



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

**(11) PI 0900975-2 B1**



**(22) Data do Depósito: 09/04/2009**

**(45) Data de Concessão: 29/01/2019**

---

**(54) Título:** CORPO MEDIDOR VOLUMÉTRICO DE FLUIDO E PISTÃO LIVRE

**(51) Int.Cl.:** E21B 33/068.

**(30) Prioridade Unionista:** 26/11/2008 US 12/324,079.

**(73) Titular(es):** NATIONAL COUPLING COMPANY, INC..

**(72) Inventor(es):** RICHARD R. WATSON.

**(57) Resumo:** CORPO MEDIDOR VOLUMÉTRICO DE FLUIDO E SISTEMA DE INJEÇÃO DE FLUIDOS. Um corpo medidor para um sistema de injeção química compreende um pistão livre com um par de válvulas de gatilho mecanicamente ativadas as quais podem individualmente abrir para permitir que o fluido passe de um lado do pistão livre para o outro. O pistão livre desliza em um cilindro com cabeças do cilindro em extremidades opostas. As portas de entrada/saída são fornecidas nas cabeças do cilindro. Em uma modalidade preferida, as válvulas de gatilho têm ativadores que se estendem além das faces opostas do pistão livre. Se uma face do pistão se movimenta em uma distância predeterminada de uma cabeça do cilindro, o ativador entra em contato com a cabeça do cilindro e ainda o movimento do pistão faz com que a válvula de gatilho correspondente se abra, permitindo que o fluido flua através do pistão. Deste modo, um sistema tolerante a falhas pode ser implementado. Se uma interrupção de energia ou outra falha do controlador ocorre, o sistema continuará a suprir o fluido na taxa de fluxo mais recentemente selecionada. Quando a energia é restabelecida (ou o falha é corrigida), o controlador faz com que uma válvula (...).

“CORPO MEDIDOR VOLUMÉTRICO DE FLUIDO E PISTÃO LIVRE”

Referência Cruzada aos Pedidos de Patente Relacionados: Nenhuma

Declaração a Respeito de Pesquisa ou Desenvolvimento Apoiada pelo Governo Federal: Nenhuma

5 Histórico da Invenção

1. Campo da Invenção.

Esta invenção se refere a um sistema de injeção química para poços de petróleo e gás. Mais particularmente, ela se refere a um dispositivo volumétrico de deslocamento positivo para uso em sistemas para a injeção de agentes de tratamento químico em fase líquida para dentro de poços submersos.

10 2. Descrição da Anterioridade Incluindo a Informação Divulgada sob 37 CFR 1.97 e 1.98.

Uma variedade de agentes químicos é injetada para dentro de poços de hidrocarbonetos para o controle de corrosão, hidratos, asfaltenos, parafinas, escamas e similares. Estes agentes químicos estão tipicamente na fase líquida e são bombeados para dentro do poço em uma taxa selecionada com o uso de um sistema de injeção química. Para poços submersos, o fornecimento químico e a bomba podem estar localizados em uma plataforma de produção e são mais comumente conectados à cabeça do poço através da uma linha umbilical. Se o medidor do agente químico é executado apenas na superfície, qualquer vazamento na linha umbilical ou em seus conectores levará a uma indicação errônea da quantidade de agente químico sendo injetada para dentro do poço. Além disso, cada poço submerso pode necessitar de seu próprio sistema de injeção na plataforma e linha umbilical conectora.

Certos sistemas medidores da anterioridade empregam um orifício variável — um orifício ajustável que permite o controle remoto de fluxo em cada poço. Outros sistemas medidores da anterioridade se baseiam em controle de fluxo de pressão compensada — um regulador ajustável de pressão e um orifício fixo podem manter um fluxo constante em cada poço.

O medidor de fluxo ao longo de uma grande variação é frequentemente necessário ao longo da vida do poço. O medidor de orifício é limitado em variação e sujeito a formação de filme, obstrução e propriedades de fluido diferentes.

A contaminação com particulados em longas linhas de injeção química é inevitável e pode obstruir os pequenos orifícios necessários para a medida e o controle. Filtros nas linhas são uma complicação adicional que afeta a confiabilidade do sistema, aumentando os custos em capital e requerendo serviço periódico (o que aumenta os custos operacionais).

A Patente US nº 6.973.936 para Richard R. Watson (cuja divulgação é aqui incorporada por referência em sua integridade) divulga um sistema de injeção de fluidos que contro-

la a distribuição de fluidos a partir de uma linha de suprimento para um poço selecionado a uma taxa ajustável. O pistão livre divide um cilindro para dentro da primeira e da segunda câmara. Uma válvula de multi-posição compreende uma primeira posição para a passagem de fluido a partir da linha de suprimento para dentro da primeira câmara para deslocamento  
5 de fluido a partir da segunda câmara de volta através da válvula a um ponto de injeção, e uma segunda posição para a passagem de fluido a partir da linha de suprimento à segunda câmara para deslocamento de fluido a partir da primeira câmara de volta através da válvula ao ponto de injeção. Um sistema de controle em comunicação com um sensor de posição determina o tempo de deslocamento do pistão livre a posições selecionadas, e seletivamente  
10 te ajusta uma abertura da válvula variável para ajustar a taxa de fluxo, a chave entre a primeira e a segunda posição, e periodicamente aumentar a abertura da válvula para limpeza.

O sistema divulgado em Patente U.S. nº 6.973.936 pode ser caracterizado como um sistema "fechado a falhas" — ou seja, se a energia ou os sinais de controle à válvula de multi-posição são interrompidos, o sistema continuará a injetar o fluido para dentro do poço  
15 apenas até que o pistão livre alcance o limite de seu curso atual, em cujo ponto o fluxo de fluido cessará.

A presente invenção fornece um estado "em estado de falha" para um sistema de injeção química do tipo divulgado na Patente U.S. nº 6.973.936 na ocorrência de uma perda de energia ou sinal de controle para a válvula de reversão. Em um sistema de injeção química de acordo com a invenção, a interrupção de energia ou sinal de controle para a válvula  
20 resulta em uma taxa de fluxo do fluido substancialmente igual ao valor selecionado mais recentemente. Deste modo, o tratamento químico do poço pode continuar no ínterim entre o início da falha e sua descoberta e reparo.

#### Breve Resumo da Invenção

Um corpo medidor volumétrico ao qual a presente invenção pode ser aplicada compreende um cilindro de deslocamento dividido para dentro de duas câmaras por um pistão livre. O fluido a ser medido entra uma primeira câmara que faz com que o pistão livre se movimente em uma direção o que aumenta o volume daquela câmara e diminui o volume da segunda câmara. O fluido na segunda câmara é deslocado pelo movimento do pistão livre e  
30 sai do corpo medidor. Como as câmaras têm dimensões conhecidas, um volume conhecido de fluido (que pode ser injetado para dentro de um poço) é dispensado com cada ciclo do pistão livre.

Em um corpo medidor de acordo com a presente invenção, o pistão livre é fornecido com duas válvulas mecanicamente ativadas quem pode ser válvulas de gatilho. Quando  
35 abertas, as válvulas de gatilho permitem que o fluido flua a partir de um lado do pistão livre ao outro — ou seja, o fluido pode fluir a partir de uma câmara do cilindro de deslocamento à outra câmara. Durante a operação normal do corpo medidor, as válvulas continuam fecha-

das. Entretanto, se uma falha ocorre no sistema o que evita que o fluxo de fluido no corpo medidor se reverta na extremidade do curso do pistão, pelo menos uma das válvulas se abrirá quando o pistão livre chegar a uma distância pré-selecionada a partir de uma parada mecânica. Em uma modalidade particular preferida, a face inferior de uma cabeça do cilindro  
5 compreende a parada mecânica. Na medida em que a válvula abre, o fluido pressurizado pode continuar a fluir através do corpo medidor na última taxa de fluxo selecionada. Deste modo, um sistema tolerante a falhas pode ser fornecido.

#### Breve Descrição das Diversas Vistas do(s) Desenho(s)

A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de injeção química da anterioridade o qual compreende um cilindro de deslocamento para medir o volume de fluido  
10 injetado.

A Figura 2 é um vista transversal de um cilindro de deslocamento de acordo com a anterioridade.

A Figura 2A é uma vista ampliada da porção indicada na Figura 2.

15 A Figura 3 é uma vista da extremidade de um cilindro de deslocamento de acordo com a invenção.

A Figura 4 é um vista transversal do cilindro de deslocamento mostrado na Figura 3 considerada ao longo da linha 4 - 4.

A Figura 4A é uma vista ampliada da porção indicada na Figura 4.

20 A Figura 5 é um vista transversal de um pistão livre de acordo com a invenção.

#### Descrição Detalhada da Invenção

A Figura 1 esquematicamente ilustra os detalhes de um corpo medidor 12 interligado com um sistema de controle 14 e uma válvula de multi-posição 16 em um sistema de injeção química 10. O corpo medidor 12 tem uma cavidade 20 para conter o fluido químico a  
25 ser distribuído a um poço. Um pistão livre axialmente móvel 22 na cavidade 20 divide o corpo medidor 12 para dentro da primeira e da segunda câmara de volume variável 24, 26. O pistão livre 22 é selado com corpo medidor 12 com um membro selador tal como o anel circular 25. O corpo medidor 12 e o pistão livre 22 convencionalmente compreendem um conjunto de cilindro e pistão, como mostrado. A primeira e a segunda porta de entrada-saída 28,  
30 30 são fornecidas para a passagem de fluido para dentro e fora da primeira e da segunda câmara 24, 26. A linha de suprimento 33 supre os fluidos químicos em alta pressão através da válvula de multi-posição 16 ao corpo medidor 12.

Em uma primeira posição da válvula mostrada na Figura 1, conceitualmente ilustrada pelo alinhamento de segmentos de linhas paralelas 18 com as linhas 31 e 33, o fluido  
35 passa de linha de suprimento 33, através da válvula de multi-posição 16, linha 29, e porta de entrada-saída 30, e para dentro da câmara 26. Na medida em que o fluido passa para dentro da câmara 26, a pressão do fluido impulsiona o pistão livre 26 na direção de extremidade

34 do corpo medidor 12, o que diminui o volume da primeira câmara 24 e desloca o fluido para fora através da porta de entrada-saída 28. O fluido que sai pela porta 28 passa através da linha 27, de volta através da válvula 16, e para fora através da linha 31 a um ponto de injeção no poço.

5 Em uma segunda posição (não mostrada), que pode ser visualizada conceitualmente deslizando as linhas de fluxo cruzado 15 na válvula 16 para a esquerda para alinhar com as linhas 31 e 33, o fluido passa a partir da linha de suprimento 33, através da válvula de multi-posição 16, linha 27, porta de entrada-saída 28, e para dentro de câmara 24. Na medida em que o fluido passa para dentro da câmara 24, a pressão do fluido impulsiona o pistão livre 26 na direção da extremidade 36 de corpo medidor 12, o que diminui o volume da câmara 26 e desloca o fluido para fora através da porta de entrada-saída 30. O fluido que sai pela porta 30 passa através da linha 29, de volta através da válvula 16, e para fora através de linha 31 ao mesmo ponto de injeção no poço. Assim, pela reversão da direção da válvula de multi-funções 16 cada vez que o pistão livre 22 alcança uma posição selecionada, o fluido pode ser continuamente passado a partir da linha 33 para a linha 31 ao ponto de injeção no poço.

Os sensores de posição 38 e 40 são incluídos para medir a posição do pistão livre 22. Os sensores de posição 38, 40 estão em comunicação com o sistema de controle 14 como representado pelas linhas tracejadas 39, 41 através de meios convencionais, tal como por fios, fibra ótica ou sinal sem fio. Quando o pistão livre 22 alcança as posições selecionadas, os sensores de posição 38, 40 sinalizam ao sistema de controle 14, em resposta a que o sistema de controle 14 pode seletivamente reverter a posição de válvula de multi-posição 16 reversa à direção do pistão livre 22.

Já que as posições selecionadas são conhecidas, o deslocamento relativo do pistão livre 22 é também conhecido, correspondente a um deslocamento de fluido volumétrico conhecido a partir de corpo medidor 12, computado como o produto de deslocamento do pistão livre 22 e a área transversal de cavidade 20. O sistema de controle 14 inclui um timer interno para regular o momento do deslocamento do pistão livre 22 entre as posições selecionadas, como sinalizado pelos sensores de posição 38, 40. Uma taxa de fluxo volumétrico é, portanto, também conhecida, a qual pode ser computada como o deslocamento volumétrico dividido pelo tempo de deslocamento. A válvula de multi-posição 16 inclui uma abertura da válvula variável discutida abaixo junto com as Figuras 2 - 4, para controlar o fluxo entre a linha de suprimento 33 e o corpo medidor 12. O sistema de controle 14 seletivamente ajusta a abertura da válvula variável em resposta ao tempo de deslocamento do pistão livre 22. Se o tempo de deslocamento é muito longo, indicando uma taxa de fluxo menor do que uma taxa de fluxo desejada, o sistema de controle 14 pode aumentar a abertura da válvula variável para aumentar a taxa de fluxo. De modo inverso, se o tempo de deslocamento é muito

curto, indicando uma taxa de fluxo maior do que a taxa de fluxo desejada, o sistema de controle 14 pode seletivamente diminuir a abertura da válvula para reduzir a taxa de fluxo. A taxa de fluxo de distribuição do fluido ao poço é assim controlada.

Como mostrado na Figura 1, as posições selecionadas do pistão livre 22 são preferivelmente as posições do pistão livre 22 tendo alcançado ambas as extremidades 34, 36 do corpo medidor 12. As posições selecionadas do pistão livre 22 poderiam alternativamente estar em qualquer lugar ao longo da variação de movimento do pistão livre 22, e não precisariam estar nas extremidades 34, 36 do corpo medidor 12. Nas modalidades típicas, como ilustrado, os sensores de posição 38, 40 estão substancialmente na mesma posição axial que as posições selecionadas. Os sensores de posição convencionais tal como pinos providos de mola ou sensores de proximidade magnéticos ou de infravermelho podem ser usados. Em outras modalidades, os sensores de posição concebivelmente podem não precisar estar axialmente alinhados com as posições selecionadas. Um sensor de posição pode ainda compreender um transdutor de pressão 49 ou um transdutor de fluxo 42 opcional. Estes tipos de sensores de posição podem perceber a posição implicitamente, tal como quando há um queda súbita de pressão na linha 31 na medida em que o pistão livre alcança as extremidades 34, 36 de corpo medidor 12. As válvulas de porta opcionais tal como devem compreender membros seladores 43, 44 no pistão livre 22 podem ser incluídas para selar as portas de entrada-saída 28, 30 quando o pistão livre alcança as extremidades 34, 36. Isto pode diminuir mais dramaticamente a pressão na linha 31, e assim fornecer uma indicação mais distinta que o pistão livre 22 tenha alcançado a extremidade de seu percurso. Tal indicação pode fornecer um suporte para confirmar ou substituir sensores de posição 38 e 40.

Os dispositivos de efeito Hall usados na medida de movimento e as chaves de limite de movimento podem oferecer maior confiabilidade em ambientes extremos. Como não há nenhuma parte em movimento envolvida no sensor ou o ímã, a expectativa de vida típica é aumentada em comparação a chaves eletromecânicas tradicionais. Adicionalmente, o sensor e o ímã podem ser encapsulados em um material protetor adequado. Os dispositivos de efeito Hall quando apropriadamente empacotados são imunes a ferrugem, poeira, lama e água. Estas características tornam os dispositivos de efeito Hall particularmente preferidos em um sistema de acordo com a presente invenção para a medida da posição do pistão em comparação aos meios alternativos tal como medição ótica e eletromecânica.

Se o cilindro de deslocamento falha no curso na vez esperada, uma condição que indica obstrução, o controlador pode movimentar a válvula de quatro vias para a posição de abertura completa para permitir que os resíduos passem.

A Figura 2 mostra um corpo medidor 112 da anterioridade. O corpo medidor 112 compreende um cilindro 114 com cavidade 120 e revestido em extremidades opostas por cabeças do cilindro 116 e 117 que podem estar engajadas por encaixe com o cilindro 114.

Os lacres 118 e 119 podem ser fornecidos para assegurar um lacre impermeável a fluidos entre o cilindro 114 e as cabeças do cilindro 116 e 117, respectivamente. Em uma modalidade particular preferida, os lacres 118 e 119 são lacres anelares circunferenciais.

5 O pistão 122 desliza na cavidade 120 entre a extremidade 134 da cabeça do cilindro 116 e a extremidade 136 da cabeça do cilindro 117. O pistão 122 divide a cavidade 120 para dentro das câmaras de deslocamento variável 124 e 126. Como pode ser mais claramente observado na vista ampliada da Figura 2A, o pistão 122 pode compreender um ou mais lacres em sua circunferência externa para selar à parede interna do cilindro 114. No corpo medidor particular ilustrado na Figura 2, os membros seladores compreendem o lacre  
10 anelar circular primário 125 na linha central do pistão 122 e os lacres anelares circunferenciais flanqueadores de suporte 152 e 153. Adicionalmente, os lacres radiais suplementares 154 e 155 e o lacre circunferencial suplementar 156 podem ser fornecidos. Em uma modalidade particular preferida, os lacres anelares circunferenciais 125, 152 e 153 são fabricados com o uso de um polímero elastomérico e os lacres suplementares 154, 153 e 156 são fabricados a partir de polieteretercetona (PEEK), um material termoplástico semicristalino.  
15

As faces opostas do pistão 122 podem ter ímãs anelares 150 e 151 fixados às mesmas para ativar os sensores de posição 138 e 140 nas cabeças do cilindro 116 e 117, respectivamente, como descrito abaixo.

Em operação, o fluido entra e sai da câmara 124 através da primeira porta de entrada/saída 128 e o fluido entra e sai da câmara 126 através da segunda porta de entrada/saída 130. As portas 128 e 130 podem estar em comunicação fluida com as portas de sangria opcionais 131 e 132, respectivamente. As portas de sangria 131 e 132 podem ser fornecidas a fim de dar operadores uma indicação visual de uma conexão com vazamento nas portas 128 e 130, respectivamente.  
20

25 Os sensores de posição 138 e 140 podem estar localizados nas cabeças do cilindro 116 e 117, respectivamente. No corpo medidor ilustrado na Figura 2, os sensores de posição 138 e 140 compreendem chaves de efeito Hall as quais são predispostas em espiral contra o fundo de um furo cego na cabeça do cilindro. Na medida em que o pistão 122 se aproxima da face 134 da cabeça do cilindro 116, o ímã 150 ativa a chave do sensor de posição de efeito Hall 138 o que sinaliza ao controlador (14 na Figura 1) que o pistão 122 está na extremidade de um curso. Do mesmo modo, na medida em que o pistão 122 se aproxima da face 136 da cabeça do cilindro 117, o ímã 151 ativa a chave de sensor de posição de efeito Hall 140 o que sinaliza ao controlador (14 na Figura 1) que o pistão 122 está na extremidade do curso oposto.  
30

35 Quando o pistão 122 está suficientemente próximo à face 134 de cabeça do cilindro 116 para ativar o sensor de posição 138, o controlador 14 (vide a Figura 1) pode sinalizar ao ativador 45 para posicionar a válvula 16 de forma que o fluido, sob pressão, seja admitido à

câmara 124 por meio da porta de E/S 128. A pressão do fluido na câmara 124 atua para impulsionar o pistão livre 122 na direção de face 136 da cabeça do cilindro 117 o que desloca o fluido na câmara 126 o referido fluido que sai do corpo medidor 112 através da porta de E/S 130. Esta ação continua até que o pistão livre 122 esteja suficientemente próximo à face 136 para ativar o sensor de posição 140 em cujo ponto o controlador 14 sinaliza ao ativador de válvula 45 para suprir o fluido sob pressão à porta de E/S 130 e descarregar o fluido através da porta de E/S 128. O processo então se repete com o fluido sendo dispensado a partir de porta 128. O volume de fluido deslocado por um curso completo do pistão livre 126 é uma quantidade conhecida — tanto por cálculo ou medida empírica. Assim, cada vez que o pistão 122 completa um curso (como determinado por desativação de um sensor de posição seguida por ativação do sensor de posição oposto), um volume conhecido de fluido é dispensado por corpo medidor 112.

Será apreciado por aqueles versados na técnica que o sistema descrito acima pode ser caracterizado como um "sistema fechada a falhas" — ou seja, na ocorrência de uma falha do controlador 14, do ativador de válvula 45 ou da válvula 16, o sistema dispensaria o fluido até que o pistão 122 alcançasse o fim de seu curso corrente (considerando que um suprimento contínuo de fluido à entrada) em cujo ponto o fluxo de fluido cessaria. Sem o movimento do pistão, o corpo medidor 112 atua como uma válvula fechada, o que interrompe o fluxo de fluido. Já que o controlador 14 e o ativador de válvula 45 necessitam de energia a fim de operar, uma interrupção de energia para o sistema fará com que o fluxo de fluido cesse, mesmo se uma fonte pressurizada de fluido permanecer disponível.

Com referência agora à Figura 4, um corpo medidor 212 de acordo com a presente invenção é mostrado transversalmente. O corpo medidor 212 compreende um cilindro 214 com a cavidade 220 e revestido em extremidades opostas por cabeças dos cilindros 216 e 217 o que pode ser em engajamento por encaixe com cilindro 214. Os lacres 218 e 219 podem ser fornecidos para assegurar um lacre hermético entre o cilindro 214 e as cabeças do cilindro 216 e 217, respectivamente. Em uma modalidade preferida particular, os lacres 218 e 219 são lacres anelares circunferenciais.

O pistão 222 desliza na cavidade 220 entre a extremidade 234 da cabeça do cilindro 216 e a extremidade 236 da cabeça do cilindro 217. As extremidades 234 e 236 podem ser côncavas. O pistão 222 divide a cavidade 220 para dentro das câmaras de deslocamento variável 224 e 226. Como pode ser mais claramente visto na Figura 4A, o pistão 222 pode compreender um ou mais lacres em sua circunferência externa para selar à parede interna do cilindro 214. Na modalidade particular preferida ilustrada na Figura 4, os membros seladores compreendem o lacre anelar circular primário 225 na linha central do pistão 222 e os lacres anelares circunferenciais flanqueadores de suporte 252 e 253. Adicionalmente, os lacres radiais suplementares 254 e 255 e o lacre circunferencial suplementar 256 podem ser

fornecidos. Em uma modalidade particular preferida, os lacres anelares circunferenciais 225, 252 e 253 são fabricados com o uso de um polímero elastomérico e os lacres suplementares 254, 253 e 256 são fabricados a partir de polieterecetona (PEEK), um material termoplástico semicristalino.

5 As faces opostas do pistão 222 podem ter ímãs anelares 250 e 251 fixados às mesmas para ativar os sensores de posição 238 e 240 nas cabeças do cilindro 216 e 217, respectivamente, como descrito abaixo.

Em operação, o fluido entra e sai da câmara 224 através da primeira porta de entrada/saída 228 e o fluido entra e sai da câmara 226 através da segunda porta de entrada/saída 230. As portas 228 e 230 podem ser em comunicação fluida com portas de sangria opcionais 231 e 232, respectivamente. As portas de sangria 231 e 232 podem ser fornecidas a fim de dar aos operadores uma indicação visual de uma conexão com vazamento nas portas 228 e 230, respectivamente.

Os sensores de posição 238 e 240 podem estar localizados nas cabeças do cilindro 15 216 e 217, respectivamente. Na modalidade ilustrada na Figura 4, os sensores de posição 238 e 240 compreendem chaves de efeito Hall o que são predispostas em espiral contra o fundo de um furo cego na cabeça do cilindro. Como pistão 222 se aproxima face 234 de cabeça do cilindro 216, o ímã 250 ativa a chave de sensor de posição de efeito Hall 238 o que sinaliza ao controlador (14 na Figura 1) que o pistão 222 está no final de um curso. Do mesmo modo, na medida em que o pistão 222 se aproxima da face 236 da cabeça do cilindro 20 217, o ímã 251 ativa a chave de sensor de posição de efeito Hall 240 o que sinaliza ao controlador (14 na Figura 1) que o pistão 222 está no final do curso oposto.

Quando o pistão 222 está suficientemente próximo à face 234 da cabeça do cilindro 216 para ativar o sensor de posição 238, o controlador 14 (vide a Figura 1) pode sinalizar ao 25 ativador 45 para posicionar a válvula 16 de modo que o fluido, sob pressão, seja admitido à câmara 224 por meio da porta de E/S 228. A pressão do fluido na câmara 224 atua para impulsionar o pistão livre 222 na direção da face 236 da cabeça do cilindro 217 o que desloca o fluido na câmara 226 o referido fluido que sai do corpo medidor 212 através da porta de E/S 230. Esta ação continua até que o pistão livre 222 esteja suficientemente próximo à face 30 236 para ativar o sensor de posição 240 em cujo ponto o controlador 14 sinaliza ao ativador de válvula 45 para suprir fluido sob pressão para a porta de E/S 230 e descarregar o fluido através da porta de E/S 228. O processo então se repete com fluido sendo dispensado a partir de porta 228. O volume de fluido deslocado por um curso completo do pistão livre 226 é uma quantidade conhecida — tanto por cálculo ou medida empírica. Assim, cada vez que 35 o pistão 222 completa um curso (como determinado por desativação de um sensor de posição seguida por ativação do sensor de posição oposto), um volume conhecido de fluido é dispensado pelo corpo medidor 212.

O pistão 222 compreende uma primeira passagem que conecta as faces opostas do pistão geralmente cilíndrico e uma segunda passagem a qual também conecta as faces opostas do pistão. Cada passagem é fechada por uma válvula 241, 242. Na modalidade ilustrada nas Figuras 4 e 5, as válvulas 241 e 242 são válvulas de gatilho providas de mola e são dispostas em direções opostas. As válvulas 241, 242 compreendem os ativadores de válvula mecânicos 244 e 246, respectivamente, os quais se projetam a partir da face do pistão 222 e o que faz com que suas respectivas válvulas se abram contra a força da mola da válvula quando deprimidas.

Se, por qualquer razão, houver uma falha de um ou ambos os sensores de posição 238, 240 ou uma falha do ativador de válvula 45 ou do controlador 14, o pistão 222 continuará a ser movido na direção de uma das faces da cabeça do cilindro 234, 236. Para os propósitos desta discussão, considerar-se-á que uma falha em um dos componentes referidos acima ou uma interrupção de energia ocorre enquanto o fluido estiver sendo admitido para dentro da câmara 226 do corpo medidor 212 através da porta 230 e o fluido estiver sendo dispensado a partir da porta 228 na medida em que o fluido é deslocado a partir de câmara 224.

Quando a face superior do pistão 222 se movimenta suficientemente próxima à superfície 234 para alcançar o contacto entre a superfície 234 e o ativador de válvula 246, ainda o movimento do pistão 222 naquela direção fará com que a válvula 241 se abra, permitindo que fluido flua a partir de câmara 226 através da válvula 241 no pistão 222, para dentro da câmara 224 e fora através da porta 228. Se a face do pistão 222 for geralmente plana, a superfície côncava 234 evitará que o pistão 222 bloqueie a extremidade interior da porta 228 — ou seja, a câmara 224 terá em todos as vezes um volume suficiente para permitir que o fluxo de fluido continue através dela.

Em certas modalidades, a constante de força das molas da válvula pode ser escolhida para permitir que a válvula se abra se a pressão do fluido diferencial através do pistão 222 exceder a pressão de trabalho nominal do corpo medidor. Deste modo, uma passagem de fluido adicional através do pistão pode ser aberta se o movimento de reciprocidade do pistão for interrompido.

Será apreciado por aqueles versados na técnica que o sistema descrito acima pode ser caracterizado como um "sistema no estado de falha" - ou seja, na ocorrência de uma falha do controlador 14, do ativador de válvula 45 ou da válvula 16, o sistema continuaria a dispensar o fluido na taxa de fluxo selecionada mais recentemente (considerando nenhum movimento da válvula 16). Já que o controlador 14 e o ativador de válvula 45 necessitam de energia a fim de operar, uma interrupção de energia para o sistema não fará com que o fluxo de fluido cesse desde que uma fonte pressurizada de fluido permaneça disponível.

Será também apreciado por aqueles versados na técnica que um corpo medidor

112 da anterioridade pode ser modernizado para a prática da presente invenção pela substituição do pistão 122 com um pistão 222 como mostrado na Figura 5.

Embora a invenção tenha sido descrita em detalhe com referência a certas modalidades preferidas, existem variações e modificações no escopo e espírito da invenção como descrito e definido nas seguintes reivindicações.

5

## REIVINDICAÇÕES

1. Corpo medidor volumétrico de fluido (212) **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um cilindro (214) com uma primeira extremidade, uma segunda extremidade oposta, e uma cavidade central axial;

uma primeira cabeça do cilindro (216) na primeira extremidade do cilindro;

uma segunda cabeça do cilindro (217) na segunda extremidade do cilindro;

um pistão (222) o qual desliza na cavidade central axial (220) e divide a cavidade em uma primeira câmara (226) e uma segunda câmara (224), cujos respectivos volumes mudam na medida em que o pistão desliza na cavidade;

uma primeira válvula (241) no pistão (222) a qual é configurada para abrir quando o pistão se movimenta a uma distância pré-selecionada a partir da primeira cabeça do cilindro (216) e, quando aberta, permite que o fluido flua através do pistão a partir da primeira câmara (226) para a segunda câmara (224); e,

uma segunda válvula (242) no pistão (222) a qual é configurada para abrir quando o pistão se movimenta a uma distância pré-selecionada a partir da segunda cabeça do cilindro (217) e, quando aberta, permite que o fluido flua através do pistão a partir da segunda câmara (224) para a primeira câmara (226).

2. Corpo medidor volumétrico de fluido (212), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que ainda compreende uma superfície côncava (234,236) na face interior da primeira (216) e da segunda (217) cabeça do cilindro.

3. Corpo medidor volumétrico de fluido (212), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira válvula (241) e a segunda válvula (242) são válvulas de gatilho providas de mola.

4. Corpo medidor volumétrico de fluido (212), de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as válvulas de gatilho providas de mola (242, 244) têm uma constante de força a qual permite que a válvula (242, 244) se abra se a pressão do fluido exceder um valor pré-selecionado.

5. Corpo medidor volumétrico de fluido (212), de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as válvulas de gatilho (241,242) compreendem ativadores de válvula (242,244) os quais se projetam a partir da face do pistão (222).

6. Corpo medidor volumétrico de fluido (212), de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que ainda compreende pelo menos um sensor de posição (238) o qual é responsivo à distância entre pelo menos uma cabeça do cilindro (216) e o pistão (222), e onde os ativadores de válvula (242, 244) são dimensionados e configurados de forma que o sensor de posição pode detectar a proximidade do pistão em uma distância entre a face superior do pistão e a face inferior da cabeça do cilindro a qual é maior do que a

distância que os ativadores (242,244) de válvula se projetam a partir da face do pistão (222).

7. Pistão (222) livre para um corpo medidor volumétrico (212) **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um corpo geralmente cilíndrico com uma primeira face e uma segunda face oposta;

5 uma primeira passagem de fluido entre a primeira face e a segunda face;

uma segunda passagem de fluido entre a primeira face e a segunda face;

uma primeira válvula (241) a qual quando aberta permite que o fluido flua através da primeira passagem de fluido e quando fechada evita que o fluxo flua através da primeira passagem de fluido;

10 uma segunda válvula (242) a qual quando aberta permite que o fluido flua através da segunda passagem de fluido e quando fechada evita que o fluxo flua através da segunda passagem de fluido;

um primeiro ativador de válvula (246) conectado à primeira válvula (241) que se projeta a partir da primeira face e é configurado para abrir a primeira válvula (241) quando a primeira face se movimenta a uma distância pré-selecionada de outra superfície;

15

um segundo ativador de válvula (244) conectado à segunda válvula (242) que se projeta a partir da segunda face e é configurado para abrir a segunda válvula (242) quando a segunda face se movimenta a uma distância pré-selecionada de outra superfície.

8. Pistão livre, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira e a segunda válvula (241, 242) são válvulas de gatilho.

20

9. Pistão livre, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira e a segunda válvula (241, 242) são válvulas de gatilho providas de mola.

10. Pistão livre, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a mola na primeira válvula (241) tem um constante de força que permite que a primeira válvula de gatilho se abra se a pressão do fluido na primeira face do pistão exceder a pressão do fluido na segunda face do pistão por uma quantidade que é maior do que o pressão operacional nominal do corpo (212) medidor.

25

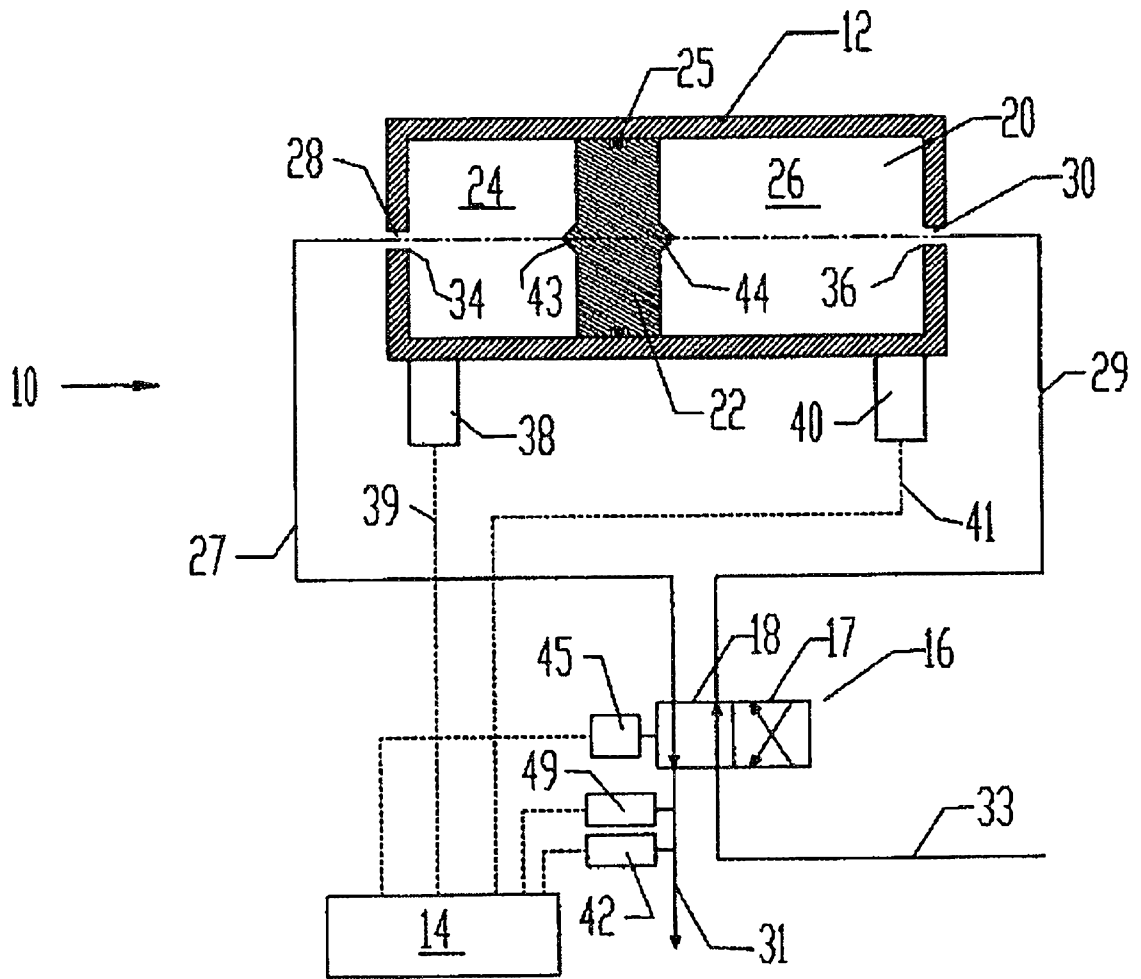


Figura 1  
(Técnica Anterior)

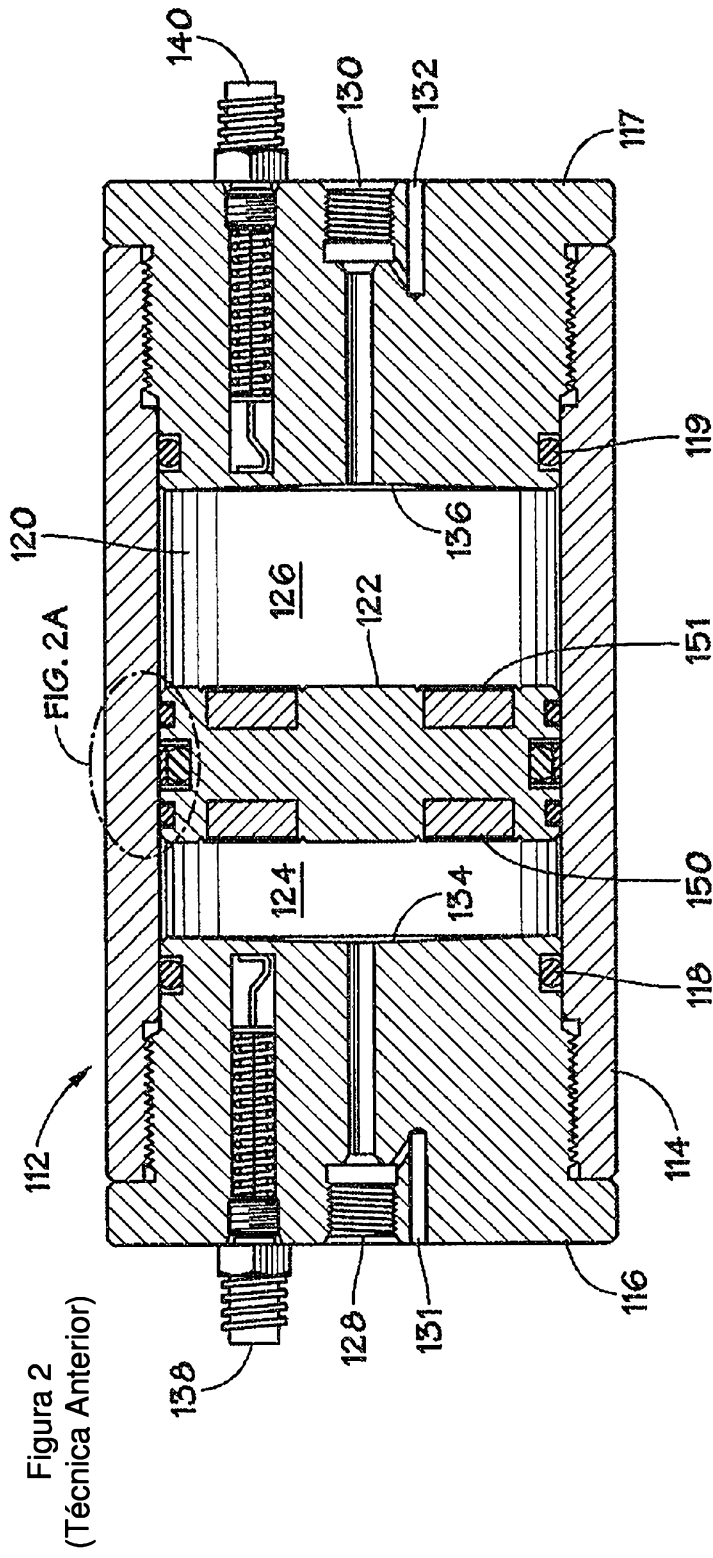


Figura 2  
(Técnica Anterior)

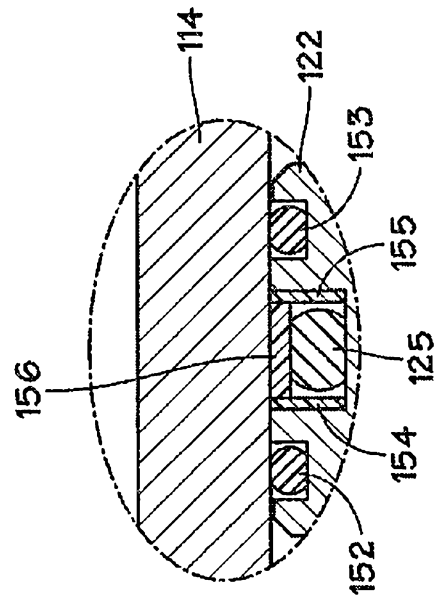


Figura 2A  
(Técnica Anterior)

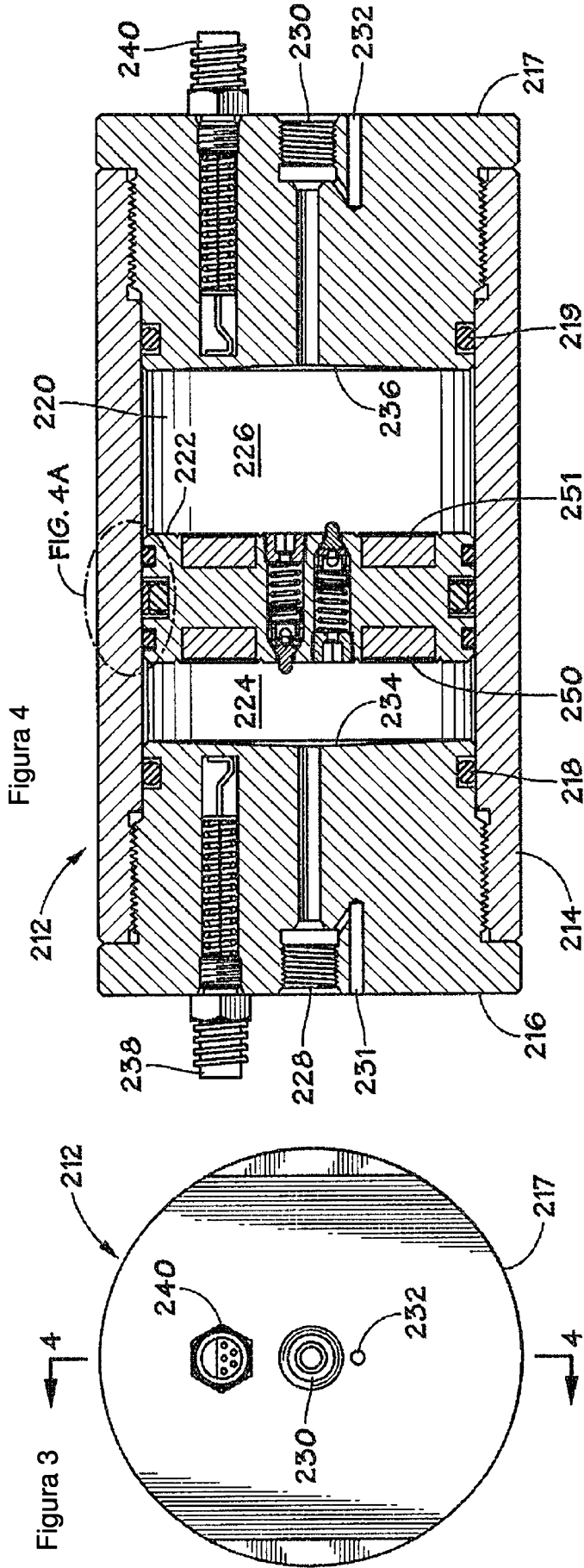


Figura 4

Figura 3

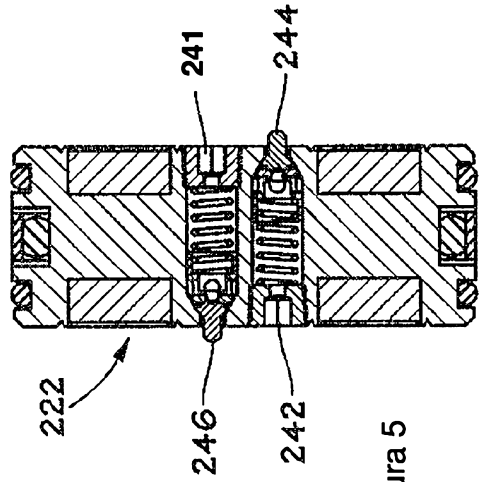


Figura 5

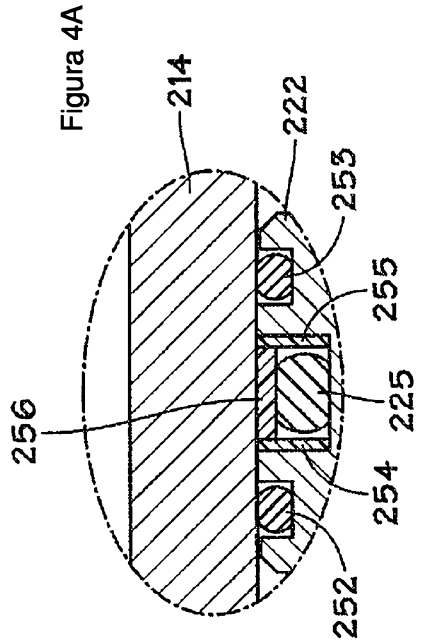


Figura 4A