



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

**(11) PI 0907947-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 18/02/2009**

**(45) Data de Concessão: 20/10/2020**

**(54) Título:** ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA E MÉTODO PARA MUDANÇA DE UMA VÁLVULA DE COMPORTA ENTRE UM MODO DE OPERAÇÃO EM ESTADO UNIFORME E UM MODO DE PARALIZAÇÃO POR MEIO DE UM ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA

**(51) Int.Cl.:** F16K 31/04; F16K 31/00; E21B 34/06.

**(30) Prioridade Unionista:** 21/02/2008 NO 20080909.

**(73) Titular(es):** VETCO GRAY SCANDINAVIA AS.

**(72) Inventor(es):** GRIMSETH, TOM; KJONIGSEN, TOM; BORCHGREVINK, CHRISTIAN; FLIDH, JON.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2009000285 de 18/02/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/104072 de 27/08/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 23/08/2010

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA E RESPECTIVO MÉTODO A presente invenção está correlacionada a um acionador de válvula de comporta, compreendendo uma haste (4) que é linearmente móvel em uma carcaça de acionador (10) conectável à válvula de comporta, a haste atuando na válvula de comporta para mudar a posição da válvula de comporta entre as posições aberta e fechada, respectivamente, em que a haste (4) é acionada por um motor numa primeira direção, em uma posição de modo de operação em estado uniforme, e na dita posição a haste é inclinada em uma segunda direção, oposta à direção da posição de paralização, por meio de um elemento de mola (14) que atua sobre a haste (4). De acordo com a invenção, um mecanismo de disparo (22; 25; 29) é disposto para manter o elemento de mola em um estado comprimido, o mecanismo de disparo compreendendo um elemento de disparo (22) eletricamente controlável, o qual é disposto para liberar o elemento de mola (14) em consequência da desenergização do elemento de disparo (22) eletricamente controlado. A invenção também divulga um método para mudança de uma válvula de comporta entre um modo de operação em estado uniforme e um modo de paralização, por meio do dito acionador de válvula de comporta.(...).

**“ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA E MÉTODO PARA MUDANÇA DE UMA VÁLVULA DE COMPORTA ENTRE UM MODO DE OPERAÇÃO EM ESTADO UNIFORME E UM MODO DE PARALIZAÇÃO POR MEIO DE UM ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA”**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] A presente invenção, em geral, está correlacionada a um dispositivo acionador, de utilidade na produção submarina de hidrocarbonetos, e especialmente se refere à liberação controlada de energia armazenada para fins de acionamento de uma válvula de comporta, de uma posição de modo inseguro de processo, para uma posição de modo seguro de processo. Especificamente, a presente invenção se refere a um dispositivo acionador de válvula de comporta, e a um método de mudança de um estado de modo operacional uniforme de uma válvula de comporta, para um modo de paralização, tal como, um modo de paralização de emergência.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

[002] Na discussão dos antecedentes da técnica seguinte, assim como, na presente invenção, as seguintes abreviações serão frequentemente usadas:

- BL – sem escova;
- DC – corrente contínua;
- ESD – paralização de emergência;
- LVDT – transformador diferencial de variável linear;
- PM – magnetização permanente;
- PSD – paralização da produção;
- SIL – nível de segurança instrumentalizado;
- SMA – liga de formato de memória;
- VSD – propulsão de velocidade variável;
- XMT (Xmas) – árvore de Natal

[003] Os dispositivos acionadores de válvula de comporta do estado da técnica para produção de hidrocarbonetos compreendem comando hidráulico e elétrico. No contexto da presente invenção os dispositivos acionadores elétricos são os mais importantes dentre os dispositivos do estado da técnica.

[004] O conceito de utilização de um motor elétrico rotativo como principal propulsor e a conversão desse movimento rotativo em movimento linear para operação de uma válvula de comporta de placa é conhecido. Nos projetos contemporâneos, existe uma tendência de selecionar motores de magnetização permanente de corrente contínua do tipo sem escova como a tecnologia de motor para desempenho de alto torque e um parafuso de esferas planetário, para conversão mecânica de movimento rotativo para linear, embora outros tipos de motores e outros sistemas de conversão de movimento rotativo para linear sejam também de uso comum.

[005] Uma característica crítica das válvulas de comporta de placa e dispositivos acionadores usados para controlar o fluxo de hidrocarbonetos através de uma árvore de Natal submarina é o mecanismo proporcionado para uma operação de emergência, para se obter uma posição segura. Após uma falha do suprimento de energia, a válvula deve ainda reverter da posição de produção (posição menos segura) para uma posição segura (nenhuma posição de produção).

[006] As Patentes U.S. No. 7.172.169 (Biester) e U.S. No. 6.572.076 (Appleford) são consideradas como exemplos representativos para os projetos contemporâneos e como um notório exemplo dos esforços atuais nessa área, em termos de projeto de acionador e mecanismos de disparo para operação de emergência.

[007] A presente invenção está correlacionada a um chamado acionador à prova de falhas, isto é, um acionador que aciona a válvula que ele

comanda para a posição mais segura (no modo do processo), fora de duas possíveis posições, ou seja, na perda de energia ou em resposta a uma determinada classe de paralização de emergência (ESD). Por exemplo, quando o acionador é aplicado à Válvula Mestre ou Válvula Lateral de uma árvore de Natal, a válvula irá para a posição fechada quando da perda de controle, como parte de uma estratégia para garantir as barreiras de segurança do poço.

[008] A tarefa, portanto, consiste na obtenção de um dispositivo acionador que seja bastante confiável em operação regular e que se disponha em uma posição segura quando da perda de comando ativo. Historicamente, a fonte de energia mais amplamente aceita para ser ativada, quando da perda de controle para um fechamento seguro das críticas válvulas da árvore de Natal, e de outras válvulas de funcionalidade similar se dispõe na liberação de uma mola mecânica, a qual é mantida pré-tensionada, na posição de válvula menos segura, para proporcionar a fonte de energia necessária para mover a comporta de placa contra as forças de atrito e outras forças resistentes ao movimento (fechamento ou abertura, como o caso possa ser; alguns tipos de válvulas devem ser abertas durante uma paralização de emergência). Para os acionadores hidráulicos, o mecanismo à prova de falhas é normalmente embutido no sistema de controle eletro-hidráulico, na forma de uma válvula solenóide continuamente energizada. No caso de acionadores operados eletricamente, a mola é na maioria dos casos liberada por meio de um dispositivo eletromagnético. Nos últimos anos, existem também exemplos de dispositivos acionadores que reverterem para a posição segura no modo de paralização de emergência (ESD), sob o suprimento de energia de uma bateria elétrica ou de outro dispositivo para armazenamento de energia elétrica. Esses projetos, normalmente, dependem de um acionamento eletrônico de Propulsão de Velocidade Variável (VSD) do motor para a operação de ESD, dessa forma, colocando exigências de alta confiabilidade sobre esses circuitos.

[009] Para a finalidade da presente invenção, foi pressuposto que uma mola mecânica seja a fonte de energia disponível mais confiável.

[010] Um objetivo da presente invenção é proporcionar um mecanismo de disparo altamente confiável para liberação de uma ação de mola, desse modo, maximizando a confiabilidade do procedimento de paralização de emergência (ESD) e, assim, garantindo uma alta classe do nível de segurança instrumentalizado (SIL).

[011] Existem esquemas dedicados a se obter um confiável mecanismo de disparo. A invenção se fundamenta na combinação de um disparo eletricamente controlado com um mecanismo de alavancagem, para disparar uma ação de mola para o fechamento, por exemplo, de uma Válvula Mestre, instantaneamente, caso ocorra uma falha de comunicação ou de suprimento de energia. O mecanismo de disparo é indicado para a manipulação da força total da mola, dessa forma, evitando o envolvimento de quaisquer componentes intermediários de sequência de acionamento no procedimento de paralização de emergência (ESD).

[012] Em muitos dos dispositivos acionadores descritos no estado da técnica, baseados no uso de uma mola mecânica, para proporcionar a força de emergência com que a mola é movimentada todas as vezes com o movimento da comporta. Isso, normalmente, significa que a válvula é apenas acionada ativamente para a mínima posição de segurança (tipicamente, o modo de produção em estado uniforme) e sempre retornada para a posição segura sob a ação da mola. Essa abordagem envolve apenas um motor e um circuito de transmissão projetados para uma única operação quadrante (transmissão ativa somente em uma direção, sem operação geradora). Outros projetos são baseados no pré-tensionamento de mola mecânica apenas uma vez, e na transmissão ativa da válvula de um lado para outro. Obviamente, esta é uma operação de dois quadrantes. O aumento de complexidade nos circuitos

elétrico/eletrônico para se obter a operação de dois quadrantes é relativamente insignificante. Também, a inerente vantagem de economizar energia mediante separação dos movimentos de um parafuso de esferas e uma mola é considerada marginal e circunstancial. A confiabilidade do funcionamento da paralização de emergência (ESD) em combinação com a confiabilidade da operação regular representa a essência de qualquer projeto de dispositivo acionador para ser submetido à implementação.

[013] O desafio de se neutralizar a força de mola mediante apoio da mesma em um mecanismo de disparo se fundamenta na obtenção de um mecanismo à prova de falhas, de alta confiabilidade, de baixo consumo de energia, para uma mola de suficiente força. Para alguns dispositivos acionadores exigidos pela indústria de petróleo, a força exigida pode ser tão alta quanto de 40 toneladas, uma típica ordem de grandeza para uma válvula de comporta de placa de 5", ou mesmo, significativamente maior, para o caso de válvulas de 7".

[014] Assim, pode ser observado, por exemplo, na Patente do estado da técnica U.S. No. 6.572.076, que o dispositivo para disparo do procedimento de ESD exige que a energia de disparo atue contra a força da principal mola à prova de falhas, desse modo, forças e níveis de energia bastante substanciais poderão ser envolvidos na neutralização da força inerente da mola de retorno, na condição de estado uniforme.

[015] Um objetivo da presente invenção é proporcionar um dispositivo acionador de válvula de comporta, através do qual a energia exigida para operação na condição de estado uniforme seja pequena e substancialmente menor do que a força exercida pela mola de retorno principal sob compressão, dessa forma, somente neutralizando uma força de mola local e auxiliar.

[016] Outra característica do referido estado da técnica é o

potencial para a ocorrência de efeitos de esfolamento, quando a haste de operação da comporta é retraída, após a mudança do modo de operação em estado uniforme para o modo de paralização.

[017] Constitui outro objetivo da presente invenção proporcionar um dispositivo acionador de válvula de comporta que seja capaz de liberar forças bastante altas, sem efeitos de esfolamento.

### **DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

[018] Assim, através da presente invenção, os objetivos são alcançados e os inconvenientes do estado da técnica são eliminados, mediante um dispositivo acionador de válvula de comporta e um respectivo método, conforme definido nas reivindicações independentes. Adicionais características vantajosas e realizações providas pela invenção são definidas nas reivindicações dependentes.

[019] Em resumo, a presente invenção proporciona um dispositivo acionador de válvula de comporta, compreendendo uma haste que se movimenta linearmente numa carcaça do acionador, a qual pode ser conectada à válvula de comporta, a haste atuando na válvula de comporta, para mudar a válvula de comporta entre posições aberta e fechada, respectivamente, em que a haste é acionada por um motor em uma primeira direção dentro de uma posição de operação em estado uniforme, e na dita posição a haste é inclinada em uma segunda direção oposta, na direção de uma posição de paralização, por meio de um elemento de mola atuando na haste. O dispositivo acionador é caracterizado por um mecanismo de disparo, disposto para manter o elemento de mola em um estado comprimido numa posição de contenção, dito mecanismo de disparo compreendendo um elemento de disparo controlável eletricamente, o qual é disposto para liberar o elemento de mola, em consequência da desenergização do elemento de disparo eletricamente controlado.

[020] Desse modo, é obtido um dispositivo acionador bastante confiável em operação regular, e que se dispõe numa posição segura quando da perda do comando ativo.

[021] O mecanismo de disparo pode ser estruturalmente imaginado de diferentes maneiras. Uma realização vantajosa do mecanismo de disparo compreende pelo menos um engate, o qual é articuladamente suportado na carcaça do acionador sobre um pivô, de modo que no estado comprimido do elemento de mola, uma primeira extremidade do engate se disponha em engate operacional com a haste, e uma segunda extremidade oposta do engate se disponha em engate operacional com o elemento de disparo.

[022] Desse modo, o mecanismo pode ser projetado para proporcionar uma função de alavancagem que reduza substancialmente a força do elemento de mola, dessa forma, reduzindo as pressões de contato entre os componentes incluídos no mecanismo de disparo.

[023] Numa realização preferida, o elemento de disparo compreende uma vareta que é móvel linearmente na carcaça do acionador, e um acionador de disparo acionado eletricamente que aciona a vareta dentro da posição de contenção, em que a vareta se engata ao engate, e que após a desenergização do acionador de disparo, a vareta é retirada da posição de contenção por meio de uma mola de atuação sobre um elemento de disparo inclinado.

[024] Dessa maneira, a energia que é exigida para manter o mecanismo em um modo de operação em estado uniforme é reduzida, e apenas neutraliza uma força de mola local e auxiliar, que não se correlaciona à força da mola de retorno principal.

[025] Preferivelmente, o engate é disposto para se engatar com a vareta indiretamente, através de um pino de travamento, que na posição de

contenção é preso pela vareta, para se engatar em um assento formado na segunda extremidade do engate, e que após a retirada da vareta é impulsionado pela articulação do engate para fora do assento, desse modo, permitindo ao engate se articular para fora da união com a haste.

[026] O pino de travamento pode ser de seção cilíndrica, proporcionando uma ação de rolamento e um mínimo atrito após a liberação, e além da baixa pressão de contato mecânico, resultante do mecanismo de alavancagem, desse modo, garante ainda que a liberação da mola de retorno possa ocorrer sem quaisquer efeitos de esfolamento.

[027] Após a retirada da vareta, o pino de travamento pode ser impulsionado mediante articulação do engate em um recesso formado sobre a vareta.

[028] No modo de paralização de emergência, uma mola de retorno de engate é preferivelmente disposta para inclinar o engate na direção da posição de contenção.

[029] O acionador de disparo pode ser produzido na forma de um solenóide ou, alternativamente, na forma de um elemento de liga de formato de memória (SMA).

[030] O mecanismo de disparo, preferivelmente, compreende um engate que é modelado como uma alavanca e projetado para substancialmente reduzir, devido à localização de seu pivô, a força que é transmitida do elemento de mola para o mecanismo de disparo, em um modo de operação em estado uniforme.

[031] A haste pode ser disposta para compreender ou se conectar a um pistão anular, o qual é recebido para movimento em um cilindro anular compreendido na carcaça do acionador, pelo que o cilindro anular contém um meio hidráulico, para amortecer o movimento da haste, após a liberação do elemento de mola. O dito meio hidráulico no cilindro anular está

em comunicação de fluxo com o interior da carcaça do acionador através de pelo menos uma abertura de restrição de fluxo. Válvulas de contrapressão e filtros de partículas podem ser dispostos no(s) percurso(s) de fluxo do meio hidráulico.

[032] O dispositivo acionador de válvula de comporta resumidamente discutido acima opera em um método para mudança de uma válvula de comporta entre um modo de operação em estado uniforme e um modo de paralização. O método compreende as etapas de:

- acionamento do acionador através de um motor, numa primeira direção, para mudar a válvula de comporta dentro do modo de operação em estado uniforme;

- disponibilização de um dispositivo de força compressível para exercer, no modo de operação em estado uniforme, uma inclinação no acionador numa segunda direção, oposta à primeira direção; e

- acionamento do acionador na segunda direção, mediante liberação do dispositivo da força comprimida no modo de paralização.

[033] Adicionais etapas secundárias do método incluem:

- dispor no acionador de válvula de comporta um mecanismo de disparo eletricamente controlado;

- energizar o mecanismo de disparo para manutenção do dispositivo de força no estado comprimido;

- energizar o mecanismo de disparo por meio de um solenóide, ou por meio de um elemento de liga de formato de memória.

[034] A estrutura do dispositivo acionador de válvula de comporta é provida para teste da funcionalidade de paralização de emergência (ESD), através das etapas de:

- acionamento do dispositivo acionador de válvula de comporta ainda na primeira direção, durante o modo de operação em estado uniforme,

contra a força do dispositivo de força comprimida; e

- retorno do acionador para o modo de operação em estado uniforme através da força do dispositivo de força comprimida.

[035] Adicionais características e vantagens providas pela invenção serão ainda observadas, a partir da seguinte descrição detalhada de algumas realizações da invenção.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[036] A invenção será mais detalhadamente explicada abaixo, mediante as referências aos desenhos anexos, que ilustram, esquematicamente, as realizações da invenção. Nos presentes desenhos:

- a figura 1 mostra em corte um dispositivo acionador de válvula de comporta, acionado por um motor elétrico e equipado com um mecanismo à prova de falhas, para prender e liberar uma mola de retorno;

- a figura 2 é uma vista em perspectiva parcialmente seccionada, mostrando as partes importantes do dispositivo acionador de válvula de comporta mostrado na figura 1 numa escala ampliada, e em um modo de operação em estado uniforme, a realização da figura 2 sendo baseada em um solenóide para atuação de um mecanismo de disparo;

- a figura 3 é uma vista detalhada mostrando o mecanismo de disparo da figura 2, em uma escala ainda mais ampliada;

- a figura 4 é uma vista correspondente à figura 2, mostrando o dispositivo acionador de válvula de comporta em um modo de paralização;

- a figura 5 é uma vista correspondente à figura 3, mostrando o dispositivo acionador de válvula de comporta em um modo de paralização;

- a figura 6 é uma vista correspondente à figura 2, mostrando uma segunda realização do dispositivo acionador de válvula de comporta no modo de operação em estado uniforme, a realização da figura 6 sendo baseada em um elemento de SMA para atuação do mecanismo de disparo;

- a figura 7 é uma vista correspondente à figura 3, mostrando a realização da figura 6 em uma escala mais ampliada;
- a figura 8 é uma vista correspondente à figura 4, mostrando a realização da figura 6 em um modo de paralização; e
- a figura 9 é uma vista correspondente à figura 5, mostrando a realização da figura 6 em um modo de paralização.

### **DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO**

[037] O diagrama geral de um típico acionador elétrico para o controle de produção submarina é ilustrado na figura 1. A combinação de uma disposição de parafuso de esferas (3) e um acionamento de motor (2) por magnetização permanente (PM) é considerada conhecida e não faz parte da presente invenção. Da mesma maneira, as interfaces de um castelo (12) com uma árvore de Natal ou outro sistema de tubagem de produção é uma característica comum da maioria desses acionadores. O ponto fundamental da invenção é o mecanismo à prova de falhas, ilustrado como um grupo de 5 componentes na figura 1.

[038] Deve ser observado que apenas a figura 1 ilustra um acionador completo, todas as outras figuras mostram somente os componentes compreendidos no mecanismo à prova de falhas. A essência da presente invenção é a interação entre um dispositivo de força de retorno, um conjunto de acionamento de motor e um mecanismo de disparo, cuja intenção é criar um dispositivo acionador da mais alta confiabilidade operacional, em termos de capacitação de paralização de um sistema de produção quando exigido e também para iniciar e manter o sistema de produção em operação.

[039] O princípio básico de operação é utilizar o motor (2) e o parafuso de esferas (3) como uma camisa para o curso de uma haste (4) para operar uma válvula de comporta numa condição de produção (estado uniforme), aplicar o mecanismo à prova de falhas para manter a haste (4)

nessa posição, onde as forças aplicadas de uma mola de retorno (14) (ou outro dispositivo de força equivalente) são neutralizadas por um mecanismo de disparo, depois, imediatamente retornando o conjunto de parafuso de esferas para a posição segura da válvula, enquanto a válvula permanece na posição de produção. Assim, não existe conexão mecânica fixa entre o motor, conjunto de parafuso de esferas e a haste do acionador de válvula de comporta. O parafuso de esferas impulsiona a haste para operar a válvula no modo de operação em estado uniforme, porém, pode não ser usado para retornar a mesma para a posição segura no modo de paralização.

[040] Quando a haste e a comporta são trazidas para a posição de produção, e mantidas nessa posição pela ação do mecanismo à prova de falhas, a disposição de parafuso de esferas é imediatamente acionada pela ativação do motor (2) na direção inversa, de volta para a posição fechada da válvula, dessa forma, se livrando da possibilidade de uma ação de paralização de emergência (ESD). Embora a válvula possa reverter para a condição segura mesmo com o parafuso de esferas na posição estendida, a probabilidade de se conseguir uma paralização de emergência bem-sucedida é aumentada pela disposição estendida do parafuso de esferas somente nessa posição, durante 1-2 minutos por acionamento. Como a ocorrência de paralização de emergência (ESD) da classe que exige confinamento descontrolado e não-acionado (no sentido normal das palavras) é extremamente rara, a classe de nível de segurança instrumentalizado (SIL) alcançada, praticamente, irá se basear exclusivamente na confiabilidade do mecanismo de disparo à prova de falhas, descrito a seguir.

[041] O parafuso de esferas apresenta características de acionamento de livre retorno, isto é, no caso de ser ativada uma paralização de emergência (ESD) quando o conjunto de parafuso de esferas ainda estiver na posição de produção, isso não irá impedir a ESD, mas, o parafuso de esferas

será acionado, além da ação do motor, sob a ação da mola de retorno, para a posição de segurança. Portanto, existem duas opções redundantes (em termos de ação do parafuso de esferas) de obtenção da ESD, ambas de alta confiabilidade. Essa é a essência das estratégias de projeto submarino para proporcionar redundância na funcionalidade sempre que necessário e com funções mutuamente redundantes de alta confiabilidade.

[042] O nível de segurança instrumentalizado (SIL) é um conceito de natureza estatística e de escala logarítmica. É uma expressão da probabilidade estatística de sucesso de execução de uma paralização de emergência (ESD) quando exigido, em qualquer momento, independente do modo operacional. Portanto, dois esquemas redundantes, cada qual de alta confiabilidade, são combinados para ter uma favorável influência na aferição do nível de segurança instrumentalizado (SIL).

[043] Deve ser observado no presente contexto que, normalmente, pelos procedimentos praticados pela maioria dos operadores, apenas uma válvula é ativada de cada vez em qualquer árvore de Natal, assim, mesmo para curta duração do sistema de encamisamento se dispor no percurso da ESD, a árvore, como uma barreira de segurança, fica intacta em todos os momentos.

[044] A movimentação da posição de produção para a posição de segurança se enquadra dentro de duas distintas classes:

- 1 – paralização de emergência (ESD) (diversas classes);
- 2 – produção confinada.

[045] Uma situação de ESD de uma classe mais grave (conhecida em algumas regiões de petróleo como ESD 0 e ESD 1) pode, simplesmente, cortar o suprimento de energia ou o suprimento de energia pode ser cortado acidentalmente, como no caso do comando umbilical ser rompido por causas externas. Nessa situação, o elemento de disparo principal ou

acionador de disparo (solenóide (20) ou dispositivo SMA (30)) irá liberar uma mola de disparo auxiliar (21) e engates ou grampos de engates (25) irão para a posição de desengate, dessa forma, liberando a mola de retorno (14) e a válvula irá retornar para a posição de segurança.

[046] Nos modos de paralização de emergência (ESD) menos graves (conhecidos em algumas regiões como variações da classe ESD 2, exemplificado por um alarme de vazamento de gás na plataforma matriz) e no modo de paralização da produção (PSD), o sistema de controle será usado ativamente (no caso da paralização ser exigida) para levar a instalação do processo para o modo de segurança. Nessa situação, o parafuso de esferas é estendido para tomar a força da mola de retorno, afastado do mecanismo de disparo, antes do elemento de disparo ser ativado, desse modo, o elemento de disparo, para essas situações mais comuns e frequentes, é liberado sem qualquer força no mecanismo de disparo à prova de falhas, exceto a(s) pequena(s) mola(s) auxiliar(es) do próprio elemento de disparo quando em processamento. Essas situações, de modo algum, irão causar qualquer desgaste significativo ao elemento de disparo, em que as forças, tipicamente, são reduzidas de 40 toneladas da mola de retorno (14) para, tipicamente, algumas centenas de Newtons da mola auxiliar (21) (esses números são referidos, por exemplo, para um acionador de 5”).

[047] Com referência às figuras 1-9, o parafuso de esferas (3) é acionado pelo motor (2) por meio de uma unidade de propulsão de velocidade variável (VSD), para movimentar a haste de válvula (4) para aposição de produção. Quando o sistema de detecção de posição (normalmente, um LVDT, não mostrado) detecta que a posição desejada é obtida, o solenóide (20) ou elemento de SMA (30) é tracionado contra a mola de disparo auxiliar (21), para engatar os grampos de engate (25), por meio de pinos de travamento (29) que se engatam em assentos (23), formados nas extremidades presentes dos

grampos de engate (25). Os pinos de travamento (29) evitam, então, o movimento dos grampos de engate, contanto que o elemento de disparo principal/acionador de disparo, SMA (30) ou solenóide (20), conectados e/ou atuando sobre um elemento de disparo no formato de vareta, seja energizado. Tão logo o elemento de disparo principal/acionador de disparo, (20) ou (30) seja desenergizado, como parte de um processo de ESD, os pinos de travamento (29) são movimentados para fora da posição de bloqueio nos assentos (23), dentro de recessos (24) formados na vareta de disparo (22), e a mola de retorno (14) se torna livre para impulsionar a haste (4) de volta para a posição de segurança. Os grampos de engate (25) proporcionam, em virtude da localização deslocada de seus pivôs (26), um mecanismo de alavancagem, o que reduz a pressão de alto contato entre a mola de retorno (14) e os grampos de engate para uma pressão de contato muito mais baixa entre os grampos de engate (25) e os pinos de travamento (29). Os grampos de engate (25) e os associados pinos de travamento (29) devem, preferivelmente, ser dispostos de uma maneira uniformemente distribuída, em torno da linha central do acionador. Preferivelmente, três ou mais grampos de engate (25)/pinos de travamento (29) podem ser usados.

[048] No caso de pinos de travamento (29) de seção cilíndrica, como nas realizações ilustradas, a ação de rolamento dos pinos de travamento (29) na liberação, além da baixa de pressão de contato mecânica, obtida pela ação de alavancagem dos engates (25), é garantida, pelo fato de que a liberação pode ocorrer com baixa resistência ao atrito e sem qualquer efeito de esfolamento.

[049] As molas de retorno (27) dos grampos de engate são providas para retornar os engates para a posição de engate, aguardando o próximo impulsionamento do sistema de encamisamento.

[050] Ao completar o curso da posição mais segura para a

posição de produção, o parafuso de esferas e o motor proporcionam toda a energia exigida para o pré-tensionamento da mola de retorno (14), dessa forma, o solenóide (20) ou o dispositivo de SMA (30) não é necessário para manter a mola de retorno (14) em um estado comprimido, pelo que os acionadores de disparo (20) e (30) são apenas exigidos para manter a mola de disparo (21) no estado de compressão. Isso reduz a energia necessária e, assim, o consumo de energia elétrica no modo de produção em estado uniforme é correspondentemente reduzido.

[051] A fim de evitar o curso de retorno para posição de segurança de excessivas velocidades, são proporcionados um cilindro anular de amortecimento (15), válvula(s) de contrapressão (16) e elementos de restrição de fluxo (17), assim como, elementos de vedação (19). Filtros (18) podem servir para a captação de contaminação particulada no volume de petróleo e podem, vantajosamente, serem combinados com simples válvulas de contrapressão (não mostrado) para garantir que os resíduos não sejam liberados dos filtros.

[052] Um mecanismo de disparo controlado por um dispositivo SMA ou por um dispositivo solenóide apresenta uma característica desejável numa aplicação submarina de paralização de emergência (ESD), isto é, a resposta lenta. Essa característica, que normalmente é uma desvantagem em muitas aplicações industriais, torna esses dispositivos insensíveis a surtos de energia e sistemas de comunicação, sem o benefício de dispositivos registradores de intervalos de tempo ou cronômetros dedicados incluídos no projeto. A ação retardada é a inerente oposição no princípio de operação, mais para um dispositivo SMA do que para um dispositivo tipo solenóide. O dispositivo solenóide somente pode ter uma sensibilidade projetada para um retardo de cerca de 1 segundo (ordem de grandeza) quando aplicado a um acionador submarino conforme descrito na presente invenção. Para a maioria

dos projetos isso será suficiente. Uma ação de retardo maior pode ser obtida mediante a adição de um capacitor no enrolamento do dispositivo solenóide, sempre que uma ação de retardo natural e inerente numa resposta for considerada inadequada.

[053] A presente invenção supõe o uso de um motor de magnetização permanente (PM) de corrente contínua (DC) e sem escova (BL) de alto torque (ampla seleção disponível) ou outro motor elétrico acionando um parafuso de esferas planetário (tipicamente, de projeto e modelo conforme comumente encontrado no mercado e em material de catálogo) de baixo passo para obtenção de uma máxima força linear por torque unitário, oferecido pelo motor do tipo especificado acima (BL, DC, PM). Nenhum desses elementos fazem parte da invenção, na medida em que os mesmos aparecem em muitos projetos de acionadores, desse modo, sendo bem conhecidos e de domínio público. Outras formas de conversões de movimento rotativo em linear podem também ser usadas. Na descrição seguinte apenas é descrito um parafuso de esferas, mas, deve ser entendido que qualquer unidade de conversão de movimento rotativo em linear pode ser utilizada.

[054] Embora tal parafuso de esferas possa ser projetado com um certo passo para prover um livre acionamento de retorno (a mola de retorno pré-tensionada aciona o parafuso de esferas na direção inversa), a presente invenção é baseada no projeto de um parafuso de esferas para um mínimo passo praticável, tal como, utilizar o torque do motor numa máxima proporção. O parafuso de esferas ainda terá acionamento de retorno livre. Entretanto, a combinação de uma alta relação de transmissão e uma prolongada exposição do parafuso de esferas a uma força muito alta pode levantar a discussão sobre a confiabilidade de longo prazo do acionamento de retorno. Deve ser observado que a credibilidade no acionamento de retorno não se constitui numa discussão binária: assim, quanto mais alta for a relação de transmissão

do conjunto de transmissão mecânica, mais baixa será a eficiência do conjunto mecânico e maior será a exposição à força da mola de retorno, pelo que mais discussões são levantadas com relação à confiabilidade da capacitação do acionamento de retorno livre.

[055] O mecanismo de disparo compreende um acionador de disparo parcialmente eletromagnético ou um elemento de SMA e um mecanismo de alavancagem. Esse mecanismo de alavancagem tem o mesmo princípio para ambas as realizações; o acionador de disparo representa a diferença entre as duas realizações divulgadas. A finalidade do mecanismo de alavancagem é reduzir a força mecânica a ser manipulada pelo elemento de disparo por meio de um mecanismo de alavancagem, tipicamente, de 40 toneladas para um acionador de 5 polegadas, para um valor muito menor, e também para proporcionar um mecanismo de liberação que não se incline por si próprio a apresentar efeitos de esfolamento, isto é, que tenha uma exposição controlada à pressão entre duas partes mecânicas em movimento.

[056] Em uma realização, o acionador de disparo termelétrico consiste de uma operação de acionamento baseada em um elemento tipo SMA. Tipicamente, compreende um arame/vareta do tipo SMA (tipicamente, ligas de Ni-Ti) conduzindo uma corrente elétrica em um modo de produção de estado uniforme, de modo a manter o arame a uma determinada temperatura, mais alta que a do ambiente (petróleo). No modo de paralização de emergência (ESD), o suprimento de energia é cortado, o arame de SMA é resfriado pelo petróleo do ambiente, o dispositivo de SMA retorna para seu formato alternativo e a mola de retorno é liberada para acionar a válvula para a posição de segurança. Ao dar a partida na condição fria, o acionador de disparo é ajustado para manter a válvula na posição de menos segurança, uma vez essa posição tenha sido alcançada.

[057] A natureza dos materiais de SMA é de domínio público,

sendo conhecida para se constituir nos elementos do projeto do acionador, pelo que nenhuma tentativa de descrição de sua natureza é oferecida como parte da presente invenção, exceto para o estado da finalidade de sua aplicação, a mudança de fase de tais materiais, como, por exemplo, Ni, Ti, em resposta a mudanças de temperatura, modificando efetivamente seu módulo E de forma acentuada, assim, facilitando a provisão de “acionadores sem partes em movimento”. Esses acionadores podem ser projetados para grandes forças e, tipicamente, oferecem 2-3% de alongamento para longos tempos de vida, isto é, uma vareta de 1 metro irá se estender/contrair 3 centímetros, em resposta a uma mudança de temperatura sob adequadas condições de operação. Os princípios básicos para os projetos de elementos de SMA são conhecidos há mais de 20 anos, e sua utilização é considerada como sendo de domínio público.

[058] Assim, os sugeridos circuitos de SMA têm mostrado em uma versão simplificada a omissão de isolamento elétrico, fios para suprimento de energia, transformador, dispositivos de comutação (interruptores), e outras características exigidas para proporcionar um projeto operável. Para os técnicos no assunto, o projeto de dispositivos de SMA para finalidade industrial representa uma área conhecida, exigindo uma especialidade geralmente rara, mas de domínio público.

[059] Numa segunda realização preferida, o elemento de disparo principal é um dispositivo solenóide convencional eletromecânico, atualmente encontrado em múltiplas aplicações industriais. Além da provisão de um acionador com alta confiabilidade, para se obter uma paralização de emergência (ESD), quando exigida, e produção, também, quando exigida, o acionador sugerido também facilita um método de testar a funcionalidade do procedimento de ESD, sem confinamento da produção. A princípio, é desejável que toda a funcionalidade do procedimento ESD seja testada de maneira

regular. Entretanto, nunca foi considerado prudente a paralização de uma produção submarina de alta produtividade ou de um poço de injeção, com o objetivo impedir o teste, de modo mais frequente, por mais de uma vez ao mês.

[060] Os conceitos do acionador sugerido facilitam o teste da capacitação do procedimento de ESD sem sacrificar a produção e sem significativo desgaste do equipamento. Quando um teste de ESD é considerado desejável, o motor e o parafuso de esferas são usados para estender a camisa e a haste para a posição de válvula aberta, suficiente para descarregar o mecanismo à prova de falhas. A mola de retorno (14) é então permitida de acionar o parafuso de esferas de retorno para uma menor distância, o que corresponde a uma menor percentagem do curso, mas suficiente para detectar o movimento de retorno por meio de um procedimento tipo LVDT ou através da medição do efeito gerador no motor, agora sendo processado como um gerador síncrono. Uma vez o movimento da haste seja detectado, um torque completo é plicado ao motor para acionar a válvula de comporta de volta para a última posição de produção. A completa movimentação de um lado para o outro pode ocorrer numa pequena distância de 1-2 mm, e pode ser coberta, se apropriado, por uma sobreposição no projeto da válvula de comporta, de modo que a área de seção transversal do fluxo não seja absolutamente influenciada durante o teste. A presente invenção, logicamente, não é de nenhum modo restringida às realizações descritas acima. Ao contrário, diversas possibilidades para modificações da invenção são evidentes para um técnico no assunto, sem que seja afastada a ideia básica da invenção, tal como, definida nas reivindicações anexas.

#### **RELAÇÃO DAS REFERÊNCIAS NUMÉRICAS USADAS NOS DESENHOS**

2 – motor de acionamento, tipicamente, uma unidade de magnetização permanente ou uma unidade de motor com rotor em curto-circuito;

3 – unidade de conversão de movimento rotativo para linear

(tipicamente, um parafuso de esferas planetário;

4 – haste do acionador, conectando o acionador à válvula de comporta em uma extremidade, e na extremidade oposta compreendendo ou sendo conectada a um pistão com função de amortecimento;

5 – indica a localização do mecanismo à prova de falhas;

10 – carcaça do acionador;

11 – castelo posterior com interface com o mecanismo de disparo;

12 – castelo dianteiro para conexão à árvore ou outro tipo de tubulação;

14 – mola de retorno que proporciona a energia para a ação à prova de falhas;

15 – cilindro de amortecimento anular;

16 - válvula(s) de contrapressão de entrada;

17 – limitador(es) de fluxo

18 – filtros de partículas;

19 – vedações do cilindro de amortecimento;

20 - eletroímã (solenóide);

21 – mola de atuação de disparo (mola auxiliar);

22 – vareta de ativação de engate;

23 – assento formado na segunda extremidade do engate;

24 – recesso formado na vareta incluída no mecanismo de disparo;

25 – engates/grampos de engate;

26 – pontos de articulação dos grampos de engate;

27 – molas de retorno dos grampos de engate;

28 – retentores para a mola de retorno dos grampos de engate;

29 – pinos de travamento;

30 – elemento (ou elementos) de SMA;

31 – pontos de conexão elétrica e dispositivos de isolamento.

**REIVINDICAÇÕES**

1. ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA, compreendendo:

uma haste (4) que é linearmente móvel numa carcaça de acionador (10) conectável à válvula de comporta, a haste (4) atuando sobre a válvula de comporta para modificar a posição da válvula de comporta entre posições aberta e fechada, respectivamente, em que a haste (4) é acionada por um motor em uma primeira direção, dentro de uma posição de operação de estado uniforme, e na posição a haste (4) é inclinada numa segunda direção, oposta a uma posição de paralização, por meio de um elemento de mola (14) atuando na haste (4), e

um mecanismo de disparo (22, 25, 29), disposto para manter o elemento de mola (14) em um estado comprimido numa posição de contenção, o mecanismo de disparo compreendendo um elemento de disparo eletricamente controlável (22), o qual é disposto para liberar o elemento de mola (14) em consequência da desenergização do elemento de disparo (22) eletricamente controlado, em que o mecanismo de disparo compreende, pelo menos, um engate (25), que é articuladamente suportado na carcaça do acionador em torno de um pivô (26), uma primeira extremidade do engate (25) estando em engate operacional com a haste (4), enquanto a segunda extremidade oposta do engate (25) se encontra em engate operacional com o elemento de disparo (22), no estado comprimido do elemento de mola (14),

em que o elemento de disparo (22) compreende uma vareta (22) que é linearmente móvel na carcaça (10) do acionador, um acionador de disparo acionado eletricamente (20, 30) aciona a vareta (22) em uma posição de contenção, em que a vareta se engata com o engate (25) e com uma mola de disparo (21), através da qual a vareta é retirada da posição de contenção para uma posição de retirada, após a desenergização do acionador de disparo

(20, 30),

caracterizado pelo engate (25) engatar na vareta (22) de uma forma indireta, através de um pino de travamento (29), o qual na posição de contenção é preso pela vareta para se engatar com um assento (23) formado na segunda extremidade do engate, e que após a retirada da vareta é impulsionado pelo engate para fora do assento, desse modo, permitindo ao engate (25) se articular fora do engate com a haste (4); e

o engate (25) na posição liberada ser inclinado por uma mola de retorno de engate (27), na direção da posição de contenção.

2. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, após a retirada da vareta (22), o pino de travamento (29) ser impulsionado pelo engate para dentro de um recesso (24) formado na haste (4).

3. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo engate (25) na posição liberada ser inclinado por uma mola de retorno de engate (27), na direção da posição de contenção.

4. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo acionador de disparo (20) ser um dispositivo solenóide.

5. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo acionador de disparo (20) ser um elemento de liga de formato de memória (30).

6. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo mecanismo de disparo (22, 25, 29) compreender um engate (25) no formato de uma alavanca, o qual em virtude da localização do pivô (26) é projetado para reduzir a força transmitida do elemento de mola (14) para o mecanismo de disparo (22, 25, 29).

7. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela haste (4) compreender ou estar conectada a um pistão

anular recebido em um cilindro anular (15), o qual está compreendido na carcaça (10) do acionador, em que o cilindro anular contém um meio hidráulico para amortecimento do movimento da haste (4), após liberação do elemento de mola (14).

8. ACIONADOR, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo meio hidráulico no cilindro anular (15) se encontrar em comunicação de fluxo com o interior da carcaça do acionador, através de pelo menos uma abertura de restrição de fluxo (17).

9. MÉTODO PARA MUDANÇA DE UMA VÁLVULA DE COMPORTA ENTRE UM MODO DE OPERAÇÃO EM ESTADO UNIFORME E UM MODO DE PARALIZAÇÃO POR MEIO DE UM ACIONADOR DE VÁLVULA DE COMPORTA, compreendendo uma haste (4) que é linearmente móvel na carcaça (10) do acionador de válvula de comporta, em que a haste (4) atua no acionador de válvula de comporta para modificar a posição da válvula de comporta entre posições aberta e fechada, respectivamente, o método compreende as etapas de:

- acionar a haste (4) por um motor em uma primeira direção para modificar a posição da válvula de comporta para uma posição de operação de estado uniforme;

- inclinar a haste (4) em uma segunda direção oposta a uma posição de paralização, por meio de um elemento de mola (14) atuando na haste (4) na posição de operação de estado uniforme;

- manter o elemento de mola (14) em um estado comprimido numa posição de contenção, o mecanismo de disparo compreendendo um elemento de disparo eletricamente controlável (22), o qual é disposto para liberar o elemento de mola (14) em consequência da desenergização do elemento de disparo (22) eletricamente controlado, em que o mecanismo de disparo compreende, pelo menos, um engate (25), que é articuladamente

suportado na carcaça do acionador em torno de um pivô (26), uma primeira extremidade do engate (25) estando em engate operacional com a haste (4), enquanto a segunda extremidade oposta do engate (25) se encontra em engate operacional com o elemento de disparo (22), no estado comprimido do elemento de mola (14) e, em que o elemento de disparo (22) compreende uma vareta (22) que é linearmente móvel numa carcaça de acionador (10);

- acionar a vareta (22) em um estado comprimido com um elemento de disparo eletricamente controlável, em que, no estado comprimido, a vareta (22) se engata com o engate (25);

- retirar a vareta (22) da posição de contenção para uma posição de retirada com uma mola de disparo (21), após a desenergização do acionador de disparo (20, 30);

- acionar a haste (4) em uma segunda direção oposta à primeira direção ao liberar a mola por meio da desenergização do acionador de disparo (20, 30), para um modo de paralização; e

caracterizado por engatar indiretamente a vareta (22) ao engate (25) por meio de um pino de travamento (29), o qual na posição de contenção é preso pela vareta para se engatar com um assento (23) formado na segunda extremidade do engate, e que após a retirada da vareta é impulsionado pelo engate para fora do assento, desse modo, permitindo ao engate (25) se articular fora do engate com a haste (4); e

o engate (25) na posição liberada ser inclinado por uma mola de retorno de engate (27), na direção da posição de contenção.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por adicionalmente compreender a etapa de energizar o acionador de disparo (20) utilizando um solenóide ou um elemento de liga de formato de memória (30).

11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado

por adicionalmente compreender a etapa de testar a funcionalidade do desligamento de emergência por meio de:

- acionar o acionador de válvula por um motor em uma primeira direção, dentro de uma posição de operação de estado uniforme, contrário à da força do dispositivo de força comprimida; e

- retornar o atuador na posição de operação de estado uniforme por meio da força do da força do dispositivo de força comprimida.

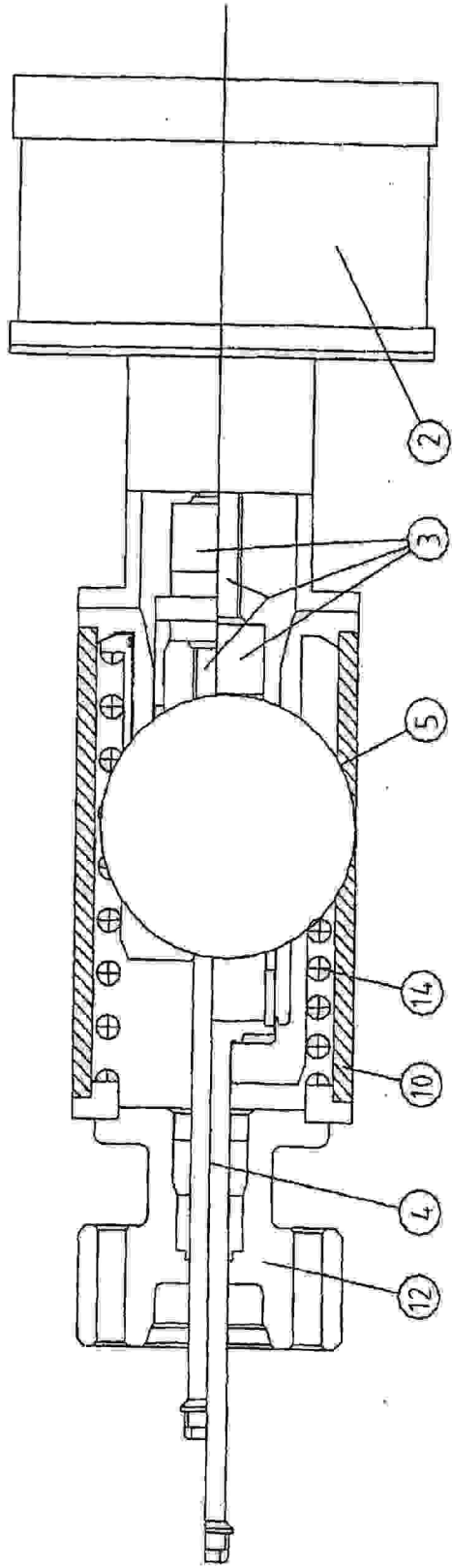
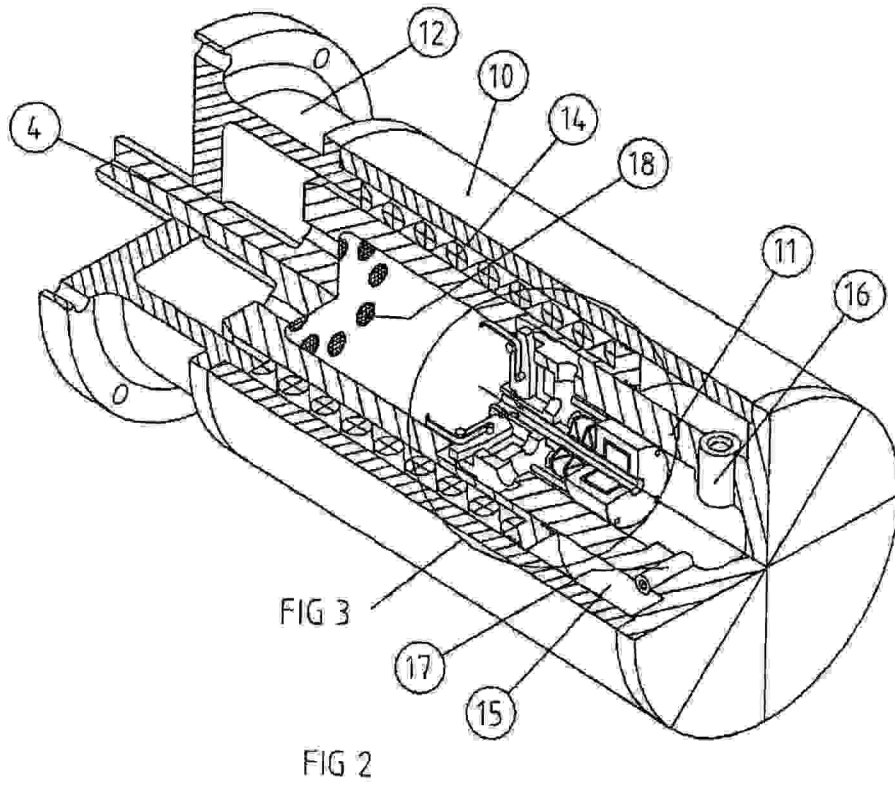


FIG 1



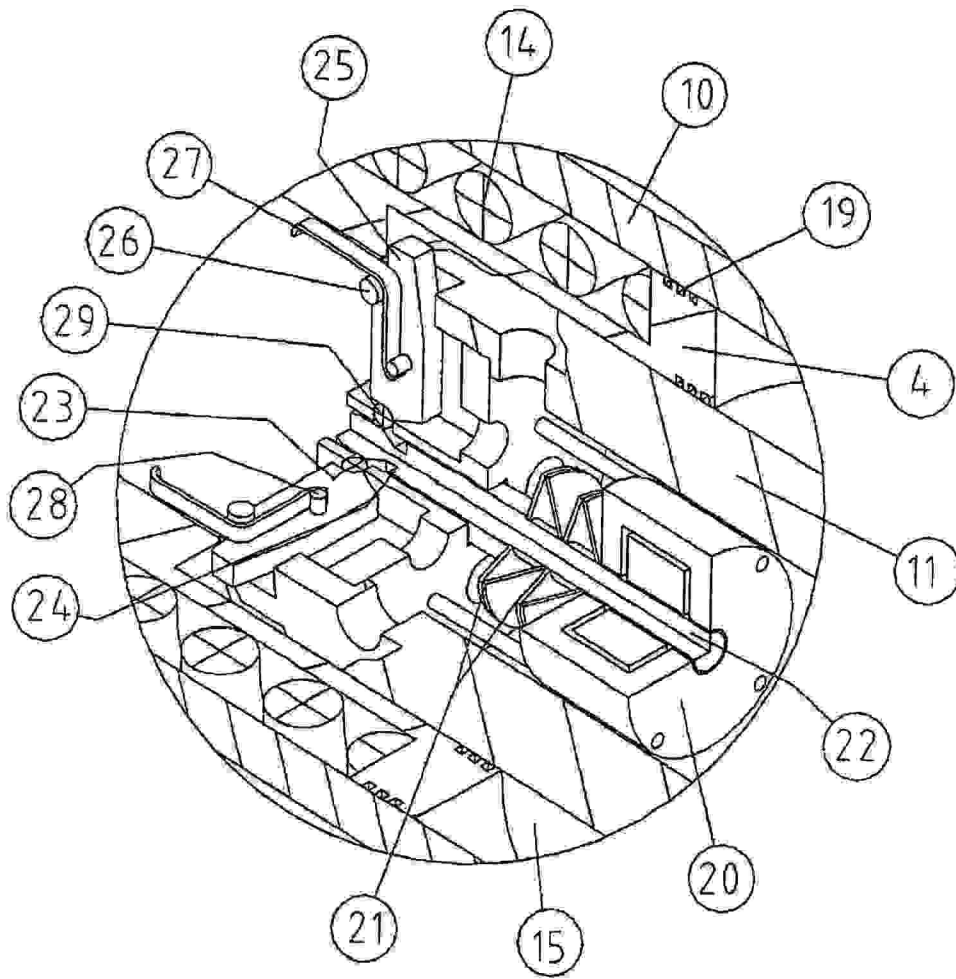


FIG 3

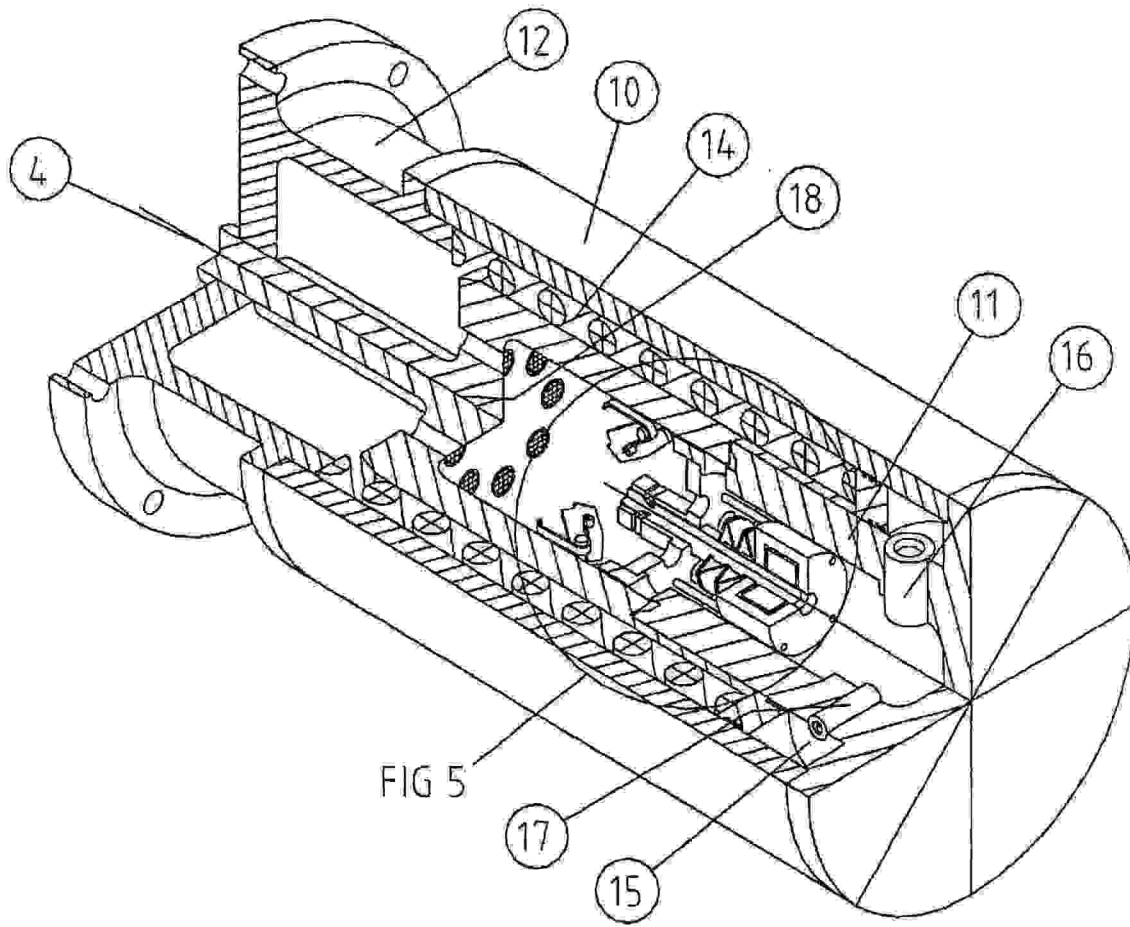


FIG 5

FIG 4

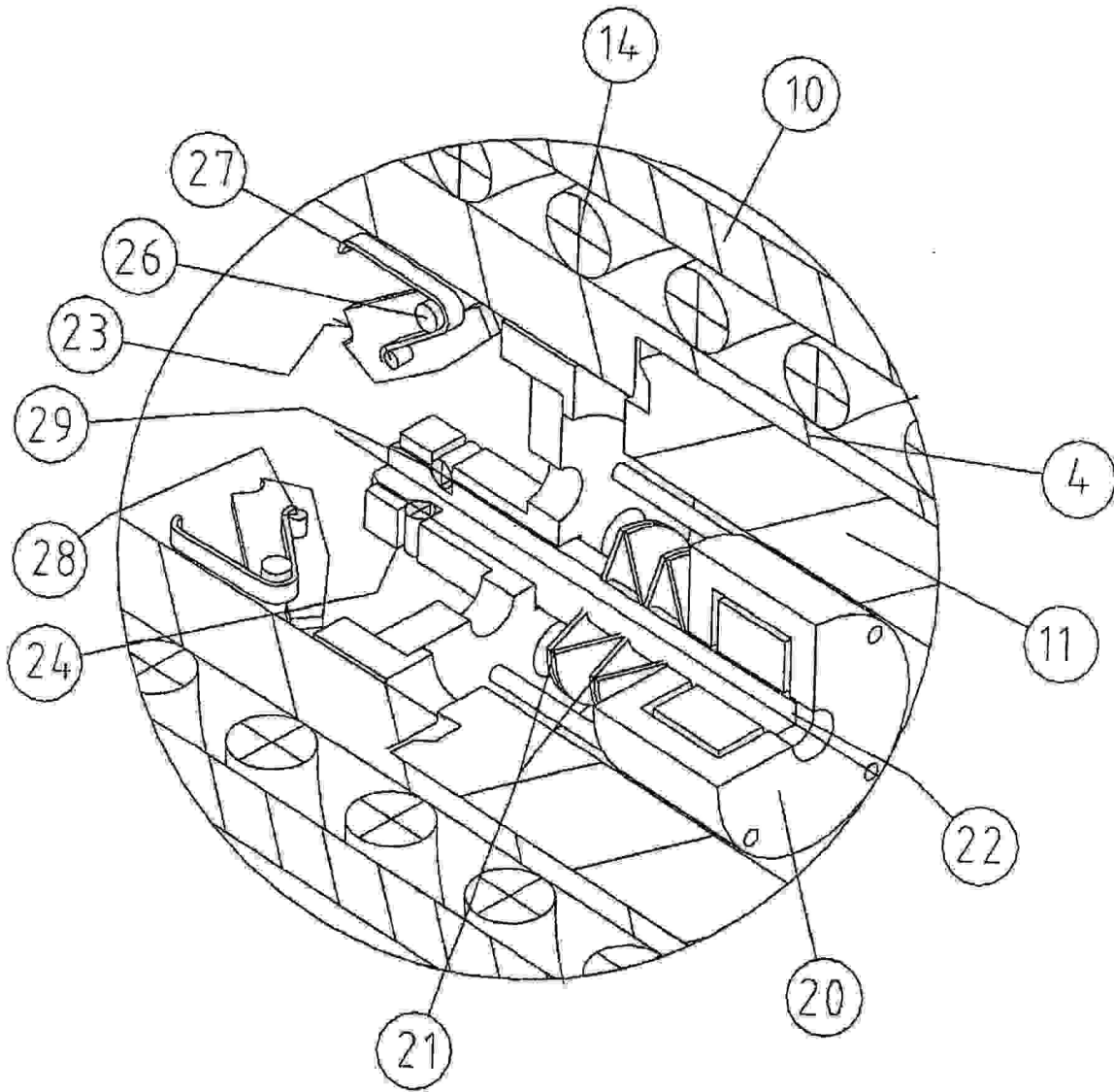


FIG 5

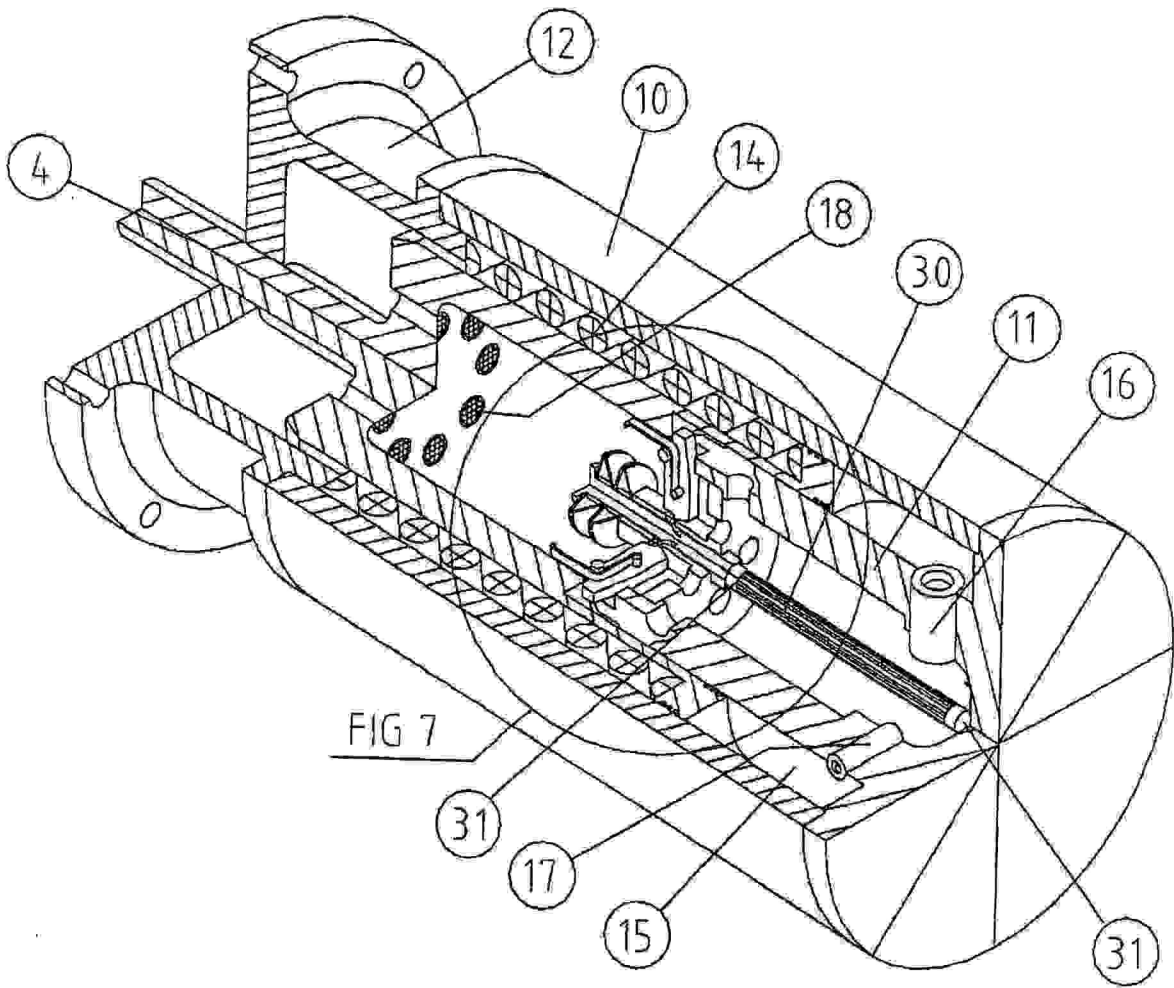


FIG 6

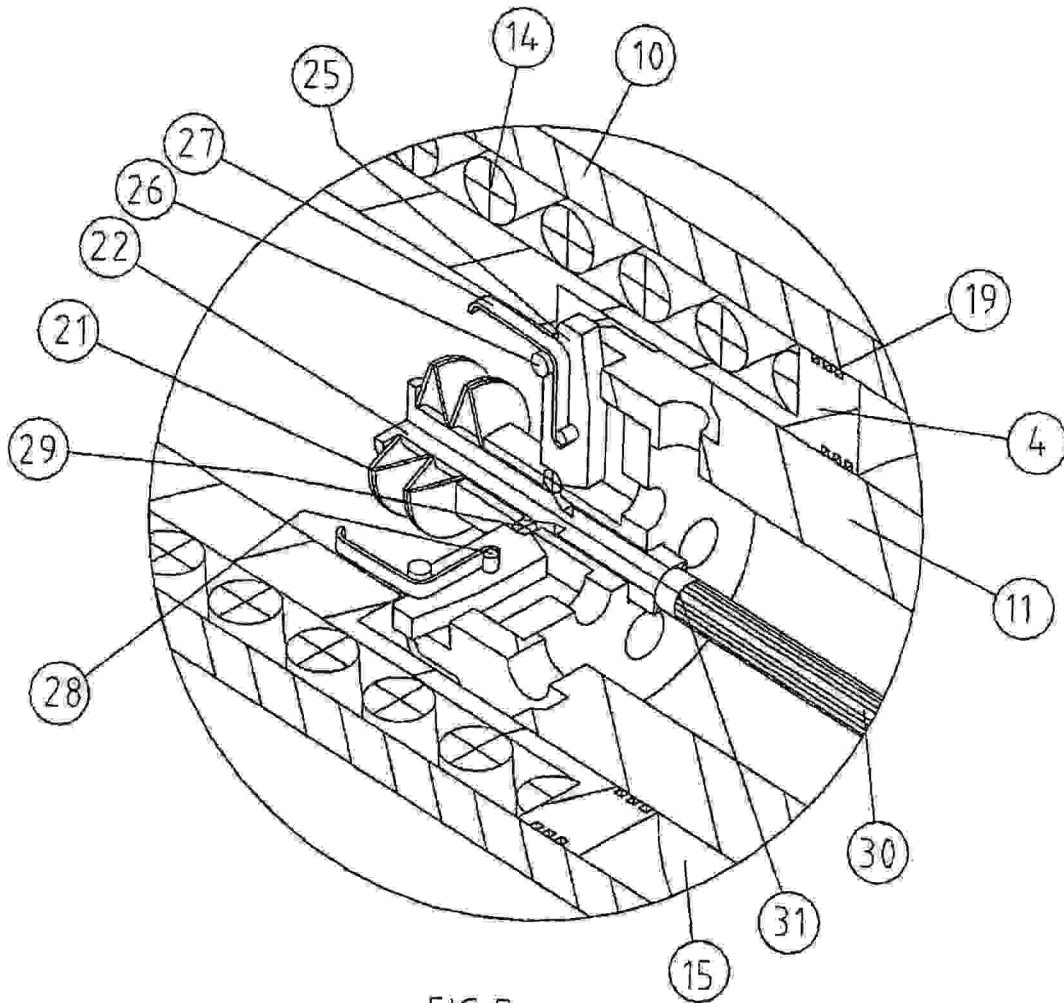


FIG 7



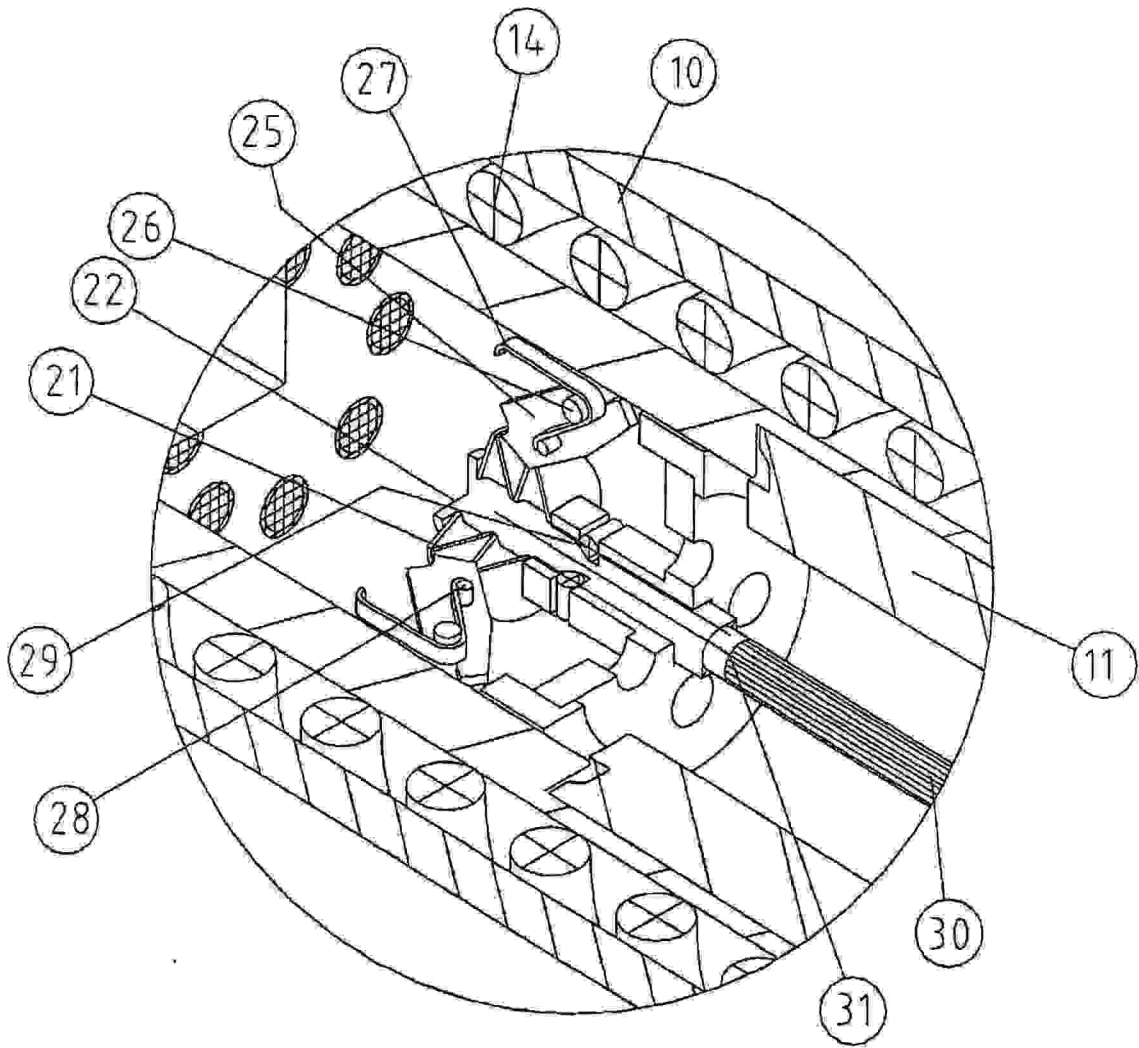


FIG 9