



INPI
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0613852-7

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0613852-7

(22) Data do Depósito: 22/06/2006

(43) Data da Publicação do Pedido: 11/01/2007

(51) Classificação Internacional: H01F 27/40.

(30) Prioridade Unionista: FR 0506661 de 29/06/2005.

(54) Título: DISPOSITIVO DE PREVENÇÃO CONTRA A EXPLOÇÃO DE UM TRANSFORMADOR ELÉTRICO

(73) Titular: PHILIPPE MAGNIER, Inventor(a). Endereço: 186, Avenue du Général de Gaulle - Achères - F-78260, FRANÇA(FR)

(72) Inventor: PHILIPPE MAGNIER.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 15/01/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 15/01/2019

Assinado digitalmente por:
Alexandre Gomes Ciano
Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

“DISPOSITIVO DE PREVENÇÃO CONTRA A EXPLOSÃO DE UM TRANSFORMADOR ELÉTRICO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se ao campo da prevenção contra a explosão dos transformadores elétricos resfriados por um volume de fluido combustível.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Os transformadores elétricos sofrem perdas tanto das bobinas como na parte ferro, que requerem a dissipação do calor produzido. Assim os transformadores de grande potência são geralmente resfriados por um fluido tal como óleo. Os óleos utilizados são dielétricos e podem incendiar além de uma temperatura da ordem de 140°C. Como os transformadores são produtos caros, sua proteção requer uma atenção particular.

[003] Um defeito de isolação provoca, em um primeiro momento, um arco elétrico importante que provoca uma ação dos sistemas de proteção elétrico que acionam a célula de alimentação do transformador (disjuntor). O arco elétrico provoca, ainda, uma difusão considerável de energia que provoca liberação de gás por decomposição do óleo dielétrico, em particular de hidrogênio e de acetileno.

[004] Após a liberação de gás, a pressão no interior da cuba do transformador aumenta muito rapidamente, o que dá origem a uma deflagração muitas vezes violenta. Da deflagração resulta uma ruptura importante das ligações mecânicas da cuba (parafusos, soldagens) do transformador que mede os referidos gases em contato com o oxigênio do ar ambiente. Como o acetileno é auto-inflamável em presença de oxigênio, um incêndio se inicia imediatamente e propaga o fogo aos outros equipamentos do local que podem também conter grandes quantidades de produtos combustíveis.

[005] As explosões são devidas às rupturas de isolação

devidas aos curtos-circuitos provocados por sobrecargas, sobre-tensões, deterioração progressiva da isolação, nível de óleo insuficiente, aparecimento de água de mofo ou pane de um componente isolado.

[006] São conhecidos, na arte anterior, sistemas de extinção de incêndio para transformadores elétricos que são acionados por detectores de incêndio ou de fogo. Mas esses sistemas começam a funcionar com uma inércia importante, quando o óleo do transformador já está em chamas. O que se procurava então era apenas limitar o incêndio ao equipamento em questão para não propagar o fogo às instalações vizinhas.

[007] Para reduzir a decomposição do fluido dielétrico devido a um arco elétrico, pode-se utilizar óleos siliconados no lugar dos óleos minerais convencionais. Todavia, a explosão da cuba do transformador devido ao aumento da pressão interna só fica retardada em um período muito pequeno, da ordem de alguns milissegundos. Esse tempo não permite utilizar meios próprios para evitar a explosão.

[008] Conhece-se através do documento WO-A-97/12379 um processo de prevenção contra explosão e incêndio em um transformador elétrico dotado de uma cuba contendo fluido de resfriamento combustível, por detecção de uma ruptura da isolação elétrica do transformador por um sensor de pressão, depressurização do fluido de resfriamento contido na cuba, por meio de uma válvula, e resfriamento das partes quentes do fluido de resfriamento por injeção de um gás inerte sob pressão na parte inferior da cuba a fim de agitar o fluido e impedir que o oxigênio penetre na cuba do transformador. Esse processo é satisfatório e permite evitar a explosão da cuba do transformador.

[009] O documento WO-A-00/54738 descreve um elemento de ruptura de abertura rápida para um dispositivo de prevenção contra a explosão de um transformador elétrico.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

[010] O objeto da presente invenção é fornecer um dispositivo melhorado que permita uma descompressão extremamente rápida da cuba para aumentar ainda mais a probabilidade de salvaguarda da integridade do transformador, dos comutadores de derivações sob carga e das caixas de buchas e realizar ao mesmo tempo peças de forma simples.

[011] O dispositivo de prevenção contra a explosão de um transformador elétrico dotado de uma cuba contendo fluido de resfriamento combustível, compreende um elemento de relaxamento de pressão situado em uma saída da cuba para realizar uma descompressão da cuba, um reservatório situado à jusante do elemento de relaxamento de pressão e pelo menos uma válvula de acionamento manual montada na saída do reservatório de modo que o reservatório seja hermético para recolher um fluido passado pelo elemento de relaxamento de pressão. Evita-se assim uma dispersão do fluido em um lugar em que isso não é desejável por motivos de segurança, de poluição ou outros. De fato, o fluido, que pode ser uma mistura de líquido e de gás, apresenta um risco de inflamação quando a entrada de oxigênio é suficiente para preencher as condições de inflamação e explosão. Além disso, alguns compostos desse fluido podem se mostrar prejudiciais para o homem e/ou o ambiente, principalmente numa atmosfera confinada.

[012] Vantajosamente, um elemento de relaxamento de pressão automático é montado na saída do reservatório. O elemento de relaxamento de pressão conter uma válvula que pode se abrir quando um teto de pressão é ultrapassado a fim de evitar uma explosão do reservatório. O relaxamento pela válvula fica então limitado à quantidade necessária de fluido para voltar a uma pressão inferior ao teto de acionamento da referida válvula. Um conduto adicional pode ser colocado à jusante do elemento de relaxamento de pressão. O conduto adicional permite dirigir o fluido para o local mais apropriado. O

conduto adicional pode ser dotado de um meio de resfriamento. A temperatura do fluido pode assim ser diminuída antes de seu escapamento, o que diminui o risco de inflamação. O reservatório pode ser dotado de um meio de resfriamento, por exemplo em forma de uma válvula redutora de gás.

[013] Vantajosamente, um elemento de parada de chama está montado sobre um conduto. O elemento de parada de chama pode se apresentar em forma de um obturador de fluido que impede uma entrada de oxidação no conduto. O elemento de parada de chama pode também compreender uma peça suscetível de obturar o referido conduto quando há presença de chama. O elemento de relaxamento de pressão pode ainda compreender uma válvula elétrica comandada por uma unidade de comando externo ou um detector de temperatura próximo da referida válvula elétrica, capaz de comandar o fechamento da referida válvula elétrica na presença de combustão.

[014] O reservatório pode ser dotado de um meio de resfriamento.

[015] Em um modo de realização, o dispositivo compreende uma bomba de vácuo ligada ao reservatório. Pode-se assim colocar o reservatório em forte depressão em relação à atmosfera ambiente e à pressão normal existente na cuba de transformador, o que facilita a descompressão da cuba e reduz a quantidade de oxigênio presente na cuba.

[016] Em um modo de realização, o dispositivo compreende uma bomba de gás e um reservatório complementar. A bomba de gás está situada entre o reservatório e o reservatório complementar e permite transferir, por exemplo, com uma expulsão de nitrogênio simultaneamente a um bombeamento, gases combustíveis e/ou tóxicos do reservatório para o reservatório complementar que pode a seguir ser isolado do reservatório e da bomba de gás. A bomba de gás pode compreender um compressor e o reservatório complementar pode compreender um recinto sob pressão. Os gases combustíveis tóxicos podem assim ser armazenados em um volume reduzido.

[017] Vantajosamente, o dispositivo compreende uma câmara de despressurização situado entre o elemento de relaxamento de pressão e o reservatório. A câmara de despressurização apresenta uma perda de carga extremamente baixa e pode estar situada imediatamente a jusante do elemento de relaxamento de pressão de modo a permitir uma descompressão rápida da cuba de transformação. O reservatório pode estar situado a uma distância da câmara de despressurização muito mais elevada que a distância entre a cuba do transformador e a câmara de despressurização. A câmara de despressurização pode se apresentar na forma de uma porção de tubo de diâmetro nitidamente maior que o diâmetro do conduto. A câmara de despressurização pode vantajosamente ser prevista para resistir a pressões e a esforços mecânicos elevados superiores àqueles para os quais o reservatório está dimensionado.

[018] Em um modo de realização, o elemento de relaxamento de pressão compreende um disco rígido perfurado e uma membrana de estanqueidade. O elemento de relaxamento de pressão pode também compreender um disco fendido. Os discos podem ser bombeados no sentido do escoamento do fluido. O disco fendido pode compreender uma pluralidade de pétalas separadas entre si por fendas sensivelmente radiais. As pétalas estão ligadas à parte anular do disco e podem se apoiar umas nas outras por meio de lingüetas de fixação para resistir a uma pressão externa à cuba do transformador superior à pressão interna. O disco rígido perfurado pode ser dotado de uma pluralidade de orifícios transversais situados perto do centro do referido disco e a partir do qual se estendem fendas radiais. A membrana de estanqueidade pode consistir em uma camada fina à base de politetrafluoroetileno.

[019] O disco fendido pode compreender uma pluralidade de porções capazes de se apoiar uma nas outras durante um impulso na direção axial.

[020] Em um modo de realização, o elemento de relaxamento de pressão compreende ainda um disco de proteção da membrana de estanqueidade, disco de proteção esse que compreende uma folha fina pré-recortada. O disco de proteção pode ser realizado a partir de uma folha de politetrafluoroetileno de espessura superior à membrana de estanqueidade. O pré-recorte pode ser em forma de círculo. O disco rígido perfurado pode compreender uma pluralidade de fendas radiais distintas umas das outras.

[021] Vantajosamente, o dispositivo compreende uma pluralidade de elementos de relaxamento de pressão previstos para serem ligados a uma pluralidade de transformadores. Um único reservatório pode assim servir para a prevenção contra a explosão de uma pluralidade de transformadores, pois cada transformador está associado a pelo menos um elemento de relaxamento de pressão.

[022] O dispositivo pode compreender um meio de detecção de ruptura integrado ao elemento de relaxamento de pressão, o que faz com que haja uma detecção da pressão da cuba em relação a um teto predeterminado de relaxamento de pressão. O meio de detecção de ruptura pode compreender um fio elétrico apto a se romper ao mesmo tempo em que o elemento de relaxamento de pressão. O fio elétrico pode ser colado ao elemento de relaxamento de pressão, de preferência do lado oposto ao fluido. O fio elétrico pode ser recoberto por um filme de proteção.

[023] O dispositivo pode compreender uma pluralidade de elementos de relaxamento de pressão previstos para serem ligados a uma pluralidade de capacidades de óleo de pelo menos um transformador.

[024] O processo de prevenção contra a explosão de um transformador elétrico dotada de uma cuba contendo fluido de resfriamento combustível compreende uma descompressão da cuba por um elemento de relaxamento de pressão, uma coleta de líquido passada pelo elemento de

relaxamento de pressão realizada por um reservatório hermético, e uma retirada de gás efetuada por pelo menos uma válvula de acionamento manual.

[025] O dispositivo de prevenção contra a explosão está adaptado para a cuba principal de um transformador, para a cuba de um ou mais comutadores de derivações sob carga, e para a cuba das caixas de buchas elétricas, e essa última cuba é denominada “caixa de óleo”. As caixas de buchas elétricas têm a função de isolar a cuba principal de um transformador de linhas de baixa tensão aos quais estão ligadas bobinas do transformador por meio de condutores de saída. Cada condutor de saída está rodeado por uma caixa de óleo que contém uma certa quantidade de fluido de isolamento. O fluido de isolamento das caixas de buchas e/ou caixas de óleo, é um óleo diferente do óleo do transformador. Pode-se prever um meio de injeção de nitrogênio ligado à cuba do transformador e apto a ser acionado após a detecção de um defeito de modo manual ou automático. A injeção de nitrogênio pode favorecer a evacuação dos gases combustíveis da cuba do transformador para o reservatório e eventualmente para o reservatório complementar.

[026] O dispositivo de prevenção contra a explosão pode ser dotado de um meio de detecção do acionamento da célula de alimentação do transformador e de uma caixa de comando que recebe os sinais emitidos pelos meios sensores do transformador e que é capaz de emitir sinais de comando.

[027] Graças à presente invenção, consegue-se reduzir de modo muito significativo a probabilidade de escapamento de fluido combustível e/ou tóxico para fora do dispositivo, o que permite reduzir os riscos de inflamação dos referidos gases ou ainda de intoxicação de um operador que esteja nas vizinhanças.

[028] O dispositivo de prevenção contra a explosão é particularmente apropriado para transformadores elétricos que ficam em lugares confinados, por exemplo, túneis, minas ou ainda no subsolo de uma área

urbanizada.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[029] A presente invenção será mais bem compreendida com o estudo da descrição detalhada de alguns modos de realização dados a título de exemplos, sem qualquer carácter limitativo e ilustrados pelos desenhos anexos, nos quais:

- a figura 1 é uma vista esquemática de um dispositivo de prevenção contra incêndio;
- a figura 2 é uma vista detalhada da figura 1;
- a figura 3 é uma vista esquemática de um dispositivo de prevenção contra incêndio associado a vários transformadores;
- a figura 4 mostra uma variante da figura 1;
- a figura 5 mostra uma variante da figura 1;
- a figura 6 é uma vista em corte transversal de um elemento de ruptura;
- a figura 7 é uma vista parcial aumentada da figura 6;
- a figura 8 é uma vista superior que corresponde à figura 6;
- a figura 9 é uma vista inferior que corresponde à figura 6;
- a figura 10 é uma vista esquemática de um dispositivo de prevenção contra incêndio com câmara de despressurização vertical;
- a figura 11 é uma vista geral que corresponde à figura 10; e
- as figuras 12 e 13 mostram variantes da figura 1.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[030] Como ilustram as figuras, o transformador 1 compreende uma cuba 2 que repousa sobre o piso 3 por meio de pés 4 e é alimentado de energia elétrica por linhas elétricas 5 envolvidas por isoladores 6. A cuba 6 compreende um corpo 2a e uma tampa 2b.

[031] A cuba 2 contém um líquido de resfriamento 7, por exemplo,

óleo dielétrico. Para assegurar um nível constante de fluido de resfriamento 7 na cuba 2, o transformador 1 é dotado de um reservatório complementar 8 em comunicação com a cuba 2 por um conduto 9.

[032] O conduto 9 é dotado de um obturador automático 10 que obtura o conduto 9 quando detecta um movimento rápido do fluido 7. Assim, durante uma despressurização da cuba 2, a pressão do conduto 9 cai bruscamente o que provoca um início de escoamento de fluido 7 que é rapidamente interrompido pela obturação do obturador automático 10. Evita-se assim que o fluido 7 contido no reservatório complementar 8 se esvazie.

[033] A cuba 2 é também dotada de um ou mais cabos 11 de detecção de incêndio. No modo de realização representado, um cabo 11 de detecção de incêndio está montado acima da cuba 2 e é suportado por pinos 12 que repousam sobre a tampa 2b. Uma distância de alguns centímetros separa o cabo 11 da tampa 2b. O cabo 11 pode compreender dois fios separados por uma membrana sintética com baixo ponto de fusão, e os dois fios entram em contato após a fusão da membrana. O cabo 11 pode estar situado ao longo de um percurso em retângulo nas proximidades das bordas da cuba 2.

[034] A cuba 2 pode compreender um sensor da presença de vapor ou fluido de resfriamento também chamado bucholz montado em um ponto elevado da cuba 2, em geral sobre o conduto 9. Uma ruptura de isolamento elétrica provoca a liberação de vapor do fluido 7 na cuba 2. Um sensor de vapor pode servir para detectar uma ruptura de isolamento elétrica com um certo atraso.

[035] O transformador 1 é alimentado por meio de uma célula de alimentação, não representada, que compreende meios de corte de alimentação tais como disjuntores que é dotada de sensores de acionamento.

[036] O dispositivo de prevenção compreende uma válvula 13 montada sobre uma saída da cuba 2 situada em um ponto elevado do corpo 2a, um elemento de ruptura 15 cujo estouro permite detectar sem demora a variação

de pressão devida à ruptura da isolação elétrica do transformador, e duas luvas elásticas 14 de absorção de vibrações, uma das quais está situada entre a válvula 13 e o elemento de ruptura 15. O dispositivo de prevenção compreende ainda uma câmara de despressurização 15, montada a jusante do elemento de ruptura 15 e um conduto 17 de drenagem suportado por um reservatório 18 destinado a recolher os fluidos provenientes da cuba 2 depois do estouro do elemento de ruptura 15 e separar a fração líquida da fração gasosa. O conduto 17 está montado entre a câmara de despressurização 16 e o reservatório 18. A outra luva elástica 14 está montada entre a câmara de despressurização 16 e o conduto 17.

[037] O reservatório 18 pode ser dotado de aletas de resfriamento 18a. O reservatório 18 é equipado de um conjunto de mangueiras 19 de evacuação dos gases provenientes do óleo. O conjunto de mangueiras 19 pode estar ligado temporariamente a uma cisterna móvel para drenar o reservatório 18. A cuba 2 é assim despressurizada imediatamente e posteriormente drenada em parte no reservatório 18. O elemento de ruptura 15 poderá estar previsto para se abrir a uma pressão determinada inferior a 1 bar, por exemplo compreendida entre 0,6 e 1,6 bar, de preferência entre 0,8 bar e 1,4 bar.

[038] Uma válvula 20 está situada entre o conjunto de mangueiras 19 para impedir a entrada do oxigênio do ar que poderá alimentar a combustão dos gases e a combustão do óleo no reservatório 18 e na cuba 2, e para impedir a saída descontrolada de gás ou de líquido. A válvula 20 pode ser manual ou motorizada com comando manual. A válvula 20 está constantemente fechada para manter o reservatório hermético, salvo quando o reservatório 18 é esvaziado dos gases que se encontram nele, ou quando se deseja purgar os gases.

[039] A cuba 2 compreende um meio de respectivamente do fluido 7 por injeção de um gás inerte tal como nitrogênio na parte inferior da cuba 2. O

gás inerte é armazenado em um reservatório sob pressão dotado de uma válvula, de um regulador ou de um redutor de pressão e de uma mangueira 21 que leva o gás até a cuba 2. O reservatório sob pressão está alojado em um armário 22.

[040] O cabo 11, o elemento de ruptura 15, o sensor de vapor, os sensores de acionamento, a válvula 13 e a válvula 20 estão ligados a uma caixa de comando 23 destinada a controlar o funcionamento do dispositivo. A caixa de comando 23 está dotada de meios de processamento de informação que recebem os sinais dos diferentes sensores e capazes de emitir sinais de comando em particular da válvula 20.

[041] No modo de funcionamento normal, a válvula 13 fica aberta e o elemento de ruptura 15 intacto, ou seja, fechado. A válvula 20 fica também fechada. A válvula 13 pode ser fechada para operações de manutenção com o transformador 1 parado. A luva elástica 14 é capaz de absorver as vibrações do transformador 1 que ocorrem durante seu funcionamento e durante um curto-circuito para evitar a transmissão das vibrações a outros elementos, em particular ao elemento de ruptura 15. A câmara de despressurização 16 permite uma forte queda de pressão quando ocorre o estouro do elemento de ruptura 15 graças a perdas de calor extremamente reduzidas.

[042] Quando o elemento de ruptura 15 estoura devido a um defeito elétrico no transformador 1, a pressão da cuba 2 diminui. Um jato de gás e/ou líquido atravessa o elemento de ruptura 15, se espalha na câmara de despressurização 16, e escoar a seguir no conduto 17 em direção ao reservatório 18. O papel da câmara de despressurização 16 pode se mostrar particularmente importante nos primeiros milissegundos que sucedem o estouro do elemento de ruptura 15.

[043] Posteriormente, uma injeção de gás inerte, por exemplo nitrogênio, pode ser realizada na parte inferior da cuba 2 para expulsar os gases

combustíveis suscetíveis de permanecer na cuba 2 e resfriar as partes quentes do transformador para interromper a produção de gás. A injeção de gás inerte pode ser acionada de alguns minutos a algumas horas após o estouro do elemento de ruptura 15, de preferência um tempo de decantação suficiente para que os gases e os líquidos se separem está prevista. Além disso, é possível esperar o resfriamento do reservatório 18 e de seu conteúdo. Os referidos gases combustíveis são evacuados para o reservatório 18. Uma cisterna móvel pode ser colocada em conexão com o conjunto de mangueiras 19 para receber os fluidos presentes no reservatório 18 após a abertura da válvula 20. O reservatório 18 pode ser purgado com um gás inerte. O elemento de ruptura 15 pode ser então substituído. Por motivos de segurança, o reservatório do gás inerte está previsto para poder injetar gás inerte durante um tempo da ordem de 45 minutos, o que pode se mostrar útil para resfriar o óleo e as partes quentes por agitação do óleo e, portanto, interromper a produção dos gases por decomposição do óleo.

[044] O transformador 1 pode ser dotado de um ou mais comutadores de derivações sob carga 25 que servem de interfaces entre o referido transformador 1 e a rede elétrica ao qual ele está ligado para assegurar uma tensão constante apesar das variações da corrente fornecida à rede. O comutador de derivações sob carga 25 está ligado por um conduto de drenagem 26 ao conduto 17 destinado à drenagem. De fato o comutador de derivações sob carga 25 é também resfriado por um fluido de resfriamento inflamável. Em virtude de sua forte resistência mecânica, a explosão de um comutador de derivações sob carga é extremamente violenta e pode ser acompanhada de projeção de jatos de fluido de resfriamento inflamado. O conduto 26 é dotado de um elemento de relaxamento de pressão 27 capaz de rasgar em caso de curto-circuito e portanto de sobrepressão no interior do comutador de derivações sob carga 25. Evita-se assim a explosão da cuba do referido comutador de derivações sob

carga 25.

[045] Graças à presente invenção, dispõe-se assim de um dispositivo de prevenção contra a explosão de transformador que detecta as rupturas de isolação com extrema rapidez e age simultaneamente de modo a limitar as conseqüências que resultam dessa explosão. Isso permite salvar o transformador bem como o comutador de derivações sob carga e as caixas de buchas e minimizar os estragos ligados ao defeito de isolação.

[046] Como se pode ver na figura 2, a câmara de despressurização 16 repousa sobre quatro amortecedores 28 suportados por um console 29 fixado no corpo 2a da cuba 2. Cria-se assim uma isolação mecânica durante o funcionamento normal e a câmara de despressurização 16, de um lado, e entre a deformação do transformador 1 durante uma ruptura da isolação, de outro lado.

[047] No modo de realização ilustrado na figura 3, diversos transformadores 1 vizinhos estão ligados a um reservatório 18. Em outras palavras, diversos dispositivos de prevenção de vários transformadores diferentes podem compreender um reservatório 18 comum. Isso se mostra particularmente vantajoso nos locais confinados em que o espaço disponível é restrito.

[048] Em um modo de realização ilustrado na figura 4, o dispositivo de prevenção compreende, ainda, uma bomba de vácuo 30 ligada ao reservatório 18 por um conduto. O reservatório 18 pode ser dotado de um sistema de resfriamento 18b, por exemplo por descompressão de nitrogênio. Durante o funcionamento do dispositivo de prevenção, a bomba de vácuo 30 é acionada e realiza um vácuo parcial do reservatório 18, e depois é desligada. A massa de gás proveniente da cuba 2 depois do estouro do elemento de ruptura 15 que pode ser armazenada no reservatório 18 é aumentada à pressão máxima igual. A despressurização pode ficar facilitada com isso. O reservatório pode ser

volume reduzido o que representa um ganho de espaço.

[049] No modo de realização ilustrado na figura 5, o dispositivo de prevenção compreende, ainda, uma bomba de gás 31 ligada ao conduto 17 ou ao reservatório 18 e que desemboca em uma garrafa 32 resistente à pressão, Após o estouro do elemento de ruptura 15, e passado um tempo suficiente para o resfriamento dos gases, a bomba de gás 31 é posta em funcionamento e realiza um bombeamento dos gases presentes no reservatório 18. O reservatório 18 pode ser assim esvaziado do gás que contém, e o referido gás pode ser uma mistura de gás inerte e de gás combustível. Após a parada da bomba de gás 31, a garrafa 32 pode ser facilmente retirada e transportada à distância. Esse modo de realização é particularmente apropriado para transformadores instalados em minas ou túneis.

[050] Como se pode ver nas figuras 6 a 9, o elemento de ruptura 15 tem uma forma circular abaulada convexa e está previsto para ser montado em um orifício de saída, não representado, de uma cuba 2 mantida apertada entre duas alças 33, 34 em forma de disco. O elemento de relaxamento 15 compreende uma parte de retenção 35 em forma de um véu metálico de pequena espessura, por exemplo de aço inoxidável, de alumínio, ou de liga de alumínio. A espessura da parte de retenção 35 pode estar compreendida entre 0,05 e 0,25 mm.

[051] A parte de retenção 35 é dotada de estrias radiais 36 que a dividem em várias porções. As estrias radiais 36 possuem uma forma côncava na espessura da parte de retenção 35 de modo que uma ruptura ocorra por rasgamento da parte de retenção 35 em seu centro e sem fragmentação para evitar que fragmentos do elemento de relaxamento 15 sejam arrancados e deslocados pelo fluido que atravessa o elemento de relaxamento 15 e pode deteriorar um conduto situado a jusante.

[052] A parte de retenção 35 é doada de orifícios transversos 37

de pequeníssimo diâmetro distribuídos um por estria 36 na proximidades do centro. Em outras palavras, vários orifícios 37 estão dispostos em hexágono. Os orifícios 37 formam inícios de rasgamento de pequena resistência e garantem que o rasgamento comece no centro da parte de retenção 35. A formação de pelo menos um orifício 37 por estria 36 garante que as estrias 36 se separarão simultaneamente oferecendo a maior seção de passagem possível.

[053] Como variante, pode-se considerar um número de estrias 36 diferente de seis, e/ou vários orifícios 37 por estria 36. O revestimento de estanqueidade 50 é capaz de obturar os orifícios 37.

[054] A pressão de estouro do elemento de relaxamento 15 é determinada, em particular, pelo diâmetro e a posição dos orifícios 37, a profundidade das estrias 36, a espessura e a composição do material que forma a parte de retenção 35. De preferência, as estrias 36 são formadas em toda a espessura da parte de retenção 35. O resto da parte de retenção 35 pode apresentar uma espessura constante.

[055] Duas estrias 36 adjacentes formam um triângulo 39 que, quando ocorre a ruptura, vai se separar dos triângulos vizinhos por rasgamento da matéria entre os orifícios 37 e de deformar em direção à parte jusante por dobradura. Os triângulos 39 se dobram sem rasgamento para evitar o arrancamento dos referidos triângulos 39 suscetíveis de deteriorar um conduto a jusante ou de perturbar o escoamento no conduto a jusante aumentando assim a perda de carga e diminuindo a despressurização do lado a montante. O número de estrias 36 depende também do diâmetro do elemento de retenção 15.

[056] A alça 34 disposta a montante da alça 33 é perfurada por um orifício radial no qual está colocado um tubo de proteção 41. O detector de ruptura compreende um fio elétrico 42 fixado na parte de retenção 35 do lado a jusante e colocado em anel. O fio elétrico 42 se prolonga no tubo de proteção 41 até uma caixa de conexão 43. O fio elétrico 42 se estende sobre a quase

totalidade do diâmetro do elemento de ruptura 15, com uma porção de fio 42a colocada de um lado de uma estria 36 paralelamente à referida estria 36 e a outra porção de fio 42b colocado radialmente do outro lado da mesma estria 36 paralelamente à referida estria 36. A distância entre as duas porções de fio 42a, 42b é pequena. Essa distância pode ser inferior à distância máxima que separa dois orifícios 37 de modo que o fio 42 passe entre os orifícios 37.

[057] O fio elétrico 42 está coberto por um filme de proteção que serve ao mesmo tempo para evitar a corrosão e colá-lo sobre a face a jusante da parte de retenção 35. A composição desse filme será escolhida para evitar modificar a pressão de ruptura do elemento de ruptura 15. O filme poderá ser realizado em poliamida fragilizada. O estouro do elemento de ruptura acarreta necessariamente o corte do fio elétrico 42. Esse corte pode ser detectado de modo extremamente simples e confiável por interrupção da circulação de um corrente que passa pelo fio 42 ou ainda por diferença de tensão entre as duas extremidades do fio 42.

[058] O elemento de ruptura 15 compreende ainda uma parte de reforço 44 situada entre as alças 33 e 34 em forma de um véu metálico, por exemplo, de aço inoxidável, alumínio ou liga de alumínio. A espessura da parte de reforço 44 pode estar compreendida entre 0,2 e 1 mm.

[059] A parte de reforço 44 compreende uma pluralidade de pétalas, por exemplo cinco, separadas por estrias radiais 45 formadas em toda sua espessura. As pétalas estão ligadas a uma borda externa anular, e uma estria 46 em arco de círculo se forma em toda a espessura de cada pétala salvo nas proximidades das pétalas vizinhas, conferindo assim às pétalas uma capacidade de se deformar axialmente. Uma das pétalas está ligada a um polígono central 47, por exemplo por soldagem. O polígono 47 forma o centro das pétalas e se apóiam sobre ganchos 48 fixados sobre nas outras pétalas e deslocados axialmente em relação às pétalas de modo que o polígono 47 esteja

disposto axialmente entre as pétalas e os ganchos 48 correspondentes. O polígono 48 pode entrar em contato com o fundo dos ganchos 48 para se apoiar axialmente neles. A parte de reforço 44 oferece boa resistência axial em um sentido e uma pequeníssima resistência axial no outro sentido, o sentido do estouro do elemento de ruptura 15. A parte de reforço 44 é particularmente útil quando a pressão na cuba 2 do transformador 1 for inferior à da câmara de despressurização 16 o que pode ocorrer se um vácuo parcial se formar na cuba 2 para o enchimento do transformador 1.

[060] Entre a parte de retenção 35 e a parte de reforço 44 pode estar situada uma parte de estanqueidade 48 que compreende um filme fino 50 de material sintético estanque por exemplo à base de politetrafluoroetileno envolvido em cada face por um filme espesso 51 de material sintético pré-recortado que evita uma perfuração do filme fino 50 pela parte de retenção 35 e pela parte de reforço 44. Cada filme espesso 51 pode compreender um material sintético, por exemplo à base de politetrafluoroetileno com uma espessura da ordem de 0,1 a 0,3 mm. O pré-recorte do file espesso 51 pode ser realizado segundo um arco de círculo de aproximadamente 330°. O filme fino 50 pode apresentar uma espessura da ordem de 0,005 a 0,1 mm.

[061] O elemento de ruptura 15 oferece boa resistência à pressão em um sentido, resistência calibrada à pressão no outro sentido, excelente estanqueidade e baixa inércia ao estouro.

[062] Para melhorar a estanqueidade, o elemento de ruptura 15 pode compreender uma arruela 52 situada entre a alça 33 e a parte de retenção 35 e uma arruela 53 situada entre a alça 34 e a parte de reforço 44. As arruelas 52 e 53 podem ser realizadas à base de politetrafluoroetileno.

[063] Além disso, pode estar previsto um meio de resfriamento dos fluidos no dispositivo de prevenção. O meio de resfriamento pode compreender aletas no conduto 17 e/ou no reservatório 18, um grupo de climatização do

reservatório 18, e/ou uma reserva de gás liquidificado, por exemplo, nitrogênio, cuja descompressão pode resfriar o reservatório 18.

[064] No modo de realização das figuras 10 e 11, o dispositivo de prevenção está situado de modo sensivelmente vertical, por exemplo sobre a tampa 2b da cuba 2. A câmara de despressurização 16 compreende um cilindro de eixo vertical fechado em suas extremidades e ligado ao mesmo tempo ao elemento de ruptura 15, de diâmetro superior ao do elemento de ruptura 15, montada a jusante do elemento de ruptura 15. A câmara de despressurização 16 forma ainda o reservatório de coleta. O conduto 19 está ligado a uma região superior do cilindro da câmara de despressurização 16. Um conduto 54 está ligado a uma região inferior do cilindro da câmara de despressurização 16 para a retirada de líquido. Esse modo de realização é particularmente compacto, uma vez que o dispositivo de prevenção está situado em grande parte acima da cuba 2.

[065] Em uma variante vantajosa, o conduto 54 está ligado ao reservatório complementar 8 (ver linhas pontilhadas na figura 10). O volume disponível do reservatório complementar 8, ou seja, a parte não ocupada por um líquido, está disponível para receber o líquido proveniente da câmara de despressurização 16. Um elemento de ruptura adicional 61 pode estar situado no conduto 54 entre a câmara de despressurização 16 e o reservatório complementar 8. O elemento de ruptura adicional 61 pode ser tarado a uma pressão de ruptura mais elevada que o elemento de ruptura 15 a montante da câmara de despressurização 16.

[066] Em funcionamento, a perda de carga no conduto 54 deixa tempo para que o obturador automático 10 se feche quando ocorre a ruptura do elemento de ruptura 15. O reservatório complementar 8 recolhe líquido proveniente da câmara de despressurização 16, com o obturador automático fechado.

[067] Como ilustra a figura 11, a câmara de despressurização 16 desemboca no conduto 17 situado no prolongamento do conduto 26. O conduto 17 desemboca no reservatório complementar 8.

[068] No modo de realização da figura 12, o dispositivo de prevenção compreende uma válvula 13 montada em uma saída da cuba 2 situada em um ponto do corpo 2a que fica sensivelmente entre a metade e dois terços da altura do corpo 2a. O conduto 17 se curva para cima depois da câmara de despressurização 16 e compreende uma porção elevada 17a situada em um nível superior ao das bobinas do transformador 1. A título de exemplo, a parte inferior da porção elevada 17a pode estar situada a aproximadamente 20 mm acima da extremidade superior das bobinas. Assim, a descompressão e a drenagem parcial permitem conservar a imersão das bobinas e a isolamento que dela decorre.

[069] O conduto 9 é dotado de um detector de gás 55 situado entre o obturador automático 10 e a tampa 2b da cuba 2. Um conduto adicional 56 liga o conduto 9 e a porção elevada 17a do conduto 17. O conduto adicional 56 está ligado ao conduto 9 entre o detector de gás 55 e o obturador automático 10. No conduto adicional 56 estão situadas uma válvula manual 57 mantida em posição aberta salvo para as operações de manutenção e uma eletro-válvula 58 comandada por uma caixa de comando, em posição fechada em modo de funcionamento normal e em posição aberta após um relaxamento de pressão pelo elemento 15, para recuperar gases inflamáveis presentes no conduto 9.

[070] Além disso, as caixas de buchas 6 com isolamento a óleo são também dotadas de um elemento de relaxamento de pressão 59 que desemboca em um conduto 60 ligado ao conduto 17. O elemento de relaxamento de pressão 59 pode ter uma estrutura semelhante ao elemento de relaxamento de pressão 15 e de calibre apropriado. Assim, a cuba, as caixas de bucha e o comutador de derivações sob carga podem ser dotados de elementos de relaxamento de

pressão que permitem aumentar a probabilidade de salvaguarda de sua integridade.

[071] No modo de realização da figura 13, o dispositivo de prevenção compreende uma válvula 13 montada sobre uma saída da cuba 2 situado em um ponto baixo do corpo 2a. O conduto 17 se curva para cima depois da câmara de despressurização 16 e compreende uma porção elevada 17a como no modo de realização anterior.

[072] Esse sistema de proteção é econômico, autônomo em relação às instalações vizinhas, ocupa pouco espaço e não requer manutenção.

[073] A unidade de comando pode também estar ligada aos sensores acessórios tais como detector de incêndio, sensor de vapor (buchholz) e ao sensor de acionamento da célula de alimentação para acionar uma extinção do incêndio em caso de falha da prevenção de explosão.

[074] Graças à presente invenção, pode-se assim dispor de um dispositivo de prevenção contra a explosão em um transformador que requer poucas modificações dos elementos do transformador, que detecta as rupturas de isolamento com extrema rapidez e age simultaneamente de modo a limitar as consequências que delas resultam, inclusive em locais confinados. Isso permite evitar as explosões das capacidades de óleo e os incêndios resultantes reduzindo os estragos ligados aos curtos-circuitos no transformador bem como nos comutadores de derivações sob carga e nas caixas de buchas.

REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO DE PREVENÇÃO CONTRA A EXPLOÇÃO DE UM TRANSFORMADOR ELÉTRICO (1), dotado de uma cuba (2) contendo fluido de resfriamento combustível e compreendendo um elemento de relaxamento de pressão (15) situado em uma saída da cuba (2), um reservatório (18) situado à jusante do elemento de relaxamento de pressão (15) e pelo menos uma válvula (20) de acionamento manual montada na saída do reservatório (18) de modo que o reservatório (18) seja hermético para recolher um fluido passado pelo elemento de relaxamento de pressão (15), o dispositivo (1) sendo caracterizado pelo fato de que compreende uma câmara de despressurização (16) situada entre o elemento de relaxamento de pressão (15) e o reservatório (18), um conduto (17) montado entre a câmara de despressurização (16) e o reservatório (18), um reservatório complementar (8) conectado à cuba (2) por meio de um conduto (9) e um conduto adicional (56) conectando o dito conduto (9) e uma porção superior do conduto (17).

2. DISPOSITIVO (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um elemento de relaxamento de pressão (15) automático é montado na saída do reservatório (18).

3. DISPOSITIVO (1), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por compreender o conduto adicional (56) situado a jusante do elemento de relaxamento de pressão (15).

4. DISPOSITIVO (1), de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que um elemento de parada de chama é montado sobre o conduto adicional (56).

5. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato do reservatório (18) estar dotado de um meio de resfriamento.

6. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 5, caracterizado por compreender uma bomba de vácuo (30) ligada ao reservatório (18).

7. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por compreender uma bomba de gás (31) ligada ao reservatório (18) e o reservatório complementar (8) ligado à bomba de gás (31).

8. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato do elemento de relaxamento de pressão (15) compreender um disco rígido perfurado (35), uma membrana de estanqueidade (50) e um disco fendido (44).

9. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado por compreender uma pluralidade de elementos de relaxamento de pressão (15) previstos para serem ligados a uma pluralidade de transformadores (1), e um reservatório (18).

10. DISPOSITIVO (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado por compreender uma pluralidade de elementos de relaxamento de pressão (15) previstos para serem ligados a uma pluralidade de capacitores a óleo de pelo menos um transformador (1), e um reservatório (18).

Fig. 1

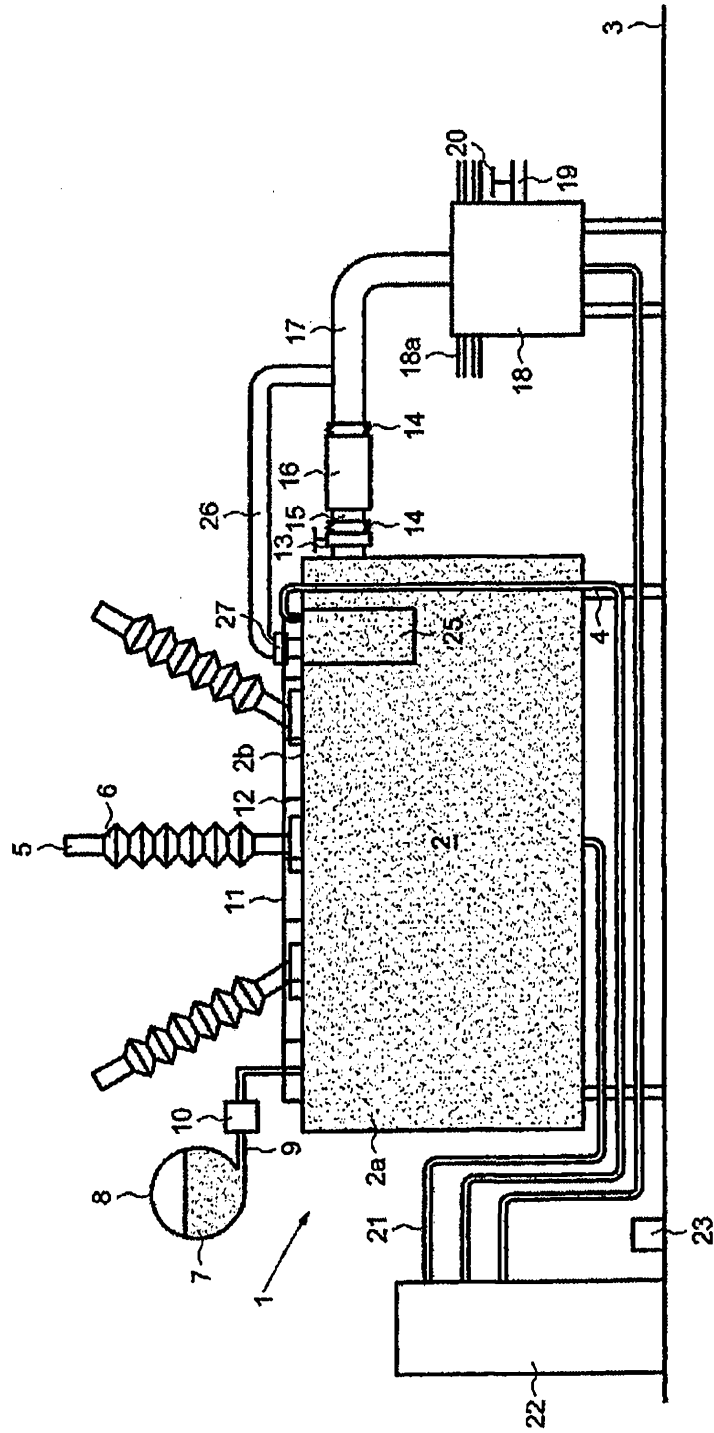


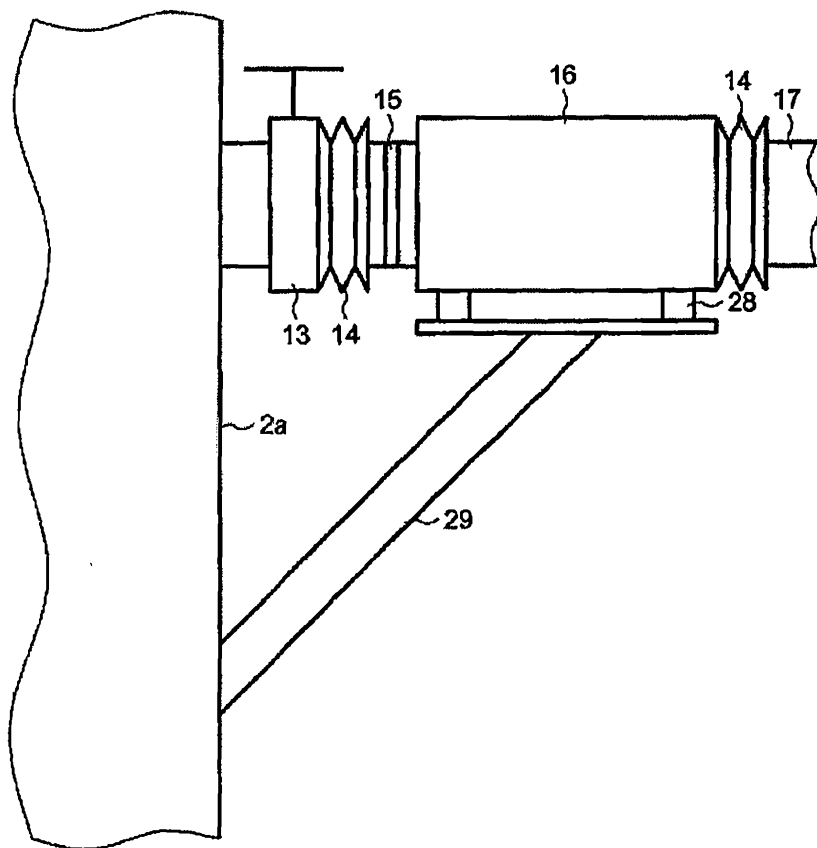
Fig. 2

Fig. 3

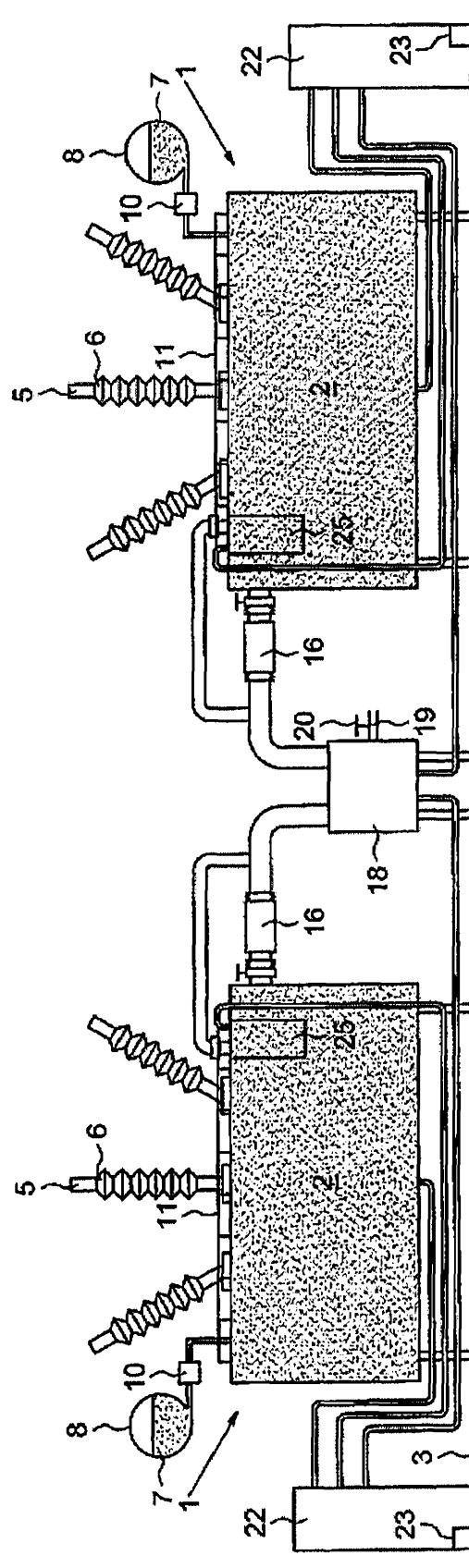


Fig. 4

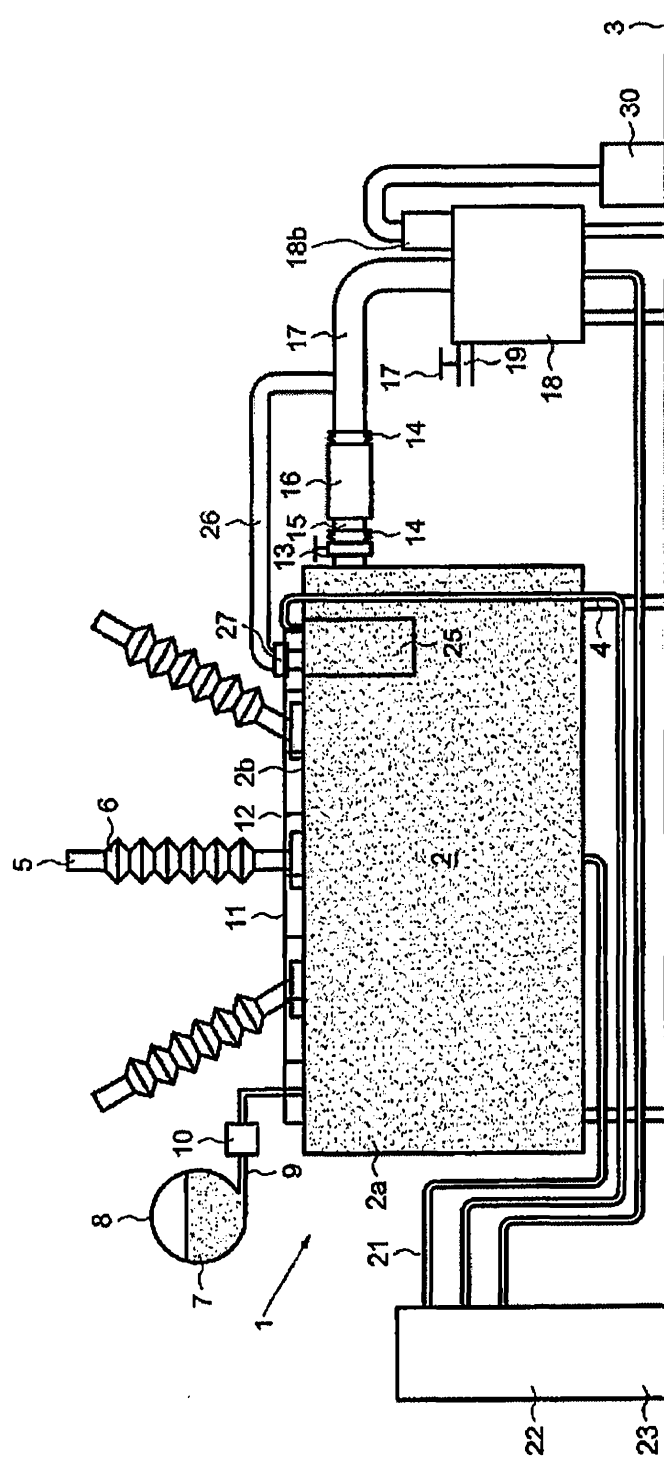


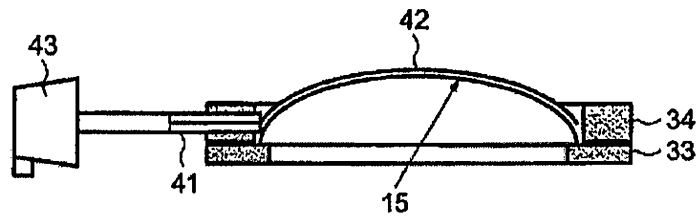
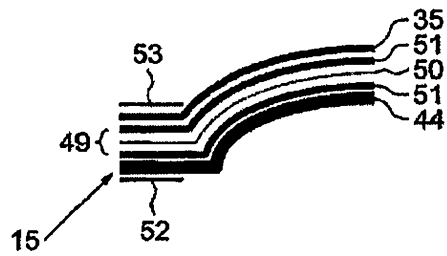
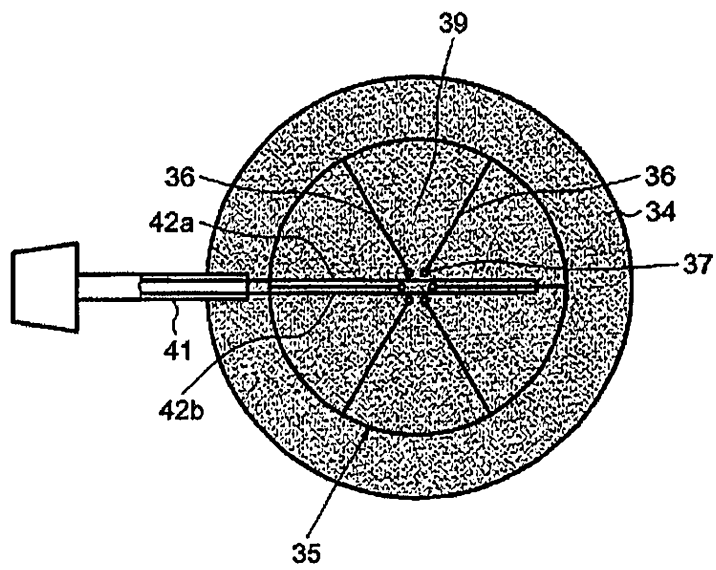
Fig. 6**Fig. 7****Fig. 8**

Fig. 9

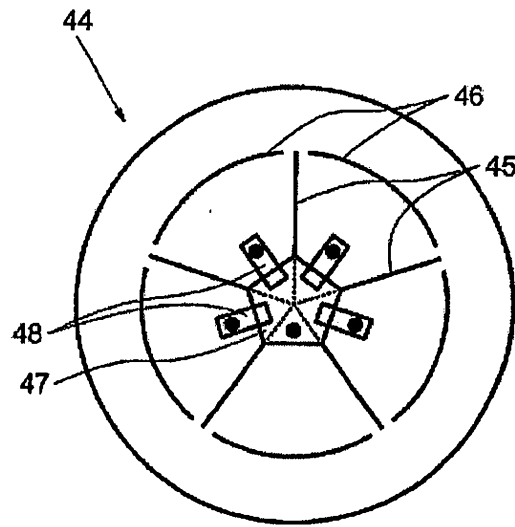


Fig. 10

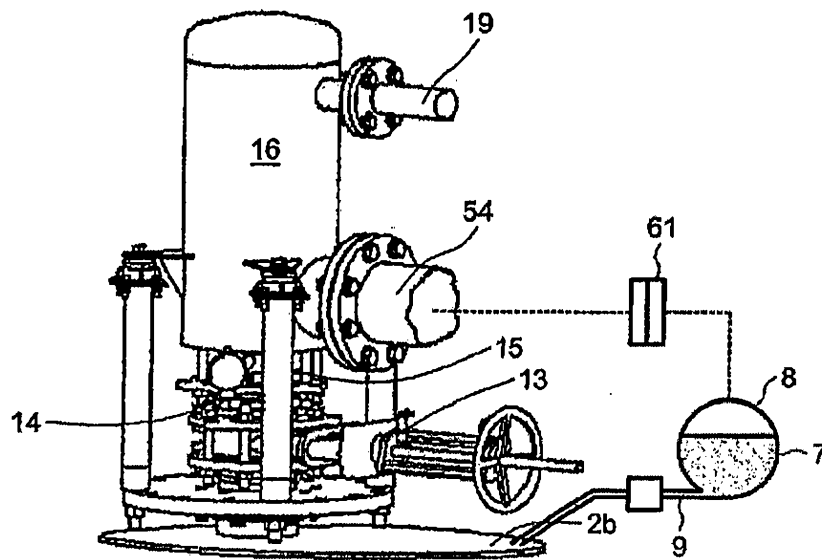


Fig. 11

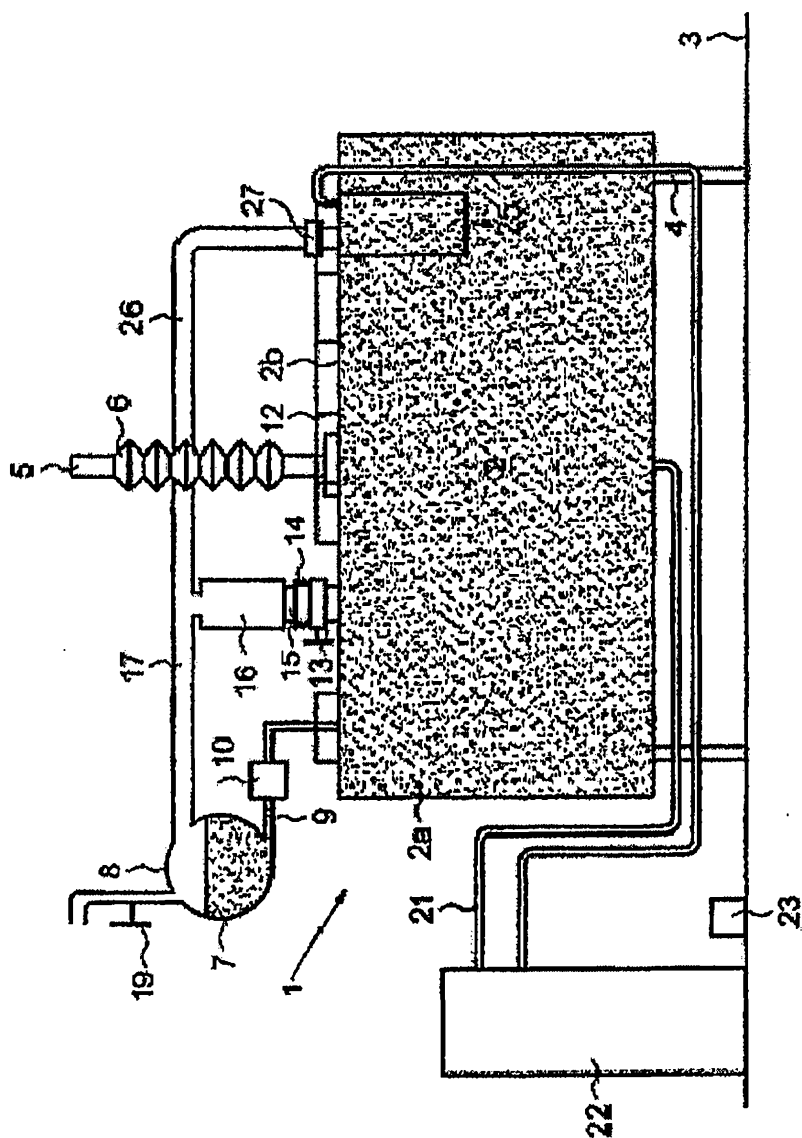
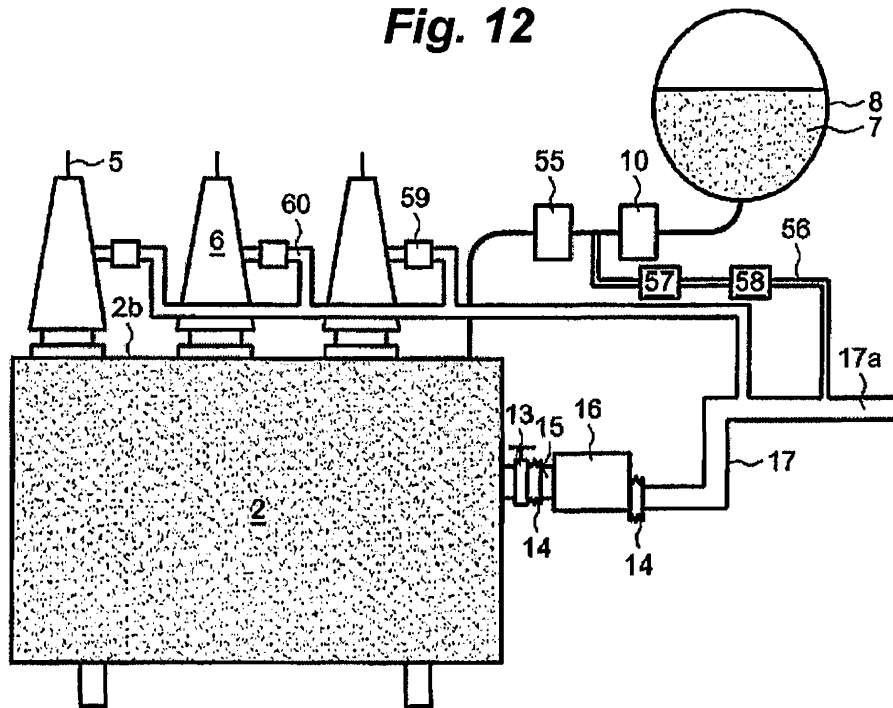


Fig. 12**Fig. 13**