



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

(21) PI 0922285-5 A2



* B R P I 0 9 2 2 2 8 5 A 2 *

(22) Data do Depósito: 28/10/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 01/09/2020

(54) Título: DIAGNÓSTICO DE BUCHA.

(51) Int. Cl.: G01R 31/12; H01B 3/20.

(30) Prioridade Unionista: 05/12/2008 EP 081707705.

(71) Depositante(es): ABB TECHNOLOGY LTD.

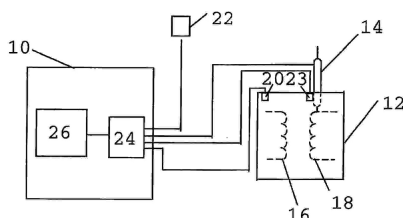
(72) Inventor(es): BENGT-OLOF STENESTAM.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009064208 de 28/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/063519 de 10/06/2010

(85) Data da Fase Nacional: 06/06/2011

(57) Resumo: DIAGNÓSTICO DE BUCHA. A presente invenção refere-se a um método e a um dispositivo (10) para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico (14) dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido. O dispositivo (10) compreende pelo menos uma entrada (24) para o recebimento das medidas de uma corrente que passa pelo aparelho e as medidas de uma pressão de fluido de aparelho real, bem como uma unidade de diagnóstico (26). A unidade de diagnóstico (26) determina uma pressão de fluido de aparelho teórica correspondente com base na medição da corrente, compara a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica e diagnostica o estado do aparelho com base na comparação.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**DIAGNÓSTICO DE BUCHA**".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a aparelhos elétricos dotados de sistemas selados de isolamento baseados em fluido, tais como buchas para 5 peças de equipamentos elétricos de alta tensão e, mais particularmente, a um método, dispositivo, e produto de programa de computador para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido.

10 Antecedentes da Invenção

Um tipo de aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido é um aparelho de medição de propriedade elétrica e controle de campo, que pode ser uma bucha. Buchas podem ser providas para peças de equipamentos elétricos de alta tensão e são conhecidas por carregar corrente de alta tensão através de uma zona de potencial diferente, cujo potencial diferente é o potencial de terra quando a bucha é uma bucha de transformador. A fim de evitar um risco de segurança, a bucha em si precisa ser monitorada sobre o quão bem a mesma está funcionando. 15

Uma forma de executar esse monitoramento pode ser através da abertura da bucha e recolher amostras do fluido, por exemplo, o óleo, que é usado como um meio isolante dentro da bucha. A temperatura desse óleo pode então ser medida e usada para diagnosticar a bucha. No entanto, quando isso é feito, as propriedades da bucha são alteradas. A quantidade de óleo na bucha pode ser alterada e o óleo pode também ser contaminado durante a abertura da bucha. Há também, neste caso, o risco de a bucha não ser bem selada após essa retirada de amostras. 25

Há, portanto, a necessidade de uma forma alternativa de se diagnosticar uma bucha.

30 Há, na técnica, alguns documentos que descrevem o diagnóstico de transformadores.

A Patente US 2005/0223782, por exemplo, descreve um sistema

de monitoramento de transformadores. De acordo com esse documento, são medidas a corrente do transformador e uma temperatura ambiente. Estas medidas são usadas para determinar a temperatura do óleo do transformador. A temperatura do óleo do transformador real é medida e comparada com uma determinada temperatura de óleo e uma anomalia será determinada caso uma diferença de temperatura exceda um limite. Além disso, a pressão interna do transformador é determinada e comparada com um limite e uma anomalia será determinado caso essa pressão exceda um limite de pressão.

10 A Patente US 2002/0161558 descreve um sistema de monitoramento de transformadores. No sistema, um certo número de grandezas físicas é monitorado, tal como a corrente, a temperatura de topo do óleo e a temperatura ambiente.

15 A Patente US 4.654.806 descreve um sistema de monitoramento de transformadores. Neste sistema, vários parâmetros são medidos, tais como a temperatura do óleo, a temperatura ambiente e a pressão. Essas medidas são então comparadas com cada limite correspondente.

Todos esses documentos usam o monitoramento da temperatura de topo de óleo de um transformador.

20 Existem ainda alguns documentos relacionados ao diagnóstico de buchas.

25 A Patente EP 747 715, por exemplo, descreve o diagnóstico do estado de uma bucha através da medição das formas de onda de corrente em desequilíbrio de um número de buchas, comparando os valores de desequilíbrio entre si e com os valores iniciais a fim de determinar se um limite foi excedido. Quando o limite é ultrapassado, é feita uma determinação sobre quais buchas foram alteradas, bem como as mudanças nas capacitâncias e nos valores de potência destas buchas. Essas alterações de capacitância e de valor de potência são, em seguida, compensadas em temperatura com base nas temperaturas de topo de óleo (transformador) e temperatura ambiente. Esse documento parece exigir várias buchas para a realização de diagnóstico e, além disso, só mede a corrente.

30

O artigo "New Insulation Diagnostic and Monitoring Techniques for In-Service HV Apparatus", de D.M. Allan, M.S. Blundell, K.J. Boyd e D.D. Hinde, dos Anais da 3ª Conferência Internacional sobre Propriedades e Aplicações de Materiais Dielétricos, 8 a 12 de julho de 1991, Tóquio, Japão, descreve um sistema de monitoramento para transformadores, bem como para buchas de transformador através do monitoramento do fator DDF (Fator de Dissipação Dielétrica).

Há, portanto, uma necessidade de diagnosticar aparelhos elétricos dotados de um sistema selado de isolamento baseado em fluido que possa ser usado sem abrir o aparelho elétrico e coletar amostras e que possa ser aplicado para um único aparelho elétrico.

Sumário da Invenção

A presente invenção é direcionada no sentido de solucionar o problema de se prover um diagnóstico que possa ser feito em um único aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido sem ter que abrir o aparelho elétrico. Este problema é de modo geral solucionado através da determinação de uma pressão de fluido de aparelho teórica com base nas medidas recebidas de uma corrente que passa pelo aparelho, da comparação das medidas recebidas de uma pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica, e do diagnóstico do estado do aparelho com base na comparação.

Um objeto da presente invenção é, deste modo, prover um método para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido, que pode ser executado em um único aparelho, sem precisar abrir o aparelho elétrico.

Este objeto é, de acordo com a presente invenção, solucionado através de um método para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido e compreendendo as etapas de:

- receber as medidas de uma corrente que passa pelo aparelho;
- determinar uma pressão de fluido de aparelho teórica com

base na medição da corrente,

- receber as medidas de uma pressão de fluido de aparelho real correspondente,
- comparar a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica, e
- diagnosticar o estado do aparelho com base na comparação.

Outro objeto da presente invenção é prover um dispositivo para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido, que possa realizar um diagnóstico para um único aparelho elétrico, sem precisar abrir o aparelho elétrico.

Este objeto está de acordo com outro aspecto da presente invenção solucionada através de um aparelho para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido compreendendo:

- pelo menos uma entrada para receber as medidas de uma corrente que passa pelo aparelho e as medidas de uma pressão de fluido de aparelho, e
- uma unidade de diagnóstico tendo:
 - um meio para determinar uma pressão de fluido de aparelho teórica correspondente com base na medição da corrente,
 - um meio para comparar a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido teórica de pressão, e
 - um meio para diagnosticar o estado do aparelho com base na comparação.

Um outro objeto da presente invenção é prover um produto de programa de computador para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido, que permita que o diagnóstico seja feito em um único aparelho elétrico, sem precisar abrir o aparelho elétrico.

Este objeto é, de acordo com um outro aspecto da presente invenção, solucionado através de um produto de programa de computador para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema

selado de isolamento baseado em fluido compreendendo:

- um código de programa de computador provido em uma portadora de dados para que um computador, quando o dito código de programa de computador é carregado no computador, possa fazer:
 - 5 - a determinação de uma pressão de fluido de aparelho teórica correspondente com base nas medidas recebidas de uma corrente que passa pelo aparelho,
 - o recebimento das medidas de uma pressão de fluido de aparelho,
 - 10 - a comparação da pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica, e
 - o diagnóstico do estado do aparelho com base na comparação.

A presente invenção tem uma série de vantagens. A mesma permite diagnosticar o estado de um único aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido sem que o aparelho elétrico tenha de ser aberto a fim de investigar o conteúdo do mesmo. Tal abertura poderá influenciar negativamente a comparação, uma vez que as propriedades dos meios isolantes usados nos aparelhos elétricos podem ser alteradas, o que pode ter um efeito negativo sobre a segurança do aparelho elétrico. Da mesma forma, poluição e/ou contaminantes podem entrar no aparelho elétrico.

Uma abertura pode também fazer com que um refechamento não seja realizado corretamente. O aparelho elétrico pode se tornar permeável. Todos esses problemas são evitados com o diagnóstico da presente invenção. O diagnóstico pode ainda ser realizado de uma maneira muito simples, com um número limitado de outros elementos além daqueles que normalmente são utilizados no diagnóstico de aparelhos elétricos e peças de equipamentos elétricos de alta tensão, tais como buchas e transformadores.

Outros objetivos e vantagens, bem como a estrutura e a função de uma modalidade exemplar se tornarão aparentes a partir de uma análise da descrição e desenhos.

Breve Descrição dos Desenhos

As características e vantagens acima e outras características e vantagens da presente invenção tornar-se-ão evidentes a partir da descrição mais específica, a seguir, de uma modalidade exemplar da presente invenção, conforme ilustrada nos desenhos em anexo, nos quais numerais de referência similares, de modo geral, indicam uma funcionalidade idêntica, similar, e/ou elementos estruturalmente similares. Nos desenhos:

5 a figura 1 mostra uma vista esquemática de um dispositivo de acordo com a presente invenção que é conectado a uma bucha, bem como a sensores de temperatura, sendo que a bucha, por sua vez, é fixada a um transformador;

a figura 2 mostra uma vista em seção da bucha;

10 a figura 3 mostra um fluxograma de uma série de etapas de método que são realizadas em um método para diagnosticar o estado de uma bucha; e

15 a figura 4 mostra um diagrama com as curvas referentes à pressão com relação à temperatura e incluindo uma primeira curva que representa uma pressão de fluido teórica e um conjunto de curvas de referência que representam problemas potenciais para a bucha.

20 Descrição Detalhada das Modalidades da Invenção

A seguir, serão apresentadas em detalhe modalidades da presente invenção. Na descrição das modalidades, é empregada uma terminologia específica para fins de clareza. No entanto, a presente invenção não se destina a se limitar à terminologia específica assim selecionada. Embora modalidades exemplares específicas são apresentadas, deve-se entender que essa apresentação é feita tão somente com o propósito de ilustração. Uma pessoa versada na técnica relevante irá reconhecer que outros componentes e configurações poderão ser utilizadas sem se afastar do espírito e âmbito de aplicação da presente invenção.

30 Os aparelhos elétricos dotados de sistemas de isolamento baseados em fluido selado são conhecidos por serem utilizados com relação a instalações de alta tensão. A bucha é um aparelho que é usado para medir

as propriedades elétricas de peças de equipamentos elétricos de alta tensão, cujas peças de equipamentos podem ser condutores, linhas de força, e elementos de operação indutiva, tais como transformadores e reatores.

A fim de prover resultados corretos de medição, o que é vital para o controle e segurança das instalações de alta tensão, existe a necessidade de que os aparelhos elétricos funcionem corretamente. O funcionamento dos mesmos deve, portanto, ser diagnosticado. A presente invenção é direcionada no sentido de prover tal diagnóstico. Este tipo de diagnóstico é provido a fim de determinar se um aparelho elétrico está funcionando corretamente ou não, e determinar em que sentido o mesmo está defeituoso, quando não está funcionando corretamente.

A figura 1 mostra esquematicamente um dispositivo 10 para diagnosticar o funcionamento de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido. Este aparelho elétrico é, no presente caso, uma bucha 14. O dispositivo 10 inclui pelo menos uma entrada e, no presente caso, apenas uma entrada 24, que é conectada a dois sensores de temperatura adjacentes, um sensor de temperatura ambiente 22 e um sensor de temperatura de meio isolante de uma peça de um equipamento elétrico de alta tensão, ao qual a bucha é fixada. Na modalidade da presente invenção ilustrada na figura 1, a peça de equipamento é um transformador 12 provido em um tanque de transformador e o meio isolante é um óleo de transformador nesse tanque. Esse transformador 12 tem um primeiro e um segundo enrolamentos 16 e 18. O sensor de temperatura de meio isolante é, portanto, no presente caso, um sensor de temperatura de topo de óleo 20. A entrada 24 é também conectada a um sensor de corrente 23 de modo a detectar a corrente que passa pela bucha 14. A mesma tem também uma conexão com a bucha 14 para o recebimento das medidas de pressão de fluido de aparelho. Como alternativa ao uso de uma entrada para vários tipos de medidas, é possível, naturalmente, se usar diversas entradas para as várias medidas. A bucha 14 é fixada ao transformador 12 e, mais particularmente, ao segundo enrolamento 18 do transformador 12. Na figura não há nenhuma bucha conectada ao primeiro enrolamento 16. Deve-se compreen-

der que é possível, naturalmente, que a bucha seja conectada também a esse primeiro enrolamento 16, em vez de ou além de a bucha 14 ser conectada ao segundo enrolamento 18. A entrada 24 é finalmente conectada a uma unidade de diagnóstico 26 provida no interior do dispositivo 10, cuja
5 unidade 26 é configurada de modo a realizar o diagnóstico do aparelho elétrico, ou seja, diagnosticar a saúde e o funcionamento da bucha. Deve-se, neste caso, perceber que os sensores podem incluir ainda ou ser conectados a conversores A/D para a provisão de medidas digitalizadas ao dispositivo 10.

10 Uma vista em seção de uma bucha 14 que é provida no transformador, a uma distância do sensor de temperatura de topo de óleo 20, e que pode ser usada com a presente invenção, é mostrada esquematicamente na figura 2. Uma vez que a bucha 14 é fixada no transformador, uma parte da mesma é envolvida pelo óleo de transformador do transformador. A tem-
15 peratura desse óleo de transformador é determinada pelo sensor de temperatura de topo de óleo 20, que é colocado no tanque de transformador. A bucha 14, nesse caso, inclui uma câmara selada. A câmara tem uma extensão em uma direção, cuja direção é vertical quando a bucha é fixada ao transformador. Nessa câmara, corre um condutor elétrico central 28 ao longo
20 dessa direção vertical, cujo condutor 28 é provido para conexão ao transformador. O condutor 28, portanto, se estende para fora das duas extremidades verticais opostas da câmara de modo a ser conectado ao transformador em uma extremidade e pode, na outra extremidade, ser conectado a uma linha ou a um outro aparelho elétrico, sendo que a extremidade que deve ser
25 conectada ao transformador é a extremidade vertical inferior. Em uma região inferior da câmara, é também provido um isolamento 30 ou um núcleo de condensador em torno do condutor 28, cuja região inferior é a parte da câmara que faceia o transformador. O isolamento 30 é tipicamente feito de papel e tem um controle de tensão, normalmente provido por folhas que envolvem o condutor 28 nessa região inferior. O papel pode ser de celulose ou
30 sintético. Além disso, é provido um primeiro meio fluido isolante na câmara. No presente caso, o primeiro meio fluido isolante é, além disso, um meio

isolante líquido 32, cujo meio isolante líquido é, no presente caso, óleo de transformador, que pode ser um óleo vegetal. No presente caso, esse primeiro meio isolante 32 é enchido na câmara a um nível de modo que o isolamento 30 fique coberto, ou seja, o isolamento 30, nesse caso, fica embebido no primeiro meio isolante 32. Acima do primeiro meio isolante 32 há, no presente caso, um segundo meio fluido isolante 34, que, no presente caso, é um gás, tipicamente ar. O mesmo poderá ser, contudo, outro gás, tal como nitrogênio. O segundo meio isolante 34 pode, no presente caso, ser provido a uma sobrepressão. O segundo meio isolante 34, no presente caso, provê um volume compressível para compensar as variações de volume do primeiro meio isolante líquido 32. O volume ocupado pelo segundo meio isolante gasoso 34 é, portanto, normalmente, muito menor que o volume ocupado pelo primeiro isolante 32. O segundo meio isolante gasoso 34, por esse motivo, é também denotado como uma almofada de gás. O primeiro meio isolante líquido 32 é, além disso, desgaseificado. O primeiro meio isolante é, portanto, saturado e fica em um estado estacionário. No presente caso, é ainda provido um sensor de pressão 36 na parede da câmara e em contacto com o primeiro meio isolante. Com essa colocação, o sensor será provido em um baixo potencial elétrico. O sensor de corrente 23 pode incluir um transformador de corrente que é provido no tanque de transformador e em torno da bucha 14. Essa transferência de corrente é, em seguida, magneticamente conectada ao condutor 28. Esses dois últimos sensores são, ainda, conectados à entrada do dispositivo de diagnóstico na figura 1. Naturalmente, no presente caso, podem também ser providos conversores A/D para a conversão dos valores de medição analógicos para o formato digital.

O funcionamento do dispositivo será descrito a seguir, sendo feita também referência à figura 3, que mostra um fluxograma de uma série de etapas de método que são realizadas em um método para diagnosticar o estado de uma bucha de transformador, conforme mostrado nas figuras 1 e 2.

O método se inicia com a medição da corrente no condutor 28 da bucha 14. Essas medidas são fornecidas a partir da bucha 14 para a en-

trada 24 do dispositivo de diagnóstico 10, de onde as mesmas são encaminhadas para a unidade de diagnóstico 26. Desta forma, a unidade de diagnóstico 26 recebe as medidas da corrente que passa pela bucha, etapa 38. Do mesmo modo, o sensor de temperatura ambiente 22 detecta a temperatura ambiente, ou seja, a temperatura na área em volta do transformador 12 e da bucha 14, e encaminha as medidas de temperatura ambiente para a entrada 24 do dispositivo de diagnóstico 10, de onde as mesmas são encaminhadas para a unidade de diagnóstico 26. A temperatura ambiente pode ser, por exemplo, uma temperatura ambiente de cerca de 20°C. Além disso, o sensor de temperatura de topo de óleo de transformador 20 detecta a temperatura de topo de óleo, ou seja, a temperatura do meio isolante do transformador 12, e encaminha as medidas de temperatura de topo de óleo para a entrada 24 do dispositivo de diagnóstico 10, de onde as mesmas são encaminhadas para a unidade de diagnóstico 26. Desta forma, a unidade de diagnóstico 26 recebe também as medidas de temperatura ambiente e as medidas de óleo de topo de transformador, etapa 40. Com base nesses dados, a unidade de diagnóstico 26, em seguida, determina uma pressão teórica de bucha, que vem a ser uma pressão de fluido teórica.

A pressão teórica de bucha é determinada com base na corrente no condutor 28. O montante e a variação da corrente ao longo do tempo no condutor 28 dá surgimento ao calor, que é transferido para o isolamento 30 e para o primeiro meio isolante 32. A transferência de calor depende das propriedades conhecidas do isolamento 30 e do primeiro meio isolante 32. Com base nessa transferência de calor, na temperatura ambiente e na temperatura de topo de óleo do transformador 12, torna-se, então, possível determinar a temperatura do primeiro meio isolante 32, que vem a ser a temperatura considerada para a temperatura de bucha. A temperatura de bucha é, portanto, determinada com base na determinação do calor gerado na bucha pela corrente, etapa 41, e no calor transferido para o meio circundante. Essa mudança de temperatura é, além disso, um processo normalmente lento. Além disso, essa temperatura dá origem a uma expansão desse primeiro meio isolante 32, o que faz com que o volume da câmara seja ocupado pelo

aumento do primeiro meio isolante. Uma vez que a câmara é selada, essa expansão também faz com que o volume do segundo meio isolante diminua. Ainda, a temperatura do segundo meio isolante 34 ou da almofada de gás é, no presente caso, determinada. Essa temperatura depende da temperatura de bucha previamente determinada, da temperatura ambiente e da corrente que passa pelo condutor. Com base na temperatura de almofada de gás e no volume, será, então, possível determinar a pressão da almofada de gás. Essa pressão é, em seguida, combinada com a pressão do primeiro meio isolante de modo a obter uma pressão teórica de bucha. Desta forma, a unidade de diagnóstico 26 determina, assim, uma pressão de fluido teórica da bucha, etapa 42. Fica, portanto, claro que a pressão de fluido teórica tem uma dependência com relação à temperatura de bucha.

Conforme fica evidente a partir da descrição acima, a pressão de fluido teórica pode ser determinada com base em um modelo da mudança de pressão na almofada de gás e através daquela pressão de bucha com relação à temperatura de bucha. Na presente modalidade, essa alteração de pressão é determinada com base na variação de volume do primeiro meio isolante, cuja variação de volume influencia indiretamente a pressão de fluido teórica, uma vez que a mesma provoca uma alteração no volume do segundo meio isolante, o que, por sua vez, influencia a pressão de fluido teórica.

Partindo do pressuposto de que o segundo meio isolante gasoso na almofada de gás não entra no meio isolante fluido, as relações descritas acima podem ser expressas através das seguintes equações:

A relação entre pressão, volume e temperatura (expressa em graus Celsius) para a almofada de gás pode, no presente caso, ser expressa como:

$$(P_{ci} * V_{ci}) / (T_i + 273) = (P_c * V_c) / (T_c + 273) \quad (1)$$

em que P_{ci} é a pressão inicial da almofada de gás, V_{ci} é o seu volume inicial e T_i a sua temperatura inicial, ou seja, antes de o transforma-

dor ser colocado em operação, enquanto P_C , V_C e T_C são as entidades correspondentes ao transformador colocado em operação.

O volume de almofada de gás com o transformador colocado em operação pode ainda ser expresso como:

$$V_C = V_{ci} + V_{xi} - V_x \quad (2)$$

5 nesse caso, V_{xi} é o volume inicial do primeiro meio isolante e V_x o volume do primeiro meio isolante, depois que o transformador foi colocado em operação.

A massa m do primeiro meio isolante é:

$$m = V_x \cdot \rho_x = V_x \cdot (\rho_a + \rho_b \cdot T_x) \quad (3)$$

em que ρ_x é a densidade deste meio. Essa densidade tem um
10 componente constante ρ_a e um componente dependente de temperatura ρ_b , enquanto T_x é a temperatura média do primeiro isolante na bucha. Esta temperatura T_x é calculada a partir da transferência de calor para o meio circundante e do calor gerado na bucha devido às perdas térmicas e dielétricas.

15 A temperatura da almofada de gás pode também ser expressa como:

$$T_C = a \cdot (T_{air} + 273) + (a-1) \cdot (T_x + 273) \quad (4)$$

em que a é uma constante e T_{air} é a temperatura ambiente.

Com essas equações, é possível se obter uma equação que determina a pressão da almofada de gás como:

$$P_C = \frac{(P_{ci} \cdot V_{ci}) [a \cdot (T_{air} + 273) + (a-1) \cdot (T_x + 273)] (\rho_a + \rho_b \cdot T_x)}{(T_i + 273) [(V_{ci} + V_{xi}) \cdot (\rho_a + \rho_b \cdot T_x) - m]} \quad (5)$$

Esta pressão de fluido teórica pode ser ajustada de acordo com:

$$P_S = P_C + P_L \quad (6)$$

20 em que P_S é uma pressão de fluido teórica correspondente ao sensor de pressão 36 e P_L é a pressão da coluna do primeiro meio isolante

líquido acima do sensor de pressão.

Este foi um exemplo de como a pressão de fluido teórica pode ser determinada. Ao mesmo tempo em que essa determinação é feita, o sensor de pressão 36 detecta a pressão de fluido real na bucha 14. A pressão de fluido é, portanto, detectada simultaneamente com a medição da corrente acima referida. As medidas da pressão de fluido real são supridas a partir do sensor de pressão 36 para a entrada 24 do dispositivo de diagnóstico 10, a partir do qual as medidas são, em seguida, encaminhadas para a unidade de diagnóstico 26. Desta forma, a unidade de diagnóstico 26 recebe, assim, as medidas da pressão de fluido real correspondentes na bucha, etapa 44. A pressão de fluido real detectada corresponde, portanto, à pressão de fluido teórica determinada e vice-versa. As medidas de pressão, além disso, são correlacionadas às medidas de corrente. Em função disso, é possível se associar uma determinada pressão de fluido teórica à uma pressão de fluido medida e, opcionalmente, ainda, à uma determinada temperatura de bucha. A unidade de diagnóstico 26, em seguida, compara a pressão de fluido teórica e a pressão detectada correspondente uma à outra e se a diferença entre as mesmas estiver dentro de uma faixa predeterminada, etapa 46, cuja faixa pode variar dependendo da temperatura de bucha determinada, a unidade de diagnóstico irá diagnosticar ou determinar se a bucha está funcionando de forma satisfatória, ou seja, se o estado da bucha 14 está "ok", etapa 48.

Se, contudo, o estado estiver fora desta faixa, etapa 46, a unidade de diagnóstico 26 irá diagnosticar se a bucha alterou as suas propriedades originais ou está com defeito. Em algumas variações da presente invenção, isto pode ser tudo o que é feito no diagnóstico da bucha. O diagnóstico pode, portanto, envolver apenas a separação de uma bucha defeituosa de uma bucha que funciona, com base na comparação das pressões de fluido teórica e real naquele momento. Em uma modalidade preferida da presente invenção, a unidade de diagnóstico 26, no entanto, continua ao ter determinado que uma bucha alterou as suas propriedades originais ou está com defeito e irá diagnosticar ainda mais o estado da bucha com base na compa-

ração entre o modo como a pressão de fluido real varia com relação à temperatura de bucha e o modo como um conjunto de curvas de pressão de referência varia com relação à temperatura, etapa 50.

Como isso pode ser feito será descrito, a seguir, com referência sendo feita também à figura 4, que mostra um diagrama de pressão com relação à temperatura, incluindo uma primeira curva 54 que representa a pressão de fluido teórica e um conjunto de curvas de referência 56 - 64 que representam vários problemas potenciais para a bucha. No diagrama, o eixo X mostra a temperatura em °C e o eixo Y mostra a pressão em kPa. Essas curvas de exemplificação são ainda providas para o volume de um primeiro meio isolante de 100 dm³ e para o volume de um segundo meio isolante de 15 dm³, à temperatura ambiente. As curvas, com exceção de uma curva de problema potencial, no presente caso, representam ainda uma situação simplificada na qual o segundo meio isolante ainda não começou a entrar ou a ser solvido no ou misturado com o primeiro meio isolante. Há, no presente caso, uma curva 54 (mostrada como uma linha sólida) da pressão de fluido teórica ou como a pressão deve variar com relação à temperatura, quando a bucha está funcionando normalmente. Esta curva representa, portanto, uma bucha que funciona satisfatoriamente. Há também uma primeira curva de problema potencial 56 (mostrada como uma primeira linha tracejada) de como a pressão varia com relação à temperatura em uma bucha que inclui muito meio isolante, ou seja, muito óleo de transformador. Há, no presente caso, uma segunda curva de problema potencial 58 (mostrada como uma primeira linha com traço e pontilhada) para uma bucha que inclui muito pouco meio isolante, ou seja, muito pouco de óleo de transformador. No desenho, há uma terceira curva de problema potencial 60 (mostrada como uma linha pontilhada), que mostra como a pressão varia com a temperatura em uma bucha, na qual uma amostra de óleo foi tomada em alta temperatura. Há também uma quarta curva de problema potencial 62 (mostrada como uma segunda linha tracejada) que mostra como a pressão varia com relação à temperatura para uma bucha com vazamento, ou seja, uma bucha que não está totalmente fechada. Por último, existe uma quinta curva de problema

potencial 64 (mostrada como uma segunda linha traçada e pontilhada), que mostra como a pressão varia com relação à temperatura para uma bucha na qual um gás foi formado no óleo ou quando acontece um superaquecimento. Esta última curva de problema potencial, portanto, representa uma situação na qual o segundo meio isolante entrou, foi solvido no ou misturado com o primeiro meio isolante. Estas curvas de problemas potenciais provêm os indicadores relativos às falhas na bucha.

A pressão de fluido na bucha 14 pode variar com relação à temperatura de diferentes maneiras por causa de vários tipos de erros. Por exemplo, a pressão pode variar de uma maneira, quando há muito óleo na câmara da bucha 14 e variar de outra maneira, quando há muito pouco óleo na bucha 14. Isto é exemplificado pelas primeira e segunda curvas de problemas potenciais 56 e 58. Como se pode observar na figura 4, estas duas curvas de problemas potenciais 56 e 58, tal como a curva de pressão teórica 54, têm a mesma pressão em um ponto, cujo ponto é, no presente caso, uma pressão de 100 kPa à temperatura ambiente, mas de outra forma diferem uma da outra e têm também inclinações diferentes. As variações de pressão são maiores com muito óleo em comparação com muito pouco óleo. Por conseguinte, é possível determinar se existe muito pouco ou demasiado óleo através da detecção se a pressão de fluido medida e a pressão de fluido teórica são iguais à temperatura ambiente, mas diferem em outras temperaturas e através da investigação da taxa de alteração em dependência da temperatura, onde uma alta taxa de variação indica muito óleo e uma baixa taxa de variação indica muito pouco óleo. Como se pode observar, a partir do desenho, essas curvas de erro 56 e 58 são também não lineares. Quando a pressão de fluido medida coincide com a pressão de fluido teórica à temperatura ambiente, mas é diferente em outras temperaturas e tem uma dependência de temperatura não linear, será, então, possível investigar a taxa com que a pressão varia com relação à temperatura. Quando a taxa de variação da pressão medida é inferior à taxa de variação da segunda curva de problema potencial 58, há muito pouco óleo e, nesse caso, esse problema potencial é indicado, enquanto que se essa taxa for maior que a taxa de

variação da primeira curva de problema potencial 56, haverá muito óleo e, nesse caso, esse problema potencial é indicado.

No presente caso, evidentemente, será também possível comparar a pressão de fluido detectada com as pressões de problemas potenciais computadas correspondentes. No presente caso, a pressão de problema potencial correspondente para uma bucha com muito óleo pode ser também determinada através do uso da equação (5) com relação ao volume inicial V_{xi} definido como um limite de volume superior, e a pressão de problema potencial correspondente para uma bucha com muito pouco óleo pode ser determinada através da aplicação de equação (5) com um volume inicial V_{xi} definido como um limite inferior de volume. No presente caso, os ajustes correspondentes do volume inicial V_{ci} , evidentemente, são também feitos.

Como se pode ainda observar, outras duas curvas de problemas potenciais, a terceira curva 60 e a quinta curva 64, envolvem, essencialmente, um deslocamento da curva de pressão teórica 54 para cima ou para baixo ao longo do eixo Y. Isto significa que estes problemas potenciais podem ser determinados mediante a investigação do tamanho e do sinal da diferença entre a pressão medida e a pressão teórica em diversas temperaturas quando a pressão de fluido medida não coincide com a pressão de fluido teórica à temperatura ambiente. Quando a pressão de fluido medida é maior que a pressão de fluido teórica em mais de um terceiro do valor limite, é determinado, nesse caso, uma gaseificação ou um superaquecimento, enquanto que, no caso de a pressão de fluido medida ser inferior à pressão de fluido teórica em mais de um quarto do valor limite, é feita uma determinação de que uma amostra de óleo a uma alta temperatura foi retirada. Isto significa que se a amostra de óleo foi retirada através do meio 34, a sobrepressão foi liberada a uma temperatura elevada. Da mesma forma, a terceira curva 60 pode também representar uma amostra de óleo retirada a uma baixa pressão.

Finalmente, pode ser observado que no caso de haver um vazamento, ocorrerão pequenas ou insignificantes alterações lineares na pressão, vide a quarta curva de problema potencial 62. Ao observar que a pres-

são de fluido medida coincide com a pressão de fluido teórica à temperatura ambiente e que mesma se altera muito pouco e linearmente com a temperatura, a indicação de um vazamento na bucha poderá ser, portanto, gerada.

5 Desta forma, a unidade de diagnóstico 26 pode, portanto, diagnosticar o estado da bucha através da comparação da variação de pressão real com as curvas de referência de variação de pressão, etapa 50, e indicar um problema potencial associado à curva de variação de pressão de referência ao qual a variação de pressão real está mais próxima, etapa 52. Isto significa que se a variação de pressão medida está mais próxima de uma
10 curva de problema potencial real do que de uma curva de pressão teórica e das outras curvas de variação de pressão de referência, o problema potencial associado a esta curva é escolhido e indicado.

 Desta forma, é possível diagnosticar o estado de uma bucha. Esse diagnóstico pode também ser feito sem ter que abrir a bucha de modo
15 a investigar o conteúdo da câmara. Tal abertura pode, antes de tudo, influenciar negativamente a comparação, no sentido de que as propriedades dos meios isolantes usados na câmara podem ser alteradas, o que poderá ter um efeito negativo sobre a segurança da bucha. Além disso, poluição e/ou
20 contaminantes podem entrar na câmara, o que poderá, desta forma, influenciar negativamente o funcionamento da bucha. Uma abertura pode também resultar em um refechamento que não é feito corretamente. A bucha pode se tornar permeável. Todos esses problemas são evitados com o método de diagnóstico da presente invenção.

 O diagnóstico de acordo com os princípios da presente invenção
25 pode ainda ser realizado de uma maneira muito simples, com um número limitado de elementos adicionais. Os sensores de temperatura circundante (como os sensores de temperatura de topo de óleo e de temperatura ambiente) e os sensores de corrente são bem conhecidos e amplamente utilizados com relação às buchas para a realização do monitoramento de transformadores. Isto significa que os elementos adicionais necessários são
30 principalmente um sensor de pressão em uma bucha, bem como uma determinada potência de processamento adicional para a realização do diagnóstico.

Neste caso, uma função de monitoramento, tal como uma função de monitoramento de bucha, pode ser incluída como uma função adicional para uma função de monitoramento de transformadores que, em muitos casos, já se encontra presente em relação a um transformador.

5 A partir da descrição acima, observa-se que o dispositivo de diagnóstico de acordo com a presente invenção pode ser provido como um computador, no qual a unidade de entrada pode ser produzida como uma interface de rede, tal como uma interface de rede local LAN, e a unidade de diagnóstico pode ser provida sob a forma de um processador com uma memória de programa associada, incluindo um código de programa de computador que executa a função de diagnóstico da presente invenção, ao ser executado pelo processador. A unidade de diagnóstico pode, portanto, ser considerada de modo a compreender um meio para determinar uma pressão de fluido de aparelho teórica com base em uma medição de corrente, um meio para comparar a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica, e um meio para diagnosticar o estado de um aparelho com base na comparação. Opcionalmente, a unidade pode compreender ainda um meio para determinar uma temperatura de aparelho com base na medição da corrente, juntamente com ou sem as medidas de temperatura circundante, um meio para determinar a pressão de fluido de aparelho teórica com base em um modelo da variação na pressão de fluido em relação à temperatura do aparelho, e um meio para comparar a forma como a pressão de fluido de aparelho real varia com relação à temperatura, e o modo como um conjunto de curvas de variação de pressão de referência variam com relação à temperatura, sendo que todos esses meios podem, assim, ser realizados através do código de programa de computador.

O código de programa de computador pode também ser provido em uma portadora de dados, tal como cartão de memória ou um disco de CD ROM, cujo código executa o diagnóstico de acordo com a presente invenção, quando a portadora é carregada em um computador.

A presente invenção pode ser modificada de diversas maneiras, além das descritas acima. A bucha pode ser provida sem um núcleo de iso-

lamento ou condensador. Da mesma forma, pode haver apenas um meio isolante na bucha, que, nesse caso, poderá ser um gás, como, por exemplo, SF6 ou nitrogênio. Nesse caso, a temperatura elevada desse meio é que será a temperatura de bucha, como também a pressão de bucha utilizada será a pressão desse meio. O modelo da variação na pressão que é utilizada, por conseguinte, não é dependente de qualquer alteração no volume, mas apenas na mudança de temperatura de bucha.

O sensor de pressão pode ainda ter uma colocação alternativa no sentido de que o mesmo é colocado na parte superior da câmara, onde a almofada de gás é provida. Quando essa colocação é combinada com um primeiro meio isolante líquido e um segundo meio isolante gasoso, é possível que as pressões de bucha teóricas e reais (que ocorrem no momento) usadas se baseiem apenas nas pressões do segundo meio isolante.

O modelo descrito da pressão de fluido teórica pode, evidentemente, ser alterado ou adaptado de modo a considerar a gaseificação, ou seja, o fato de que alguns dentre os segundos meios isolantes gasosos não se misturam no primeiro meio isolante líquido.

É igualmente possível se detectar outros problemas potenciais distintos daqueles descritos, nos quais um outro problema potencial poderá ser uma conexão elétrica defeituosa.

O sensor de pressão da bucha, bem como a bucha, podem, em algumas modalidades da presente invenção ser elementos que fazem parte do dispositivo de diagnóstico. Além disso, um ou ambos os sensores de temperatura podem ser tais elementos. Pode ser também possível determinar a pressão de bucha teórica e a temperatura de bucha teórica sem medir a temperatura ambiente e a temperatura de topo de óleo de transformador.

O diagnóstico não se limita à operação indutiva de peças de equipamentos de alta tensão, tais como transformadores e reatores, mas sim poderá ser usado em qualquer peça do equipamento de alta tensão que é selado e tem um meio isolante térmico expansível.

A presente invenção pode ainda variar no sentido de que mais de uma bucha pode ser provida em uma peça de equipamento, como, por

exemplo, em três buchas, uma para cada fase de um sistema de transmissão de energia. Neste caso, é possível se comparar as pressões de fluido medidas reais dessas três buchas relacionadas entre si, a fim de determinar se qualquer pressão desvia uma bucha das outras e diagnosticar o estado da bucha desviada com base na comparação dessa pressão com uma pressão de fluido teórica da bucha desviada.

A bucha pode ainda não estar diretamente conectada a uma peça de equipamento elétrico. A mesma pode primeiramente passar por uma parede e em seguida ser conectada à peça de equipamento.

O aparelho elétrico, de fato, não se limita a buchas, mas poderá ser qualquer aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido e poderá, portanto, ser também, por exemplo, um transformador ou um reator.

As modalidades ilustradas e apresentadas no presente relatório descritivo, deste modo, destinam-se tão-somente a ensinar aos versados na técnica a melhor maneira conhecida pelo inventor de se construir e usar a presente invenção. Nada no presente relatório descritivo deve ser considerado como uma limitação ao âmbito de aplicação da presente invenção. Todos os exemplos apresentados são representativos e não limitantes. A modalidade acima descrita da presente invenção pode ser modificada ou alterada, sem se afastar da invenção, conforme apreciada por aqueles versados na técnica, à luz dos ensinamentos acima. Desta maneira, deve-se entender que, dentro do âmbito de aplicação das reivindicações e seus equivalentes, a presente invenção pode ser praticada de outra forma diferente da especificamente descrita.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido (14), o método compreendendo as etapas de:
- 5 - receber (38) as medidas de uma corrente que passa pelo aparelho;
- determinar (42) uma pressão de fluido de aparelho teórica com base na medição da corrente;
- receber (44) as medidas de uma pressão de fluido de aparelho real correspondente;
- 10 - comparar (46) a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica; e
- diagnosticar (48, 50) o estado do aparelho com base na comparação.
- 15 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda a etapa de:
- determinar (41) uma temperatura de aparelho com base na medição da corrente, sendo que a pressão de fluido teórica é determinada com base nessa temperatura de aparelho.
- 20 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, compreendendo ainda a etapa de:
- receber (40) medidas de temperatura circundante, sendo que a determinação da temperatura do aparelho é feita com base na medição da corrente e nas medidas da temperatura circundante.
- 25 4. Método, de acordo com a reivindicação 3, em que o aparelho elétrico é conectado a uma peça do equipamento elétrico de alta tensão (12) e as medidas da temperatura circundante incluem as medidas de temperatura ambiente e as medidas de temperatura de um meio isolante da peça de equipamento elétrico.
- 30 5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 4, em que a temperatura de aparelho determinada se baseia na determinação do calor gerado no aparelho pela corrente.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 5, em que a temperatura do aparelho é a temperatura de um meio isolante (32) no aparelho.

5 7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 6, em que a pressão de fluido teórica é determinada com base em um modelo da variação de pressão no aparelho com relação à temperatura do aparelho.

8. Método, de acordo com qualquer reivindicação precedente, em que a etapa de diagnosticar compreende a comparação (48) da maneira como a pressão de fluido real varia de acordo com a temperatura com a maneira como um conjunto de curvas de variação de pressão de referência (56, 58, 60, 62, 64) varia de acordo com a temperatura, sendo que cada curva de variação de pressão de referência é associada a um problema potencial correspondente.

15 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, em que o conjunto de variações de pressão de referência inclui, pelo menos, uma variação que provê um indicador dentre o grupo de:

- um meio isolante não suficiente;
- um meio muito isolante;
- 20 - um vazamento de aparelho;
- uma gaseificação ou superaquecimento;
- uma tomada de amostra de meio isolante; e
- uma conexão elétrica defeituosa.

10. Dispositivo (10) para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido (14), o dispositivo compreendendo:

- pelo menos uma entrada (24) para receber as medidas de uma corrente que passa pelo aparelho e as medidas de uma pressão de fluido de aparelho; e
- 30 - uma unidade de diagnóstico (26) compreendendo:
 - um meio para determinar uma pressão de fluido de aparelho teórica correspondente com base na medição da corrente;

- um meio para comparar a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica; e
 - um meio para diagnosticar o estado do aparelho com base na comparação.
- 5 11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 10, em que a unidade de diagnóstico (26) compreende ainda:
- um meio para determinar uma temperatura de aparelho com base na medição da corrente; e
 - um meio para determinar a pressão de fluido teórica com base nesta temperatura de aparelho.
- 10
12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, em que a dita pelo menos uma entrada (24) é adaptada de modo a ser conectada a pelo menos um sensor de temperatura circundante (20, 22) para o recebimento das medidas de temperatura circundante, e sendo que a dita unidade de diagnóstico (26) compreende ainda um meio para determinar a temperatura do aparelho com base na medição da corrente e nas medidas da temperatura circundante.
- 15
13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 12, em que o aparelho elétrico é adaptado de modo a ser conectado a uma peça (12) de um equipamento elétrico de alta tensão, o dito pelo menos um sensor de temperatura circundante incluindo um sensor de temperatura ambiente (22) e um sensor de temperatura de meio isolante (20) na dita peça de equipamento elétrico.
- 20
14. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, em que a temperatura de aparelho determinada se baseia na determinação do calor gerado no aparelho pela corrente.
- 25
15. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 14, em que a temperatura do aparelho é a temperatura de um meio isolante no aparelho.
- 30
16. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 15, em que a unidade de diagnóstico compreende ainda um meio para determinar a pressão de fluido teórica com base em um modelo de variação

de pressão com relação à temperatura do aparelho.

17. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 16, em que a unidade de diagnóstico com relação ao diagnóstico do estado do aparelho compreende ainda:

- 5 - um meio para comparar a maneira como a pressão de fluido real varia de acordo com a temperatura com a maneira como um conjunto de curvas de variação de pressão de referência (56, 58, 60, 62, 64) varia de acordo com a temperatura, sendo que cada variação de pressão de referência é associada a um problema potencial correspondente.

10 18. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 17, em que o conjunto de variações de pressão de referência inclui, pelo menos, uma variação que provê um indicador dentre o grupo de:

- um meio isolante não suficiente;
 - um meio muito isolante;
15 - um vazamento de aparelho;
 - uma gaseificação ou superaquecimento;
 - uma tomada de amostra de meio isolante; e
 - uma conexão elétrica defeituosa.

20 19. Produto de programa de computador para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido, o produto de programa de computador compreendendo:

- um código de programa de computador provido em uma portadora de dados de modo a fazer com que um computador execute as etapas de método como definidas em uma das reivindicações 1 a 9, sendo que
25 o dito código do programa de computador é carregado no computador.

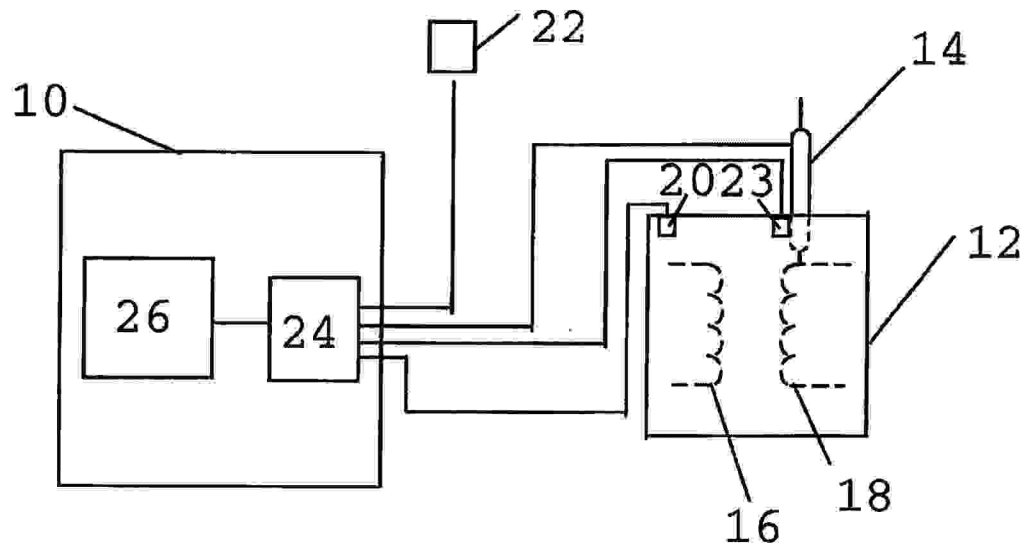


FIG. 1

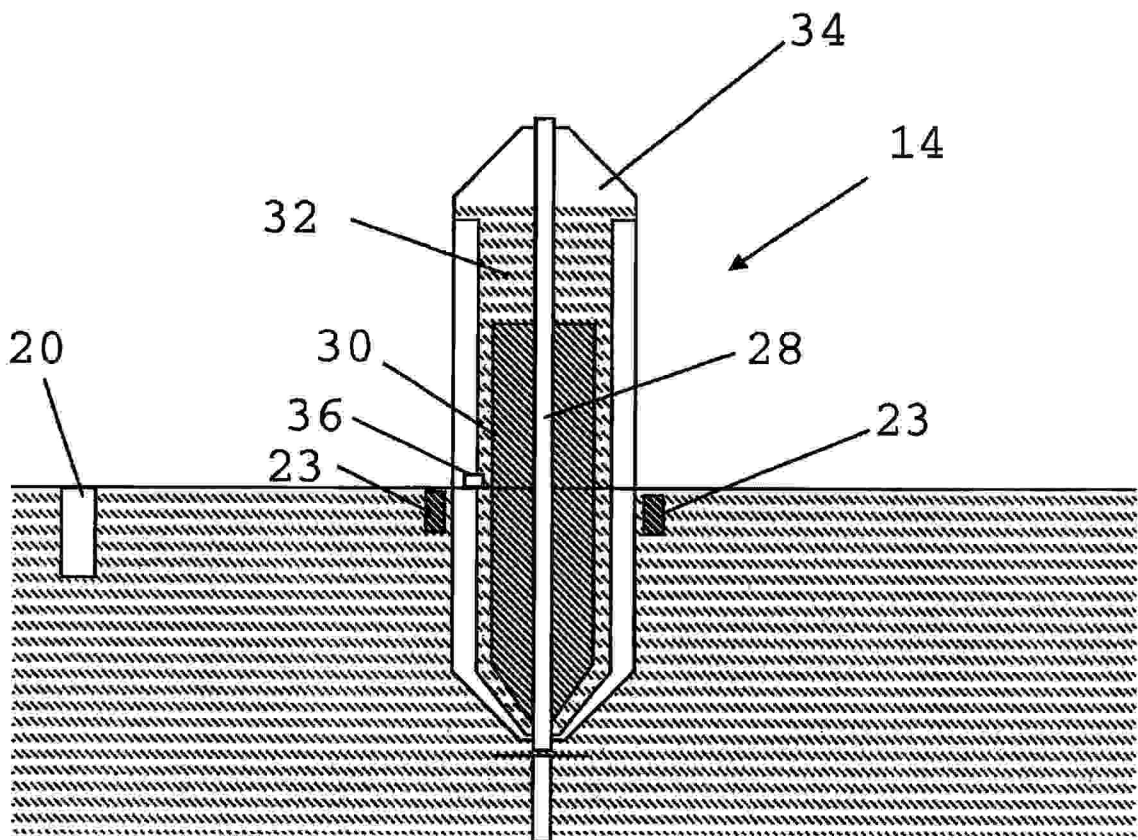


FIG. 2

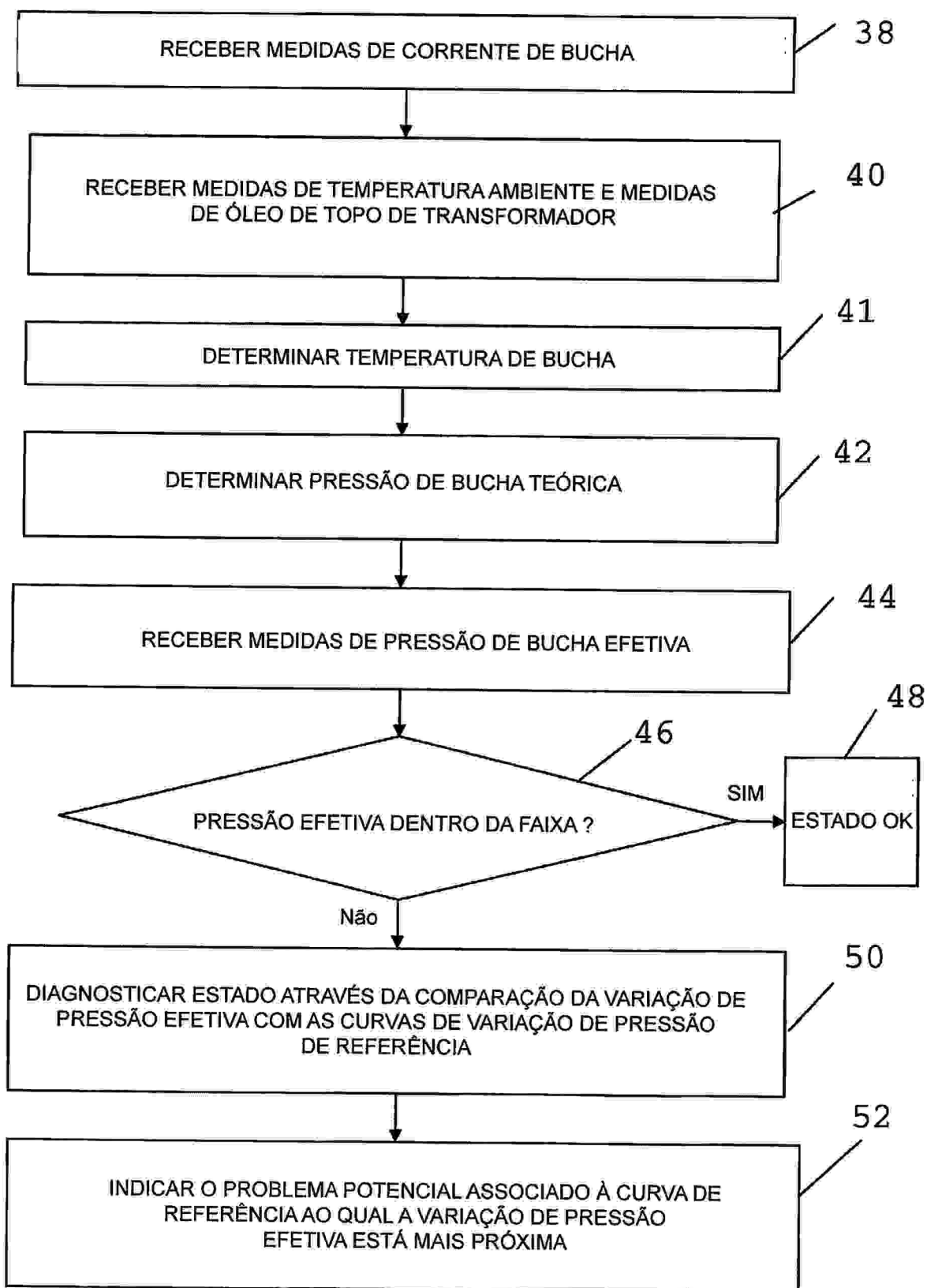


FIG. 3

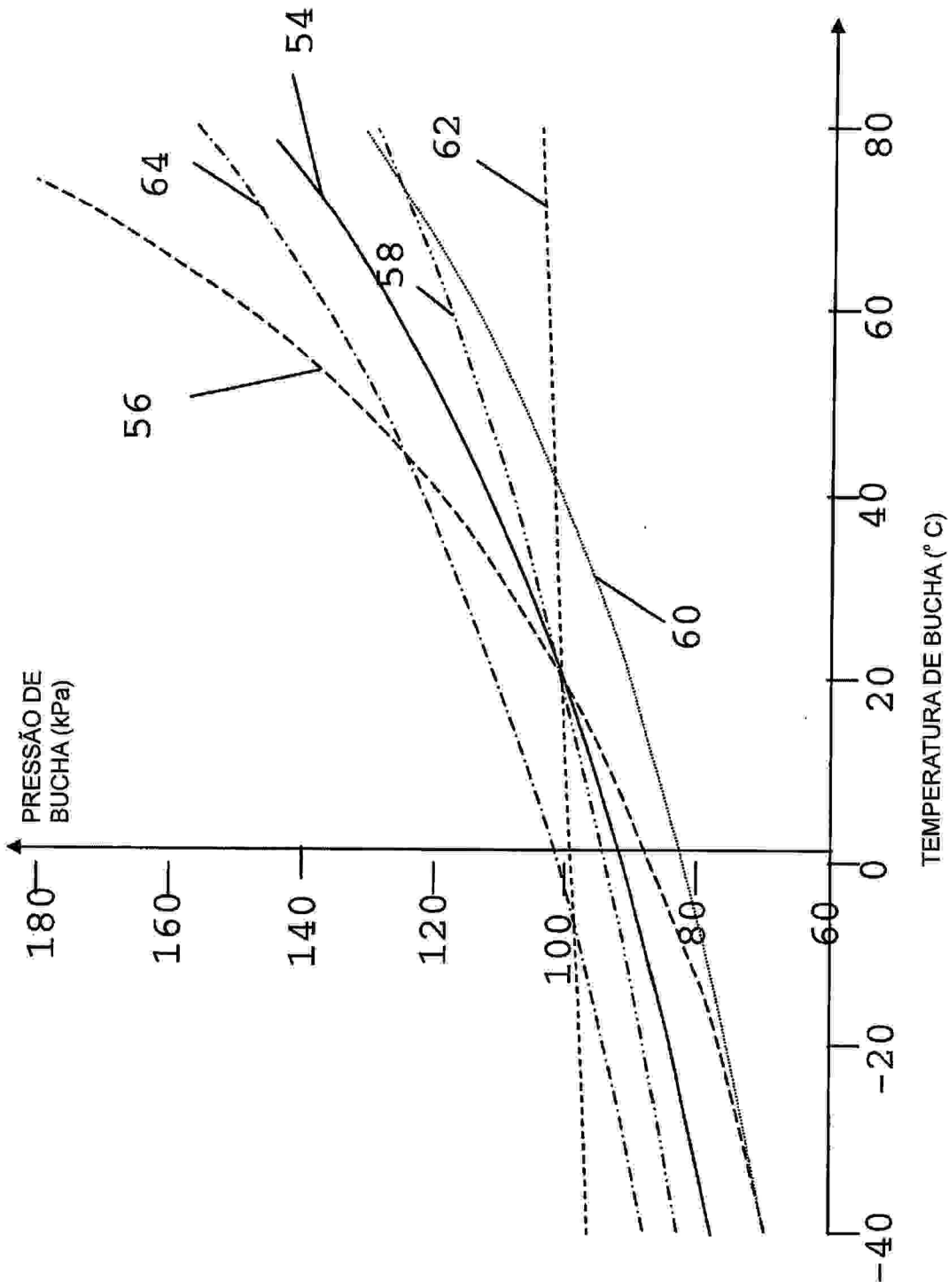


FIG. 4

RESUMO

Patente de Invenção: "**DIAGNÓSTICO DE BUCHA**".

A presente invenção refere-se a um método e a um dispositivo (10) para diagnosticar o estado de um aparelho elétrico (14) dotado de um sistema selado de isolamento baseado em fluido. O dispositivo (10) compreende pelo menos uma entrada (24) para o recebimento das medidas de uma corrente que passa pelo aparelho e as medidas de uma pressão de fluido de aparelho real, bem como uma unidade de diagnóstico (26). A unidade de diagnóstico (26) determina uma pressão de fluido de aparelho teórica correspondente com base na medição da corrente, compara a pressão de fluido de aparelho real com a pressão de fluido de aparelho teórica e diagnostica o estado do aparelho com base na comparação.