



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

(11) PI 0918152-0 B1



(22) Data do Depósito: 03/09/2009

(45) Data de Concessão: 25/06/2019

(54) Título: MÁQUINA ELÉTRICA

(51) Int.Cl.: H02K 51/00.

(30) Prioridade Unionista: 05/09/2008 GB 0816248.9.

(73) Titular(es): DAVID RODGER; HONG CHENG LAI.

(72) Inventor(es): DAVID RODGER; HONG CHENG LAI.

(86) Pedido PCT: PCT GB2009051121 de 03/09/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/026427 de 11/03/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/03/2011

(57) Resumo: MÁQUINA ELÉTRICA Revela-se uma máquina elétrica que compreende: um primeiro rotor, rotacionável em torno de um primeiro eixo, e tendo um primeiro arranjo de ímãs sobre uma primeira superfície do mesmo; um segundo rotor, retido com uma primeira superfície do mesmo adjacente à primeira superfície do primeiro rotor e de forma que ele não possa rotacionar em torno do primeiro eixo, mas rotacionável em torno de um segundo eixo, e tendo um segundo arranjo de ímãs sobre a primeira superfície do mesmo; caracterizada pelo fato de que o primeiro e segundo arranjos de ímãs são de tal forma que a rotação do primeiro rotor em torno do primeiro eixo causa a rotação do segundo rotor em torno do segundo eixo. O primeiro rotor é na forma de um toro pelo menos parcialmente oco, com a primeira superfície do mesmo sendo uma superfície interna. O segundo rotor é na forma de um cilindro, posicionado dentro do toro oco, com a primeira superfície do mesmo sendo uma superfície externa, de forma que o segundo eixo é perpendicular ao primeiro eixo.

“MÁQUINA ELÉTRICA”

[001] Esta invenção se refere a uma máquina elétrica, e em particular a uma máquina que pode ser usada para gerar corrente elétrica eficientemente a partir de um corpo que se move lentamente.

[002] Máquinas elétricas na forma de geradores são bem conhecidas, nas quais uma fonte primária de energia é usada para rotacionar um corpo, e o rotor coopera com um estator para produção de uma corrente elétrica. Todavia, onde a fonte primária de energia é uma das fontes comuns de energia renovável tal como o vento, maré ou onda, o rotor tipicamente se move bem lentamente, pelo menos em comparação com uma velocidade de 3.000 rpm atingidas em uma estação de energia convencional.

[003] O efeito deste movimento relativamente lento é que o gerador deve ser relativamente grande, o que, por sua vez, significa que custo e massa do gerador são altos. Se a engrenagem mecânica convencional for usada para converter a lenta rotação numa rotação mais rápida de um rotor num gerador, então a engrenagem é uma fonte de perdas devidas à fricção, e também reduz a confiabilidade.

[004] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é provida uma máquina elétrica que inclui: um primeiro rotor, rotacionável em torno de um primeiro eixo, e tendo um primeiro arranjo de ímãs sobre uma primeira superfície do mesmo; um segundo rotor, retido com uma primeira superfície do mesmo adjacente à primeira superfície do primeiro rotor e de tal forma que ele não possa rotacionar em torno do primeiro eixo, mas que seja rotacionável em torno de um segundo eixo, e tendo um segundo arranjo de ímãs sobre a primeira superfície do mesmo; caracterizada por o primeiro e o segundo arranjos de ímãs serem de tal forma que a rotação do primeiro rotor em torno do primeiro eixo cause a rotação do segundo rotor em torno do segundo eixo.

[005] Para melhor compreensão desta invenção, e para mostrar como ela pode ser posta em prática, referência será agora feita, a título de exemplo,

aos desenhos anexos, nos quais:

a figura 1 é um diagrama esquemático, ilustrando uma parte de uma máquina de acordo com a presente invenção;

a figura 2 mostra uma parte da máquina da figura 1, em uma escala maior;

a figura 3 é uma vista de seção transversal através da parte mostrada na figura 2;

a figura 4 mostra um primeiro arranjo de ímãs sobre as superfícies do primeiro e segundo rotores na máquina da figura 1;

a figura 5 mostra um segundo arranjo de ímãs alternativo sobre as superfícies do primeiro e segundo rotores na máquina da figura 1;

a figura 6 mostra um terceiro arranjo de ímãs, alternativo, sobre as superfícies do primeiro e segundo rotores na máquina da figura 1;

a figura 7 mostra outro aspecto do arranjo de ímãs sobre as superfícies do primeiro e segundo rotores na máquina da figura 1;

a figura 8 mostra uma forma alternativa de cilindro de seção côncava do segundo rotor;

a figura 9 mostra um segundo arranjo alternativo do primeiro e segundo rotores;

a figura 10 mostra uma forma de cilindro de seção convexa alternativa do segundo rotor;

a figura 11 mostra um terceiro arranjo alternativo do primeiro e segundo rotores;

a figura 12 mostra um quarto arranjo alternativo do primeiro e segundo rotores;

a figura 13 ilustra outra máquina de acordo com a invenção, tendo um suporte com roda para os segundos rotores;

a figura 14 mostra um primeiro arranjo de um gerador linear de acordo com a presente invenção;

a figura 15 mostra um segundo arranjo de um gerador linear;
a figura 16 mostra uma seção transversal de um gerador linear;
a figura 17 mostra uma seção transversal de um gerador linear alternativo; e

a figura 18 exhibe um conversor de energia de onda incorporando um gerador de acordo com a presente invenção.

[006] A figura 1 mostra a estrutura geral de uma máquina elétrica 8 de acordo com a presente invenção. A máquina elétrica é descrita aqui na forma de um gerador, em que a rotação de um corpo é usada para gerar energia elétrica. No entanto, será apreciado pela pessoa especializada na arte que o mesmo princípio pode ser usado para construir um motor, no qual energia elétrica é aplicada, e usada para fazer com que um corpo rotacione.

[007] A máquina 8 da figura 1 tem um primeiro rotor 10, que é conectado a um eixo 12 por uma estrutura de suporte na forma de raios 14. A rotação do eixo 12 faz então com que o rotor 10 rotacione em torno do eixo definido pelo eixo. A rotação do eixo 12 pode ser acionada por uma fonte de energia, tal como uma turbina eólica, um uma máquina de corrente provocada por marés, ou um conversor de energia de onda, e, embora ela possa ser naturalmente acionada por qualquer fonte de energia, a máquina da presente invenção é particularmente apropriada para situações onde a rotação de acionamento está a uma velocidade relativamente baixa, por exemplo, em torno de 20 rpm para o caso típico de uma turbina eólica de 1,5 MW. Além disso, embora a figura 1 mostre o rotor 10 sendo acionado através do eixo 12, ele pode ser acionado diretamente por um corpo que está sendo causado com que rotacione pela fonte de energia externa. Por exemplo, ele pode ser montado diretamente sobre o cubo de uma turbina eólica.

[008] O rotor 10 é geralmente toroidal. Ou seja, ele tem um formato anular, que pode ser gerado pela rotação de um círculo em torno de um eixo que está situado no plano do círculo, mas fora do círculo. Este eixo é então o

eixo em torno do qual o rotor é feito com que rotacione.

[0009] Não obstante, a superfície de tal rotor não é um toro completo. Especificamente, a parte da seção circular que está situada mais afastada do eixo de rotação é omitida, deixando um interstício anular 16.

[0010] Visível através do interstício 16 na figura 1 é um segundo rotor cilíndrico 18, que tem uma seção circular externa que é ligeiramente inferior que a seção circular interna que a seção circular do rotor 10. Embora a figura 1 mostre somente um segundo rotor cilíndrico 18, muitos de tais segundos rotores são, de fato, posicionados dentro do primeiro rotor.

[0011] A figura 2 mostra em mais detalhe a parte da máquina 8 na região do segundo rotor 18. Especificamente, o segundo rotor 18 (e cada um dos outros segundos rotores, não mostrados na figura 1 ou 2) é montado sobre uma estrutura de suporte 20, que o torna incapaz de se mover na direção de rotação do primeiro rotor 10, mas permite que ele rotacione em torno de um eixo 22 de sua própria seção circular.

[0012] Posicionado dentro do segundo rotor 18 é um estator 24. Como é bem conhecido, o segundo rotor 18 e o estator 24 podem ser projetados de forma que a rotação do segundo rotor 18 em torno de seu eixo 22 faz com que uma corrente elétrica seja gerada no estator 24, que pode ser fornecida através de circuitos elétricos de saída (não mostrados) para linhas de fornecimento de energia elétrica, dispositivos de armazenamento de energia elétrica, etc.

[0013] A figura 3 é uma vista de seção transversal através do primeiro rotor 10, segundo rotor 18, e estator 24.

[0014] Como mencionado acima, o primeiro rotor 10 rotacionável em torno de um eixo que está situado no plano desta seção transversal. No meio tempo, segundo rotor 18 é impedido de rotacionar em torno do eixo de rotação do primeiro rotor, mas é capaz de rotacionar em torno do eixo 22. Providos sobre uma primeira superfície interna 26 do primeiro rotor 10, e sobre uma primeira superfície externa 28 do segundo rotor 18, ficam arranjos ímãs que

têm o efeito de que, quando o primeiro rotor 10 é feito com que rotacione em torno de seu eixo de rotação, o segundo rotor 18 é forçado a rotacionar em torno do eixo 22. Isto será descrito em mais detalhes abaixo.

[0015] Além disso, providos sobre uma segunda superfície interna 30 do segundo rotor 18 e sobre uma primeira superfície externa 32 do estator 24 estão os arranjos que são requeridos, de forma que a rotação do segundo rotor 18 em torno de seu eixo 22 faz com que uma corrente elétrica seja gerada em bobinas de fio metálico montadas sobre o estator 24. Formas apropriadas desses arranjos serão bem conhecidas para a pessoa especializada na arte, e não serão descritas aqui em mais detalhe.

[0016] Figura 4 mostra um primeiro possível arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 do primeiro e segundo rotores. Será aparente que os arranjos são os mesmos, porém são deslocados entre si. Além disto, será observado que os arranjos são mostrados aqui esquematicamente como se as duas superfícies fossem planares, ao invés de circulares. A seção ilustrada da superfície 26 tem um primeiro ímã 34, feito de material de ímã permanente magnetizado numa primeira direção, então uma peça de ferro 36, então um segundo ímã 38, feito de material de ímã permanente magnetizado numa segunda direção oposta à primeira direção, então uma segunda peça de ferro 40, então um terceiro ímã 42, feito de material de ímã permanente magnetizado na primeira direção.

[0017] A seção ilustrada da superfície 28 tem um primeiro ímã 44, feito de material de ímã permanente magnetizado na segunda direção, então uma peça de ferro 46, então um segundo ímã 48, feito de material de ímã permanente magnetizado na primeira direção, então uma segunda peça de ferro 50, então um terceiro ímã 52, feito de material de ímã permanente magnetizado na segunda direção.

[0018] Neste caso, o arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 tem um passo p igual à largura de dois dos ímãs mais duas das peças de ferro, como mostrado na figura 4.

[0019] A figura 5 mostra um segundo possível arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 do primeiro e segundo rotores. Novamente, será aparente que os arranjos são os mesmos, mas são deslocados entre si, e será notado que os arranjos são mostrados aqui esquematicamente como se as duas superfícies fosse planares, ao invés de circulares.

[0020] Na figura 5, a seção ilustrada da superfície 26 tem um primeiro ímã 54, feito de material de ímã permanente magnetizado em uma primeira direção, então um segundo ímã 56, feito de material de ímã permanente magnetizado em uma segunda direção oposta à primeira direção, então um terceiro ímã 58, feito de material de ímã permanente magnetizado na primeira direção, então um quarto ímã 60, feito de material de ímã permanente magnetizado na segunda direção, e assim por diante. Uma peça de material ferromagnético, por exemplo, ferro, 62, é conectada a uma extremidade de cada um desses ímãs 54, 56, 58, 60.

[0021] A seção ilustrada da superfície 28 tem um primeiro ímã 64, feito de material de ímã permanente magnetizado na segunda direção, então um segundo ímã 66, feito de material de ímã permanente magnetizado na primeira direção, então um terceiro ímã 68, feito de material de ímã permanente magnetizado na segunda direção, então um quarto ímã 70, feito de material de ímã permanente magnetizado na primeira direção, e assim por diante. Uma peça de material ferromagnético, por exemplo, ferro, 72 é conectada a uma extremidade de cada um desses ímãs 64, 66, 68, 70.

[0022] Neste caso, o arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 tem um passo p igual à largura de dois dos ímãs, como mostrado na figura 5.

[0023] A figura 6 mostra um terceiro possível arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 do primeiro e segundo rotores. Novamente, será aparente que os arranjos são os mesmos, mas são deslocados entre si, e será notado que os arranjos são mostrados aqui esquematicamente como se as duas superfícies fosse planares, ao invés de circulares.

[0024] Na figura 6, a seção ilustrada de superfície 26 tem material de ímã permanente 82 magnetizado de tal maneira a produzir uma sucessão de polos Norte e Sul na superfície 26, como mostrado, e muito pequeno campo magnético na superfície oposta 83, em um arranjo conhecido como um arranjo de Halbach para uma pessoa especializada na arte.

[0025] A seção ilustrada de superfície 28 apresenta um material de ímã permanente 92 magnetizado de tal maneira a produzir uma sucessão de polos magnéticos Norte e Sul na superfície 28, como mostrado, e muito pequeno campo magnético sobre a superfície 93, formando novamente um arranjo de Halbach.

[0026] Novamente, o arranjo de ímãs sobre as superfícies 26, 28 tem um passo p igual à distância entre dois polos Norte sucessivos, ou entre dois polos Sul sucessivos, como mostrado na figura 6.

[0027] Quaisquer que sejam os ímãs, como mostrado na figura 4, ou, como mostrado na figura 5, ou, como mostrado na figura 6, eles produzem um grau de acoplamento entre o primeiro rotor 10 e o segundo rotor 18. É também possível usar um arranjo de ímãs que é baseado em uma mistura dos esquemas delineados nas figuras 4, 5 e 6. Por exemplo, uma máquina poderia ser projetada com base nos ímãs na superfície 28 da figura 6 cooperando com os ímãs mostrados nas superfícies 26 da figura 5.

[0028] É também possível produzir campo magnético nas superfícies 26 ou 28 pelo uso de enrolamentos de máquina elétrica convencionais.

[0029] A figura 7 ilustra, em mais detalhes, os arranjos dos ímãs sobre as superfícies 26, 28. Especificamente, os ditos ímãs são arranjos em padrões helicoidais. Estes padrões helicoidais têm o efeito de que a rotação do primeiro rotor 10 em torno de seu eixo de rotação causa a rotação do segundo rotor 18 em torno de seu eixo de rotação perpendicular. É impossível prover hélices idênticas nas superfícies 26 e 28 para o caso do toro e cilindro, mas isto não é necessário.

[0030] A partir de uma posição estacionária, na qual os arranjos de ímãs se acomodaram em posições nas quais a atração entre os ímãs de polos opostos e a repulsão entre os ímãs da mesma polaridade são maximizadas, a rotação do primeiro rotor 10 em torno de seu eixo de rotação causa a rotação do segundo rotor 18 em torno de seu eixo de rotação (uma vez que ele é incapaz de se mover com o primeiro rotor em torno do eixo de rotação do primeiro rotor) a fim de manter uma posição na qual a mencionada atração é maximizada. Ademais, o fato de aquele segundo rotor apresentar um raio de rotação que é muito menor que o raio de rotação do primeiro rotor causa um efeito de engrenamento.

[0031] Se o primeiro rotor se move a uma distância periférica igual ao passo p da hélice magnética, por exemplo, como mostrado na figura 4, 5 ou 6, o segundo rotor rotaciona completamente por 360 graus. Por exemplo, se o primeiro rotor 10 tem um diâmetro externo de 5 m e o segundo rotor 18 tem um diâmetro externo de cerca de 0,5 m, uma relação de engrenagem de em torno de 150:1 (ou seja, o segundo rotor rotaciona 150 vezes para cada rotação do primeiro rotor) pode ser vantajosa. A relação de engrenagem pode ser alterada pela alteração do diâmetro do primeiro rotor e/ou do segundo rotor, alterando o passo p dos ímãs, ou usando mais entradas nos padrões de rosca helicoidal.

[0032] É assim provida uma máquina elétrica que pode converter rotação relativamente lenta eficientemente para uma rotação mais rápida, que pode ser usada mais convenientemente para a geração de energia elétrica.

[0033] Embora uma estrutura básica tenha sido ilustrada, será apreciado que outras estruturas são possíveis.

[0034] A figura 8 mostra uma forma alternativa do primeiro e segundo rotores. Como discutido acima com referência à figura 1, o primeiro rotor 10 é na forma de um toro, a partir do qual a parte da seção transversal circular que está situada mais afastada do eixo de rotação é omitida, deixando

um interstício anular 16. Na modalidade mostrada na figura 8, o segundo rotor 18a não é na forma de um cilindro circular reto, mas, em lugar desta forma, é um objeto cilíndrico formado pela rotação de uma linha curva em torno do eixo 22. Em particular, pode ser vantajoso arranjar uma superfície côncava, como ilustrada na figura 8, pois esta se conforma mais estreitamente à superfície do interior do primeiro rotor 10.

[0035] A figura 9 mostra outra forma alternativa do primeiro e segundo rotores, na qual o primeiro rotor 110 forma um toro incompleto no qual a parte da seção transversal circular que está situada mais próxima ao eixo de rotação é omitida, deixando um interstício anular 116, com o segundo rotor 118 sendo visível através deste interstício. Neste caso, o segundo rotor poderia ser vantajosamente formado pela rotação de uma linha curva em torno do eixo 22 de modo a formar um corpo conformado como cilindro com uma superfície convexa, como ilustrado em mais detalhe na figura 10, pois neste caso esta forma se conforma mais estreitamente à superfície do interior do primeiro rotor 10.

[0036] A figura 11 mostra outro arranjo alternativo, no qual o primeiro rotor 120 é formado na forma de um toro incompleto tendo duas partes 122, 124, omitindo a parte da seção transversal circular que está situado mais próxima ao eixo de rotação do primeiro rotor e também a parte da seção transversal circular que está situada mais afastada do eixo de rotação. O segundo rotor 126 é retido entre essas duas partes 122, 124.

[0037] A figura 12 mostra outro arranjo alternativo, no qual o primeiro rotor 130 é formado na forma de um toro incompleto tendo duas partes 132, 134, retendo somente a parte 132 da seção transversal circular que está situada mais próxima ao eixo de rotação e a parte 134 da seção transversal circular que está situada mais afastada do eixo de rotação, enquanto omitindo duas peças laterais anulares. O segundo rotor 136 é retido entre essas duas partes 132, 134.

[0038] A fim de ilustrar as vantagens de a invenção, um projeto de esboço de um gerador de turbina eólica de 6,5 MW é provido, com base no arranjo do primeiro e segundos rotores 110, 118, como mostrado na figura 9. Neste exemplo, o primeiro rotor 110 tem um diâmetro externo de 5 m, e uma velocidade de rotação de 16 rpm (revoluções por minuto). Estão presentes dezesseis segundos rotores 118, cada um tendo um diâmetro externo de 0,5 m e um comprimento de 0,4 m, e tendo uma velocidade de rotação de 2800 rpm. As partes ativas deste dispositivo têm uma massa total de 9T (toneladas). Isto pode ser comparado com a massa total estimada das partes ativas de uma turbina eólico de 6,5 MW de ímãs permanentes, de acionamento direto, convencional, rotacionando a 16 rpm, que é em torno de 42T. Ela também se compara favoravelmente com aquela de uma existente turbina eólica experimental de 5 MW (construída por Repower), que tem um gerador de alimentação dupla assíncrono, operando a uma velocidade de 670-1170 rpm, acionada por uma caixa de engrenagem mecânica, em que a caixa de engrenagem tem uma massa de 63T e o gerador tem uma massa de 17T.

[0039] Na maioria daquelas máquinas elétricas rotativas ou lineares, é importante manter uma pequena folga mecânica entre as partes móveis. Se isto deve ser feito no caso de uma grande máquina elétrica, isso frequentemente significa que a massa da estrutura de suporte, usada para proporcionar rigidez, não eletromagneticamente ativa, é aumentada. O problema de massa pode ser diminuído no caso da presente invenção, permitindo que aquela estrutura seja relativamente leve e flexível, enquanto mantém as folgas necessárias usando rodas para suportar os segundos rotores, correndo sobre trilhas ou pistas que são afixadas ao primeiro rotor.

[0040] A figura 13 mostra uma máquina elétrica deste tipo. O primeiro e o segundo rotores 110, 118 são do tipo conforme ilustrados na figura 10, em que o primeiro rotor 110 forma um toro incompleto em que a parte da seção transversal circular que está situada mais próxima ao eixo de rotação é

omitida, e o segundo rotor 118 é em forma de cilindro. O segundo rotor 118 é montado sobre uma estrutura de suporte 120, que o permite rotacionar em torno de um eixo 122.

[0041] A folga exigida entre o primeiro e segundo rotores 110, 118 é mantida pela estrutura em que trilhos 124, 126 são providos sobre a superfície externa do primeiro rotor 110. Neste caso, os trilhos 124, 126 têm, cada um, um perfil retangular.

[0042] Conectado ao eixo 122 acima do segundo rotor 118 está um mecanismo 127 compreendendo uma primeira haste 128, que está a 90° ao eixo 122, e é conectada a uma segunda haste 130 a um ângulo de em torno de 90°. Conectadas com esta segunda haste 130 estão três rodas 132, 134, 136. A primeira roda 132 é posicionada de forma que ela pode correr ao longo da superfície 138 do trilho 126 que é perpendicular à superfície externa do primeiro rotor 110. A segunda roda 134 é posicionada de modo que ela pode correr ao longo da superfície 140 do trilho 126 que é paralelo à superfície externa do primeiro rotor 110. A terceira roda 136 é posicionada de modo que ela pode correr ao longo da superfície (não visível na figura 13) do trilho 126 que é perpendicular à superfície externa do primeiro rotor 110 e oposto à superfície 138. Um mecanismo similar 142 é conectado entre o eixo 122 acima do segundo rotor 118 e do trilho 124. Outros mecanismos similares 144, 146 são conectados entre o eixo 122 abaixo do rotor 118 e dos trilhos 126, 124 respectivamente. A invenção foi descrita até agora com referência a uma máquina em que o movimento inicial é rotacional. No entanto, uma estrutura similar é possível onde o movimento inicial provido pela fonte de energia primária é linear, ao invés de rotacional. Por exemplo, algumas fontes de energia renovável originam movimento linear alternativo, como aquele encontrado em muitos conversores de energia de ondas. Se o primeiro rotor mostrado na figura 1 acima for substituído por um tubo reto, que é acionado por este movimento linear alternativo, então este movimento pode ser

convertido para rotação, e assim usado para gerar energia elétrica.

[0043] Uma máquina, apropriada para o uso como um gerador nesta situação, é mostrada na figura 14. Um primeiro tubo 184 é conectado a uma fonte de energia primária, de forma que ele é acionado ao longo de seu eixo em um movimento linear alternativo, como mostrado pelas setas A. Provido sobre a superfície interna 186 do tubo 184 está um arranjo helicoidal de ímãs 188, 190. O tubo 184 é montado em torno de um segundo cilindro menor 180. Provido sobre a superfície externa 192 do tubo 180 está um arranjo helicoidal de ímãs 194, 196.

[0044] Como um resultado da interação entre os dois arranjos helicoidais de ímãs, similares àqueles descritos acima, o movimento linear alternativo do tubo 184 é convertido em rotação alternativa no cilindro menor 180, como mostrado pelas setas B.

[0045] Um rotor (não mostrado, mas bem entendido pela pessoa especializada na arte) pode então ser montado sobre o cilindro 180 de forma a cooperar com um estator estacionário para gerar energia elétrica.

[0046] A figura 15 mostra um arranjo alternativo, que é idêntico àquele mostrado na figura 14, exceto que o cilindro 180 é acionado ao longo de seu eixo em um movimento linear alternativo por uma fonte de energia primária, como mostrado pelas setas C, e este movimento é convertido para rotação alternativa no tubo 184, como mostrado pelas setas D. Um rotor (não mostrado na figura 15) pode ser montado sobre o tubo 184 de forma a cooperar com um estator estacionário para gerar energia elétrica.

[0047] A figura 16 é uma seção transversal através da máquina da figura 15, mostrando também o arranjo para gerar energia elétrica. Especificamente, uma parte de rotor 198 de um gerador é montada no exterior do tubo 184, e este é posicionado dentro da parte de estator 200 do gerador. Assim, quando o cilindro 180 alterna, como mostrado pelas setas C, o cilindro 184 irá rotacionar, com alterações na direção de rotação, e a energia elétrica

pode ser gerada. Todas das modalidades até agora foram referidas a máquinas elétricas na forma de geradores, onde o movimento é convertido para a saída de energia elétrica. As mesmas estruturas, com alterações apropriadas nas conexões elétricas, como serão aparentes para a pessoa especializada na arte, podem também ser usadas como motores elétricos. Assim, por exemplo, no caso da estrutura mostrada nas figuras 15 e 16, um motor linear pode também ser realizado, se energia elétrica for provida para o estator 200, fazendo com que o rotor 198 rotacione, e, assim, fazendo com que o cilindro 180 se mova ao longo do seu eixo.

[0048] Como descrito acima, as modalidades mostradas nas figuras 14 e 15 são destinadas ao uso em situações onde a fonte de energia primária é um movimento alternativo, e irá usualmente produzir um movimento alternativo no lado da saída. Se a rotação contínua em uma direção do rotor 198 for exigida, no entanto, isto é também possível.

[0049] A figura 17 mostra uma modificação do arranjo mostrado na figura 16, que é disposto para produzir uma energia de saída mais contínua.

[0050] Neste arranjo, como antes, um primeiro tubo 184 é montado em torno de um segundo cilindro menor 180. Providos sobre a superfície interna 186 do tubo 184, e sobre a superfície externa 192 do tubo 180, estão arranjos helicoidais de ímãs (não mostrados na figura 17).

[0051] Neste caso, existem dois rotores 202, 302 montados no exterior do tubo 184, mas eles não são diretamente acionados pelo tubo 184. Ao invés disto, dois acoplamentos de marcha livre 204, 304 são conectados ao tubo 184, e acionam os rotores 202, 302. Os dois rotores 202, 302 então cooperam com os estatores 201, 301 respectivamente, para produzir energia elétrica, como descrito acima. Os acoplamentos de marcha livre (ou qualquer outro dispositivo similar, que pode ser mecânico, hidráulico, eletromecânico e outros) têm a propriedade que elas produzem um acionamento positivo para uma carga numa direção, mas permite que a carga exceda se a uma velocidade

de rotação da carga for maior que a velocidade de rotação de entrada. Esses arranjos de embreagem serão bem conhecidos para a pessoa especializada na arte, e não serão descritos mais detalhadamente aqui.

[0052] Quando dita máquina está sendo acionada por um movimento alternativo do cilindro 180, o engrenamento magnético entre o cilindro 180 e o tubo 184 irá fazer com que o tubo 184 rotacione, alternando entre primeira direção de rotação oposta e segunda direção de rotação, na medida em que o cilindro 180 alterne.

[0053] Enquanto o tubo 184 está rotacionando na primeira direção, ele pode acionar o rotor 202 através do acoplamento de marcha livre 204, que permite o acionamento na primeira direção permite que o rotor 202 exceda ou opere em excesso na segunda direção. Enquanto o tubo 184 está rotacionando na segunda direção, ele pode acionar o rotor 302 através do acoplamento de marcha livre 304, que permite o acionamento na segunda direção e permite que o rotor 302 funcione em excesso na primeira direção.

[0054] Desta maneira, os rotores 202 e 302 podem atuar como volantes para armazenar energia enquanto o cilindro 180 é estacionário, de modo a ser capaz de fornecer energia elétrica mais constante.

[0055] Também, os estatores 201, 301 podem ser arranjos de forma que a saída elétrica seja em uma forma conveniente.

[0056] A máquina mostrada na figura 17 pode ser modificada para o caso em que a fonte de energia em movimento alternado consiste de um curso de energia em uma primeira direção e um curso de retorno mais fraco em uma segunda direção oposta à primeira direção. Esta situação poderia ocorrer, por exemplo, onde uma bóia flutuando no mar puxa uma corrente afixada ao tubo 180, provendo o curso de energia e uma mola provê o curso de retorno. Na máquina da figura 17, o estator 301, rotor 302 e acoplamento de marcha livre 304 poderiam ser omitidos. O acoplamento de marcha livre 204 então aciona o rotor 202 em torno do curso de energia e permite ao rotor 202 funcione em

excesso no curso de retorno.

[0057] A figura 18 mostra outra modificação da máquina, permitindo o alisamento da energia de saída, mesmo em circunstâncias onde a energia de entrada, na forma do movimento alternativo, não é constante. Por exemplo, se uma máquina de acordo com a invenção tivesse que ser usada como parte de um conversor de energia de onda, seria preferencial se aquela saída elétrica do dispositivo fosse razoavelmente lisa, a despeito do fato de que tipicamente o padrão das ondas do mar não é regular. Na modalidade da invenção mostrada na figura 18, dispositivos são providos para armazenar energia no conversor a fim de alisar variações na energia de saída.

[0058] Como antes, um primeiro tubo 184 é montado em torno de um segundo cilindro menor 180. Providos sobre a superfície interna 186 do tubo 184, e sobre a superfície externa 192 do tubo 180 estão arranjos helicoidais de ímãs (não mostrados na figura 17). O arranjo é descrito aqui com referência a uma situação onde movimento linear alternativo do cilindro 180 é convertido em rotação do tubo 184, conforme descrito acima com referência à figura 15, embora seja apreciado que arranjos similares podem ser providos nas outras modalidades da invenção descritas acima.

[0059] Aquele tubo rotativo 184 poderá ser acoplado mecanicamente, por exemplo, via uma árvore ou mecanismo 403 a uma bomba hidráulica 401. A bomba hidráulica 401 então aciona um motor hidráulico 404 que acionará, por sua vez, um gerador elétrico 405. Neste caso, o trajeto de escoamento de fluido entre a bomba hidráulica 401 e o motor hidráulico 404 é provido com pelo menos um acumulador hidráulico 406. Um armazenamento de energia é, assim, provido pelo acumulador hidráulico 406 de forma que, mesmo através do fornecimento variável de energia para o cilindro 180, significa que o tubo 184 não estará rotacionando a uma velocidade constante, as flutuações serão alisadas pelo efeito do acumulador hidráulico, de tal maneira que a saída do gerador elétrico seja mais aproximadamente constante.

[0060] Conforme mencionado acima, arranjos semelhantes poderão ser providos nos casos das modalidades da invenção. Por exemplo, tubo 184 pode ser retido contra a rotação, e o cilindro 180 pode, assim, ser feito com que ele rotacione. Neste caso, efeito de alisamento pode ser obtido pelo acoplamento da bomba 401 ao cilindro 180.

[0061] Foram assim descritas várias máquinas elétricas, na forma de geradores e motores elétricos, em que um movimento de saída de um primeiro componente é convertido num movimento de saída de um segundo componente com o primeiro e segundo componentes sendo acoplados conjuntamente por meio de engrenamento magnético.

[0062] Embora o engrenamento magnético seja, desse modo, descrito no contexto de máquinas elétricas, os mesmos mecanismos de engrenamento magnéticos podem ser empregados em outras situações, por exemplo, onde o mecanismo de engrenamento é usado para alterar a velocidade de algum outro tipo de máquina. Por exemplo, no arranjo mostrado na figura 1, os segundos rotores poderiam incorporar motores hidráulicos ou bombas ou compressores, e podem não ter qualquer contexto elétrico.

REIVINDICAÇÕES

1. Máquina elétrica (8), sendo caracterizada pelo fato de que compreende:

um primeiro rotor (10, 110, 120, 130), rotacionável em torno de um primeiro eixo, e tendo um primeiro arranjo de ímãs sobre uma primeira superfície (26) do mesmo;

um segundo rotor (18, 118), retido com uma primeira superfície (28) do mesmo adjacente à primeira superfície do primeiro rotor e de tal forma que ele não possa rotacionar em torno do primeiro eixo, mas seja rotacionável em torno de um segundo eixo, e tendo um segundo arranjo de ímãs sobre a dita primeira superfície do mesmo, em que o dito segundo rotor está na forma de um cilindro oco; e

um estator (24), posicionado dentro do cilindro oco, em que os ditos primeiro e segundo arranjos de ímãs são de tal maneira que a rotação do primeiro rotor em torno do primeiro eixo cause a rotação do segundo rotor em torno do segundo eixo.

2. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 1, sendo caracterizada pelo fato de que:

o primeiro rotor (10, 110, 120, 130) está na forma de pelo menos um toro parcial, com o toro sendo oco para definir uma superfície interna, com a primeira superfície do primeiro rotor sendo aquela superfície interna;

o segundo rotor (18, 118) está na forma de um cilindro, que fica posicionado dentro do toro oco, com a primeira superfície do segundo rotor sendo uma superfície externa, de forma que o segundo eixo seja perpendicular ao primeiro eixo.

3. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 2, sendo caracterizada pelo fato de que o primeiro rotor está na forma de um toro que se estende totalmente em torno do primeiro eixo, mas que se estende somente parcialmente em torno do segundo eixo.

4. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 3, sendo caracterizada pelo fato de que o primeiro rotor (10) está na forma de um toro tendo um interstício anular (16) numa superfície radialmente externa do mesmo com relação ao primeiro eixo.

5. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 3, sendo caracterizada pelo fato de que o primeiro rotor (110) está na forma de um toro tendo um interstício anular (116) numa superfície radialmente interna do mesmo com relação ao primeiro eixo.

6. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 3, sendo caracterizada pelo fato de que o primeiro rotor (120) está na forma de um toro tendo interstícios anulares em superfícies radialmente interna e externa do mesmo com relação ao primeiro eixo.

7. Máquina elétrica (8) de acordo com a reivindicação 3, sendo caracterizada pelo fato de que o primeiro rotor (130) está na forma de um toro tendo interstícios anulares entre superfícies radialmente interna e externa do mesmo com relação ao primeiro eixo.

8. Máquina (8) de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 7, caracterizada por compreender uma pluralidade de ditos segundos rotores, retidos espaçados dentro do toro oco em posições predeterminadas em torno do primeiro eixo.

9. Máquina (8) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que:

o primeiro arranjo de ímãs sobre aquela primeira superfície do primeiro rotor compreende um arranjo helicoidal; e

o segundo arranjo de ímãs sobre aquela primeira superfície do segundo rotor compreende um arranjo helicoidal correspondente.

10. Máquina (8) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, na forma de um gerador, e caracterizada por compreender adicionalmente um estator, em que o segundo rotor e o estator encontram-se posicionados um

em relação ao outro de tal maneira que a rotação do segundo rotor em torno do segundo eixo faça com que uma corrente elétrica seja gerada.

11. Máquina (8) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, na forma de um motor, caracterizada por compreender dispositivos para aplicar energia elétrica para causar rotação de um de ditos primeiro e segundo rotores.

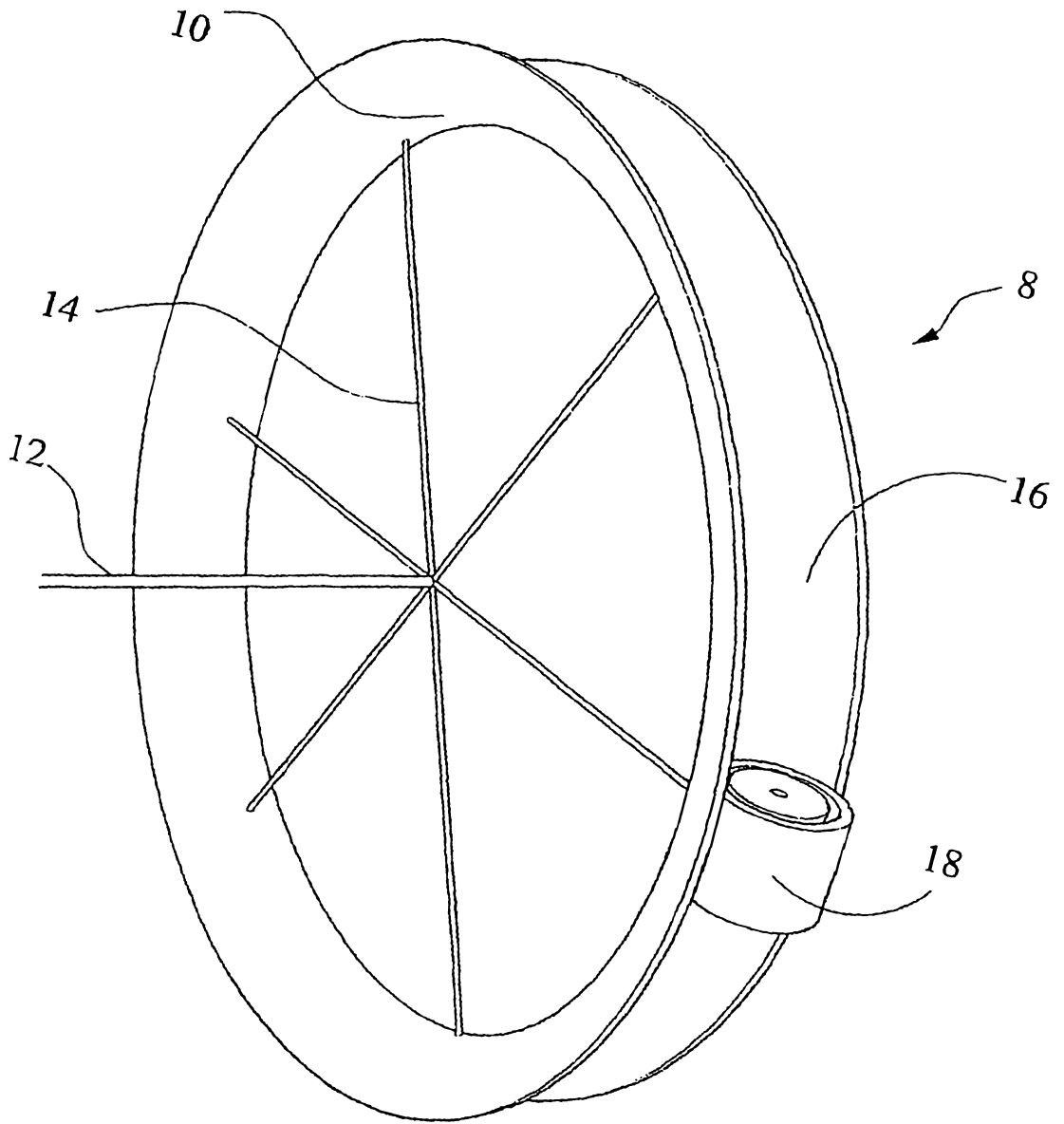


FIGURA 1

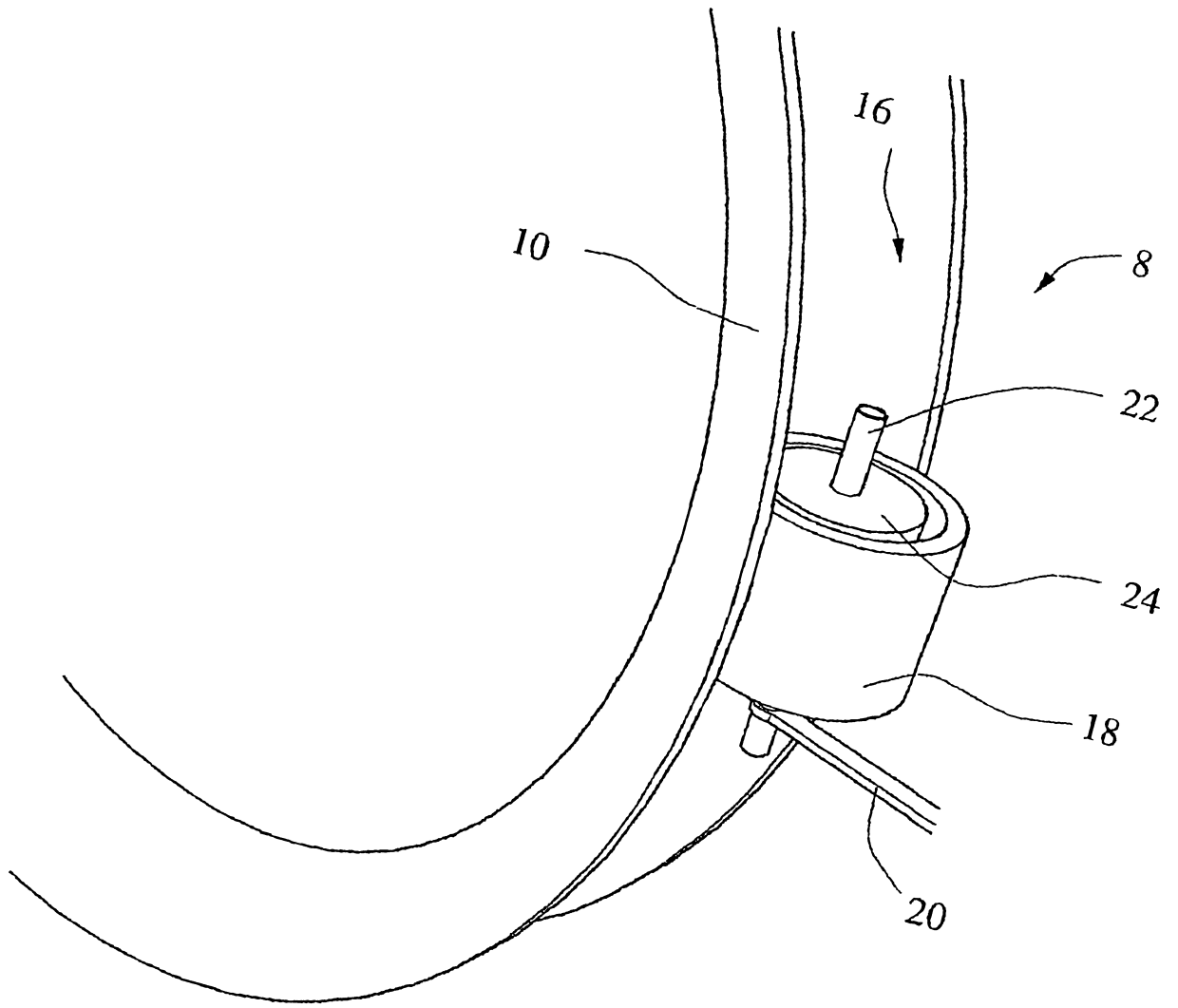


FIGURA 2

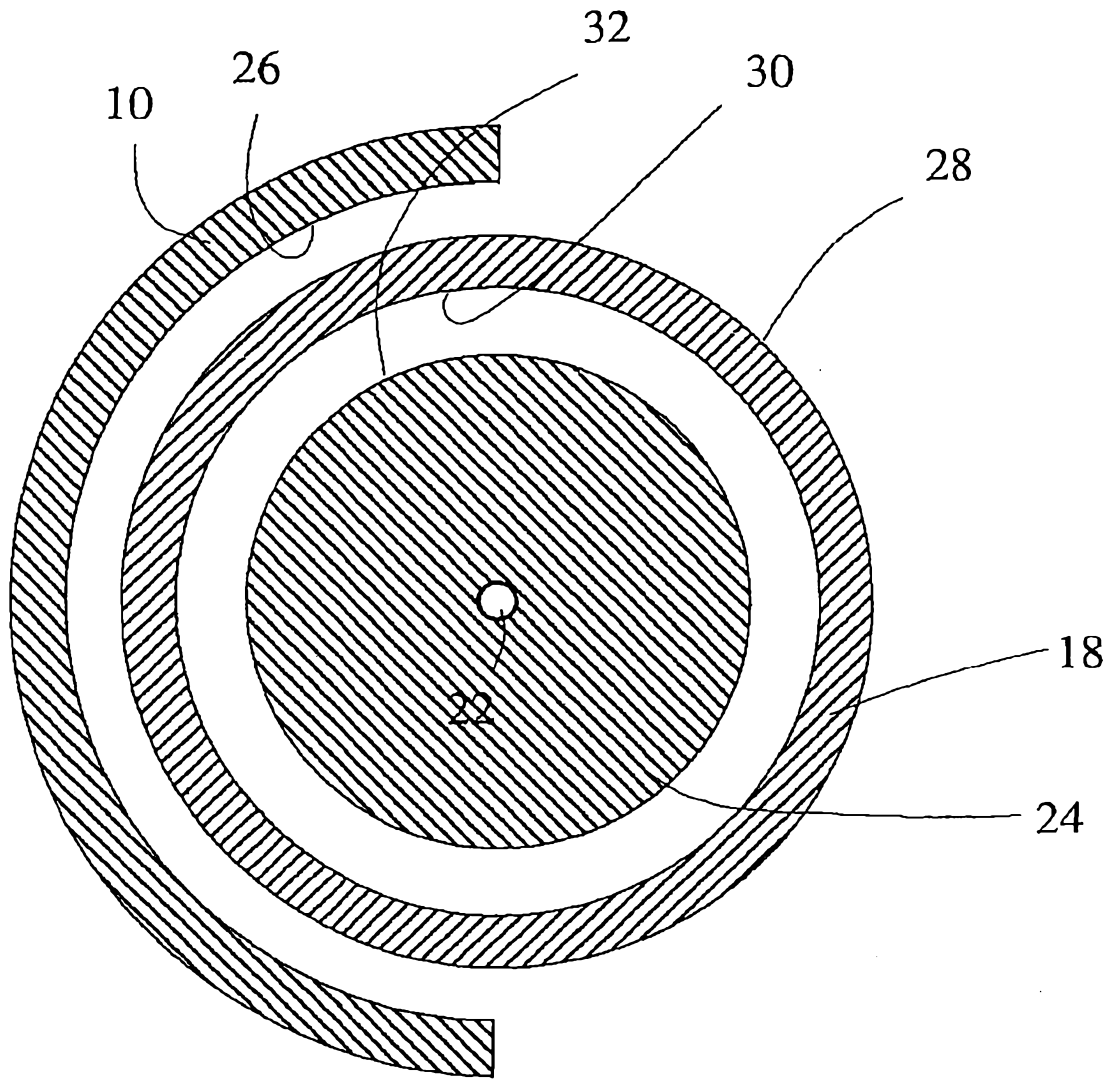


FIGURA 3

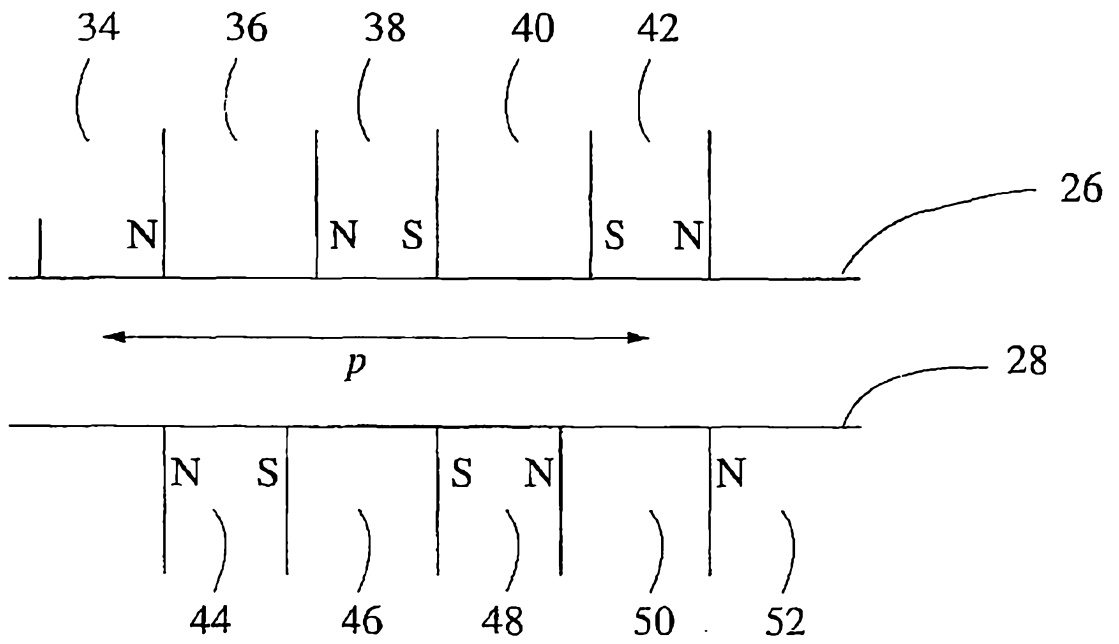


FIGURA 4

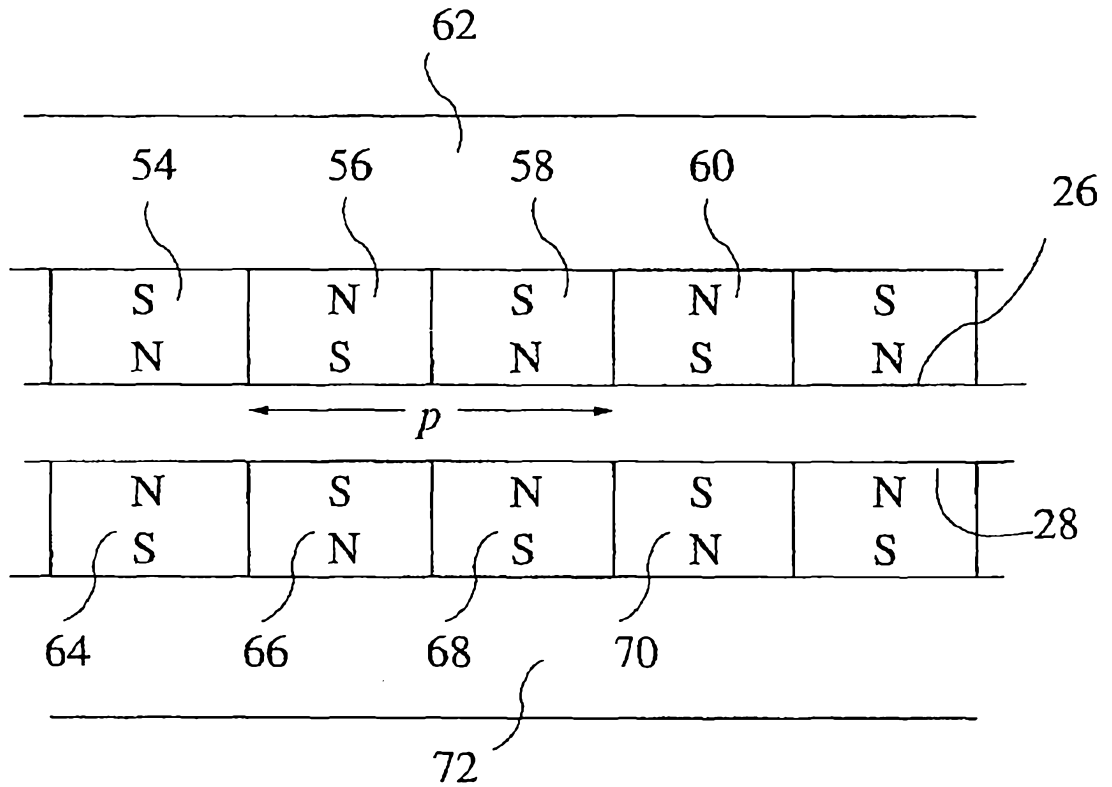


FIGURA 5

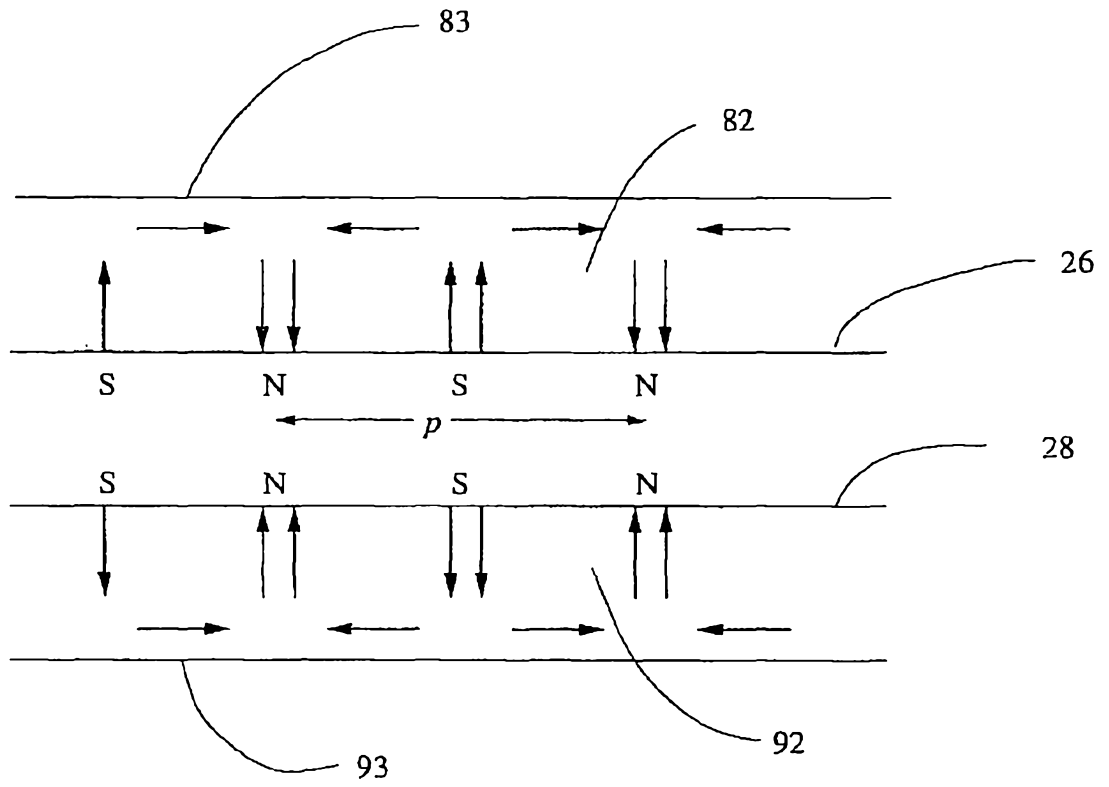


FIGURA 6

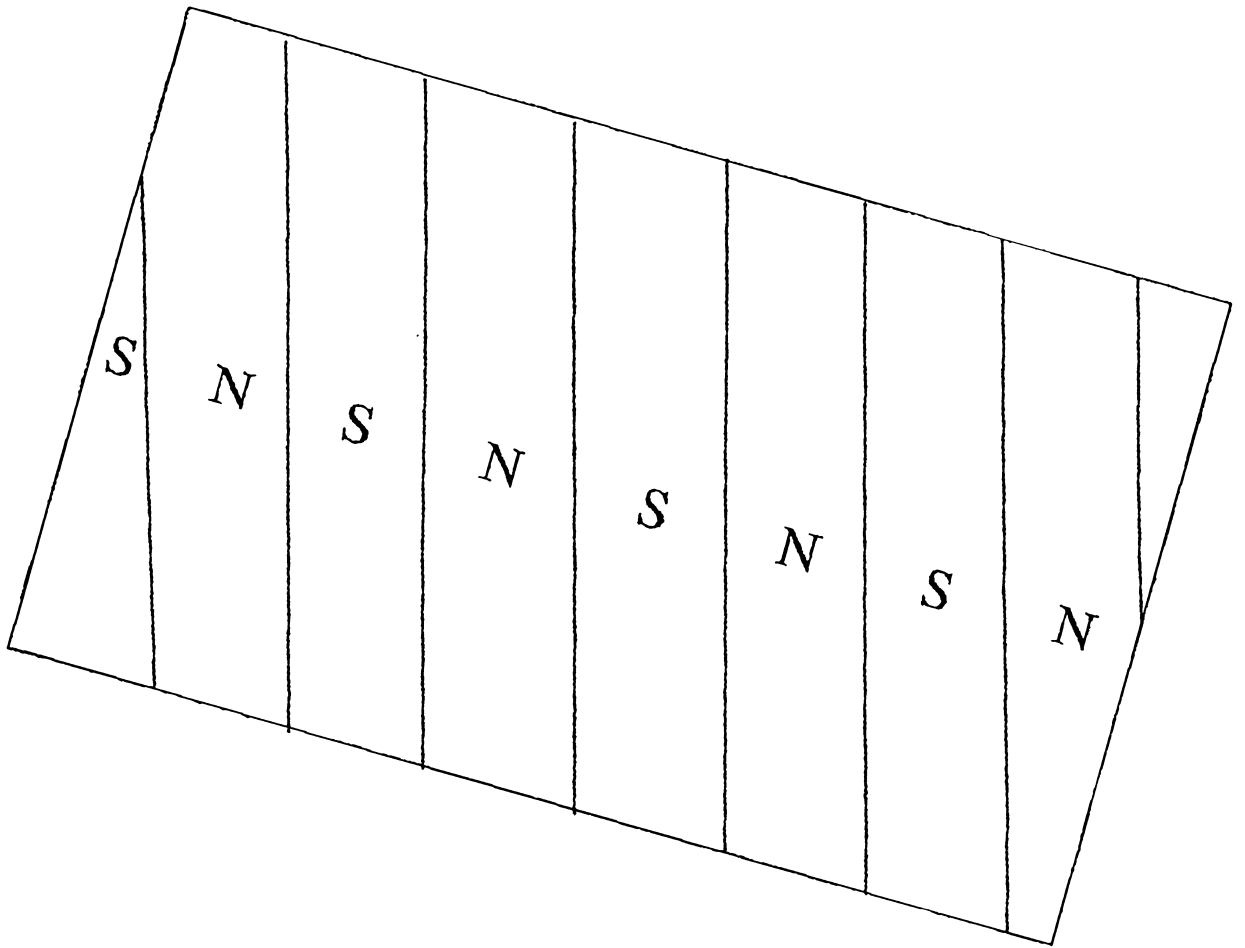


FIGURA 7

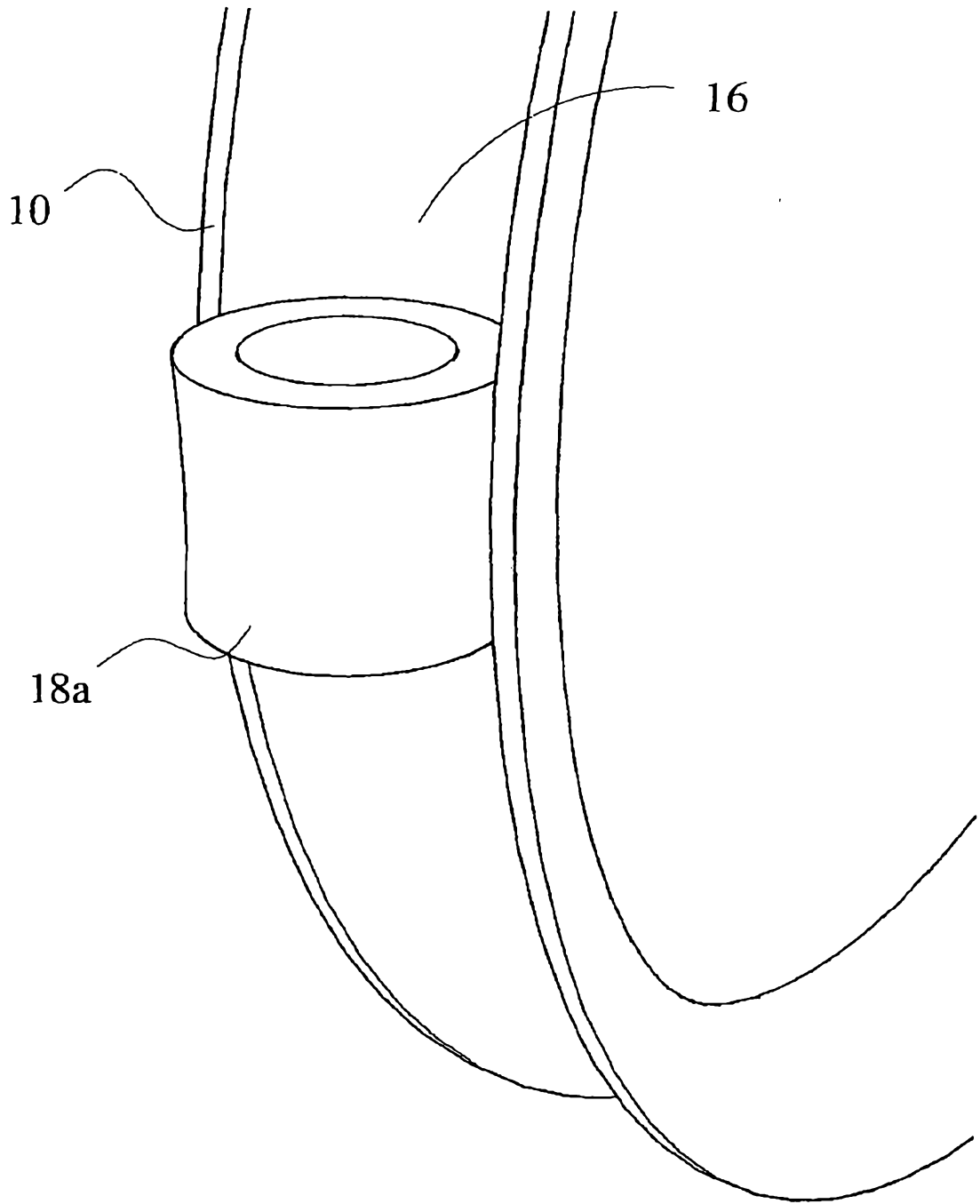


FIGURA 8

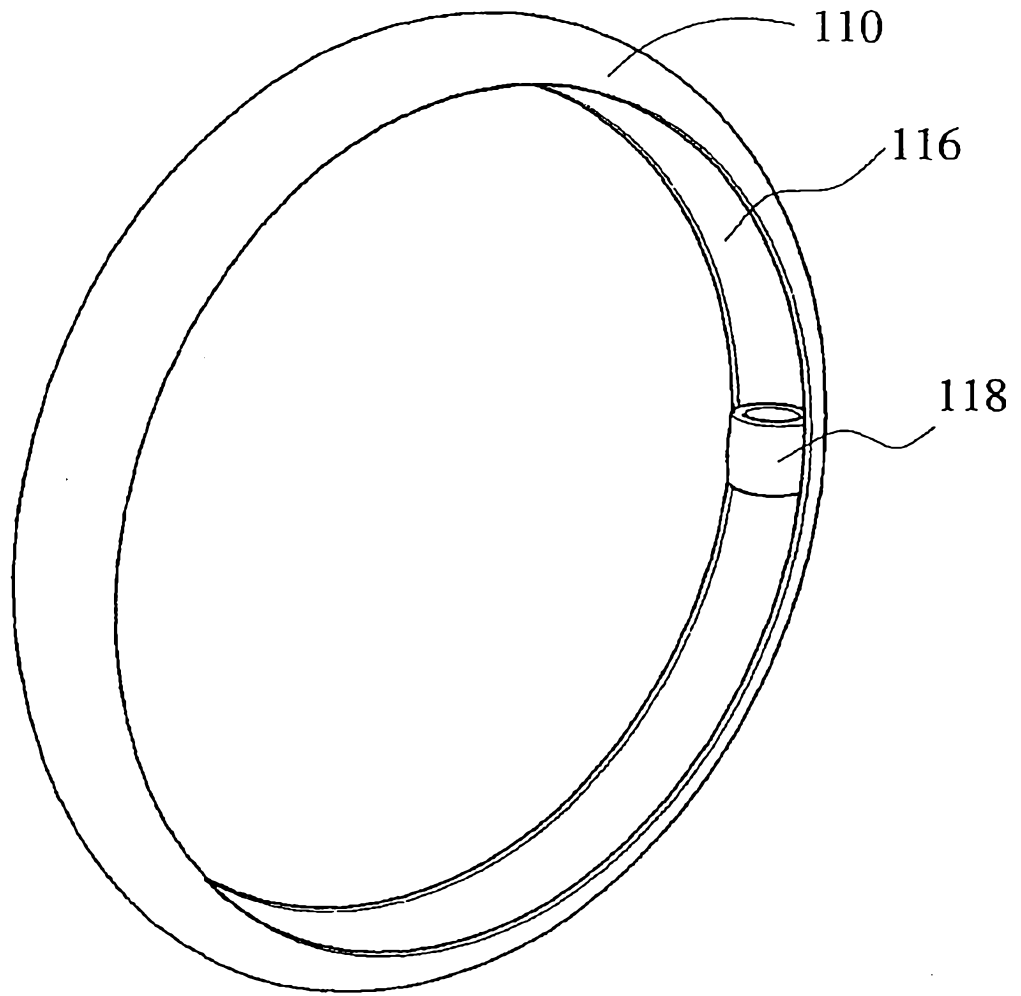


FIGURA 9

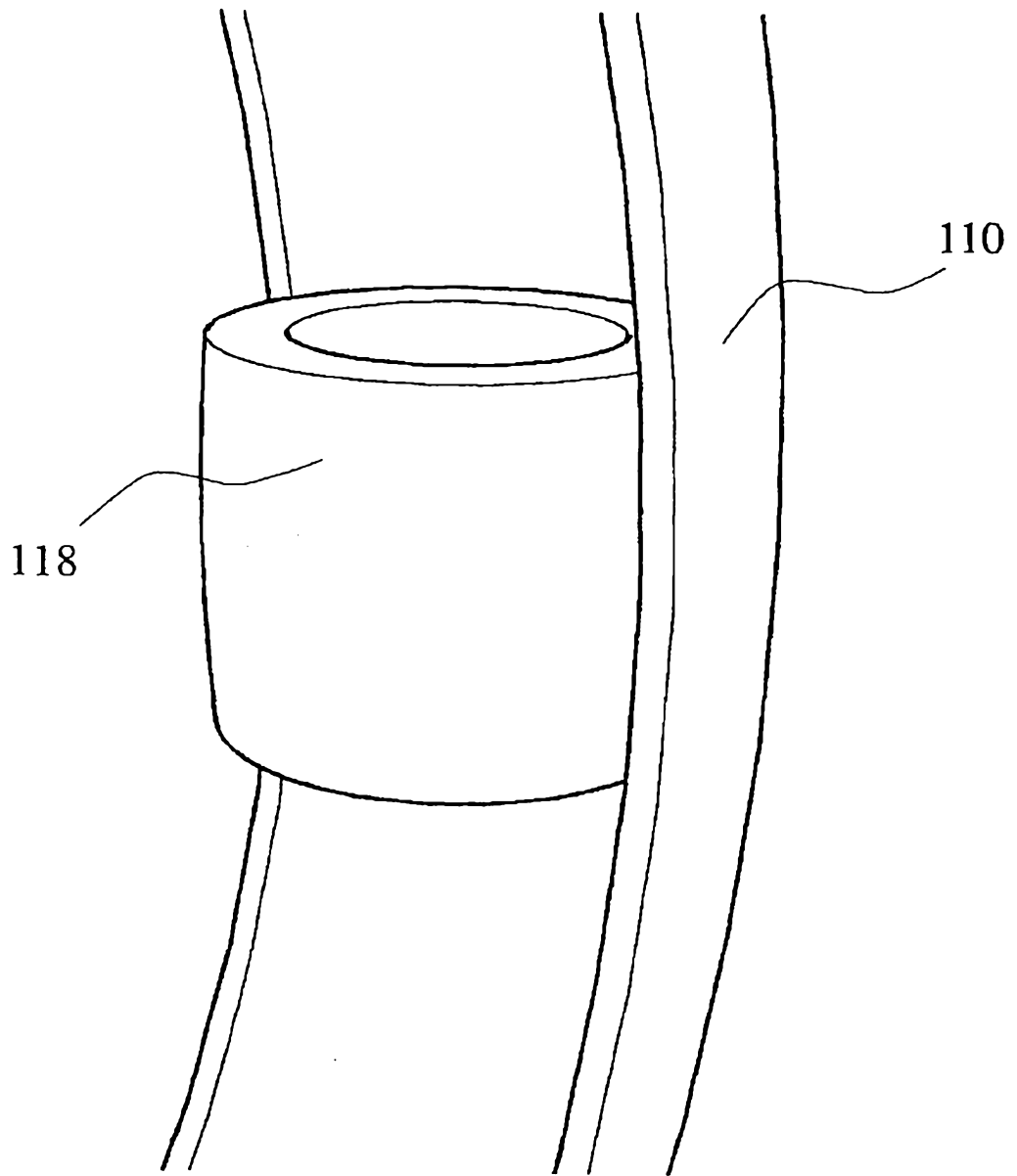


FIGURA 10

11/18

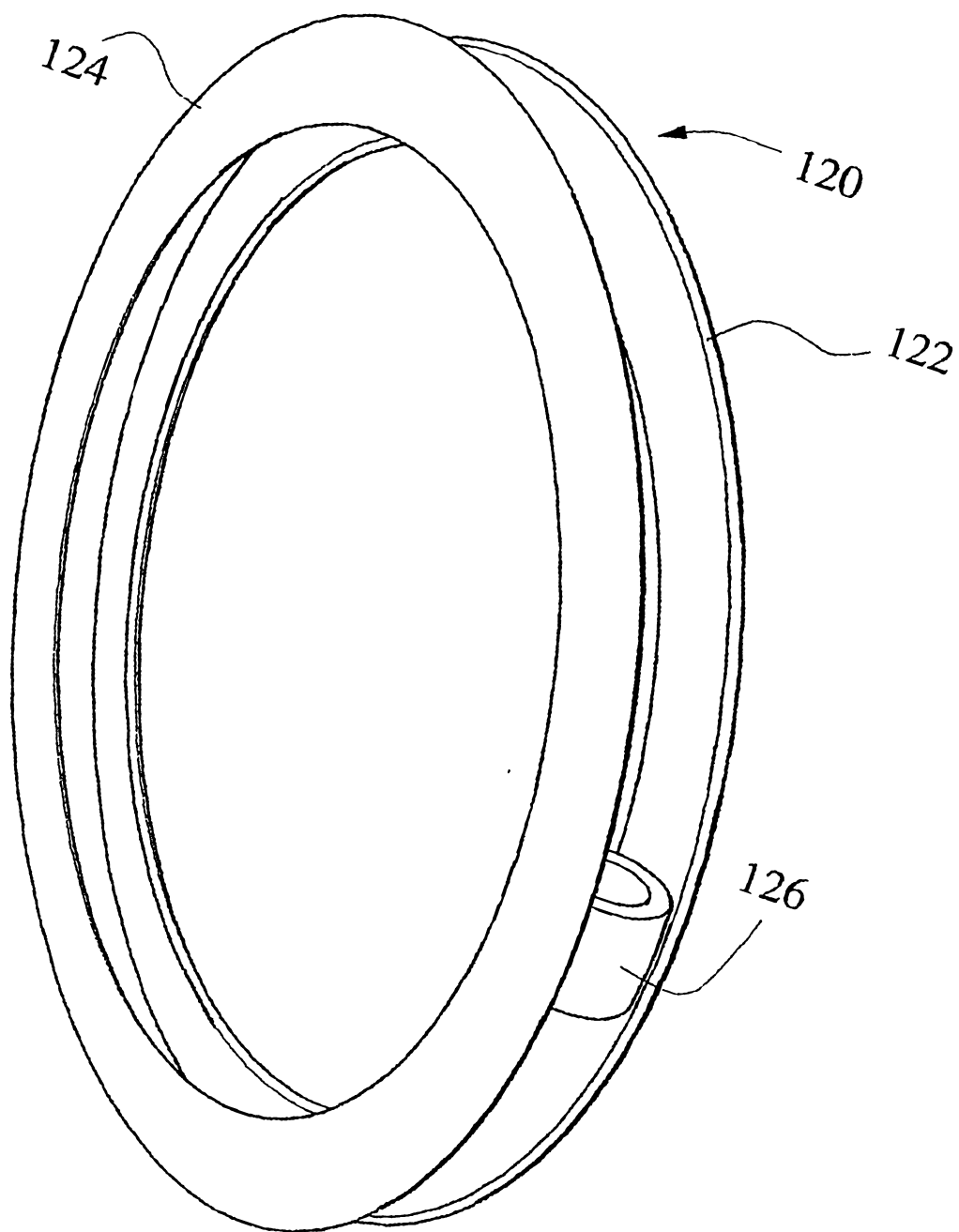


FIGURA 11

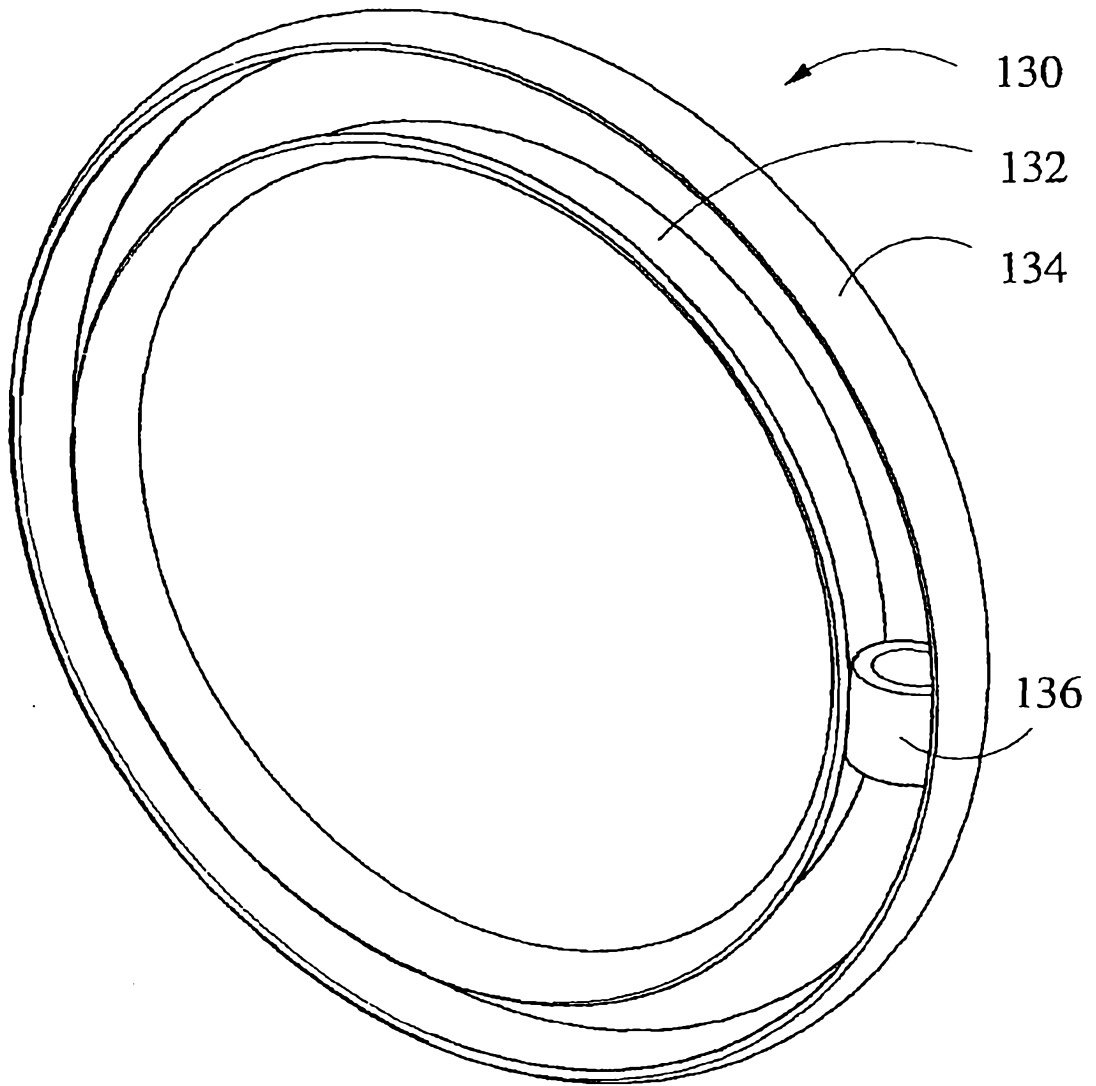


FIGURA 12

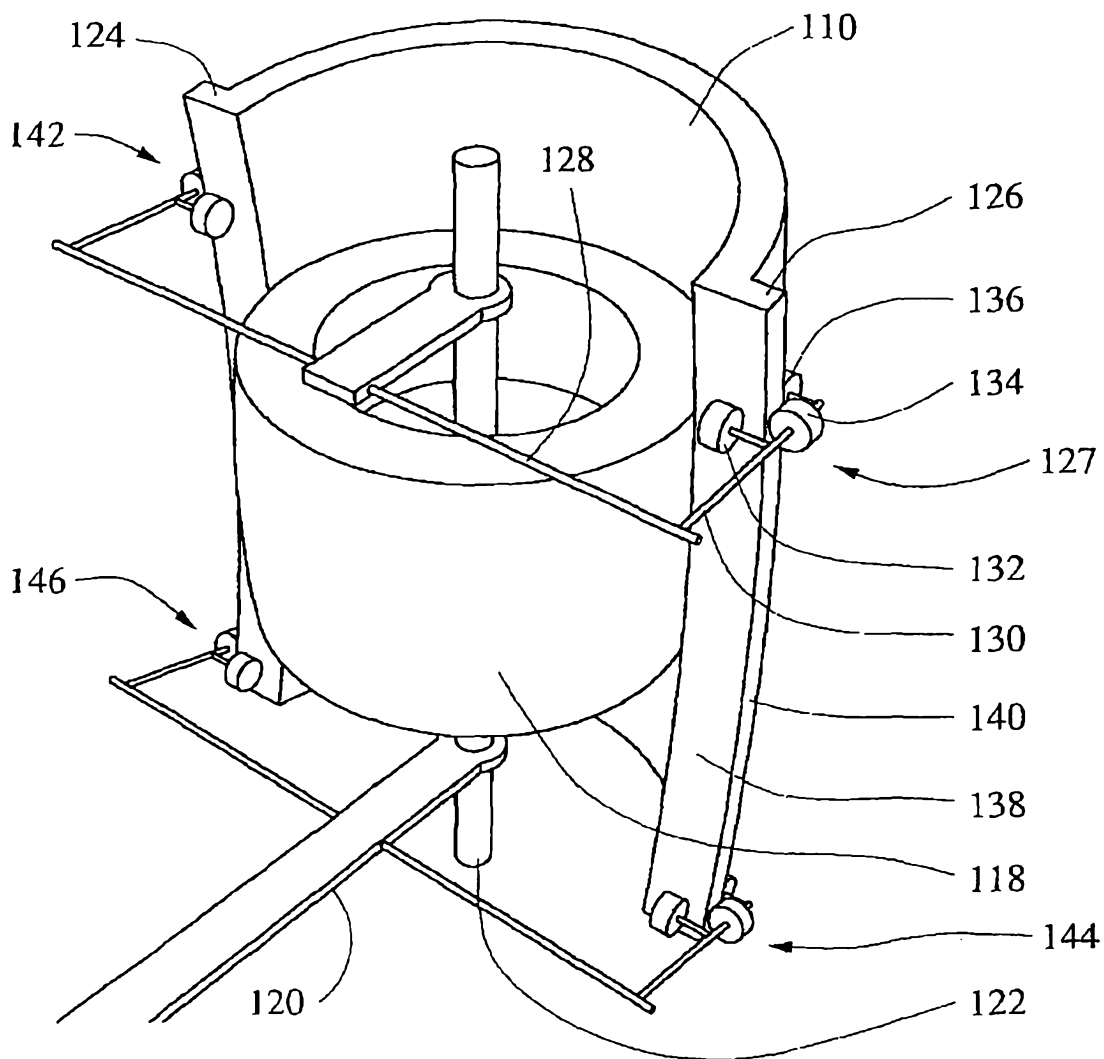


FIGURA 13

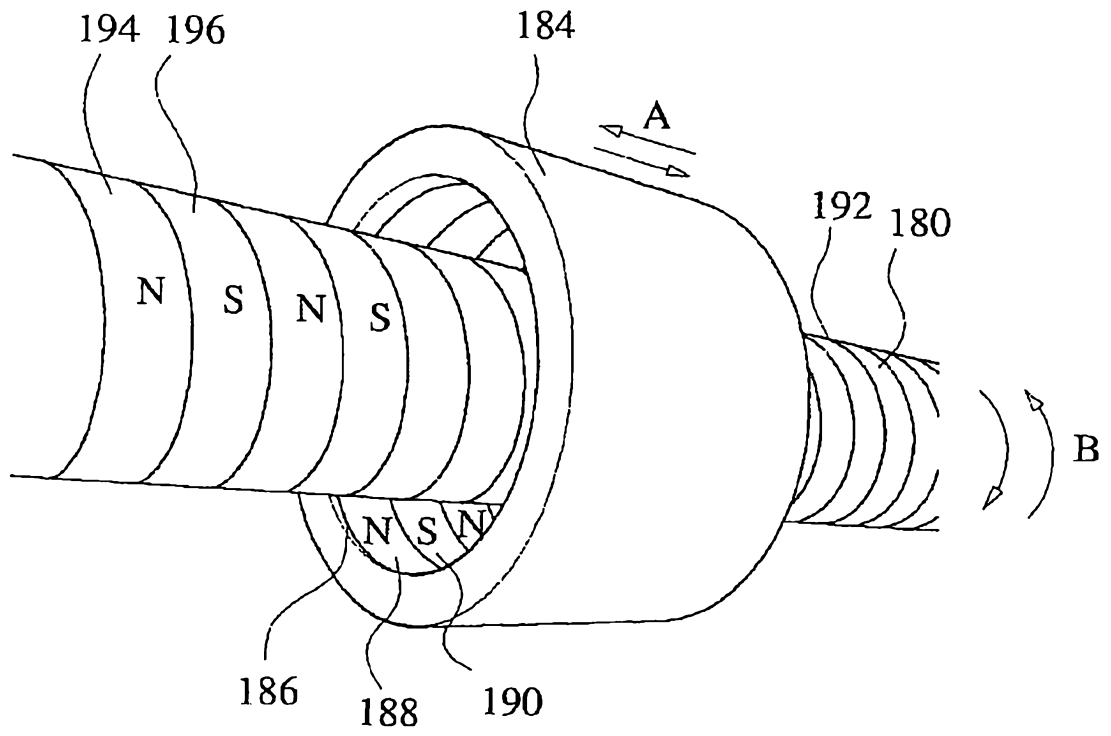


FIGURA 14

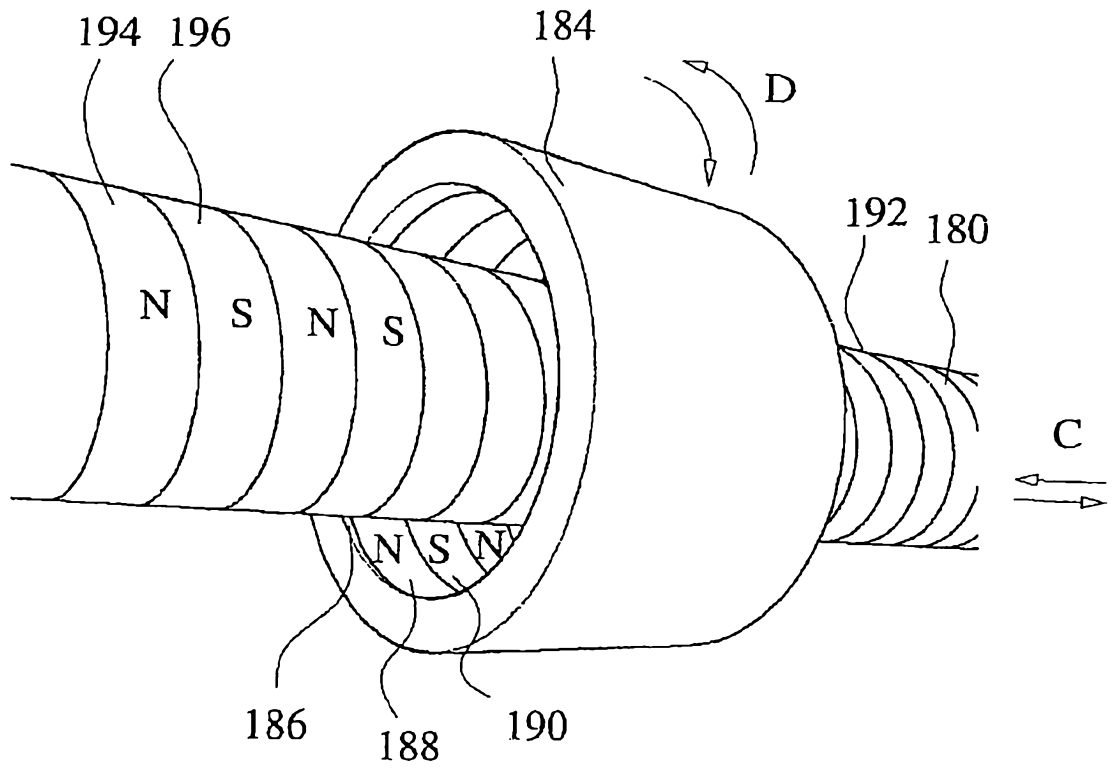


FIGURA 15

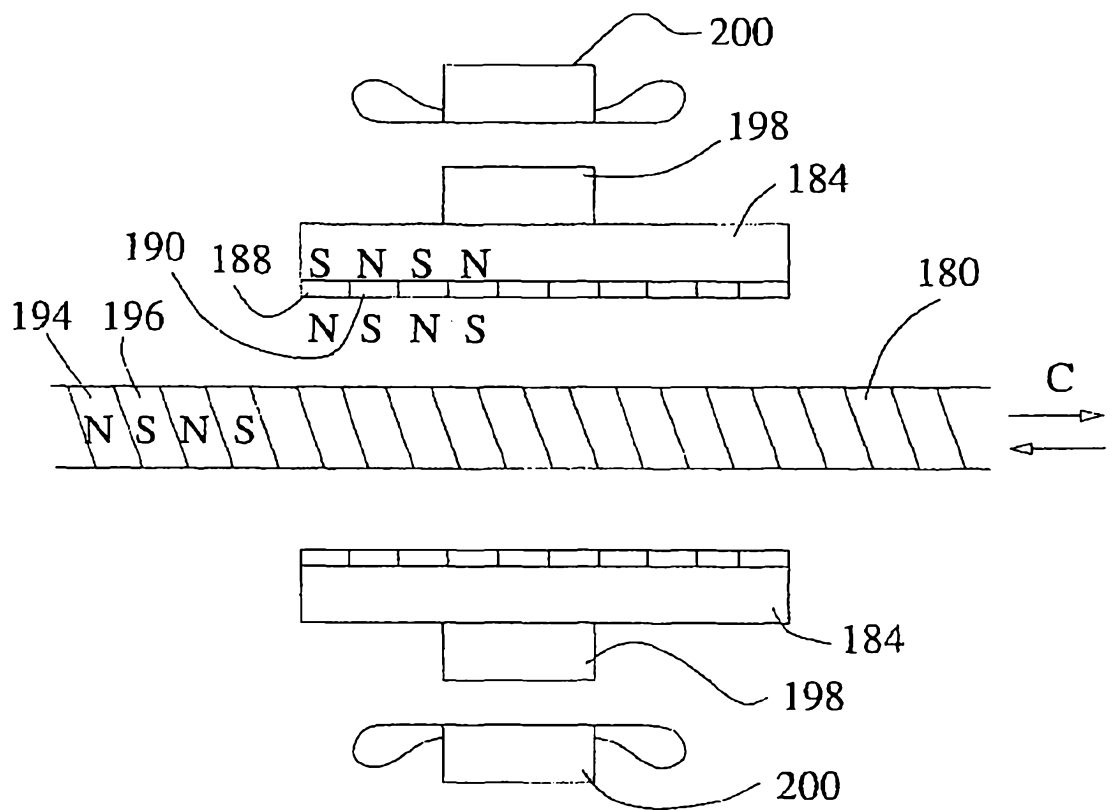


FIGURA 16

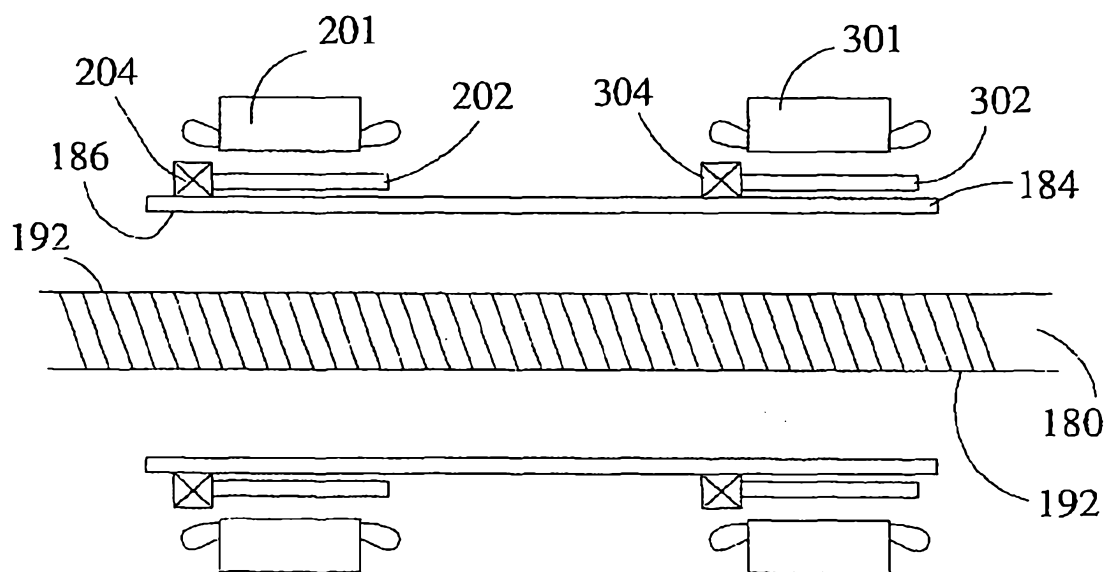


FIGURA 17

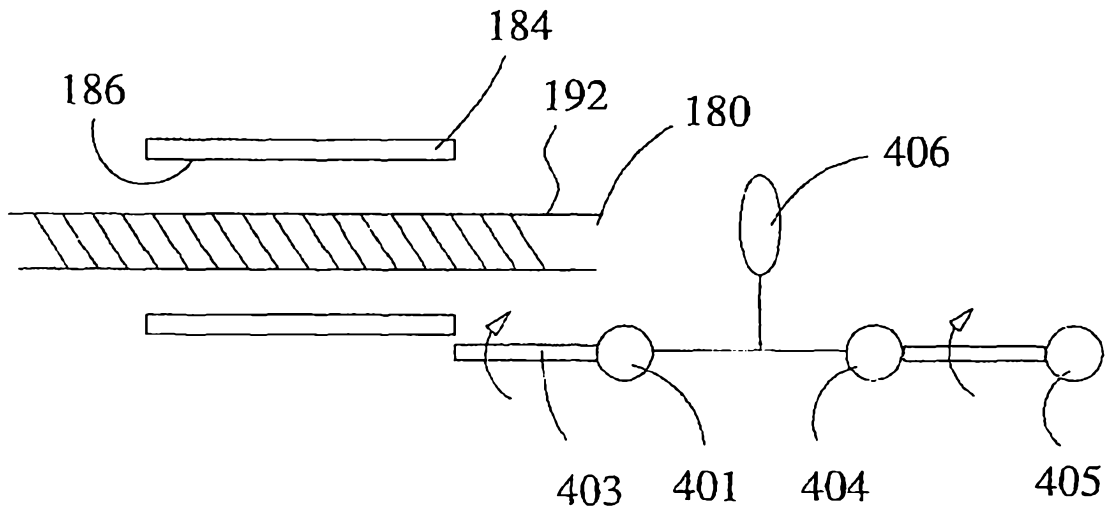


FIGURA 18