabilidade química para oxidação, ele também terá um alto ponto de congelamento. Tipicamente, a maioria dos ácidos graxos nos óleos vegetais possui um comprimento de cadeia em entre 16-20 átomos de carbono. Portanto, um acordo entre as características de estabilidade oxidativa e ponto de congelamento é atingido ao estabelecer a composição do fluido dielétrico da presente invenção nos óleos vegetais com um alto teor de ácido graxo monoinsaturado (acima de 60%). Preferivelmente, o óleo vegetal compreende teor de ácido graxo monoinsaturado em cerca de 80%.

Como o ácido graxo monoinsaturado mais comum encontrado no óleo vegetal é o ácido oléico, os óleos vegetais com um alto teor de ácido oléico são especificamente adequados para uso na presente invenção.

Uma configuração da presente invenção conforme aqui descrita emprega o óleo de girassol oléico alto (HOSO) com nível de ácido oléico de 80% e < 3% de ácido linoléico. Esse óleo específico possui a seguinte composição de ácido graxo: teor de ácido graxo monoinsaturado de 81%, teor de ácido graxo monoinsaturado, teor de ácido graxo saturado de 11% e teor de ácido graxo poliinsaturado de 8%.

Os ésteres de alquila empregados na composição do fluido dielétrico da presente invenção compreendem um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo. Tipicamente, a metade de alquila possui de 1 a 4 átomos de carbono. Geralmente, os ésteres de alquila mais comumente disponíveis dos ácidos graxos são produzidos por esterificação ou transesterificação dos óleos vegetais e outros lipídios com metanol ou etanol. Em uma configuração da invenção, o éster de alquila compreende um ou mais ésteres de metila do ácido graxo ou ésteres de etila do ácido graxo.

As metades do ácido graxo de ésteres de alquila do ácido graxo são selecionadas a partir de um grupo compreendendo os ácidos graxos saturados, ácidos graxos monoinsaturados, ácidos graxos poliinsaturados e misturas dos mesmos. Os exemplos adequados dos ácidos graxos saturados incluem, porém sem limitação, butanóico, valérico, capróico, caprílico, pelargônico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, margárico, esteárico, araquídico, beênico, lignocérico, cerótico, carbocérico, montânico, melíssico, laceóico, psílico. Os exemplos adequados de ácidos graxos monoinsaturados incluem, porém sem limitação, obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico. Os exemplos adequados dos ácidos graxos poliinsaturados incluem, porém sem limitação, linoléico, γ-linoléico, dihomo-γ-linoléico, araquidônico, α-linoléico, estearidônico, 7,10,13,16-docosatetraenóico, 4,7,10,13,16-docosapentaenóico, 8,11,14,17-eicosatetraenóico, 5,8,11,14,17-eicosapentaenóico (EPA), 7,10,13,16,19-docosapentaenóico (DPA),

4,7,10,13,16,19-docosahexaenóico (DHA) e 5,8,11-eicosatrienóico (ácido de hidromel).

Tipicamente, a viscosidade da maioria dos ésteres de alquila do ácido graxo, independentemente do grau de insaturação na metade de ácido graxo, fica em uma faixa de cerca de 2-6 cSt @40°C. Enquanto será entendido que os ésteres de alquila do ácido graxo com qualquer uma das metades de ácido graxo acima serão adequados para utilização como um modificador de viscosidade para um fluido dielétrico ou como um componente na composição do fluido dielétrico em conformidade com a presente invenção, um alto teor de ácido graxo monoinsaturado é preferido para fornecer uma melhor estabilidade química do modificador de viscosidade e/ou composição do fluido dielétrico contendo os referidos ésteres de alquila contra oxidação.

Tipicamente, a estabilidade química suficiente contra oxidação é fornecida quando o éster de alquila compreende teor de ácido graxo monoinsaturado acima de 60%. Na configuração preferida, o éster de alquila compreende teor de ácido graxo monoinsaturado em cerca de 80%. De forma correspondente, os ésteres de alquila empregados na presente invenção podem ser prontamente derivados a partir dos óleos vegetais oléicos altos que possui uma concentração alta de ácidos graxos monoinsaturados.

Em uma configuração da invenção, as metades de ácido graxo dos ésteres de alquila do ácido graxo são substancialmente homólogas ao teor de ácido graxo do óleo vegetal da composição do fluido dielétrico.

Para garantir que os ésteres de alquila na composição do fluido dielétrico estão em conformidade com um teor de ácido graxo semelhante ou igual ao óleo vegetal, os ésteres de alquila podem ser convenientemente derivados a partir do óleo vegetal da composição do fluido dielétrico ao sujeitar o óleo vegetal à esterificação ou transesterificação com o álcool preferido.

Não obstante a configuração preferida descrita acima, também será entendido que os ésteres de alquila empregados pela presente invenção como o modificador de viscosidade e como um dos componentes da composição do fluido dielétrico podem ser derivados a partir de outras fontes dos

ácidos graxos, incluindo lipídeos com base animal ou vegetal, tais como gorduras e sebos.

Tipicamente, a composição do fluido dielétrico compreende o óleo vegetal na faixa de 40 – 60 %v/v e ésteres de alquila na faixa de 60 – 40 %v/v.

Será entendido que a composição do fluido dielétrico ainda compreende pelo menos um aditivo para melhorar ou ainda otimizar as propriedades dielétricas e características da composição do fluido dielétrico da presente invenção.

O ponto de fluidez da composição do fluido dielétrico pode ser melhorado por adição de supressores do ponto de fluidez à composição do fluido dielétrico ou preparação para o inverno da composição do fluido dielétrico. O tranqüilizante do ponto de fluidez tipicamente contém uma espinha dorsal de polimetacrilato ramificada que incentiva a inclusão da molécula de tranqüilizador do ponto de fluidez em um cristal crescente do óleo vegetal na composição do fluido dielétrico. Ao interferir com os padrões de crescimento do cristal de cera, o tranqüilizador do ponto de fluidez aumenta a faixa operacional da composição do fluido dielétrico, de modo que ele permanece como fluido em temperaturas muito inferiores. Os tranqüilizadores do ponto de fluidez, tais como, Viscoplex® 10-310, Viscoplex® 10-930 e Viscoplex® 10-950 são exemplos adequados.

A preparação para o inverno é o processo de remover o sedimento que aparece nos óleos vegetais em baixas temperaturas. A sedimentação é acompanhada com um aumento na viscosidade do óleo. A preparação para o inverno da composição do fluido dielétrico é tipicamente realizada por resfriamento lento da composição do fluido dielétrico para 7°C, então filtragem de quaisquer cristais resultantes. O líquido filtrado subseqüentemente submete-se a outro período de resfriamento lento de uma conforme acima descrito para remover quaisquer cristais resultantes adicionais.

A estabilidade oxidativa da composição do fluido dielétrico também pode ser melhorada através de adição de antioxidantes e/ou desativadores de metal à composição do fluido dielétrico. Os exemplos adequados de antioxidantes incluem, porém sem limitação, antioxidantes de fenol,

tais como, Igranox® L109, Igranox® L64, Igranox® L94 e antioxidantes de difenilamina octilado/butilado, tal como, Igranox® L57. Tipicamente, a composição do fluido dielétrico compreende menos do que 1,5% de antioxidante. Os exemplos adequados de desativadores de metal incluem, porém sem limitação, desativadores de cobre, tais como, derivativos de benzotriazol e triazol. Tipicamente, a composição do fluido dielétrico compreende menos do que 0,7% do desativador de metal.

Enquanto é contemplado que o óleo vegetal de grau alimentício será empregado como um componente da composição do fluido dielétrico da presente invenção, é reconhecido que o óleo vegetal de grau alimentício, também denominado como óleo vegetal RBD (Refinado, Branqueado e Desodorizado), é tipicamente insatisfatório para uso como um fluido dielétrico, pois contém água e outros contaminantes condutivos que degradam suas propriedades de desempenho como um fluido dielétrico, quando usado em mecanismo elétrico, tais como, transformadores de distribuição e energia. Por exemplo, com relação ao HOSO, a voltagem de colapso dielétrico é tipicamente > 55 kV (IEC 156, eletrodo de 2mm de intervalo), o fator de dissipação dielétrica < 0,085 a 90°C e 50 HZ (IEC 247), número de acidez inicial < 0,12 mg KOH/g (IEC 296), tensão de superfície inicial (IFT) > 21,0 dinas/cm (ISO 6295), ponto de fluidez < -15°C (ISO 3016) e um teor de umidade > 380 ppm. Esses valores estão fora do desempenho dielétrico aceitável.

Adicionalmente, por muitos outros motivos, as propriedades dielétricas dos ésteres de alquila da presente invenção são tipicamente insatisfatórias para uso como um fluido dielétrico.

De forma correspondente, será entendido que, embora a composição do fluido dielétrico da presente invenção compreende o óleo vegetal e os ésteres de alquila, tipicamente, a composição do fluido dielétrico precisará ser submetida a um ou mais processos de purificação com a finalidade de conferir à composição do fluido dielétrico as características necessárias de desempenho comparáveis aos fluidos dielétricos com base em óleo mineral existentes.

Em uma configuração da invenção, a composição do fluido dielétrico é purificada para remover a água e outros contaminantes polares.

A remoção da água é efetuada através de processos conhecidos de desidratação. Os exemplos adequados dos processos de desidratação incluem, porém sem limitação, eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através do meio de adsorção, tais como, peneiras moleculares, amidos e dessecantes, separação centrífuga e desidratação a vácuo. Tipicamente, o processo de desidratação empregado na presente invenção diminui o teor de água da composição do fluido dielétrico em até mais de 70%, preferivelmente mais do que 80%.

A remoção de contaminantes polares é tipicamente realizada pela eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através do meio de adsorção, incluindo, porém sem limitação, terra Fuller, argilas ativadas e atapulgita. Tipicamente, a eluição da composição do fluido dielétrico através do meio de adsorção acima descrito diminui o valor de ácido da composição do fluido dielétrico e aumenta a tensão interfacial da composição do fluido dielétrico para os parâmetros aceitáveis. Será entendido que o processo acima descrito pode ser conduzido uma ou mais vezes, dependendo do valor original de ácido e tensão interfacial do óleo vegetal de grau alimentício.

Preferivelmente, a composição do fluido dielétrico é desidratada antes do tratamento com o meio de adsorção para remoção dos contaminantes polares.

De forma vantajosa, foi averiguado que o tratamento seqüencial da composição do fluido dielétrico com o dessecante seguido por eluição através do meio de adsorção é um método eficaz para também aumentar significativamente a voltagem dielétrica e fatores de dissipação da composição do fluido dielétrico, de modo que, após o referido tratamento, esses parâmetros fiquem dentro das normas aceitáveis para os fluidos dielétricos.

Alternativamente, o óleo vegetal e ésteres de alquila pode ser separadamente purificados pelos processos acima descritos antes da combinação do óleo vegetal e ésteres de alquila para oferecer a composição do fluido dielétrico da presente invenção.

Um processo para produzir uma composição do fluido dielétrico em conformidade com uma configuração da invenção será agora escrito com referência ao fluxograma da Figura 1.

Um primeiro volume de óleo vegetal (10) é misturado a um álcool, tal como metanol ou etanol, na presença de um catalisador para esterificar (20) o primeiro volume de óleo vegetal (10) e formar um éster de alquila (12). Em algumas configurações, a etapa de esterificar (20) o óleo vegetal é realizada na presença de um catalisador de base. Os exemplos típicos do catalisador de base compreendem o hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, alcóxidos de sódio, alcóxidos de potássio, os catalisadores de alcoxilado de metal álcali selecionados do grupo consistindo em metanolato de sódio, etanolato de sódio, propanolato de sódio, butanolato de sódio, metanolato de potássio, etanolato de potássio, propanolato de potássio, butanolato de potássio e misturas dos mesmos, trietanolamina e misturas da mesma.

Alternativamente, a etapa de esterificar (20) o óleo vegetal (10) é realizada na presença de um catalisador de ácido. Os exemplos típicos do catalisador compreendem os catalisadores de ácido inorgânico selecionados a partir do grupo consistindo em ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico ou misturas dos mesmos.

Após a conclusão da reação de esterificação, a mistura (14) dos produtos de reação, amplamente os ésteres de alquila (12) e glicerina, reagentes de reação, incluindo o álcool contendo o catalisador e outros subprodutos, são separados (40). A glicerina é tipicamente separada (40) dos ésteres de alquila (12) por técnicas de gravidade ou separação centrífuga bem conhecidas na técnica. O álcool em excesso pode ser removido por destilação ou evaporação sob pressão reduzida.

Os ésteres de alquila separadas tipicamente contêm o catalisador carregado, que pode ser removido por uma ou mais lavagens (50) com água, seguido pela remoção (60) da água por técnicas de decantação e/ou técnicas de separação e/ou filtragem a vácuo.

Um segundo volume do óleo vegetal (16) é então combinado (70) com os ésteres de alquila resultantes (12) em uma proporção de

40:40 – 60:40 de porcentagem do volume para fornecer a composição do fluido dielétrico (18) da presente invenção. Será entendido que o volume do éster de alquila (12) combinado com o segundo volume do óleo vegetal (16) é suficiente para obter uma viscosidade de < 20 cSt a 40°C.

A composição do fluido dielétrico (18) é então tratada para remover a água (80) de lá pelas técnicas acima descritas, e então subseqüentemente tratada para remover (90) contaminantes de lá, tal como o ácido. Um ou mais aditivos (1.1) para melhorar o desempenho dielétrico da composição (18), conforme acima descrito, pode então ser combinado (100) com a composição (18).

Os inventores identificaram que a composição do fluido dielétrico da presente invenção é miscível com os fluidos dielétricos atuais com base em óleo mineral. Portanto, a composição pode ser convenientemente retro-alimentada no equipamento de energia e distribuição elétrica, especificamente transformadores, mecanismo de distribuição e cabos elétricos, que são atualmente operados com fluidos dielétricos com base em óleo mineral.

Com referência à Figura 2, é mostrado um transformador (110) com um alojamento (112) que acomoda uma montagem de núcleo/espiral do transformador (114). A montagem de núcleo/espiral do transformador (114) está disposta para ser imersa em uma composição do fluido dielétrico (116) da presente invenção, de modo que a composição do fluido dielétrico (116) circunda a montagem de núcleo/espiral do transformador (114) e realiza de acordo com as normas elétricas desejadas.

O exemplo a seguir ilustra, porém não limita, a invenção ao descrever uma configuração preferida.

EXEMPLO

Esterificação do óleo vegetal para fornecer o éster de alquila

Um óleo vegetal de grau alimentício RBD compreendendo o óleo de girassol oléico alto (HOSO) com 80% de nível de ácido oléico e < 3% de ácido linoléico e a seguinte composição do ácido graxo: 81% de ácidos graxos monoinsaturados, 11% de ácidos graxos saturados, 8% de ácidos graxos

poliinsaturados, foram esterificados com etanol sob condições catalisadas de base.

O etanol de grau analítico (27,4 ml) e hidróxido de potássio (1,3 g) foram primeiramente misturados juntos de forma vigorosa e adicionados ao HOSO (100 ml). A mistura foi agitada por seis horas, então permitida a ficar parada por uma noite de modo a permitir a separação completa dos ésteres de alquila a partir de um subproduto de glicerol e contaminantes semelhantes à borra na base no frasco de reação.

Em determinadas ocasiões, uma emulsão formava-se na camada do éster de alquila que impedia a separação breve do éster de alquila do subproduto de glicerol. A emulsão pode ser rompida pelo aquecimento da mistura de reação para cerca de 80°C ou pela adição de uma pequena quantidade de ácido acético glacial (10 ml/L de óleo vegetal) à mistura.

Alternativamente, a emulsão pode ser rompida pela agitação de forma vigorosa da mistura por 20 minutos, adicionando água (15 ml/L de óleo vegetal) à mistura, e agitando vigorosamente a mistura por mais 20 minutos.

Mediante a separação em uma camada de éster de alquila e uma camada de glicerol, o éster de alquila foi lentamente decantado e lavado com água (50% v/v) por três vezes. O éster de alquila foi então seco com dessecantes e/ou sob vácuo para remover a água e o etanol residual.

Tipicamente, a viscosidade do éster de alquila derivado do HOSO, conforme acima descrito, é 6 cSt, considerando que a viscosidade do HOSO é de 43 cSt.

Composição do Fluido Dielétrico

As propriedades dielétricas do HOSO RBD são conforme segue: voltagem de colapso dielétrico > 55 kV (IEC 156, eletrodo de 2mm de intervalo), fator de dissipação dielétrica < 0,085 a 90°C e 50 HZ (IEC 247), número de acidez inicial < 0,12 mg KOH/g (IEC 296), tensão de superfície inicial (IFT) > 21,0 dinas/cm (ISO 6295), ponto de fluidez < -15°C (ISO 3016) e H_2O > 380 ppm.

O éster de alquila preparado conforme acima descrito foi então combinado com o HOSO RBD em conformidade com as seguintes composições:

Combinação 1: 100% de HOSO RBD

Combinação 2: 40% de éster de alquila e 60% de HOSO RBD

Combinação 3: 50% de éster de alquila e 50% de HOSO RBD

Combinação 4: 70% de éster de alquila e 30% de HOSO RBD

Combinação 5: 100% de éster de alquila

A Tabela 1 mostra as propriedades físicas, térmicas, químicas e elétricas das combinações acima.

Tabela 1: Características das combinações diferentes dos ésteres de alquila e HOSO

Parâmetro	Método de Teste	Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3	Combinação 4	Combinação 5
Ponto de lampejo °C	ISO 2719	320				
Ponto de fluidez °C	ISO 3016	-18				
Valor de Ácido mg KOH/g	IEC 296	0,010	0,010	0,015	0,015	0,030
Viscosidade Cinemática a 40°C cSt	ISO 3104	43	19	15	10	6
Resistência Dielétrica kV	IEC 156	75	75	75	75	70
Fator de dissipação, a 90°C e 40Hz	IEC 247	0,015	0,035	0,040	0,045	0,050
Teor de água (mg/kg)	IEC 733	65	70	75	85	100
IFT (dinas/cm) a 25°C	ISO 6295	28,5	28,5	28,5	28,0	27,0
Biodegradabilidade (%)	CEC-L33A94	> 95	> 95	> 95	> 95	> 95

Tipicamente, a composição do fluido dielétrico da presente invenção é um fluido dielétrico de baixa viscosidade com propriedades elétricas dentro da faixa aceitável dos fluidos dielétricos típicos usados em transformadores de energia e distribuição. Por exemplo, um fluido dielétrico típico demonstra uma voltagem de colapso dielétrico de pelo menos 70 kV (IEC 156 – eletrodo de 2,5 mm de intervalo), fator de dissipação de menos do que 0,04 a 90°C e 50Hz (IEC 247), valor de acidez ou neutralização é menor do que 0,02 mg KOH/g de óleo (IEC 296), teor de umidade de menos do que 80ppm (Karl-

Fischer), viscosidade de menos do que 16cSt a 40°C (ISO 3104), ponto de lampejo de pelo menos 250°C (ISO 2719) e ponto de fluidez de pelo menos -15°C (ISO 3016).

A composição do fluido dielétrico com base em óleo vegetal de baixa viscosidade da presente invenção possui um valor de viscosidade menor do que ou igual a 20 cSt, preferivelmente menor do que ou igual a 15 cSt.

As combinações 2-5 demonstram uma viscosidade menor do que ou igual a 20 cSt, e as combinações 3-5 demonstram uma viscosidade menor do que ou igual a 15 cSt. Entretanto, é sabido que as combinações 4 e 5 podem ter um ponto de lampejo que é muito alto para a combinação ser usada de modo seguro como uma composição do fluido dielétrico. Dessa forma, a combinação 3 foi selecionada para investigação adicional com relação a suas propriedades desejáveis como uma composição do fluido dielétrico.

A Tabela 2 mostra as propriedades físicas, térmicas, químicas e elétricas da Combinação 3 antes de submeter-se ao tratamento de purificação, um óleo mineral típico para fins de comparação, e os valores permissíveis para um fluido dielétrico para transformadores.

Tabela 2: Características térmicas, físicas, químicas, elétricas e biodegradáveis da Combinação 3, óleo mineral e valores permissíveis para os fluidos dielétricos usados em transformadores.

Características	**Método de Teste**	**Valor de Teste da Combinação 50:50**	**Valor Típico do Óleo Mineral**	**Valores permissíveis para características medidas**
Teste Físico:				
Viscosidade a 40°C cSt, máximo	ISO 3104	15,3	10	≤ 16,5
Teor de Umidade, ppm, máximo*	IEC 733	380	10-30	≤ 30
Teste Químico				
Valor de Ácido mg KOH/g, máximo	IEC 296	0,10	0,01	≤ 0,03
IFT dinas/cm mínimo	ISO 6295	21,0	40	≥ 40

Teste Elétrico				
Resistência Dielétrica kV, mínima	IEC 156	50,0	70	≥ 50
Fator de Dissipação a 90°C, máximo	IEC 247	0,090	0,001	≤ 0,01
Teste de Estabilidade Oxidativa	IEC 74			
Valor de neutralização (mg KOH/g)		5,00	< 0,01	≤ 0,40
Borra, % por massa		nenhuma borra	< 0,10	≤ 0,10
Teste de Biodegradabilidade e Toxicidade				
Biodegradabilidade (%)	CEC-L33A94	> 95	30%	-

* É recomendado comparar os níveis de saturação ao invés de umidade, considerando que os fluidos com base em óleo vegetal possuem um ponto de saturação muito mais alto em comparação aos fluidos com base em óleo mineral.

A Combinação 3 foi então purificada adicionalmente para remover a água e contaminantes condutivos de modo a melhorar suas propriedades dielétricas, incluindo teor de umidade, valor de ácido, IFT, resistência dielétrica, fator de dissipação e estabilidade oxidativa (vide Tabela 3). Os métodos de purificação estão abaixo descritos.

Tabela 3: Características térmicas, físicas, químicas, elétricas e biodegradáveis da Combinação 3, óleo mineral e valores permissíveis para os fluidos dielétricos usados em transformadores.

Características	**Método de Teste**	**Valor de Teste da Combinação 50:50**	**Valor Típico do Óleo Mineral**	**Valores permissíveis para características medidas**
Teste Físico:				
Viscosidade a 40°C cSt, máximo	ISO 3104	15,3	10	≤ 16,5
Teor de Umidade, ppm,	IEC 733	80	10-30	≤ 30

máximo*				
Teste Químico				
Valor de Ácido mg KOH/g, máximo	IEC 296	0,015	0,01	≤ 0,03
IFT dinas/cm mínimo		28	40	≥ 40
Teste Elétrico				
Resistência Dielétrica kV, mínima	IEC 156	70	70	≥ 50
Fator de Dissipação a 90°C, máximo	IEC 247	0,045	0,001	≤ 0,01
Teste de Estabilidade Oxidativa	IEC 74			
Valor de neutralização (mg KOH/g)		0,37	< 0,01	≤ 0,40
Borra, % por massa		nenhuma borra	< 0,10	≤ 0,10
Teste de Biodegradabilidade e Toxicidade				
Biodegradabilidade (%)	CEC-L33A94	> 95	30%	-

* É recomendado comparar os níveis de saturação ao invés de umidade, considerando que os fluidos com base em óleo vegetal possuem um ponto de saturação muito mais alto em comparação aos fluidos com base em óleo mineral.

Métodos de Purificação

Teor de Umidade

A composição do fluido dielétrico foi desidratada por eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através de uma coluna embalada com um amido proprietário (PS-Multi).

Alternativamente, a composição do fluido dielétrico foi desidratada por eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através de uma coluna embalada com peneiras moleculares (3Å) com a seguinte composição: 0,6 de K_2O:0,40 Na_2O:1,0 Al_2O_3: 2,0 $\pm$ 0,1 de SiO_2:x H_2O.

Valor de Ácido e IFT

Os contaminantes condutivos foram esvaziados da composição do fluido dielétrico por eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através de uma coluna embalada com atapulgita.

Ponto de Fluidez

O ponto de fluidez da composição do fluido dielétrico foi diminuído ao adicionar um tranqüilizante de ponto de fluidez Viscoplex® 10-950 a 0,5% w/w da composição do fluido dielétrico.

Alternativamente, o ponto de fluidez da composição do fluido dielétrico pode ser diminuído através da preparação para o inverno do fluido dielétrico conforme segue: a composição do fluido dielétrico foi resfriada a 7°C, então filtrada para remover as partículas cristalizadas. O líquido restante filtrado foi lentamente resfriado novamente para garantir que nenhum cristal tenha sido formado. O resfriamento lento permitiu o crescimento de grandes cristais que foram facilmente filtrados.

Voltagem Dielétrica e Fator de Dissipação

A voltagem dielétrica e fatores de dissipação da composição do fluido dielétrico foram significativamente melhorados para as normas aceitáveis para uso como um fluido dielétrico nos transformadores elétricos, através de eluição da composição do fluido dielétrico sob gravidade através de uma coluna embalada com camadas seqüenciais de peneiras moleculares (3A) e atapulgita. Tanto as peneiras moleculares quanto a atapulgita foram secadas em forno a 110°C por 24 horas antes do uso. A coluna compreendia uma primeira camada de peneiras moleculares (20g, 4 cm), uma segunda camada de atapulgita (70g, 20 cm) e uma terceira camada de peneiras moleculares (80g, 16 cm).

Ao passar a composição do fluido dielétrico através das peneiras moleculares primeiramente, é garantido que a composição do fluido dielétrico fique semi-seca antes de ser passada através da atapulgita. Isso reduz a chance de umedecer a argila que impediria a eficiência da argila. A camada final das peneiras moleculares remove qualquer umidade ainda presente na composição do fluido dielétrico. Os procedimentos acima fornecem com êxito a

composição do fluido dielétrico à norma de grau elétrico comparável aos óleos minerais.

Numerosas variações e modificações surgirão para aqueles com habilidade na técnica relevante, além daquelas já descritas, sem desviar os conceitos inventivos básicos. Todas as tais variações e modificações devem ser consideradas dentro do escopo da presente invenção, cuja natureza é ser determinada a partir da descrição precedente.

REIVINDICAÇÕES

1. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO compreendendo: um óleo vegetal de alto teor de ácido graxo monoinsaturado e um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo, cada um com uma metade de ácido graxo e uma metade de alquila, caracterizado pelo fato de que a metade de alquila dos ésteres de alquila do ácido graxo possui de 1 a 4 átomos de carbono; e *caracterizada pelo fato* de que o óleo vegetal está na faixa de 40%-60% v/v da composição do fluido dielétrico e um éster de alquila do ácido graxo está na faixa de 40%-60% v/v da composição do fluido dielétrico.

2. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, *caracterizada pelo fato* de que o teor de ácido graxo monoinsaturado do óleo vegetal é de >60%.

3. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, *caracterizada pelo fato* de que o teor de ácido graxo monoinsaturado do óleo vegetal é de cerca de 80%.

4. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedente, *caracterizada pelo fato* de que o óleo vegetal é selecionado a partir do grupo compreendendo: óleo vegetal natural, óleo vegetal sintético, óleo vegetal geneticamente modificado e misturas dos mesmos.

5. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o óleo vegetal é selecionado a partir de um grupo consistindo em: óleo de mamona, óleo de coco, óleo de milho, óleo de semente de algodão, óleo de linhaça, óleo de oliva, azeite de dendê, óleo de amendoim, óleo de semente de uva, óleo de canola, óleo de cártamo, óleo de girassol e óleo de soja, variantes oléicos altos dos mesmos, e misturas dos mesmos.

6. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o ácido graxo monoinsaturado é um ou mais do grupo: ácido obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico.

7. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido oléico.

8. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 7, *caracterizada pelo fato* de que o teor de ácido oléico do óleo vegetal é de > 60%.

9. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 8, *caracterizada pelo fato* de que o teor de ácido oléico do óleo vegetal é cerca de 80%.

10. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o óleo vegetal é um óleo de girassol oléico alto (HOSO) com 80% de ácido oléico e < 3% de ácido linoléico.

11. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que a metade de alquila do ou cada éster de alquila do ácido graxo possui 1 a 2 átomos de carbono.

12. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o éster de alquila do ácido graxo compreende um ou mais ésteres de ácido graxo monoinsaturados.

13. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que o éster de alquila do ácido graxo compreende um ou mais ésteres de um ou mais ácidos graxos monoinsaturados selecionados a partir do grupo a seguir: ácido obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico.

14. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que as metades do ácido graxo dos ésteres de alquila do ácido graxo são substancialmente homólogas com o teor de ácido graxo monoinsaturado do óleo vegetal da composição do fluido dielétrico.

15. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que acima de 60% das metades de ácido graxo dos ésteres de alquila do ácido graxo é derivado de um ou mais dos ácidos graxos monoinsaturados.

16. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 15, *caracterizada pelo fato* de que cerca de 80% das metades de ácido graxo dos ésteres de alquila do ácido graxo é derivado de um ou mais dos ácidos graxos monoinsaturados.

17. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que os ésteres de alquila do ácido graxo compreendem os ésteres de alquila do ácido graxo derivados a partir do óleo vegetal da composição do fluido dielétrico.

18. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que a composição do fluido dielétrico ainda compreende pelo menos um aditivo, o ou cada aditivo sendo selecionado a partir de um grupo compreendendo antioxidantes, tranqüilizantes de ponto de fluidez, inibidores de corrosão, anti-sépticos, modificadores de viscosidade.

19. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com a reivindicação 18, *caracterizada pelo fato* de que os aditivos antioxidantes compreendem os desativadores de metal.

20. COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, *caracterizada pelo fato* de que a viscosidade da solução dielétrica é de < 20 cSt a 40°C.

21. TRANSFORMADOR com um alojamento que acomoda uma montagem de núcleo/espiral de transformador e uma composição do fluido dielétrico cercando a referida montagem de núcleo/espiral de transformador, *caracterizado pelo fato* de que a composição do fluido dielétrico é conforme definida em qualquer uma das reivindicações precedentes.

22. MÉTODO para diminuir a viscosidade de um fluido dielétrico com base em óleo vegetal compreendendo um óleo vegetal compreendendo um alto teor de ácido graxo monoinsaturado compreendendo a combinação do fluido dielétrico com base em óleo vegetal com um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo, *caracterizado pelo fato* de que a metade de

alquila do éster de alquila do ácido graxo possui de 1 a 4 átomos de carbono, e caracterizado pelo fato de que o fluido dielétrico com base em óleo vegetal é combinado com os ésteres de alquila do ácido graxo em uma proporção de 40:60 – 60:40.

23. MÉTODO de acordo com a reivindicação 23, *caracterizado pelo fato* de que o volume dos ésteres de alquila do ácido graxo combinados com o fluido dielétrico com base em óleo vegetal é suficiente para obter uma viscosidade de < 20 cSt @ 40°C.

24. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE para fluidos dielétricos com base em óleo vegetal com um alto teor de ácido graxo monoinsaturado, o modificador de viscosidade compreendendo um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo, com uma metade de alquila e uma metade de ácido graxo, *caracterizado pelo fato* de que a metade de alquila possui de 1 a 4 átomos de carbono.

25. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo com a reivindicação 25, *caracterizado pelo fato* de que a metade de alquila do éster de alquila do ácido graxo possui de 1 a 2 átomos de carbono.

26. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo com a reivindicação 25 ou 26, *caracterizado pelo fato* de que a metade do ácido graxo do éster de alquila do ácido graxo é derivada a partir de um ou mais ácidos graxos monoinsaturados.

27. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo qualquer uma das reivindicações 25 a 27, *caracterizado pelo fato* de que os ácidos graxos monoinsaturados são selecionados a partir de um grupo compreendendo: obtusílico, caproléico, lauroléico, lindérico, miristoléico, fisetérico, tsuzuico, palmitoléico, petroselínico, oléico, vacênico, gadoléico, gondóico, cetoléico, erúcico e nervônico.

28. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo qualquer uma das reivindicações 25 a 28, *caracterizado pelo fato* de que acima de 60% das metades do ácido graxo do éster de alquila do ácido graxo é derivado de um ou mais ácidos graxos monoinsaturados.

29. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo com a reivindicação 29, *caracterizado pelo fato* de que acima de 80% das metades do

ácido graxo do éster de alquila do ácido graxo é derivado de um ou mais ácidos graxos monoinsaturados.

30. MODIFICADOR DE VISCOSIDADE de acordo qualquer uma das reivindicações 25 a 30, *caracterizado pelo fato* de que o éster de alquila do ácido graxo é derivado do óleo vegetal a partir do qual o fluido dielétrico tem base.

31. PROCESSO PARA PRODUZIR UMA COMPOSIÇÃO DE FLUIDO DIELÉTRICO, *caracterizado pelo fato* compreender as etapas de: fornecer um primeiro volume do óleo vegetal e um segundo volume do óleo vegetal, o óleo vegetal sendo um alto teor de ácido graxo monoinsaturado; esterificar o primeiro volume do óleo vegetal com um álcool contendo 1 a 4 átomos de carbono e formar um éster de alquila de ácido graxo; e combinar o éster de alquila do ácido graxo com o segundo volume do óleo vegetal em uma proporção de 40:60 – 60:40.

32. PROCESSO de acordo com a reivindicação 32, *caracterizado pelo fato* de que o óleo vegetal é selecionado a partir do grupo compreendendo o óleo vegetal natural, óleo vegetal sintético, óleo vegetal geneticamente modificado e misturas dos mesmos.

33. PROCESSO de acordo com a reivindicação 32 ou reivindicação 33, *caracterizado pelo fato* de que o óleo vegetal é selecionado a partir de um grupo compreendendo óleo de mamona, óleo de coco, óleo de milho, óleo de semente de algodão, óleo de linhaça, óleo de oliva, azeite de dendê, óleo de amendoim, óleo de semente de uva, óleo de canola, óleo de cártamo, óleo de girassol e óleo de soja, variantes oléicos altos dos mesmos, e misturas dos mesmos.

34. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 34, *caracterizado pelo fato* de que o teor de ácido graxo monoinsaturado do óleo vegetal é de > 60%.

35. PROCESSO de acordo com a reivindicação 35, *caracterizado pelo fato* de que o teor de ácido graxo monoinsaturado do óleo vegetal é de cerca de 80%.

36. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 36, *caracterizado pelo fato* de que o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido oléico.

37. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 37, *caracterizado pelo fato* de que o teor de ácido oléico do óleo vegetal é de > 60%.

38. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 38, *caracterizado pelo fato* de que o teor de ácido oléico do óleo vegetal é de cerca de 80%.

39. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 39, *caracterizado pelo fato* de que o óleo vegetal é um óleo de girassol oléico alto (HOSO) com 80% de ácido oléico e < 3% de ácido linoléico.

40. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 40, *caracterizado pelo fato* de que a etapa para esterificar o primeiro volume do óleo vegetal é realizada na presença de um catalisador de base.

41. PROCESSO de acordo com a reivindicação 41, *caracterizado pelo fato* de que o catalisador de base é selecionado a partir de um grupo consistindo em: hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, alcóxidos de sódio, alcóxidos de potássio, os catalisadores de alcoxilado de metal álcali selecionados do grupo consistindo em metanolato de sódio, etanolato de sódio, propanolato de sódio, butanolato de sódio, metanolato de potássio, etanolato de potássio, propanolato de potássio, butanolato de potássio e misturas dos mesmos, trietanolamina.

42. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 40, *caracterizado pelo fato* de que a etapa para esterificar o primeiro volume do óleo vegetal é realizada na presença de um catalisador de ácido.

43. PROCESSO de acordo com a reivindicação 43, *caracterizado pelo fato* de que o catalisador de ácido é um catalisador de ácido inorgânico selecionado a partir do grupo consistindo em ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico ou misturas dos mesmos.

44. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 44, *caracterizado pelo fato* de que a composição do fluido dielétrico é ainda combinada com pelo menos um aditivo, o ou cada aditivo sendo selecionado a partir de um grupo consistindo em antioxidantes, tranqüilizantes de

ponto de fluidez, inibidores de corrosão, anti-sépticos, modificadores de viscosidade.

45. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 45, *caracterizado pelo fato* de compreender ainda a etapa de esvaziar a referida composição de água e outros contaminantes condutivos, tal como o ácido.

46. PROCESSO de acordo com a reivindicação 46, *caracterizado pelo fato* de que a etapa de esvaziar a referida composição compreende o contato com a composição do fluido dielétrico com o meio de adsorção.

47. PROCESSO de acordo com a reivindicação 47, *caracterizado pelo fato* de que o meio de adsorção para remover a água é selecionado a partir de um grupo compreendendo dessecantes químicos, tais como, gel de sílica ou sulfato de magnésio anídrico ou peneiras moleculares.

48. PROCESSO de acordo com a reivindicação 47, *caracterizado pelo fato* de que o meio de adsorção para remover o ácido é selecionado a partir de um grupo consistindo em terra diatomácea, atapulgita ou terra Fuller.

49. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 47 a 49, *caracterizado pelo fato* de que a composição do fluido dielétrico é colocada em contato com o referido meio de adsorção através de eluição da composição do fluido dielétrico por uma coluna do referido meio de adsorção.

50. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 47 a 50, *caracterizado pelo fato* de que a etapa de esvaziar a composição do fluido dielétrico de água e contaminantes compreende a eluição da composição do fluido dielétrico através de um primeiro meio de adsorção e remoção de água, e então eluição da composição do fluido dielétrico através de um segundo meio de adsorção e remoção do ácido.

51. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 45, *caracterizado pelo fato* de compreender ainda a etapa de esvaziar o segundo volume do óleo vegetal e ésteres de alquila de água e outros contaminantes condutivos, tal como o ácido, antes de combinar o segundo volume do óleo vegetal com os ésteres de alquila.

52. PROCESSO de acordo com a reivindicação 53, *caracterizado pelo fato* de que o segundo volume do óleo vegetal e ésteres de alquila é eluído separadamente através do respectivo primeiro meio de adsorção para remover a água, e então eluído separadamente através do respectivo segundo meio de adsorção para remover o ácido.

53. USO de uma composição compreendendo: um óleo vegetal de um alto teor de ácido graxo monoinsaturado; e um ou mais ésteres de alquila do ácido graxo, cada tendo uma metade de ácido graxo e uma metade de alquila, caracterizado pelo fato de que a metade de alquila dos ésteres de alquila do ácido graxo possui de 1 a 4 átomos de carbono; e *caracterizado pelo fato* de que o óleo vegetal está na faixa de 40%-60% v/v da composição do fluido dielétrico e um éster de alquila do ácido graxo está na faixa de 40%-60% v/v da composição do fluido dielétrico.

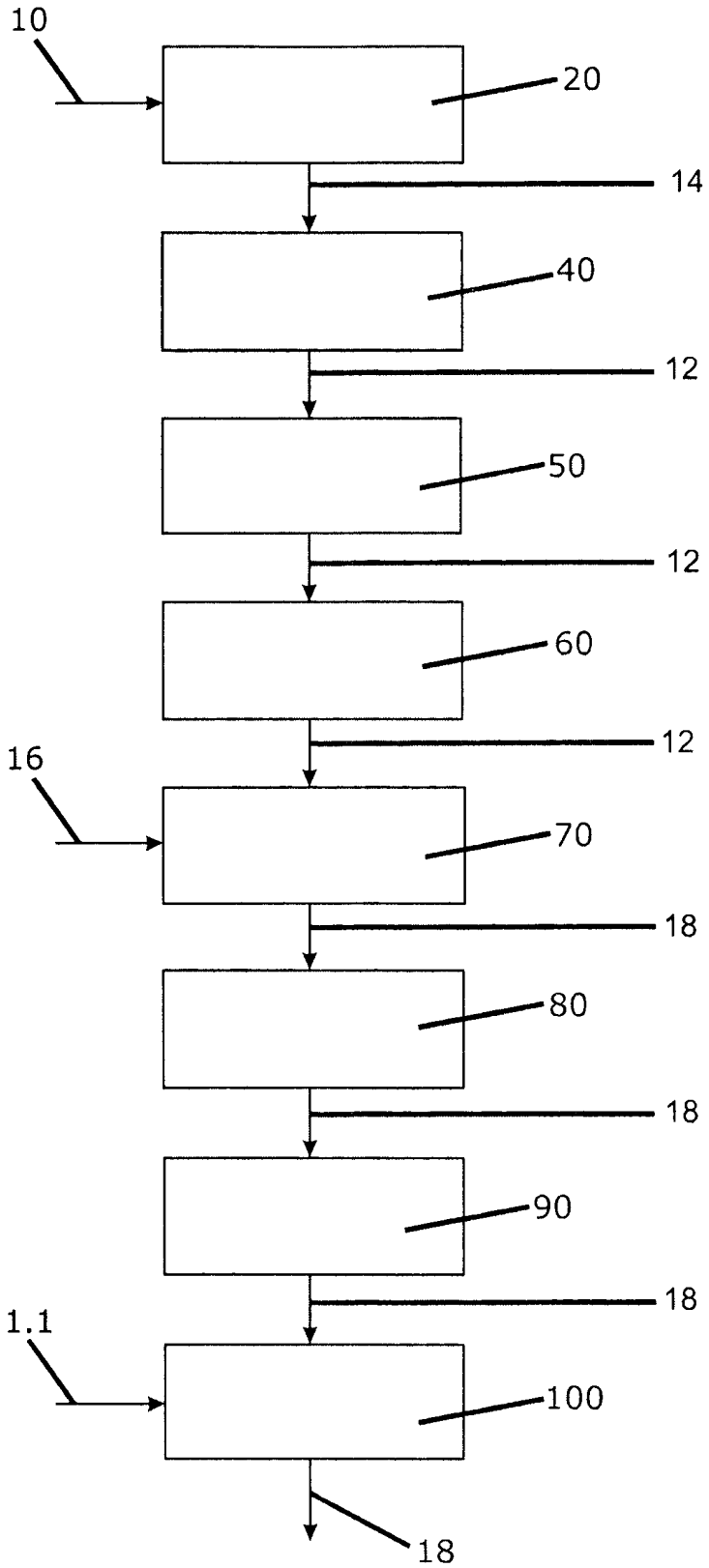


FIGURA 1

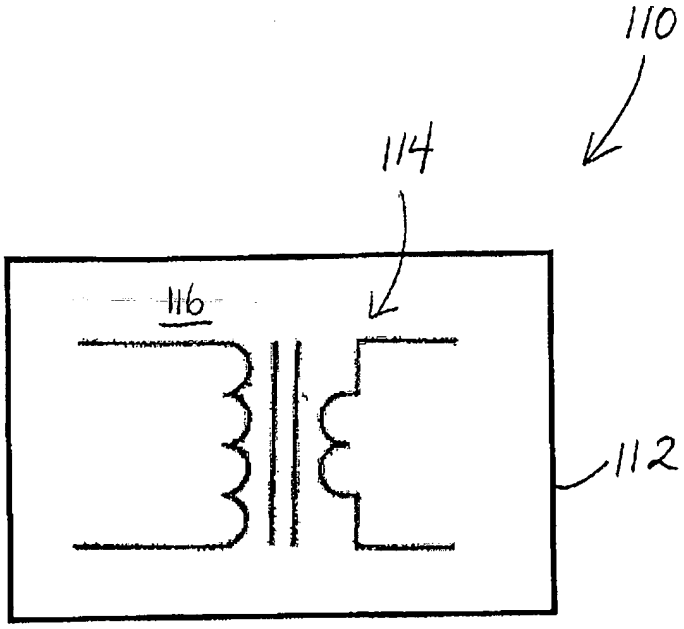


FIGURA 2

PI 0618409-0

RESUMO

"FLUIDOS DIELÉTRICOS COM BASE EM ÓLEO VEGETAL DE BAIXA VISCOSIDADE, SEU PROCESSO DE OBTENÇÃO E USO, E MODIFICADORES DE VISCOSIDADE DOS FLUIDOS DIELÉTRICOS OBTIDOS", que consiste em uma composição de fluido dielétrico com base em óleo vegetal com baixa viscosidade compreendendo óleo vegetal e ésteres de alquila. A estabilidade física e química de um fluido dielétrico em períodos prolongados de uso é uma exigência importante de desempenho. Dessa forma, em uma configuração preferida da invenção, o óleo vegetal compreende um alto teor de ácido graxo monoinsaturado, particularmente composições de óleo vegetal de alto ácido oléico. Uma combinação de óleo vegetal com o éster de alquila em uma proporção de 40:60 – 60:40 fornecerá uma composição de fluido dielétrico com uma viscosidade de < 20 cSt a 40°C.