



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

(21) PI 0719767-5 A2



(22) Data de Depósito: 01/10/2007
(43) Data da Publicação: 28/01/2014
(RPI 2247)

(51) Int.Cl.:
G05D 16/18
F15B 13/16

(54) Título: CONTROLADOR PNEUMÁTICO, E,
DISPOSITIVO DOSIFICADOR DE REALIMENTAÇÃO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 10/09/2007 US 11/852797,
02/10/2006 US 60/827823

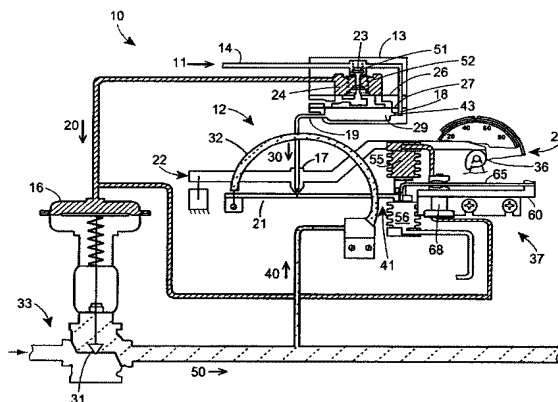
(73) Titular(es): Fisher Controls International LLC

(72) Inventor(es): Alexander C. Pesek

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2007080107 de
01/10/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/042862de
10/04/2008



“CONTROLADOR PNEUMÁTICO, E, DISPOSITIVO DOSIFICADOR DE REALIMENTAÇÃO”

PEDIDOS RELACIONADOS

5 Esta invenção reivindica prioridade como uma continuação em parte do pedido U.S. número de série 11/852.786, depositado em 10 de setembro de 2007, e esta invenção reivindica o benefício de prioridade do pedido de patente provisório U.S. número de série 60/827.823, depositado em 2 de outubro de 2006, cujos conteúdos individuais nas íntegras estão por meio desta incorporados pela referência.

10 CAMPO DA INVENÇÃO

Esta revelação diz respeito no geral a controladores pneumáticos e, mais particularmente, a uma melhoria de controladores pneumáticos usados em aplicações de controle de processo que exigem consumo de fluido de alimentação muito baixo.

15 FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Sistemas de controle de processo tipicamente usam um fluido de alimentação, tal como ar ou gás comprimido, para operar componentes de controle de processo pneumático no sistema de controle de processo. Em locais remotos, são também conhecidos sistemas de controle de processo que
20 usam o meio de processo que está sendo controlado para operar os componentes do sistema de controle, tais como instrumentos ou controladores pneumáticos e atuadores de válvula de controle. Em muitas aplicações de processo, uma parte do fluido de alimentação pneumático usado para operar o sistema de controle pode ser consumida durante a operação (isto é, o gás de
25 alimentação é exausto durante operação e não é capturado ou reciclado). Por exemplo, é de conhecimento geral que controladores pneumáticos de circuito fechado geralmente usam uma válvula de banda proporcional para ajustar um sinal de realimentação em um servocircuito do controlador pneumático. A maioria das válvulas de banda proporcional é implementada como uma

válvula pré-ajustável de três vias ou um divisor de pressão de duas vias que libera ou exaure uma porção do fluido de alimentação para a atmosfera.

A quantidade de fluido ou gás de alimentação usada para operar um controlador pneumático pode ser dividida em duas categorias:

5 fluido de alimentação necessário para operar os dispositivos de controle pneumático tal como uma válvula de controle e fluido de alimentação consumido ou gasto para operar o controlador pneumático. Por exemplo, em sistemas onde é necessário controle de pressão, um circuito de controle que inclui uma válvula de controle e um controlador pneumático pode ser usado.

10 Para um circuito de controle como este, gás de alimentação é usado para atuar ou mover a válvula de controle e é consumido durante operação do controlador pneumático para gerar o sinal de controle pneumático para atuar a válvula de controle. Qualquer elemento no circuito de controle de processo que exaure o fluido de alimentação para a atmosfera essencialmente gasta
15 fluido de alimentação na exaustão. Em algumas aplicações de controle de processo, quantidades significativas de fluido de alimentação são perdidas. Como um exemplo, uma válvula de banda proporcional pode exaurir até oitenta por cento do gás de alimentação usado para operar o controlador.

Dependendo do processo que está sendo controlado, a
20 exaustão de gases de alimentação pode ser problemática e cara em certos casos, tal como na indústria de gás natural, onde o gás natural é usado como um fluido de alimentação. Assim, a perda de fluidos de alto valor como gás natural pode prover motivação econômica significativa aos operadores para limitar o consumo do fluido de alimentação. Adicionalmente, o impacto
25 ambiental de vazamento de fluido de alimentação e das multas regulatórias potenciais por exceder limites para certos tipos de exaustões ou emissões criam incentivos adicionais para limitar o consumo do instrumento pneumático. Mesmo em locais não remotos onde ar comprimido é usado como um gás de alimentação, a exaustão de ar comprimido de inúmeros

controladores pode aumentar o custo operacional e/ou o tamanho do compressor necessário para alimentar o ar comprimido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um exemplo, é provido um controlador pneumático para controlar um processo compreendendo um estágio de controle pneumático que fornece um sinal de controle de processo a um elemento de controle, um conjunto de realimentação pneumático que fornece um sinal de controle de realimentação representativo do processo ao estágio de controle pneumático, em que o sinal de controle de realimentação modifica o sinal de controle de processo e um dispositivo dosificador de realimentação conectado no conjunto de realimentação pneumático para fornecer um ajuste ao sinal de controle de realimentação.

De acordo com um outro exemplo, um dispositivo dosificador de realimentação para um controlador de processo pneumático que fornece um sinal de realimentação representativo de um sinal de controle e um conjunto em cantiléver que fornece um ajuste predeterminado do sinal de realimentação. O conjunto em cantiléver reduz substancialmente o consumo de fluido de alimentação do controlador de processo pneumático.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

Os recursos desta invenção que acredita-se ser inéditos são apresentados com particularidade nas reivindicações anexas. A invenção pode ser mais bem entendida pela referência à descrição seguinte considerada em conjunto com os desenhos anexos, em que números de referência iguais identificam elementos iguais nas diversas figuras, em que:

A figura 1 é uma representação gráfica de um controlador pneumático exemplar compreendendo um ajuste de realimentação em cantiléver;

A figura 2 é uma vista expandida de um ajuste de realimentação em cantiléver;

A figura 3 é uma representação gráfica de um ajustador de came excêntrico para um controlador pneumático;

5 A figura 4A é uma vista em perspectiva de um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão de exemplo para um controlador pneumático;

A figura 4B é uma vista lateral de uma cremalheira externa de um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão de exemplo;

A figura 4C é uma vista de extremidade seccional transversal de um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão de exemplo;

10 A figura 5 é uma vista de topo de um cantiléver de um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão de exemplo.

DESCRIÇÃO DETALHADA

O controlador pneumático de exemplo usa um elemento de realimentação mecânico para ajustar ou proporcionar um sinal de
15 realimentação em um circuito de controle servo para reduzir substancialmente o consumo de fluido durante a operação. Com referência à figura 1, está descrito um controlador pneumático de exemplo 10. O controlador pneumático 10 compreende um estágio de controle pneumático 13, um conjunto de realimentação 12, e um dispositivo de realimentação proporcional
20 37. Em uma modalidade, o estágio de controle pneumático compreende um relé 13. O conjunto de realimentação 12 inclui um conjunto de tubo Bourdon 32 e um conjunto de bocal-palheta 22, que inclui uma válvula do bocal 17 e uma haste-palheta de soma 21. Para operar o controlador 10, um fluido de alimentação 11, tal como gás natural, é conectado a uma entrada 14 do relé
25 13. O relé 13 fornece um estágio de controle pneumático para acionar um atuador da válvula de controle 16 com uma pressão de controle 20 para posicionar um elemento de controle de fluxo 31 em uma válvula de controle 33 que controla um fluxo de processo 50 através da válvula de controle 33. A pressão de controle 20 usada para atuar o atuador da válvula de controle 16 é

derivada de uma pressão associada com o fluido de alimentação 11 conectado no relé 13 e é determinada, em parte, por um sinal de controle pneumático gerado pelo conjunto bocal-palheta 22.

Na partida do controlador pneumático 10, uma válvula de relé interna 23 no relé 13 abre e o fluido de alimentação 11 escoar através de uma câmara do relé 24 e uma câmara de controle 29 dentro do relé 13 para constituir a pressão de controle 20 no atuador 16. Como mostrado na figura 2, uma restrição pneumática 43 em uma entrada 18 da câmara de controle 29 cria um atraso ou retardo durante a pressurização da câmara do relé 24 e da câmara de controle 29 para prover fluxo de fluido ao atuador 16 até que um equilíbrio de forças predeterminado ou operacional através do relé 13 seja conseguido, como descrito aqui. Durante operação, a pressão de controle 20 resulta da modulação de uma pressão do bocal 30 pelo conjunto bocal-palheta 22 conectado a uma entrada de controle 19 do relé 13 por meio de uma ação de derivação de pressão. Ou seja, a válvula de relé opera através de um equilíbrio de força basicamente estabelecido pela pressão do fluido de alimentação 11 que age em uma razão de área de um diafragma superior 26 e um diafragma de carregamento 27 no relé 13 com uma força de mola de solicitação adicional gerada por uma mola de entrada 51 e uma mola da câmara do relé 52. Controlando-se a pressão do bocal 30 que age no diafragma de carregamento 27, uma força suplementar diretamente relacionada com a pressão do bocal 30 controla a posição da válvula do relé 23 e, portanto, a pressão de controle 20 do atuador 16.

A ação de derivação do conjunto bocal-palheta 22 previamente descrita resulta da posição relativa da haste-palheta de soma 21 com relação à válvula do bocal 17. As mudanças na posição relativa no conjunto bocal-palheta 22 criam uma restrição de fluido variável que causa mudanças correspondentes na pressão do bocal 30. Mais especificamente, a posição relativa da válvula do bocal 17 com relação à haste-palheta de soma 21 é

determinada, em parte, por uma pressão de processo 40 relacionada ao fluxo de fluido de processo à jusante 50. Para sentir ou detectar a pressão de processo 40, o conjunto de tubo Bourdon 32 é diretamente conectado no fluxo de fluido de processo à jusante 50. À medida que o conjunto de tubo Bourdon 32 é pressurizado, ele expandirá ou contrairá em correspondência a mudanças na pressão de processo 40. Dessa maneira, deve-se perceber que um aumento na pressão de processo 40 causa uma expansão do conjunto de tubo Bourdon 32, movendo subsequentemente a haste-palheta de soma 21, a partir da extremidade esquerda designada por A, resultando nem movimento em direção à válvula do bocal 17, aumentando eficazmente uma restrição na válvula do bocal 17, para aumentar a pressão no diafragma de carregamento 27 no relé 13, que subsequentemente abre a válvula de relé 23, criando um aumento na pressão de controle 20 no atuador 16. Similarmente, uma redução na pressão de processo 40 permite que o conjunto de tubo Bourdon 32 contraia, que move a haste-palheta de soma 21 para fora da válvula do bocal 17, reduzindo assim a restrição apresentada pelo conjunto bocal-palheta 22 e a pressão de fluido no diafragma de carregamento 27, fazendo com que a pressão de controle 20 no atuador 16 diminua. No controlador pneumático de exemplo 10, o conjunto de tubo Bourdon 32 é usado como um detector ou elemento de realimentação do processo, mas versados na técnica percebem que outros elementos de realimentação tal como um conjunto de foles pode também ser usado.

Para mudar o ponto de controle da válvula de controle 33, o controlador pneumático 10 fornece um dispositivo de ajuste 25 conectado no conjunto bocal-palheta 22 para estabelecer uma derivação de pressão fixa ou mínima no conjunto bocal-palheta 22. Ou seja, um ponto de ajuste do controlador pneumático 10 é estabelecido ajustando-se a posição absoluta da válvula do bocal 17 em relação à haste-palheta de soma 21. No controlador pneumático de exemplo 10, um dispositivo de alavanca excêntrica 36 move a

válvula do bocal 17 em relação à haste-palhetas de soma 21 para prover uma derivação ou "sangria" predeterminada previamente descrita através da válvula do bocal 17. Estabelecendo-se este shunt predeterminado, a pressão do bocal 30 fornece uma força predeterminada no diafragma de carregamento 27 para fixar de modo geral a pressão de controle 20 do atuador 16. Sabe-se também no geral que perturbações no processo (isto é, forças de golpeio na válvula ou mudanças na demanda de fluxo à jusante da válvula) podem causar desvios na posição do elemento de controle 31 que afetarão o controle de processo (isto é, o controle de circuito aberto usando somente o controle do ponto de ajuste supramencionado é insuficiente para controlar o processo). Para minimizar que tais perturbações afetem o processo, controladores de processo fornecem um dispositivo para uma realimentação negativa ajustável em uma estratégia de controle de circuito fechado.

Controladores pneumáticos convencionais geralmente usam uma válvula de banda proporcional conectada entre a pressão de controle e a atmosfera para proporcionar ou ajustar de forma proporcional a realimentação de pressão através de foles de realimentação ou proporcionais (isto é, um dispositivo de realimentação negativo ajustável). Controladores pneumáticos convencionais usam a válvula de banda proporcional como um divisor de pressão para desenvolver pressão de realimentação nos foles de banda proporcional com base em uma porcentagem da pressão de saída do controlador. Entende-se no geral que mudança do ajuste da válvula de banda proporcional fornece uma porcentagem diferente de pressão de realimentação relativa à pressão de saída aplicada e finalmente resulta em um ganho proporcional diferente para o controlador. O ajuste de banda proporcional no controlador é usado para fazer ajuste fino na resposta de um circuito de processo em resposta a mudanças de ponto de ajuste e recalques de carga que ocorrem no processo, mas a válvula de banda proporcional exaure continuamente o fluido de alimentação para a atmosfera que em geral perde

grandes quantidades de fluido de alimentação.

O controlador pneumático de exemplo 10 reduz seu consumo, substituindo a válvula de banda proporcional por um mecanismo de realimentação em cantiléver 60 que fornece um ajuste de banda proporcional sem a sangria associada com a válvula de banda proporcional. Como
5 mostrado nas figuras 1 e 2, um conjunto de foles proporcional 41 é conectado pneumaticamente na pressão de controle 20 e mecanicamente anexado na haste-palheta de soma 21 como um detector de sinal de controle de processo. O conjunto de foles proporcional 41 compreende um fole superior 55 e um
10 fole inferior 56. O fole superior 55 é conectado na pressão de controle 20. O fole inferior 56 é ventilado para a atmosfera. Como tal, o conjunto de foles proporcional 41 pode detectar e responder a mudanças na pressão de controle 20 para prover uma força de realimentação através da haste-palheta de soma 21 para contrabalançar mudanças de pressão na válvula do bocal 17 e
15 equalizar um diferencial de força que existe através do relé 13. Durante operação, mudanças na pressão de controle 20 são alimentadas no conjunto de foles proporcional 41, que causa uma expansão ou contração correspondente do fole superior 55 que confere uma força de realimentação, relativa à extremidade direita B da haste-palheta de soma 21 para contrabalançar as
20 forças da válvula do bocal resultantes de aumentos ou reduções na pressão do bocal 30.

Para prover "ajuste fino" ou otimização da resposta do controlador pneumático, o mecanismo de realimentação em cantiléver 60 fornece um ajuste de banda proporcional. O ajuste de banda proporcional é
25 baseado em uma redução, ou divisão, do movimento conferido à haste-palheta de soma 21 através do conjunto de foles proporcional 41 em decorrência de uma dada mudança na pressão de processo 40. Deve-se perceber que, para uma dada mudança na pressão do processo 40, o fole superior 55 do conjunto de foles proporcional 41 desloca a extremidade do mecanismo de

realimentação em cantiléver 60 em uma quantidade que é diretamente proporcional à área eficaz do conjunto de foles proporcional 41 e indiretamente proporcional a uma constante de mola ou rigidez resultante do mecanismo de realimentação em cantiléver 60 em combinação com uma
5 rigidez no conjunto de foles proporcional 41.

O mecanismo de realimentação em cantiléver 60 fornece um ajuste de banda proporcional, mudando o comprimento eficaz e, portanto, a constante da mola, de um cantiléver 65. Ou seja, o comprimento eficaz do cantiléver 65 é ajustado movendo-se um ajustador de banda proporcional 68
10 para uma posição diferente. Como mostrado nas figuras 1 e 2, o ajustador de banda proporcional 68 é um dispositivo de fixação arranjado para deslizar ao longo do cantiléver 65 e pode ser preso por qualquer dispositivo conhecido no geral na tecnologia tal como um prendedor rotativo (isto é, um arranjo de parafuso de orelha). Versados na técnica devem perceber que vários arranjos
15 do cantiléver 65 e do ajustador de banda proporcional 68 podem ser usados para alinhar os dois componentes. Por exemplo, uma fenda que corta o comprimento do cantiléver 65 pode acomodar um prendedor do ajustador de banda proporcional 68 ou o ajustador de banda proporcional 68 pode incorporar um recesso (não mostrado) que "acavala" o cantiléver para manter
20 o alinhamento sem fugir do espírito e escopo do dispositivo de ajuste de realimentação de exemplo.

No ajuste fino da realimentação do controlador pneumático 10, a relocação do ajustador de banda proporcional 68 faz com que a rigidez do cantiléver 65 mude à medida que o comprimento da porção flexível do
25 cantiléver 65 muda. Assim, a combinação da pressão de processo que age no conjunto de foles proporcional 41 e a rigidez suprida pelo cantiléver 65 resulta em um deslocamento ajustável conferido à haste-palhetas de soma 21 para controlar a pressão de controle 20 do atuador 16. Por exemplo, mover o ajustador de banda proporcional 68 para a direita com referência à figura 2

reduz a rigidez do cantiléver 65 e resulta em mais deslocamento da haste-palheteta de soma 21, resultante de uma mudança na pressão no conjunto de foles proporcional 41. Além da modificação de deslocamento por causa da mudança supradescrita na posição do ajustador de banda proporcional 68, amplificação adicional pode ocorrer para alterar o efeito da rigidez do cantiléver (isto é, tanto o fole superior quanto inferior 55 e 56 têm uma constante de mola associada que opera em combinação com a rigidez do cantiléver 65).

Por exemplo, à medida que o ajustador de banda proporcional 68 é posicionado para a direita, o comprimento eficaz do cantiléver 65 é aumentado. À medida que o comprimento eficaz do cantiléver 65 é aumentado, a maior parte do deslocamento do conjunto de foles proporcional 41 é transferida diretamente para a haste-palheteta de soma 21, produzindo um efeito multiplicativo na rigidez do cantiléver 65. Esta crescente realimentação não pode ser diretamente proporcional ao comprimento do cantiléver 65. De fato, este efeito multiplicativo pode ser aproximadamente logarítmico com relação à mudança na posição do ajustador de banda proporcional 68 e a constante de mola inerente do conjunto de foles proporcional 41 que pode exercer uma força adicional relacionada com o comprimento de deslocamento do fole superior 55. Uma relação logarítmica pode ser desejável na aplicação do controlador, já que melhora a sensibilidade ao ajuste fino do ajuste de ganho proporcional quando a banda proporcional fica grande (isto é, a sensibilidade de suprimento de realimentação é aumentada). Versados na técnica podem também perceber que vários arranjos de cantiléver podem prover outras relações de deslocamento/constante de mola, tal como um arranjo de "mola de folhas" ou uma espessura ou largura variável do cantiléver.

Para mudar o sinal de realimentação em operação, o ajustador 68 move-se ao longo do comprimento do cantiléver 65. Como previamente

descrito, se o ajustador de banda proporcional 68 mover-se sempre para a direita do cantiléver 65 na figura 2, toda a mudança de pressão de controle 20 é realimentada no conjunto de foles proporcional 41. Assim, à medida que a pressão de controle 20 aumenta, o conjunto de foles proporcional 41 expande e move a haste-palhetas de soma 21 para fora do bocal 17 para comandar uma diminuição na pressão de controle 20 a partir do relé 13. Similarmente, quando o ajustador de banda proporcional 68 move-se sempre para a esquerda do cantiléver 65, a rigidez combinada do mecanismo de realimentação em cantiléver 60 e o conjunto de foles proporcional 41 pode resistir à pressão de processo 40, diminuindo assim o deslocamento da haste-palhetas de soma 21 do bocal. Este movimento aumenta a resistência do bocal, aumentando assim a pressão no diafragma de carregamento 27, aumentando subsequentemente a pressão de controle 20. Em decorrência disto, o controlador pneumático de exemplo 10 fornece um ajuste de banda proporcional sem exaurir fluido de alimentação para a atmosfera em volta.

O controlador pneumático de exemplo 10 pode também prover um dispositivo alternativo para prender o ajustador de banda proporcional 68 no cantiléver 65. A figura 3 mostra um arranjo de fixação para prender um ajustador de banda proporcional no cantiléver 65 sem que um prendedor rotacional seja preso diretamente no cantiléver 65. No conjunto de alavanca de trava 168, um componente de mola 185, tal como uma mola Belleville, fornece uma resiliência mecânica durante uma ação de came para impedir distorção do cantiléver 65 ou alongar permanentemente o eixo 181. Similar ao ajustador de banda proporcional previamente descrito, o conjunto de alavanca de trava de exemplo 168 é posicionado ao longo do cantiléver na posição desejada. Uma alavanca de trava 180 gira em torno de um pino 182 em um grampo de ajuste 187 deslocado do eixo central, Z, da alavanca de trava 180. À medida que a alavanca de trava 180 engata o grampo 187 pela rotação no sentido horário, um eixo de ajuste 181 é puxado em direção ao cantiléver 65,

comprimindo assim a mola 185, para prover uma carga solicitada/resiliente da mola no cantiléver 65 que prende o conjunto da alavanca de trava 168 na posição desejada. Adicionalmente, um par de espaçadores 191 e 192 pode ser provido para evitar danos no cantiléver 65 e prover alinhamento durante o engate do grampo de ajuste 187. Para prover um dispositivo para justar a carga da mola Belleville, uma porca de ajuste 184 pode ser anexada de forma rosqueada no eixo 181 para controlar a profundidade de compressão do conjunto de alavanca de trava 168. Versados na técnica podem perceber que outros dispositivos resilientes que poderiam também ser usados para prover a duração do alongamento momentâneo da ação de came tal como uma mola espiral ou um polímero.

Em uma outra modalidade, o controlador pneumático de exemplo 10 supradescrito pode fornecer um meio alternativo para ajustar a banda proporcional. As figuras 4A, 4B e 4C ilustram um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 que pode ser usado para ajustar a realimentação proporcional do controlador pneumático 10. Mais particularmente, a figura 4A mostra uma vista em perspectiva de uma modalidade de um mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 acoplado a um conjunto de foles 241. O mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 compreende uma barra de ajuste de ganho 262, uma cremalheira interna e externa 265, 267, um conjunto de pinhão de roletes 260, e um conjunto de mola de solicitação 272. A barra de ajuste de ganho 262 inclui uma porção de solicitação 268 que tem uma seção transversal com forma geral de T e uma porção de roletes 269 que tem uma seção transversal retangular. As cremalheiras interna e externa 265, 267 podem ser anexadas na barra de ajuste de ganho 262 por vários métodos conhecidos pelos versados na técnica, tais como um prendedor, soldagem, brasagem, um adesivo ou fundição como uma peça única unificada. A porção de solicitação em forma de T 268 fornece uma saliência de montagem 268a para um cantiléver 275.

Uma superfície plana 269a da porção de roletes 269 fornece uma superfície de ajuste para o conjunto de pinhão de roletes 260.

Para prover ajuste da realimentação proporcional do conjunto de foles 241, uma primeira extremidade 280 do cantiléver 275 pode ser
5 operativamente acoplada entre os foles superior e inferior 242, 243 do conjunto de foles 241, e uma segunda extremidade 282 do cantiléver pode ser operativamente acoplada na porção de solicitação 268 da barra de ajuste de ganho 262. O conjunto de mola de solicitação 272 compreende uma mola de solicitação 290 e um retentor da mola de solicitação 292, e anexa na porção
10 de solicitação 268 para fixar a segunda extremidade 282 do cantiléver 275 na barra de ajuste de ganho 262.

O conjunto de pinhão de roletes 260 fica posicionado entre a porção de roletes 269 e a barra de ajuste de ganho e o cantiléver 275. Como mostrado na figura 4C, o conjunto de pinhão de roletes 260 inclui um rolete
15 298, engrenagens do pinhão interna e externa 300, 302, e um botão de ajuste 310. As engrenagens do pinhão interna e externa 300, 302 são conectadas no rolete 298 e correm ao longo de engrenagens de cremalheira 304a, 304b formadas com as cremalheiras interna e externa 265, 267, e que posicionam o rolete 298 ao longo da porção de roletes 269 da barra de ajuste de ganho 262.
20 Como mostrado na figura 4B, uma mola de folhas 312 pode ser anexada integralmente entre a cremalheira externa 267 e a engrenagem do pinhão externa 302. A mola de folhas 312 fornece uma força de solicitação entre a cremalheira externa 267 e a engrenagem do pinhão externa 302 para criar engate positivo entre eles. A mola de folha 312 pode ter uma constante de
25 mola preferivelmente de 12 lb/in (2,14 kg/cm).

Como mostrado na figura 4C, a porção de solicitação em forma de T 268 da barra de ajuste de ganho 262 fornece um recesso de folga 278, 279 para receber as engrenagens do pinhão 300, 302 do conjunto de pinhão de roletes 260 sem interferência. Versados na técnica devem perceber

que as engrenagens do pinhão interna e externa 300, 302 e as engrenagens da cremalheira 304a, 304b formadas com as cremalheiras interna e externa 265, 267 são preferivelmente alinhadas e que o conjunto de mola de solicitação 272 carrega o cantiléver 275 contra o rolete 298 durante operação. Deve-se
5 perceber adicionalmente que a posição relativa do rolete 298 com relação ao conjunto de mola de solicitação 292 determina o comprimento eficaz do cantiléver 275, e portanto a força de realimentação exercida no conjunto de foles 241.

Como previamente descrito, o ajuste de banda proporcional é
10 baseado em uma redução, ou divisão, do movimento conferido à haste-palheta de soma através do conjunto de foles proporcional em decorrência de uma dada mudança na pressão de processo. Deve-se perceber que, para uma dada mudança na pressão do processo, o fole superior do conjunto de foles proporcional desloca a extremidade do mecanismo de realimentação em uma
15 quantidade que é diretamente proporcional à área eficaz do conjunto de foles proporcional e indiretamente proporcional à constante ou rigidez da mola resultante do mecanismo de realimentação em combinação com uma rigidez no conjunto de foles proporcional.

O mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240
20 fornece um ajuste de banda proporcional, mudando o comprimento eficaz e, portanto, a constante da mola, do cantiléver 275. Ou seja, o comprimento eficaz do cantiléver 275 é ajustado movendo-se o rolete 298 para uma posição diferente. Versados na técnica percebem que a posição do conjunto de pinhão de rolete 260 muda um ponto de flexão do cantiléver 275, mudando seu
25 comprimento eficaz, fazendo assim com que a rigidez do cantiléver 275 mude à medida que o comprimento da porção flexível do cantiléver 275 muda. Assim, a combinação da pressão de processo que age no conjunto de foles proporcional 241 e na rigidez suprida pelo cantiléver 275 resulta em um deslocamento ajustável conferido à haste-palheta de soma 21 (figura 1) para

controlar a pressão de controle 20 (figura 1) no atuador 16 (figura 1).

Por exemplo, a rotação do botão de ajuste de ganho 310 no sentido horário move o rolete para a direita com referência à figura 4A, reduzindo assim a rigidez do cantiléver 275 e resultando em mais deslocamento da haste-palhetas de soma 21 a partir de uma mudança de pressão no conjunto de foles proporcional 241. Além da modificação do deslocamento por causa da mudança supradescrita na posição do rolete 298, amplificação adicional pode ocorrer para alterar o efeito da rigidez do cantiléver 275 (isto é, tanto o fole superior quanto inferior 242 e 243 têm uma constante de mola associada que opera em combinação com a rigidez do cantiléver 275).

Similar às modalidades anteriores, à medida que o comprimento eficaz do cantiléver 275 aumenta, a maior parte do deslocamento do conjunto de foles proporcional 241 é transferida diretamente para a haste-palhetas de soma 21 (figura 1), produzindo um efeito multiplicativo na rigidez do cantiléver 275. Esta crescente realimentação pode não ser diretamente proporcional ao comprimento do cantiléver 275. De fato, versados na técnica devem perceber que este efeito multiplicativo pode ser aproximadamente logarítmico com relação à mudança na posição do rolete 298 e a constante da mola inerente do conjunto de foles proporcional 214 que pode exercer uma força adicional relacionada ao comprimento de deslocamento do fole superior 242. Uma relação logarítmica pode ser desejável na aplicação do controlador, já que melhora a sensibilidade de ajuste fino do ajuste de ganho proporcional quando a banda proporcional fica grande (isto é, a sensibilidade de suprimento de realimentação é aumentada).

Similarmente, quando o rolete 298 rotacionado no sentido anti-horário move por completo para a esquerda do cantiléver 275, a rigidez combinada do mecanismo de realimentação em cantiléver 240 e do conjunto de foles proporcional 241 pode resistir à pressão do processo 40 (figura 1),

diminuindo assim o deslocamento da haste-palhetas de soma 21 (figura 1) do bocal. Adicionalmente, quando o rolete 298 move-se sempre para a esquerda do mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 representado na figura 4A, o cantiléver 275 pode transferir movimento para a haste-palhetas de soma 21 na direção oposta da força aplicada pelo conjunto de foles 241. Um exemplo de um cantiléver 375 está ilustrado com detalhes na figura 5.

O cantiléver 375 tem uma estrutura aninhada com uma forma de Y com uma primeira extremidade 375a e uma segunda extremidade 375b. A primeira extremidade 375a inclui uma abertura 384 para receber o conjunto de mola de solicitação 272 e que é conectado na barra de ajuste de ganho 262, representado na figura 4A, por exemplo. A segunda extremidade 375b inclui uma porção em Y interna 380 que pode ser conectada operativamente na haste-palhetas de soma 21 do controlador pneumático 10 (figura 1) e uma porção em Y externa 385 que pode ser acoplada operativamente no conjunto de foles 41 (figura 1). Quando o rolete 298 cruza um eixo do cantiléver 375, que é identificado pelo caractere de referência "A" na figura 5, a porção Y interna 380 que é suportada pelo rolete 298 pode mover-se em oposição à porção Y externa 385 que é atuada pelo conjunto de foles 41, que conseqüentemente fornece realimentação positiva no circuito de controle. Esta realimentação positiva aumentará o ganho estático do controlador a um valor maior que seu ganho com caminho direto, que fornece maior sensibilidade no circuito de controle e maior sensibilidade integral em controladores proporcionais-integrais.

Embora tenha sido mostrado e descrito o que são atualmente consideradas as modalidades preferidas da presente invenção, fica óbvio aos versados na técnica que várias mudanças e modificações podem ser feitas nela sem fugir do escopo da invenção, definido pelas reivindicações anexas. Por exemplo, deve-se também perceber que o mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 é posicionalmente independente. Ou seja, o

conjunto de pinhão de roletes 260 representado na figura 4A ilustra o cantiléver 275 orientado no lado de baixo da barra de ajuste de ganho 262 com referência ao controlador pneumático de exemplo 10 da figura 1. Esta orientação pode ser apropriada para uma configuração de ação direta do controlador pneumático de exemplo 10. Para uma configuração de ação inversa, o mecanismo de realimentação de cremalheira e pinhão 240 pode ser rotacionado em torno de um eixo geométrico longitudinal definido pelo comprimento da barra de ajuste de ganho 262 para colocar o cantiléver 275 no lado superior do conjunto de pinhão de roletes 260 e que também troca a cremalheira externa 267 pela cremalheira interna 265. Embora certos aparelhos, métodos e artigos de fabricação tenham sido aqui descritos, o escopo de cobertura desta patente não está limitado a isto. Ao contrário, esta patente cobre todos aparelhos, métodos e artigos de fabricação que se enquadrem razoavelmente no escopo das reivindicações anexas, tanto literalmente quanto sob a doutrina de equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Controlador pneumático para controlar um processo, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 um estágio de controle pneumático que fornece um sinal de controle de processo a um elemento de controle;

um conjunto de realimentação pneumático que fornece um sinal de controle de realimentação representativo do processo ao estágio de controle pneumático, em que o sinal de controle de realimentação modifica o sinal de controle de processo; e

10 um conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão conectado no conjunto de realimentação pneumático, em que o conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão fornece um ajuste ao sinal de controle de realimentação.

2. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão compreende adicionalmente um conjunto de foles.

3. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o estágio de controle pneumático compreende um relé.

20 4. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de realimentação pneumático compreende adicionalmente um tubo Bourdon e um conjunto de bocal-palheta.

25 5. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão compreende um cantiléver e um conjunto de pinhão de roletes para ajustar a rigidez do cantiléver de maneira tal que a rigidez do cantiléver forneça um sinal de controle de realimentação predeterminado.

6. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 5,

caracterizado pelo fato de que a rigidez do cantiléver é proporcional a pelo menos um do comprimento do cantiléver, da espessura do cantiléver ou da largura do cantiléver.

5 7. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o conjunto de pinhão de roletes compreende um rolete, uma engrenagem do pinhão e uma engrenagem da cremalheira.

10 8. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o conjunto de pinhão de roletes compreende adicionalmente uma barra de ajuste de ganho que tem uma porção de solicitação e uma porção de roletes, de maneira tal que um conjunto de mola de solicitação acopla operativamente o cantiléver na barra de ajuste de ganho na porção de solicitação e uma posição do rolete ao longo da porção de rolete ajusta a rigidez do cantiléver.

15 9. Controlador pneumático de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão reduz substancialmente um consumo de fluido de alimentação do controlador pneumático.

20 10. Dispositivo dosificador de realimentação para um controlador pneumático que tem um estágio de controle pneumático e um conjunto de realimentação pneumático, caracterizado pelo fato de que o dispositivo dosificador de realimentação compreende:

um detector de realimentação que fornece um sinal de realimentação representativo de um sinal de controle produzido pelo estágio de controle pneumático; e

25 um conjunto de cremalheira e pinhão que fornece um ajuste predeterminado do sinal de realimentação.

11. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o detector de realimentação compreende um conjunto de foles.

12. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o conjunto de cremalheira e pinhão inclui um cantiléver e um conjunto de pinhão de roletes.

5 13. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o ajuste predeterminado do conjunto de cremalheira e pinhão compreende mudar a rigidez do cantiléver.

10 14. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a rigidez do cantiléver está diretamente relacionada com pelo menos um do comprimento do cantiléver, da espessura do cantiléver ou da largura do cantiléver.

15 15. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o comprimento do cantiléver é determinado por uma posição do conjunto de pinhão de roletes com relação ao conjunto de foles.

16 16. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o conjunto de pinhão de roletes compreende um rolete, uma engrenagem do pinhão e uma cremalheira.

20 17. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o conjunto de pinhão de roletes compreende adicionalmente uma barra de ajuste de ganho que tem uma porção de solicitação e uma porção de rolete, de maneira tal que um conjunto de mola de solicitação acopla operativamente o cantiléver na barra de ajuste de ganho na porção de solicitação e uma posição do rolete ao longo da porção de rolete ajusta a rigidez do cantiléver.

25 18. Dispositivo dosificador de realimentação de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a rigidez do cantiléver fornece uma relação logarítmica relativa a um deslocamento do conjunto de foles.

19. Controlador pneumático, caracterizado pelo fato de que

compreende:

um relé pneumático adaptado para prover uma pressão de controle a um elemento de controle do dispositivo de controle de fluido;

5 uma válvula do bocal acoplada fluidicamente no relé pneumático para prover um sinal de controle de realimentação ao relé pneumático, o sinal de controle de realimentação adaptado para ajustar a pressão de controle;

10 uma haste-palhetas de soma disposta em proximidade com a válvula do bocal e adaptada para ser deslocada em relação à válvula do bocal para ajustar o sinal de controle de realimentação provido ao relé pneumático;

um conjunto de foles acoplado operativamente na haste-palhetas de soma e em comunicação com a pressão de controle, o conjunto de foles adaptado para deslocar a haste-palhetas de soma em resposta a mudanças na pressão de controle;

15 um cantiléver acoplado no conjunto de foles para limitar o deslocamento da haste-palhetas de soma;

uma cremalheira acoplada no cantiléver; e

20 um rolete suportado pela cremalheira e em engate com o cantiléver, o rolete móvel em relação ao cantiléver para ajustar um comprimento eficaz e rigidez do cantiléver.

25 20. Controlador de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma engrenagem da cremalheira suportada pela cremalheira e uma engrenagem do pinhão suportada pelo rolete, a engrenagem do pinhão engatando a engrenagem da cremalheira.

21. Controlador de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um botão de ajuste acoplado no rolete para ajustar a posição do rolete em relação ao cantiléver, ajustando assim a rigidez do cantiléver.

22. Dispositivo dosificador de realimentação para um controlador de processo pneumático, o controlador de processo pneumático compreendendo um relé pneumático para prover uma pressão de controle a um dispositivo de controle de fluido e um conjunto de bocal-palheta em comunicação com o relé pneumático para ajustar a pressão de controle, caracterizado pelo fato de que compreende:

um conjunto de foles em comunicação com a pressão de controle e conectado no conjunto bocal-palheta;

um cantiléver acoplado operativamente no conjunto de foles para limitar o deslocamento do conjunto de foles;

uma cremalheira fixa em uma extremidade do cantiléver; e

um rolete suportado pela cremalheira, o rolete engatando o cantiléver e adaptado para mover-se em relação à cremalheira para ajustar o comprimento eficaz e a rigidez do cantiléver.

23. Dispositivo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma engrenagem da cremalheira suportada pela cremalheira e uma engrenagem do pinhão suportada pelo rolete, a engrenagem do pinhão engatando a engrenagem da cremalheira.

24. Dispositivo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um botão de ajuste acoplado no rolete para ajustar a posição do rolete em relação ao cantiléver, ajustando assim a rigidez do cantiléver.

FIG. 1

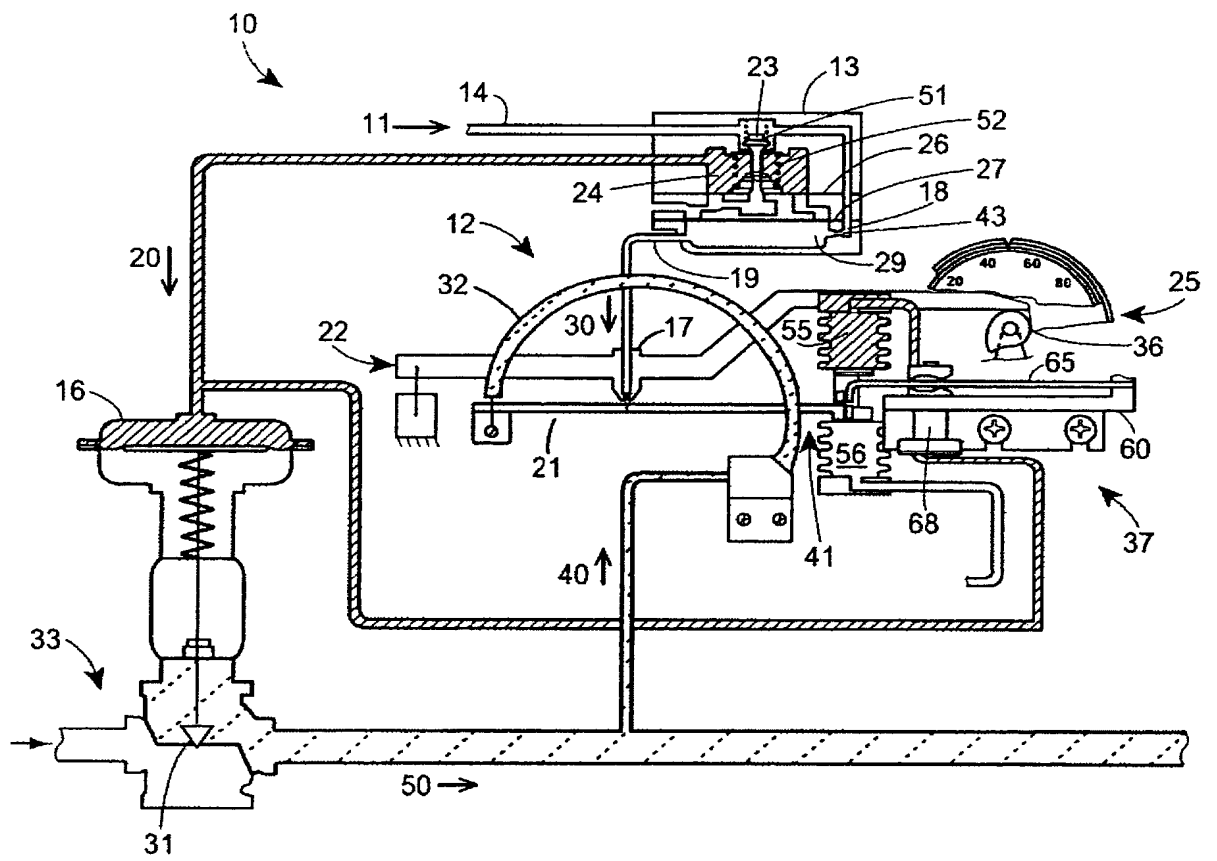


FIG. 2

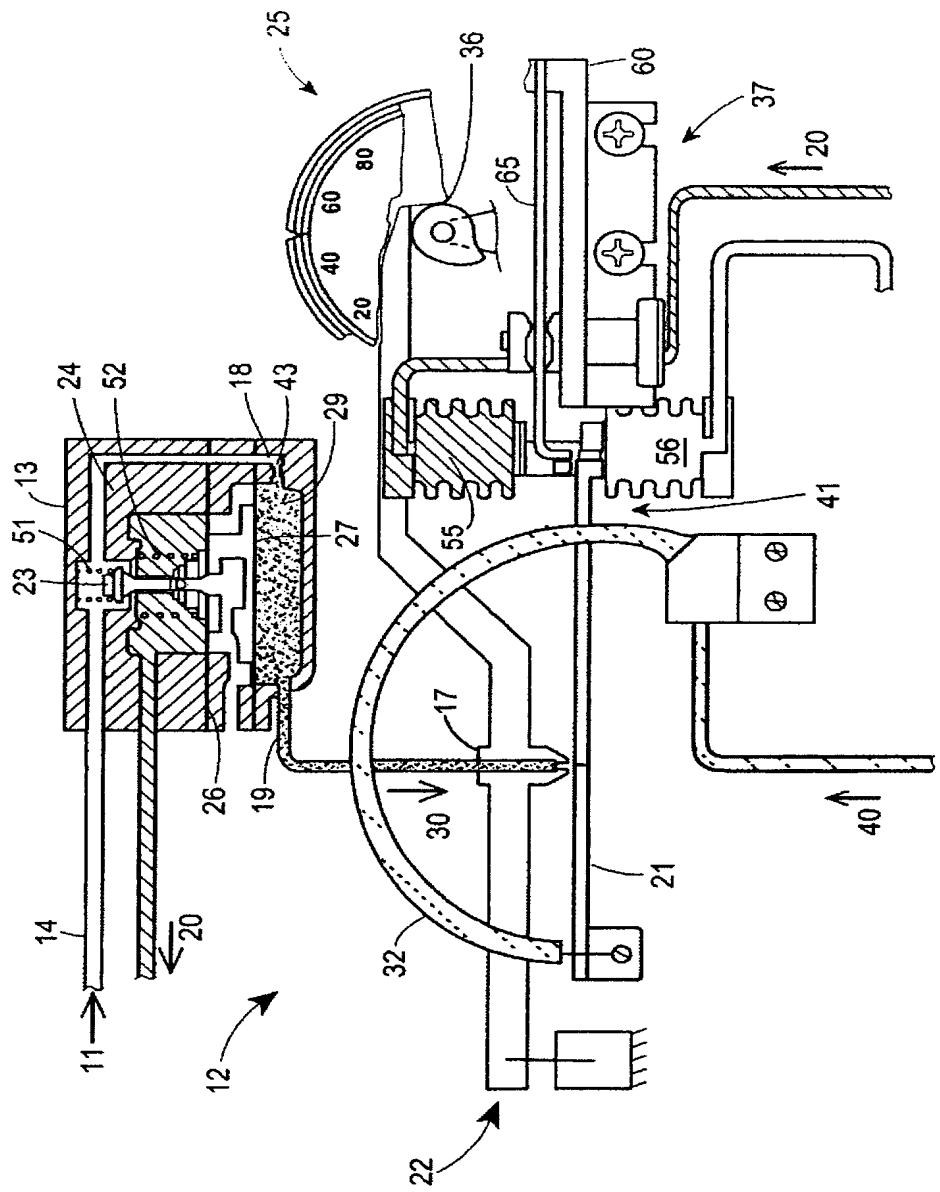


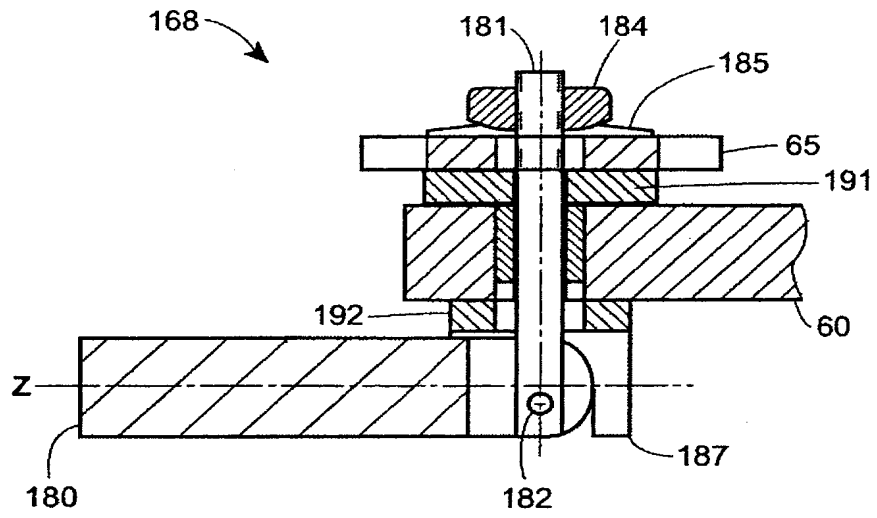
FIG. 3

FIG. 4A

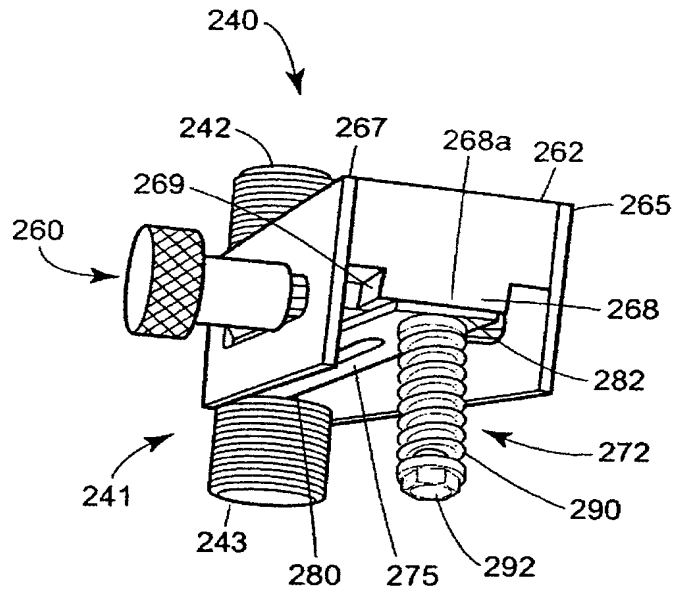


FIG. 4B

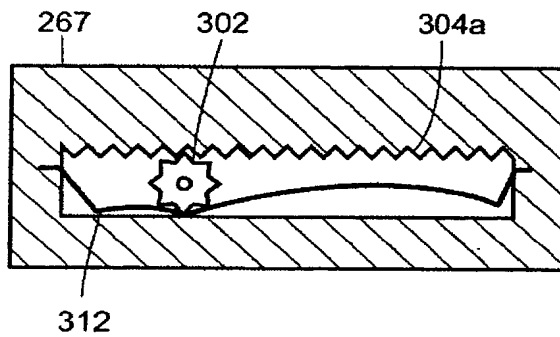


FIG. 4C

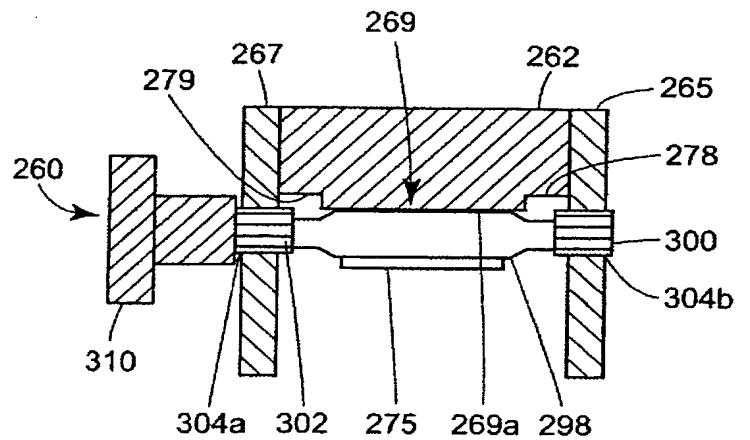
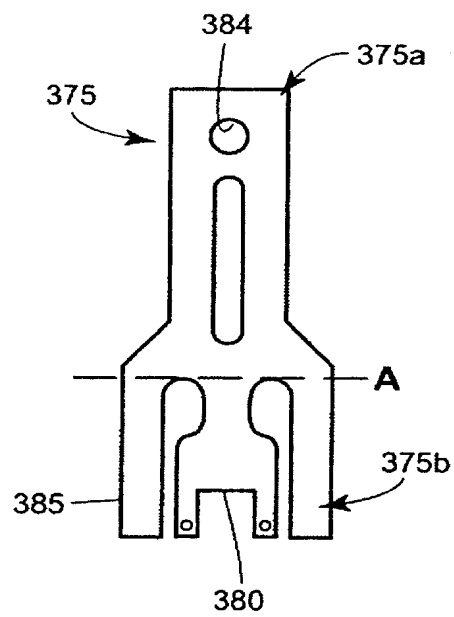


FIG. 5

RESUMO

“CONTROLADOR PNEUMÁTICO, E, DISPOSITIVO DOSIFICADOR DE REALIMENTAÇÃO”

5 É descrito um controlador pneumático para controlar um
processo que vantajosamente reduz o consumo de fluido, que fornece um
ajuste proporcional a um sinal de realimentação. O controlador pneumático
compreende um estágio de controle pneumático tal como um relé, um detector
de pressão de processo e um conjunto de realimentação de cremalheira e
pinhão. O conjunto de realimentação de cremalheira e pinhão fornece o ajuste
10 proporcional do sinal de realimentação, reduzindo assim o consumo de fluido
do controlador pneumático.