



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

(11) PI 0414123-7 B1

(22) Data do Depósito: 04/09/2004

(45) Data de Concessão: 12/07/2016



* B R P I 0 4 1 4 1 2 3 B 1 *

(54) Título: ATUADOR ELETROMAGNÉTICO COM FORÇAS INICIAL E DE ENGATAMENTO

(51) Int.Cl.: H01F 7/08; H01F 7/16

(30) Prioridade Unionista: 05/09/2003 US 60/500.629

(73) Titular(es): ABB TECHNOLOGY AG

(72) Inventor(es): ARTHUR LANNI, MARTY L.TRIVETTE, V.R.RAMANAN

"ATUADOR ELETROMAGNÉTICO COM FORÇAS INICIAL E DE ENGATAMENTO"

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS DE PATENTES
RELACIONADOS

5 Este pedido de patente é uma continuação parcial do pedido de patente U.S. 10/041.001, depositado em 28 de dezembro de 2001, e reivindica o benefício do pedido de patente provisório U.S. 60/500.629, depositado em 5 de setembro de 2003. Ambos o pedido de patente U.S. 10/041.001 e o
10 pedido de patente provisório U.S. 60/500.629 são aqui incorporados inteiramente por referência.

CAMPO DA INVENÇÃO

 A invenção se refere a atuadores eletromagnéticos e, mais particularmente, a atuadores eletromagnéticos de alta
15 força inicial.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

 Um atuador eletromagnético é um dispositivo que converte energia elétrica em movimento mecânico. Consiste, basicamente, de duas partes, uma bobina de solenóide e uma
20 armadura. Geralmente, a bobina é formada de fio que tenha sido enrolado em uma forma cilíndrica. A armadura é montada tipicamente para movimentar ou deslizar axialmente com relação à bobina de forma cilíndrica. Um sinal elétrico aplicado à bobina gera um campo eletromagnético, que gera uma força
25 na armadura, provocando, desse modo, movimentação da armadura.

 Um atuador eletromagnético pode ser usado para atuar um mecanismo, por exemplo, uma válvula, um disjuntor,

um religador, um mecanismo de distribuição e assemelhados. Cada mecanismo precisa de uma determinada quantidade de força para que seja operado. Além disso, muitos dos mecanismos têm uma quantidade limitada de espaço, para conter o atuador eletromagnético e, portanto, os atuadores eletromagnéticos são freqüentemente projetados para terem um baixo perfil, para encaixarem-se em uma quantidade de espaço limitada. Freqüentemente, esses atuadores de baixo perfil não podem proporcionar uma força suficiente para atuar o mecanismo.

Conseqüentemente, existe uma necessidade para um atuador eletromagnético de baixo perfil, que seja capaz de gerar uma força suficiente para atuar um mecanismo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção é dirigida a um atuador eletromagnético, tendo uma maior força inicial e uma força de engatamento aperfeiçoada.

Esses e outros aspectos da invenção vão ser apresentados mais inteiramente abaixo.

De acordo com um aspecto da presente invenção, um atuador eletromagnético é proporcionado e inclui um alojamento, uma bobina de solenóide e uma armadura. O alojamento tem uma parede de extremidade e define uma cavidade. A parede de extremidade tem uma primeira e uma segunda superfícies não coplanares. A bobina de solenóide é disposta na cavidade do alojamento. A armadura é disposta substancialmente coaxialmente com a bobina de solenóide. A armadura é móvel entre uma primeira posição, próxima à parede de extremidade do alojamento, e uma segunda posição, distante da parede de ex-

tremidade do alojamento. A armadura tem primeira e segunda extremidades opostas. A primeira extremidade é disposta na direção da parede de extremidade do alojamento e tem primeira e segunda superfície não coplanares. A segunda superfície da armadura é disposta mais próxima da segunda extremidade do que a primeira superfície da armadura. Quando a armadura está na primeira posição, a primeira superfície da parede de extremidade do alojamento é disposta mais próxima da segunda extremidade da armadura do que a primeira superfície da primeira extremidade da armadura.

De acordo com um aspecto da presente invenção, um atuador eletromagnético é proporcionado, que inclui um alojamento definindo uma cavidade, um eixo mecânico, uma bobina de solenóide, uma superfície de fixação, uma armadura e um elemento de extensão. O eixo mecânico se estende pelo alojamento e tem um eixo geométrico longitudinal. A bobina de solenóide é disposta na cavidade do alojamento e tem um eixo geométrico central, que é substancialmente coaxial com o eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico. A armadura é fixada no eixo mecânico e se estende radialmente para fora, do eixo mecânico para uma superfície periférica externa. A armadura é posicionada de modo que a superfície de fixação seja disposta entre a bobina de solenóide e a armadura. A armadura é móvel entre uma primeira posição, disposta próxima à superfície de fixação, e uma segunda posição, disposta distante da superfície de fixação. Quando a armadura está na segunda posição, a armadura e a superfície de fixação definem um primeiro vão entre elas. O primeiro vão tem uma

largura na direção do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico. O elemento de extensão se estende na direção do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico, para delimitar o primeiro vão em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico. A extensão
5 forma um segundo vão com o alojamento ou a armadura. O segundo vão tem uma pluralidade de diferentes larguras, que se estendem em direções radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico. Essas larguras são todas
10 menores do que a largura do primeiro vão.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A invenção é descrita adicionalmente na descrição detalhada a seguir, por referência aos desenhos indicados por meio de modalidades ilustrativas não limitantes da invenção,
15 nas quais números de referência similares representam elementos similares pelas várias vistas dos desenhos.

A Figura 1 é uma vista em corte de um atuador eletromagnético ilustrativo na posição aberta, de acordo com uma modalidade da invenção.

20 A Figura 2 é uma vista em corte do atuador da Figura 1 na posição fechada.

A Figura 3 é uma vista em corte de uma porção de outro atuador eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

25 A Figura 4 é uma vista em corte de uma porção de outro atuador eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

A Figura 5 é uma vista em corte de uma porção de

mais um outro atuador eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

A Figura 6 é uma vista em corte de outro atuador eletromagnético, de acordo com outra modalidade da invenção.

5 A Figura 7 é uma vista em corte de outro atuador eletromagnético, de acordo com outra modalidade da invenção, em que uma armadura do atuador está em uma segunda posição.

A Figura 8 é uma vista em corte do atuador eletromagnético da Figura 7, em que a armadura do atuador está em
10 uma primeira posição.

A Figura 9 é uma vista em corte de outro atuador eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

A Figura 10 é uma vista em corte de outro atuador
15 eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

A Figura 11 é uma vista em corte de outro atuador eletromagnético ilustrativo, de acordo com outra modalidade da invenção.

20 A Figura 12 é uma vista em primeiro plano de uma porção do atuador eletromagnético da Figura 11.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES ILUSTRATIVAS

Como descrito acima, muitos atuadores eletromagnéticos de baixo perfil não podem proporcionar energia suficiente para atuar um mecanismo particular. Aumentando-se a
25 força inicial de um atuador, no entanto, pode proporcionar-se força suficiente para atuar o mecanismo. Isto é, se o atuador eletromagnético puder ser configurado para proporci-

onar uma alta força inicial, as maiores aceleração e inércia resultantes podem ser suficientes para atuar o mecanismo. Desse modo, a invenção é dirigida a um atuador eletromagnético tendo uma maior força inicial.

5 A Figura 1 é uma vista em corte de um atuador eletromagnético ilustrativo na posição aberta, de acordo com uma modalidade da invenção. Como mostrado na Figura 1, o atuador 30 compreende uma bobina de solenóide 5, um eixo mecânico 8, uma armadura 7 e um alojamento 20.

10 A bobina de solenóide 5 compreende um condutor enrolado em uma forma cilíndrica e fios de ligação (não mostrados) para conexão de energia elétrica ao condutor. A conexão de energia elétrica na bobina de solenóide 5 cria um campo magnético, que exerce uma força em alguns materiais.

15 Quando maior o número de espiras de condutor enroladas na bobina de solenóide 5, maior a força exercida, quando a bobina de solenóide é energizada. A direção da força depende da polaridade da energia elétrica aplicada nos fios de ligação. Por exemplo, aplicando-se voltagem positiva aos fios

20 pode resultar em uma força ascendente na armadura 7, e aplicando-se uma voltagem negativa pode resultar em uma força descendente na armadura 7. A intensidade da força também depende do tempo da armadura 7. Isto é, quando a armadura 7 está localizada distante da bobina de solenóide 5, a força

25 eletromagnética na armadura 7 é mais fraca do que quando a armadura 7 está próxima da bobina de solenóide 5.

 Como mostrado, a bobina de solenóide 5 é disposta entre uma placa de base 11 e uma placa de fixação 3 e dentro

de uma cavidade definida pelo alojamento 20. A placa de base 11 é substancialmente plana, embora, a placa de base 11 pode ser de qualquer forma, que fixe a bobina de solenóide 5 dentro do alojamento 20. A placa de base 11 compreende furos 5 rosqueados para receber prendedores 10, para fixar uma placa de fixação 3 e o alojamento 20 na placa de base 11, embora, outras técnicas de fixação sejam consideradas. A placa de base 11 tem uma passagem para receber o eixo mecânico 8, embora, essa passagem não possa ser incluída, se o eixo mecânico 8 não se estende depois da placa de base 11. 10

A placa de base 11 se estende além do alojamento 20, para montagem do atuador eletromagnético 30 em outro dispositivo, tal como, por exemplo, uma válvula, um disjuntor, um religador, um mecanismo de distribuição e assemelhados. A placa de base 11 tem furos para os prendedores 12 e os prendedores 13. Ainda que os prendedores 12 e 13 sejam 15 ilustrados como parafusos escareados e parafusos com encaixe na cabeça, respectivamente, outros prendedores e outras técnicas de montagem são considerados.

20 O núcleo 1 compreende material magneticamente permeável e é de forma substancialmente anular. O núcleo 1 tem um recesso anular para receber a bobina de solenóide 5 e uma passagem axial para receber uma bucha 4, embora, o núcleo 1 possa ser de qualquer forma para proporcionar um circuito 25 magnético para a bobina de solenóide 5. O núcleo 1 tem furos atravessantes para receber os prendedores 10, embora, o núcleo 1 possa não incluir furos atravessantes, se os prendedores 10 forem localizados fora do núcleo 1. O núcleo 1 é

disposto na placa de base 11 com a sua passagem axial alinhada com a passagem da placa de base 11 e com os seus furos atravessantes alinhados com os furos rosqueados da placa de base 11.

5 O ímã permanente 2 é de forma substancialmente anular e tem uma passagem axial para a bucha 4, embora, o ímã permanente 2 possa ser de qualquer forma. O ímã permanente 2 é alinhado de modo que os seus pólos magnéticos proporcionem uma armadura de impulso por força magnética 7 na
10 direção da bobina de solenóide 5. A força é mais forte, quando o ímã permanente 2 está próximo da armadura 7, e mais fraca, quando o ímã permanente 2 está distante da armadura 7. O ímã permanente 2 é disposto no núcleo 1, tipicamente próximo da armadura 7, para proporcionar uma maior força
15 magnética na armadura 7. O ímã permanente 2 é usado com uma técnica para colidir com o atuador 30, mas pode ser omitido com outras técnicas, como descrito em mais detalhes abaixo.

 O alojamento 20 é de forma substancialmente anular e define uma cavidade, que contém o núcleo 1, uma bobina de
20 solenóide 5, um ímã permanente 2, uma placa de fixação 3 e uma bucha 4. O alojamento 20 tem furos atravessantes correspondentes aos furos atravessantes do núcleo 1, para receber os prendedores 10. O alojamento 20 é disposto no núcleo 1, com os seus furos atravessantes alinhados com os furos atravessantes do núcleo 1. O alojamento 20 compreende um elemen-
25 to de extensão substancialmente anular 21, estendendo-se em uma direção axial no sentido da armadura 7 e além da bobina de solenóide 5 e da placa de fixação 3. O alojamento 20 e o

elemento de extensão 21 podem ser de qualquer forma adequada, que possa definir um vão com a armadura 7, como descrito em mais detalhes abaixo. O elemento de extensão 21 pode ser formado integralmente com o alojamento 20 ou pode ser uma
5 peça separada presa no alojamento 20. Essa fixação pode ser, por exemplo, uma solda, um adesivo, um prendedor ou assemelhados. O elemento de extensão 21 é composto de um material magneticamente permeável e define uma superfície interna anular 26. O elemento de extensão 21 proporciona uma força
10 magnética inicial na armadura 7, como descrito em mais detalhes abaixo.

A placa de fixação 3 é de forma substancialmente anular e tem furos atravessantes correspondentes aos furos atravessantes do alojamento 20, e uma passagem axial correspondente à passagem do ímã permanente 2. A placa de fixação
15 3 pode ser de qualquer forma adequada e pode utilizar qualquer técnica de fixação para prender o ímã permanente 2, a bobina de solenóide 5 e o núcleo 1 dentro do alojamento 20. Os prendedores 10, tais como os parafusos de tampa com encaixe na cabeça, são dispostos pelos furos atravessantes da
20 placa de fixação 3, os furos atravessantes do alojamento 20, os furos atravessantes do núcleo 1 e são rosqueados nos furos rosqueados da placa de base 11.

A bucha 4 é de forma substancialmente cilíndrica e
25 é disposta na passagem do núcleo 1, passagem do ímã permanente 2 e passagem da placa de fixação 3. A bucha 4 fixa o eixo mecânico 8, de modo que o eixo mecânico 8 possa movimentar-se axialmente.

O eixo mecânico 8 é de forma substancialmente cilíndrica e é disposto na bucha 4. O eixo mecânico 8 compreende um colar de eixo mecânico 23, e uma extremidade, e roscas 24, na outra extremidade, do eixo mecânico 8. O colar do eixo mecânico 23 fica próximo do núcleo 1 e é maior do que a passagem do núcleo 1 e, portanto, limita o deslocamento axial do eixo mecânico 8 em uma direção. As roscas 24 ficam distantes do núcleo 1 e casam com um prendedor 14, para limitar o deslocamento axial do eixo mecânico 8 na outra direção. O prendedor 14 é mostrado com uma porca hexagonal acoplada nas roscas 24, embora, outras técnicas de fixação sejam consideradas.

A mola 9 é disposta no eixo mecânico 8, entre a placa de fixação 3 e a armadura 7. A mola 9 fica sob compressão e, portanto, impulsiona a armadura 7 para longe da bobina de solenóide 5. A mola 9 é dimensionada dependendo da técnica usada para colisão com o atuador 30, como descrito em mais detalhes abaixo.

A armadura 7 compreende um material magneticamente permeável e tem uma superfície externa 25. A superfície externa 25 pode ser qualquer de forma substancialmente anular ou pode ser de qualquer outra forma adequada para definir um vão com a superfície interna do elemento de extensão 21. A armadura 7 tem uma passagem que recebe o eixo mecânico 8 e é disposta substancialmente coaxialmente com a bobina de solenóide 5. A armadura 7 é fixada no eixo mecânico 8 por meio do prendedor 14, embora, a armadura 7 possa ser fixada no eixo mecânico 8 com outras técnicas, tais como solda e asse-

melhados. A armadura 7 tem um recesso cilíndrico que recebe a mola 9, embora, considere-se que a armadura 7 possa não incluir um recesso.

Para explicar uma técnica para a operação do atuador eletromagnético 30, a Figura 1 ilustra um atuador eletromagnético 30 na posição aberta (isto é, a armadura 7 é localizada distante da bobina de solenóide 5), sem qualquer energia sendo liberada para a bobina de solenóide 5. Como pode-se notar, a armadura 7 e o corpo do alojamento 20 definem um vão tendo uma largura $D1$. Também, a superfície externa 25 da armadura 7 é localizada a uma distância $D2$ da superfície interna 26 do elemento de extensão do alojamento 21, definindo, desse modo, um vão de ar anular 27 tendo uma largura $D2$. A largura $D2$ é inferior à largura $D1$, aumentando, desse modo, a força inicial, como descrito em mais detalhes abaixo.

A mola 9 impulsiona a armadura 7 para longe da bobina de solenóide 5, e o ímã permanente 2 impulsiona a armadura 7 na direção da bobina de solenóide 5. Em virtude da armadura 7 ser localizada distante do ímã permanente 2, a força magnética do ímã permanente 2, agindo na armadura 7, é relativamente pequena, comparada com a força mecânica aplicada pela mola 9. Como tal, a armadura 7 se mantém na posição aberta, até que outra força seja aplicada.

Quando uma corrente é aplicada na bobina de solenóide 5, uma força magnética age na armadura 7, empurrando a armadura 7 na direção da bobina de solenóide 5. Para descrever adicionalmente a força magnética, existe um circuito

magnético em torno de uma seção transversal da bobina de solenóide 5. Isto é, existe um circuito magnético do núcleo 1, pelo alojamento 20, elemento de extensão do alojamento 21, pelo vão de ar 27, pela armadura 7, pelo vão de ar tendo largura D1, pela placa de fixação 3 e imã permanente 2, e de volta para o núcleo 1. O circuito magnético proporciona um caminho para o fluxo magnético, para criar uma força magnética na armadura 7. A força magnética da bobina de solenóide 5 energizada é mais forte do que a força aplicada pela mola 9 e, portanto, a armadura 7 se movimenta para a posição fechada, que é ilustrada na Figura 2.

Em virtude do elemento de extensão 21 estender-se além da placa de fixação 3 e definir um pequeno vão de ar anular 27, em vez de um grande vão de ar (por exemplo, um vão de ar tendo uma largura D1), a armadura 7 se movimenta na direção da bobina de solenóide 5 com uma força inicial maior. Como tal, o atuador eletromagnético 30 pode atuar maiores mecanismos do que se o atuador 30 não tivesse o elemento de extensão 21. Como tal, a bobina de solenóide e a armadura de mesmo tamanho podem atuar um mecanismo maior do que possível de outro modo. O elemento de extensão 21, portanto, pode aumentar a força liberada pelo atuador eletromagnético 30, sem aumentar significativamente o espaço tomado pelo atuador 30.

Uma vez na posição fechada, a armadura 7 se mantém na posição fechada, até que outra força aja na armadura 7. A armadura 7 se mantém na posição fechada, porque o imã permanente 2 fica então localizado próximo à armadura 7 e, por-

tanto, exerce uma força maior do que a força oposta exercida pela mola 9. Como tal, mesmo se a energia for removida da bobina de solenóide 5, a armadura 7 se mantém na posição fechada.

5 Para retornar a armadura 7 para a posição aberta, uma corrente de direção oposta pode ser colocada na bobina de solenóide 5. Essa corrente cria um campo magnético, que exerce uma força magnética ascendente na armadura 7, que é maior do que a força magnética descendente do ímã permanente
10 2, retornando, desse modo, a armadura 7 para a posição aberta. A armadura 7 se mantém na posição aberta, porque o ímã permanente 2 está então localizado distante da armadura 7 e, portanto, exerce uma força menor do que a força oposta exercida pela mola 9. Como tal, mesmo se a energia for removida
15 da bobina de solenóide 5, a armadura 7 se mantém na posição aberta.

Diferentes comprimentos D3 do elemento de extensão 21 afetam a característica da distância da colisão da força do atuador 30. Para ilustrar o efeito de diferentes compri-
20 mentos do elemento de extensão 21, a força magnética exercida na armadura 7, pelo bobina de solenóide 5, foi calculada para uma variedade de comprimentos de colisão D1 e uma variedade de comprimentos do elemento de extensão 21 D3, usando um pacote de software de análise de elementos finitos. Os
25 resultados estão resumidos na Tabela 1 abaixo, com as forças indicadas em newtons.

Tabela 1

	D3 = 0 mm	D3 = 12 mm	D3 = 15 mm	D3 = 36 mm
D1 = 16 mm (aberto)	305	563	693	558
D1 = 14 mm	394	777	868	688
D1 = 7 mm	1.136	1.740	1.693	1.603
D1 = 0 mm (fechado)	9.925	10.010	9.994	9.965

Como pode-se notar, para um atuador eletromagnético 30 que não tem um elemento de extensão (isto é, tem um comprimento $D3 = 0$), a força inicial é de 306 N. Com um elemento de extensão 21 tendo um comprimento $D3 = 12$ mm, no entanto, a força inicial aumenta para 563 N. Esse aumento na força inicial pode proporcionar aceleração e inércia, para atuar maiores mecanismos, sem utilizar uma bobina de solenóide. Outro aspecto do elemento de extensão 21 é que a armadura 7 pode ter uma aceleração substancialmente constante, resultando, desse modo, em tempos de fechamento consistentes, o que é importante em algumas aplicações do atuador.

Além do mais, a curva de deslocamento por força em relação à colisão do atuador pode ser controlada por variação da forma do vão de ar 27, variando, por exemplo, o comprimento e a forma do elemento de extensão. Por exemplo, a largura do vão 27 pode aumentar com o aumento da distância da placa de fixação 3, tal como mostrado na Figura 3. Como mostrado, o elemento de extensão 21' se estende do alojamento 20'. O elemento de extensão 21' tem uma superfície anular interna 26', que forma um vão de ar anular 27'. O vão de ar

27' fica mais largo na medida em que a distância da placa de fixação 3 aumenta. Com tal vão de ar, a força inicial é inferior àquela da Figura 1, mas aumenta mais rápido com o aumento da colisão da armadura 7.

5 A Figura 4 mostra outro atuador 30''. Como mostrado, o elemento de extensão 21'' se estende do alojamento 20''. O elemento de extensão 21'' tem uma superfície anular interna 26'', que forma um vão de ar anular 27''. O vão de ar 27'' fica mais estreito na medida em que a distância da
10 placa de fixação 3 aumenta. Ainda que vãos de ar linearmente crescentes e decrescentes sejam ilustrados, outros vão de ar moldados são também considerados, tais como, por exemplo, curvos, em forma de dentes de serra, quadrados e assemelhados.

15 Nas Figuras 3 e 4, a superfície externa 25 da armadura 7 é não paralela à superfície anular interna (26', 26'') do elemento de extensão (21', 21''), que dota o vão de ar (27', 27'') com diferentes larguras. Além disso, em um plano estendendo-se em uma direção radialmente para fora do
20 eixo longitudinal do eixo mecânico 8, a superfície externa 25 da armadura 7 é paralela ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8, e a superfície anular interna (26', 26'') do elemento de extensão (21', 21'') é não paralela ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8.

25 Além disso, outras técnicas para colisão com o atuador 30 são consideradas. Por exemplo, o ímã permanente 2 não é necessário para operação do atuador 30. Se o ímã permanente 2 não for incluído no atuador 30, a energia é apli-

cada continuamente na bobina de solenóide 5, para manter o atuador 30 na posição fechada. Em outra modalidade alternativa, a mola 9 fica em tensão e impulsiona a armadura 7 na direção da bobina de solenóide 5.

5 A Figura 5 mostra uma porção de outro atuador eletromagnético ilustrativo 50, que é similar ao atuador eletromagnético 30. Como mostrado na Figura 5, o atuador eletromagnético 50 compreende um alojamento 70 e uma placa de fixação 53. A placa de fixação 53 é similar à placa de fixação 3 da Figura 1. O alojamento 47 é similar ao alojamento 10 20 da Figura 1, embora, nessa modalidade, o alojamento 70 não tenha um elemento de extensão. Em vez disso, nessa modalidade, um atuador 57 compreende um elemento de extensão 58. O elemento de extensão 58 pode ser formado integralmente com a armadura 57, ou pode ser uma peça separada presa na armadura 57. Essa fixação pode ser, por exemplo, uma solda, um adesivo, um prendedor ou assemelhados. Um vão 59 é formado entre a superfície interna 58a do elemento de extensão 58 e uma superfície periférica externa 70a do alojamento 70. Um 20 recesso 80 é formado na superfície periférica externa 70a do alojamento 70 e ajuda a definir o vão 59. Dessa maneira, o recesso 80 aumenta a largura do vão 59, de modo a ser maior do que a largura da porção remanescente do vão 59. As linhas do fluxo magnético geradas pela bobina de solenóide são concentradas na região do vão 59, aumentando, desse modo, a 25 força inicial na armadura 57.

Deve-se considerar que, além do recesso 80, outros recessos podem ser formados na superfície periférica externa

70a do alojamento 70. Além, ou em lugar, dos recessos (tais como os recessos 80), a superfície periférica externa 70a do alojamento 70 pode ser dotada com uma ou mais protuberâncias. Um recesso (tal como o recesso 80) ou uma protuberância cria uma irregularidade na superfície periférica externa 70a, que concentra o fluxo magnético por canalização do fluxo a um local particular. Além, ou em lugar, da irregularidade (tal como o recesso 80) na superfície periférica externa 70a do alojamento, uma ou mais irregularidades podem ser formadas na superfície interna 58a do elemento de extensão 58. Por exemplo, um ou mais recessos e/ou uma ou mais protuberâncias podem ser formados na superfície interna 58a do elemento de extensão 58.

Deve-se considerar que as irregularidades (tais como protuberâncias ou recessos) podem ser formadas nas armaduras e/ou extensões das outras modalidades de atuadores aqui descritas.

A Figura 6 mostra outra modalidade ilustrativa da invenção. Como mostrado na Figura 6, o atuador eletromagnético 60 compreende um alojamento 61, uma armadura 65 e uma bobina de solenóide 82.

A bobina de solenóide 82 é similar à bobina de solenóide 5 da Figura 1. Como mostrado, a bobina de solenóide 82 é disposta dentro de uma cavidade 83 definida pelo alojamento 61.

O atuador eletromagnético 60 também compreende um ímã permanente 71. O ímã permanente 71 é de forma substancialmente anular e tem uma passagem axial para a armadura 65,

embora, o ímã permanente 71 possa ser de qualquer forma adequada. O ímã permanente 71 é alinhado de modo que os seus pólos magnéticos proporcionem uma armadura impulsionada por força magnética 65. O ímã permanente 71 é usado com uma técnica para colidir com o atuador 60, mas pode ser omitido com outras técnicas.

A armadura 65 compreende um material magneticamente permeável e uma protuberância ou elemento de extensão 66. O elemento de extensão 66 se estende na direção de uma tampa de extremidade 63 do alojamento 61, definindo, desse modo, um vão entre o elemento de extensão 66 e o alojamento 61. O vão é inferior do que existiria de outro modo e aumenta a força inicial do atuador eletromagnético 60, como descrito acima. O elemento de extensão 66 é cilíndrico e pode ser formado integralmente com a armadura 65, ou pode ser uma peça separada presa na armadura 65. A armadura 65 é de forma substancialmente cilíndrica e é disposta radialmente para dentro da bobina de solenóide 82, embora, a armadura 65 possa ser de qualquer forma para cooperar com a bobina de solenóide 82, para produzir movimento axial. A armadura 65 é disposta entre as tampas de extremidade 63 e 64 do alojamento 61. As tampas de extremidade 63 e 64 limitam do deslocamento axial da armadura 65.

A armadura 65 inclui primeira e segunda extremidades opostas 65a, 65b. A primeira extremidade 65a inclui uma superfície anular 67 disposta em torno do elemento de extensão 66. O elemento de extensão 66 se estende para longe da superfície anular 67 e inclui uma superfície de extremidade

66a. Dessa maneira, a superfície anular 67 e a superfície de extremidade 66a compreendem duas superfícies não coplanares da primeira extremidade 65a da armadura 65, com a superfície anular 67 sendo disposta mais próxima da segunda extremidade 65b da armadura 65 do que a superfície de extremidade 66a. Como mostrado na Figura 6, a superfície anular 67 e a superfície de extremidade 66a são paralelas entre elas.

O alojamento 61 é de forma substancialmente anular e define a cavidade 83, que contém a bobina de solenóide 82, o ímã permanente 71 e a armadura 65. O alojamento 61 também compreende as tampas de extremidade 63 e 64, que encerram substancialmente a armadura 65. A tampa de extremidade 63 tem uma superfície anular 63a, que é disposta em torno de um recesso 62, para receber o elemento de extensão 66 da armadura 65. O recesso 62 é cilíndrico e é parcialmente definido por uma superfície interna rebaixada 84, que é disposta mais longe da armadura 65 do que a superfície anular 63a. Dessa maneira, a superfície anular 63a e a superfície interna 84 são não coplanares. A superfície anular 63a e a superfície interna 84 são, no entanto, paralelas entre elas. O alojamento 61 e o recesso 62 podem ser de qualquer forma adequada, que possa cooperar com o elemento de extensão 66 da armadura 65. Em outras modalidades, o alojamento 61 pode compreender um elemento de extensão e uma armadura 65 pode compreender um recesso para receber o elemento de extensão.

A armadura 65 é móvel entre uma primeira posição, disposta próxima à tampa de extremidade 63 do alojamento 61, e uma segunda posição, disposta distante da tampa de extre-

midade 63 do alojamento. Quando a armadura 65 está na primeira posição, o elemento de extensão 66 da armadura 65 é disposto no recesso 62 da tampa de extremidade 63. Com o elemento de extensão 66 assim posicionado, a superfície anular 63a da tampa de extremidade 63 é disposta mais próxima da segunda extremidade 65b da armadura 65 do que a superfície de extremidade 66a do elemento de extensão 66. Quando a armadura 65 está na segunda posição (como mostrado na Figura 6), o elemento de extensão 66 é espaçado da tampa de extremidade 63.

A configuração irregular da primeira extremidade 65a da armadura 65 e da tampa de extremidade 63 concentra o fluxo magnético por canalização do fluxo no recesso 62, aumentando, desse modo, a força inicial do atuador 60.

Com referência agora às Figuras 7 e 8, mostra-se um atuador 86 tendo substancialmente a mesma construção e operação do atuador 60, exceto para as diferenças indicadas abaixo. Devido à similaridade de construção, os componentes do atuador 86, que são substancialmente os mesmos do atuador 60 vão ter os mesmos números de referência. Em vez de ter apenas um elemento de extensão 66, estendendo-se da armadura 65, e um recesso 62 na tampa de extremidade 63, como no atuador 60, o atuador 86 tem um par de elementos de extensão 66 estendendo-se da armadura 65, e um par de recessos 62 na tampa de extremidade 63. Além disso, um bastão 88 é fixado na armadura 65 e se estende da segunda extremidade 65b dela, e um bastão 90 é fixado na armadura 65 e se estende da primeira extremidade 65a dele. Os dois elementos de extensão 66

definem um vale 92 entre eles, através do qual o bastão 90 se estende. Correspondentemente, os recessos 62 na tampa de extremidade 63 formam uma protuberância 94, através da qual o bastão 90 se estende. A protuberância 94 tem uma superfície de extremidade 94a, enquanto o vale 92 é parcialmente definido por uma superfície interna 96. Uma vez que há dois recessos 62 na tampa de extremidade 63, a superfície 63a não é anular, mas é, em vez disso, de forma irregular. A superfície 63a inclui a superfície de extremidade 94a.

Quando a armadura 65 está na primeira posição (como mostrado na Figura 8), os elementos de extensão 66 da armadura 65 são dispostos nos recessos 62 da tampa de extremidade 63. Além disso, a protuberância 94 da tampa de extremidade 63 é disposta no vale 92. Com os elementos de extensão 66 assim posicionados, a superfície 63a da tampa de extremidade 63 é disposta mais próxima da segunda extremidade 65b da armadura 65 do que as superfícies de extremidade 66a dos elementos de extensão 66. Quando a armadura 65 está na segunda posição (como mostrado na Figura 7), os elementos de extensão 66 são espaçados da tampa de extremidade 63.

Os recessos 62 e os elementos de extensão 66 são configurados de modo que, quando a armadura 65 está na primeira posição e os elementos de extensão 66 são dispostos nos recessos 62 e a protuberância 94 é disposta no vale, pode haver vãos entre as superfícies internas 84 e as superfícies de extremidade 66a e um vão entre a superfície interna 96 no vale 92 e a superfície de extremidade 94a da protuberância. Cada um desses vãos é, de preferência, em torno de

0,013 centímetro (0,005 polegada). Verificou-se que contaminantes (tais como partículas metálicas), que podem entrar ou formar-se na cavidade 83 durante a operação do atuador 86, são coletados no vale 92. Acredita-se que o acúmulo de contaminantes no vale 92 aperfeiçoe a resistência de engatamento, entre a armadura 65 e a tampa de extremidade 63. Além do mais, a configuração irregular da primeira extremidade 65a da armadura 65 e da tampa de extremidade 63 concentra o fluxo magnético por canalização do fluxo nos recessos 62, aumentando, desse modo, a força inicial do atuador 86.

Com referência agora à Figura 9, mostra-se um atuador 97 tendo substancialmente as mesmas construção e operação do atuador 60, exceto para as diferenças mostradas abaixo. Devido à similaridade de construção, os componentes do atuador 97, que são substancialmente os mesmos do atuador 60, vão ter os mesmos números de referência. Um bastão 98 é fixado na armadura 65 e se estende da segunda extremidade 65b dela, e um bastão 100 é fixado na armadura 65. O bastão 100 se estende pelo recesso 62 e o elemento de extensão 66.

Com referência agora à Figura 10, mostra-se um atuador 104 tendo substancialmente as mesmas construção e operação do atuador 60, exceto para as diferenças mostradas abaixo. Devido à similaridade de construção, os componentes do atuador 104, que são substancialmente os mesmos do atuador 60, vão ter os mesmos números de referência. O atuador 104 não tem o elemento de extensão cilíndrico 66 e o recesso cilíndrico 62, como no atuador 60. Em vez disso, a armadura 65 do atuador 104 tem uma protuberância troncocônica 110 e a

tampa de extremidade 63 tem um recesso troncocônico 112 correspondente. A protuberância 110 tem uma superfície externa troncocônica 110a, enquanto que o recesso 112 é definido por uma superfície interna troncocônica 114. Um bastão 106 é fi-
5 xado na armadura 65 e se estende da segunda extremidade 65b dela, e um bastão 108 é fixado na armadura 65 e se estende da primeira extremidade 65a dela. O bastão 108 se estende pelo recesso 112 e protuberância 110.

Quando a armadura 65 está na primeira posição, a
10 protuberância 110 da armadura 65 é disposta no recesso 112 da tampa de extremidade 63, com um pequeno vão sendo formado entre a superfície externa 110 da protuberância 110 e a superfície interna 114 do recesso 112. Quando a armadura 65 está na segunda posição (como mostrado na Figura 10), a pro-
15 tuberância 110 é espaçada da tampa de extremidade 63.

Com referência agora às Figuras 11 e 12, mostra-se um atuador 118 tendo substancialmente as mesmas construção e operação do atuador 30, exceto para as diferenças mostradas abaixo. Devido à similaridade de construção, os componentes
20 do atuador 118, que são substancialmente os mesmos do atuador 30, vão ter os mesmos números de referência. O atuador 118 não tem o elemento de extensão 21, como no atuador 30. Em vez disso, o atuador 118 tem uma elemento de extensão anular 120, com uma superfície interna 122 e uma superfície
25 externa 123. Além disso, a armadura 7 não tem a superfície externa 25, como no atuador 30. Em vez disso, a armadura 7 tem uma superfície periférica externa 124.

A superfície interna 122 do elemento de extensão

120 se inclina ligeiramente para fora, na medida em que se estende descendentemente de uma beirada superior do elemento de extensão 120 na direção da placa de fixação 3. Por conseguinte, em um plano estendendo-se em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8, a superfície interna 122 do elemento de extensão 120 não é paralela à superfície externa 123 do elemento de extensão 120 e ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8. A superfície periférica externa 124 da armadura 7 também se inclina ligeiramente para fora, na medida em que se estende descendentemente na direção da placa de fixação 3. Por conseguinte, em um plano estendendo-se em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8, a superfície periférica externa 124 da armadura 7 não é paralela ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8. A superfície periférica externa 124 da armadura 7, no entanto, é paralela à superfície interna 122 do elemento de extensão 120. A superfície periférica externa 124 da armadura 7 coopera com a superfície interna 122 do elemento de extensão 120, para definir um vão 126 entre elas.

Um entalhe ou recesso 128 é formado na superfície periférica externa 124 da armadura 7, na direção de um canto inferior da armadura 7. O recesso 128 se estende radialmente para dentro na direção do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico 8 e ajuda a definir o vão 126. Dessa maneira, o recesso 128 aumenta a largura do vão 126, de modo a ser maior do que a largura da porção remanescente do vão 126. A inclinação externa da superfície interna 122 do elemento de

extensão 120 ajuda a canalizar o fluxo magnético para o recesso 128, aumentando, desse modo, a força inicial do atuador 118.

Deve-se entender que a descrição acima foi feita
5 meramente com a finalidade de explicação e não é, de modo algum, limitante da invenção. Quando a invenção foi descrita com referência às modalidades, deve-se entender que as palavras, que foram aqui usadas, são palavras descritivas e ilustrativas, em vez de palavras limitantes. Além disso, em-
10 bora a invenção tenha sido aqui descrita com referência à estrutura, materiais e/ou modalidades particulares, a invenção não é intencionada para ser limitada às particularidades aqui descritas. Em vez disso, a invenção se estende a todas as estruturas, processos e uso equivalentes funcionalmente,
15 tais como os que estão dentro do âmbito das reivindicações em anexo. Aqueles versados na técnica, tendo o benefício dos ensinamentos deste relatório descritivo, podem fazer várias modificações nela e mudanças podem ser feitas sem que se afaste dos âmbito e espírito da invenção nos seus aspectos.

REIVINDICAÇÕES

1. Atuador eletromagnético, compreendendo:

um alojamento (61) tendo uma parede de extremidade (63) e definindo uma cavidade (83), a dita parede de extremidade (63) tendo primeira (63a, 94a) e segunda (84,114) superfícies não coplanares,

uma bobina de solenóide (82) disposta na cavidade (83) do alojamento (61);

uma armadura (65) disposta de forma coaxial com a bobina de solenóide (82), a dita armadura (65) sendo móvel entre uma primeira posição, disposta próxima à parede de extremidade (63) do alojamento (61), e uma segunda posição, disposta distante da parede de extremidade (63) do alojamento (61), a dita armadura (65) tendo primeira (65a) e segunda (65b) extremidades opostas, a dita primeira extremidade (65a) sendo disposta na direção da parede de extremidade (63) do alojamento (61) e tendo primeira (66a, 110a) e segunda (67, 96) superfícies não coplanares, a dita segunda superfície (67, 96) da armadura (65) sendo disposta mais próxima da segunda extremidade (65b) do que a primeira superfície (66a, 110a) da armadura (65), a primeira extremidade (65a) da armadura (65) tendo uma protuberância (66, 110) estendendo-se na direção da parede de extremidade (63) do alojamento (61), e em que a primeira superfície (66a, 110a) da armadura (65) é localizada na protuberância (66, 110); e

em que, quando a armadura (65) está na primeira posição, a primeira superfície (63a, 94a) da parede de extremidade (63) do alojamento (61) é disposta mais próxima da

segunda extremidade (65b) da armadura (65) do que a primeira superfície (66a, 110a);

CHARACTERIZADO pelo fato de que a parede de extremidade (63) do alojamento (61) tem um recesso (62, 112) formado nela, e em que a segunda superfície (84, 114) da parede de extremidade (63) é localizada no recesso (62, 112).

2. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que, quando a armadura (65) está na primeira posição, a protuberância (66, 110) da armadura (65) é disposta no recesso (62, 112) da parede de extremidade (63) do alojamento (61).

3. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a parede de extremidade (63) do alojamento (61) tem um segundo recesso (62, 112) formado nela, e a primeira extremidade (65a) da armadura (65) tem uma segunda protuberância (66, 110) estendendo-se na direção da parede de extremidade (63) do alojamento (61); e

em que, quando a armadura (65) está na primeira posição, a protuberância (66, 110) da armadura (65) é disposta no recesso (62, 112) da parede de extremidade (63) do alojamento (61), e a segunda protuberância (66, 110) da armadura (65) é disposta no segundo recesso (62, 112) da parede de extremidade (63) do alojamento (61).

4. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a protuberância (66, 110) é cilíndrica.

5. Atuador eletromagnético, de acordo com a rei-

vindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a protuberância (66, 110) é tronco-cônica.

6. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira
5 (63a, 94a) e segunda (84, 114) superfícies da parede de extremidade (63) do alojamento (61) são dispostas paralelas entre elas.

7. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira
10 (66a, 110a) e segunda (67, 96) superfícies da primeira extremidade (65a) da armadura (65) são dispostas paralelas entre elas.

8. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as primeira
15 (63a, 94a) e segunda (84, 114) superfícies da parede de extremidade (63) do alojamento (61) são dispostas paralelas às primeira (66a, 110a) e segunda (67, 96) superfícies da primeira extremidade (65a) da armadura (65).

9. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente um ímã permanente (71), disposto na cavidade (83) do alojamento (61), em que a bobina de solenóide (82) é disposta entre o ímã permanente (71) e a parede de extremidade (63) do alojamento (61).

25 10. Atuador eletromagnético compreendendo:
um alojamento (20, 20', 20'') definindo uma cavidade (83);
um eixo mecânico (8) estendendo-se pelo alojamento

(20, 20', 20'') e tendo um eixo geométrico longitudinal;

uma bobina de solenóide (5) disposta na cavidade do alojamento (20, 20', 20'') e tendo um eixo geométrico central, que é coaxial com o eixo geométrico longitudinal do
5 eixo mecânico (8);

uma superfície de fixação (3);

uma armadura (7) fixada no eixo mecânico (8) e estendendo-se radialmente para fora do eixo mecânico (8) para uma superfície periférica externa (25, 124), a dita armadura
10 (7) sendo posicionada de modo que a superfície de fixação (3) seja disposta entre a bobina de solenóide (5) e a armadura (7), e em que a dita armadura (7) é móvel entre uma primeira posição, disposta próxima à superfície de fixação (3), e uma segunda posição, disposta distante da superfície
15 de fixação (3), em que, quando a armadura (7) está na segunda posição, a armadura (7) e a superfície de fixação (3) definem um primeiro vão (D1) entre elas, o dito primeiro vão (D1) tendo uma largura na direção do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8);

20 um elemento de extensão (21, 21', 21'', 120) unido ao, e estende-se a partir do alojamento (20, 20', 20'') na direção do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8), para delimitar o primeiro vão (D1), em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo
25 mecânico (8),

CARACTERIZADO pelo fato de que a dita extensão (21, 21', 21'', 120) formando um segundo vão (D2) com o alojamento (20, 20', 20'') ou a armadura (7), o dito segundo

vão (D2) tendo uma pluralidade de larguras diferentes que se estendem em direções radialmente para fora a partir do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8), em que as larguras do segundo vão (D2) são todas menores do que a largura do primeiro vão (D1).

11. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo vão (D2) é formado entre a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) e uma superfície interna (26, 26', 26'', 122) do elemento de extensão (21, 21', 21'', 120).

12. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) é não-paralela à superfície interna (26, 26', 26'', 122) do elemento de extensão (21, 21', 21'', 120).

13. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que, em um plano estendendo-se em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8), a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) é paralela ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8) e a superfície interna (26, 26', 26'', 122) do elemento de extensão (21, 21', 21'', 120) é não-paralela ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico.

14. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a maior largura do segundo vão (D2) é proximal à superfície de fixação (3), e a menor largura do segundo vão (D2) é distal à super-

fície de fixação (3).

15. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a maior largura do segundo vão (D2) é distal à superfície de fixação (3),
5 e a menor largura do segundo vão (D2) é proximal à superfície de fixação (3).

16. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) tem um recesso
10 formado nela, o dito recesso ajudando a definir o segundo vão (D2).

17. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) é paralela à
15 superfície interna (26, 26', 26'', 122) do elemento de extensão (21, 21', 21'', 120).

18. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que, em um plano estendendo-se em uma direção radialmente para fora do eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8), a superfície periférica externa (25, 124) da armadura (7) e a superfície interna (26, 26', 26'', 122) do elemento de extensão (21, 21', 21'', 120) são não-paralelas ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico (8).

25 19. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície de fixação (3) compreende uma placa de fixação (3), e em que o atuador eletromagnético compreende adicionalmente um ímã

permanente (2) disposto radialmente para dentro da bobina de solenóide (5).

20. Atuador eletromagnético, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende
5 adicionalmente uma mola (9) disposta no alojamento (20, 20', 20'') e operável para impulsionar a armadura (7) na direção da segunda posição.

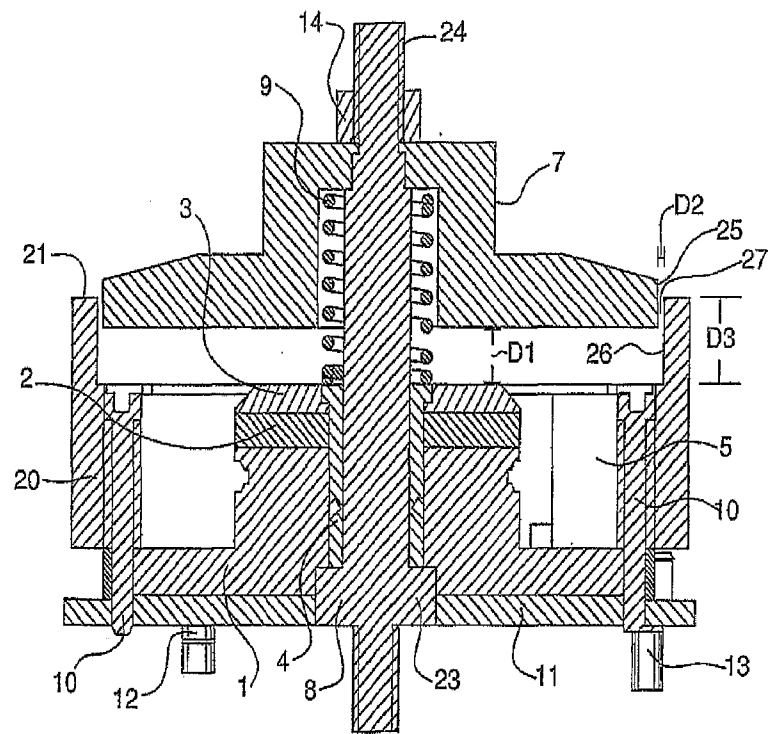


FIG. 1

30

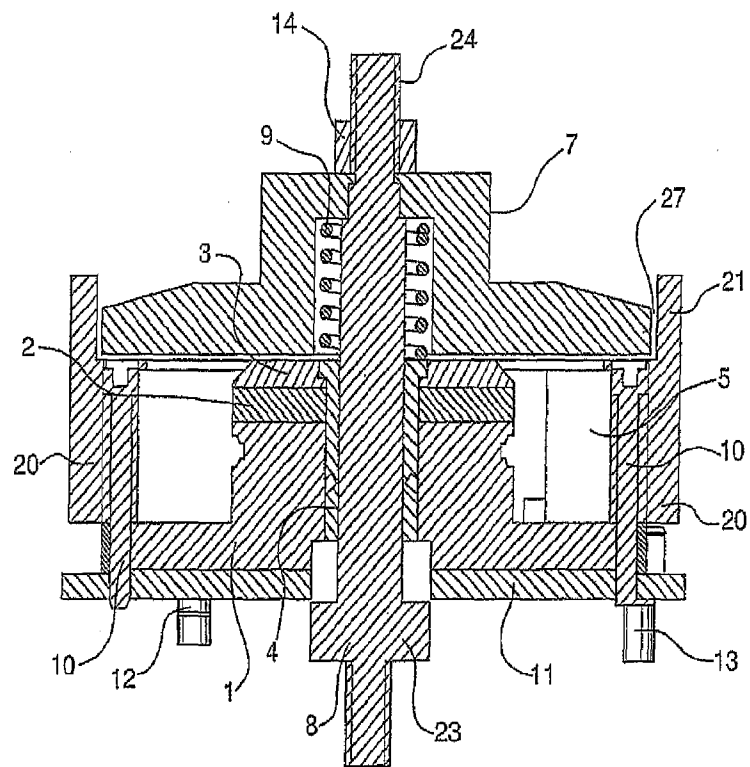


FIG. 2

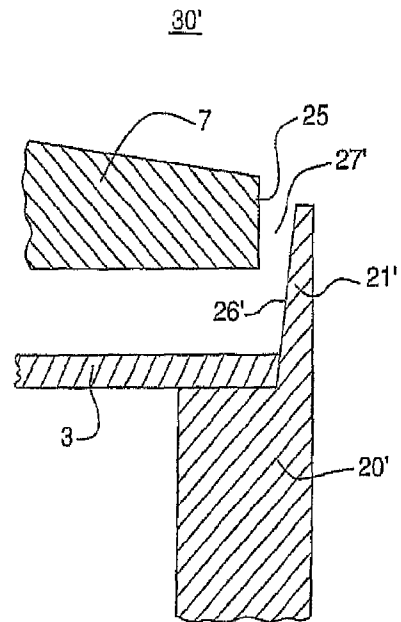


FIG. 3

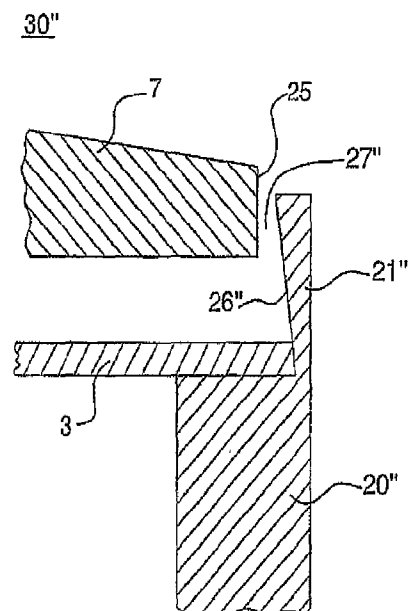


FIG. 4

50

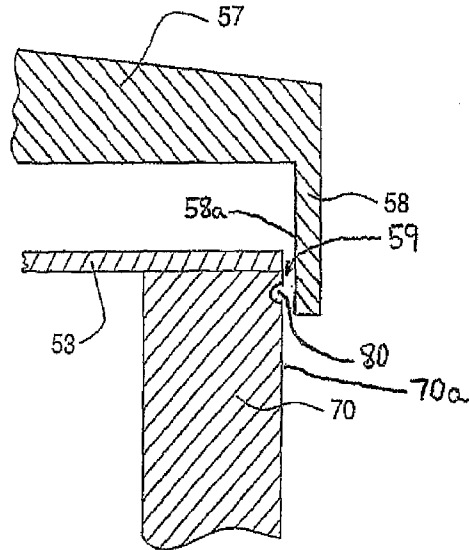


FIG. 5

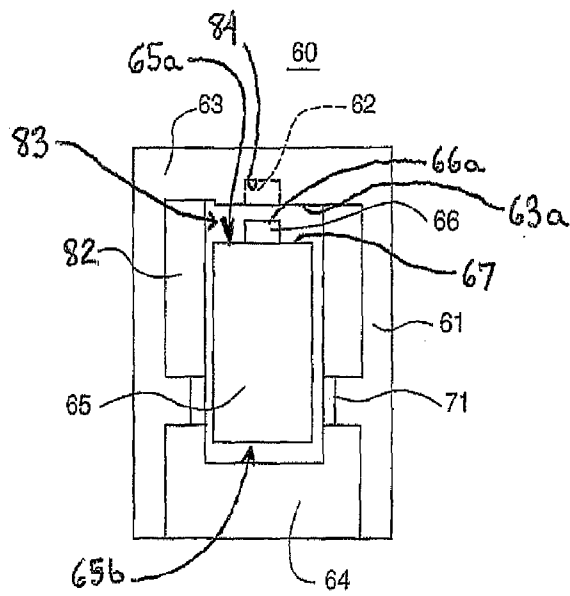


FIG. 6

FIG. 7

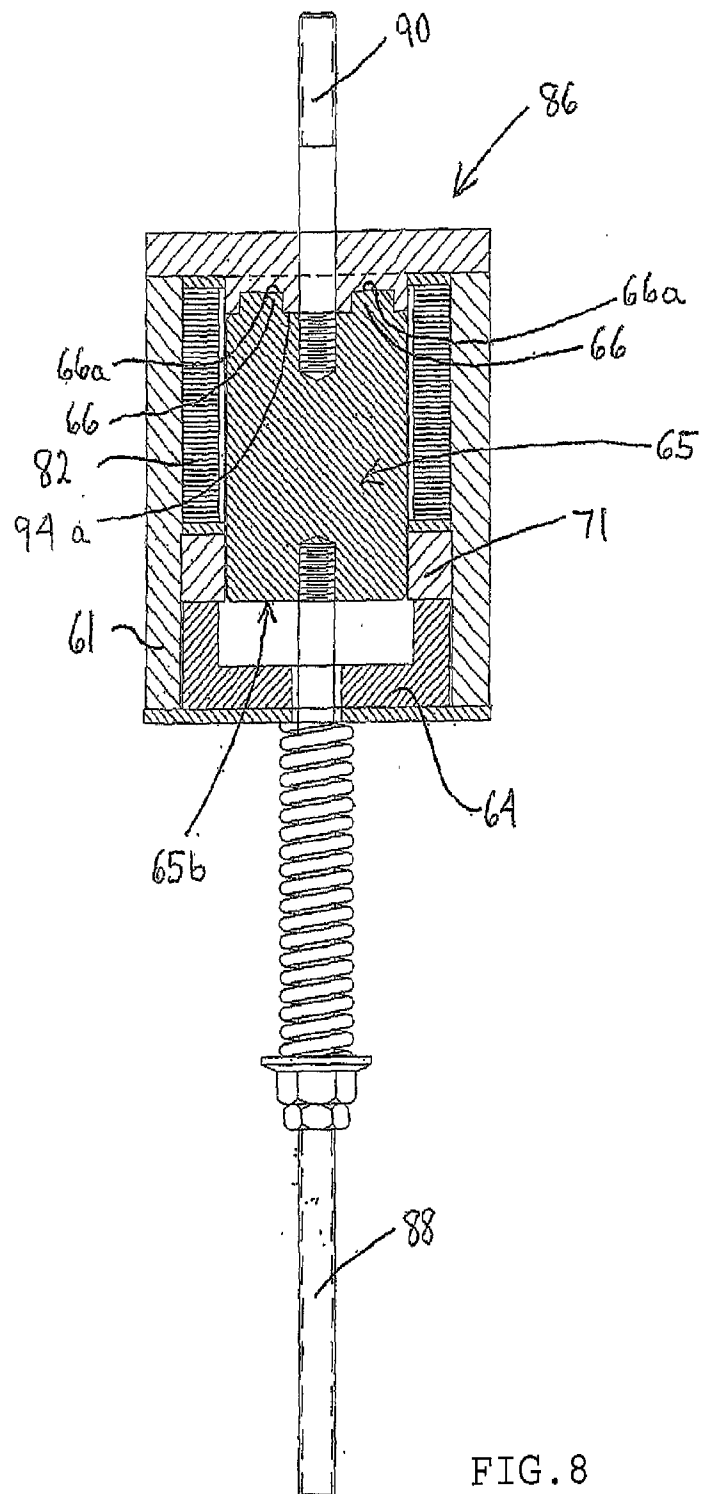


FIG. 8

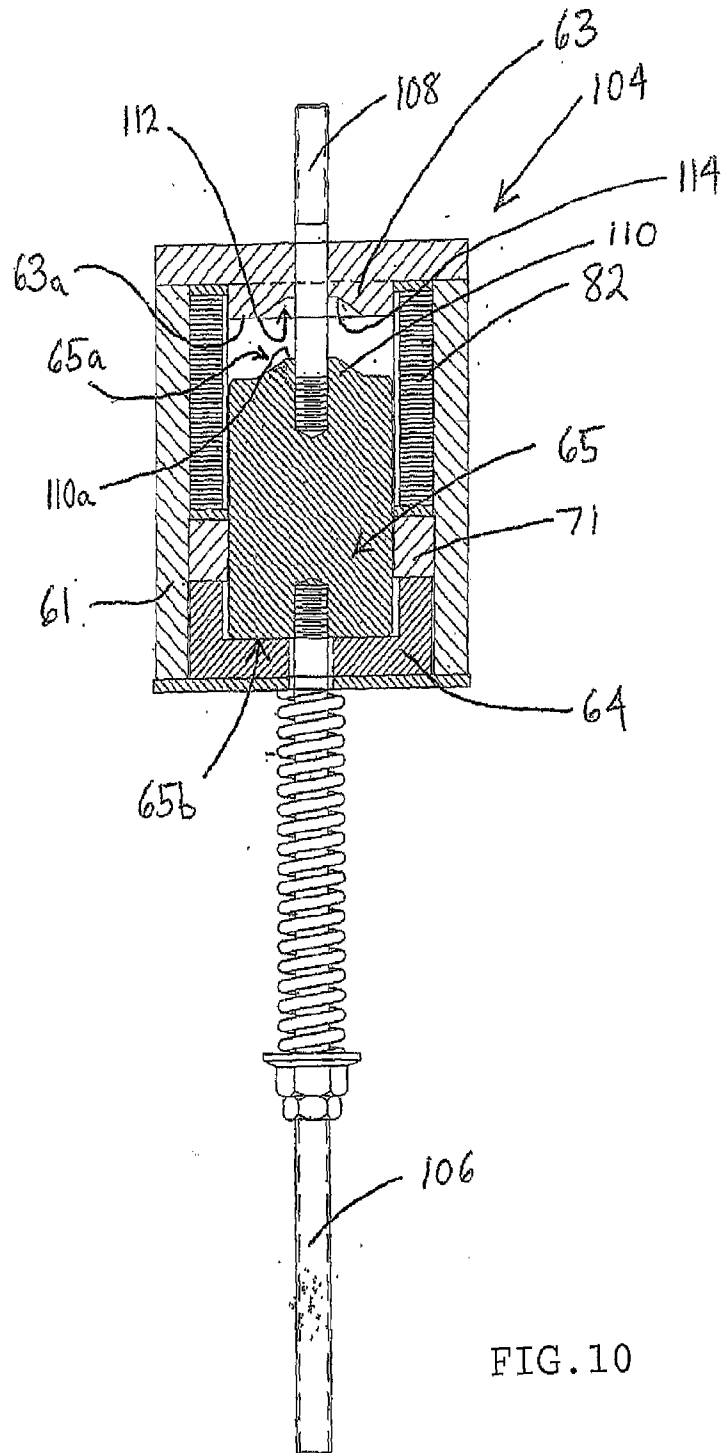


FIG. 10

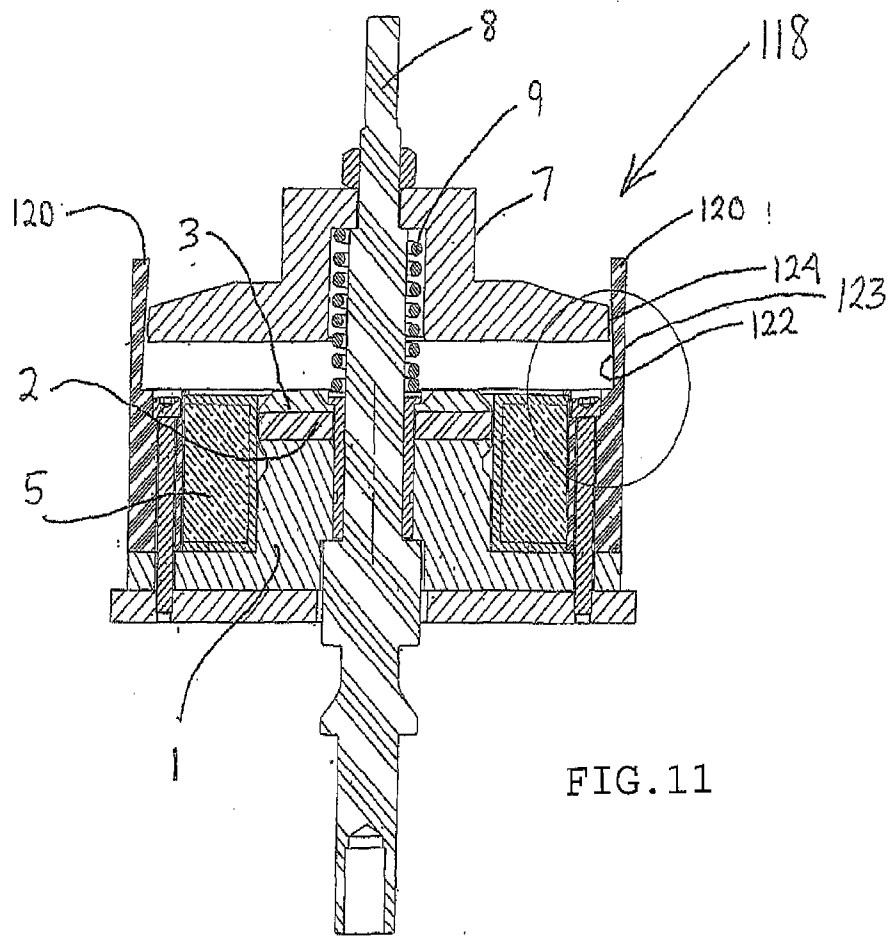


FIG. 11

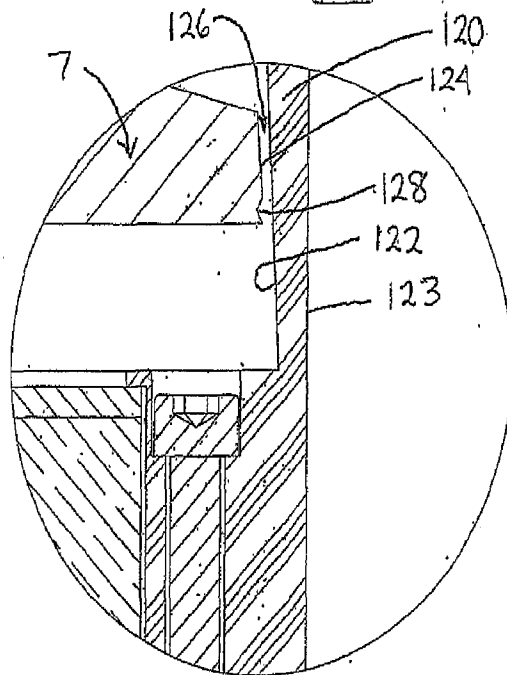


FIG. 12

RESUMO

"ATUADOR ELETROMAGNÉTICO COM FORÇAS INICIAL E DE ENGATAMENTO"

Um atuador eletromagnético é proporcionado, que
5 compreende um alojamento (61), uma bobina de solenóide (82)
e uma armadura (65). A armadura (65) é disposta de forma mó-
vel em uma cavidade (83) interna definida pelo alojamento
(61). Vãos irregulares são formados entre a armadura (65) e
o alojamento (61), para aumentar a força inicial do atuador
10 e aperfeiçoar a força de engatamento do atuador, após o atu-
ador ter sido atuado.