



**Assinado  
Digitalmente**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

## CARTA PATENTE Nº PI 9900945-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 9900945-5

(22) Data do Depósito: 15/04/1999

(43) Data da Publicação do Pedido: 07/11/2000

(51) Classificação Internacional: H02K 41/02

(54) Título: ATUADOR PLANAR (MOTOR XY)

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. CGC/CPF:92969856000198. Endereço: Av. Paulo Gama, 110, Porto Alegre, RS, BRASIL(BR)

(72) Inventor: ÁLY FERREIRA FLORES FILHO; MARÍLIA AMARAL DA SILVEIRA; ALTAMIRO AMADEU SUSIN

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 12/07/2016, observadas as condições legais

Expedida em: 12 de Julho de 2016.

Assinado digitalmente por:  
**Júlio César Castelo Branco Reis Moreira**  
Diretor de Patente





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

**(11) PI 9900945-5 B1**

**(22) Data do Depósito: 15/04/1999**

**(45) Data de Concessão: 12/07/2016**



---

**(54) Título:** ATUADOR PLANAR (MOTOR XY)

**(51) Int.Cl.:** H02K 41/02

**(73) Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**(72) Inventor(es):** ÁLY FERREIRA FLORES FILHO, MARÍLIA AMARAL DA SILVEIRA, ALTAMIRO AMADEU SUSIN

## ATUADOR PLANAR (MOTOR XY)

### INTRODUÇÃO

Motores planares são dispositivos eletromagnéticos que produzem movimento sobre um plano, com dois ou três graus de liberdade. Atuadores  
5 planares desenvolvem movimento sobre um plano, ao longo de uma pequena trajetória, e possuem aplicação principalmente na robótica e na indústria de periféricos para microcomputadores. Basicamente, o motor planar (também denominado de motor "xy" ou motor se superfície) é composto de uma parte estática, de formato plano, e de uma parte móvel,  
10 montada sobre esta parte estática, que tem a possibilidade de movimentar-se com dois graus de liberdade. O motor planar é apresentado, em algumas referências bibliográficas, como um tipo de motor linear, sendo denominado, por alguns autores, de motor linear de superfície ou motor linear planar, ou motor linear com dois graus de liberdade.

15 Na década de oitenta, apareceram as primeiras referências a este tipo de motor, podendo-se citar o atuador de superfície, o sistema de posicionamento de precisão, que emprega um motor de superfície, além de referências a motores lineares de indução com dois graus de liberdade e a motores planares desenvolvidos a partir do motor de Sawyer. Nos últimos  
20 anos, o avanço da informática e da robótica fez com crescesse a demanda por motores que apresentassem movimento com controle preciso de posição, boa aceleração e pequeno volume em relação a sua eficiência. Em muitas aplicações, há a necessidade de deslocamento de partes móveis ao longo de uma linha reta, ou mesmo sobre um plano em duas

direções. Sistemas que empregam motores girantes, por possuírem dispositivos mecânicos conversores de movimento rotativo em linear, apresentam rendimento global reduzido.

Quando é exigido movimento de translação de partes móveis sobre um plano em duas direções (eixos x e y), além de pequenos movimentos de rotação em torno do eixo z, os motores planares podem representar uma boa escolha. Graças às técnicas de controle preciso do movimento deste tipo de dispositivo, feito em malha fechada, é possível acioná-lo com detecção precisa de posição, ao mesmo tempo em que se utiliza sua característica máxima de aceleração e desaceleração. No passado, em funções das limitações das técnicas de controle, os motores planares eram subutilizados no que se refere a sua capacidade de aceleração, para evitar a perda da sequência de deslocamentos de sua parte móvel (perda dos passos).

Atualmente, além da franca expansão das pesquisas e da aplicação de motores lineares, estão crescendo as pesquisas em torno dos motores planares para uso em diversos setores da indústria de periféricos para computadores e da robótica. Entre várias aplicações, os motores planares podem ser empregados como atuadores.

## 20 ESTADO DA TÉCNICA

Os primeiros motores elétricos girantes foram desenvolvidos há mais de 160 anos. Os motores elétricos de formato plano, com deslocamento ao longo de uma coordenada, surgiram na metade do século dezenove, havendo referências a patente de um projeto de 1841. Embora

os primeiros motores lineares já fossem conhecidos no início deste século, sua aplicação em maior escala aconteceu a partir do final dos anos sessenta, sendo que, a partir do final da década de setenta, verifica-se um aumento significativo do número de pesquisas na área e, 5 consequentemente, da aplicação desses motores em diversos setores da indústria e da informática. Na década de oitenta apareceram as primeiras referências aos motores planares, podendo-se citar o atuador de superfície, o sistema de posicionamento de precisão que emprega um motor de superfície, além de referências a motores lineares de indução com dois 10 graus de liberdade, encontradas em bibliografia específica sobre motores lineares, a pesquisa em torno de motores se superfície e a motores planares desenvolvidos a partir do motor de Sawyer.

#### BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS MOTORES LINEARES E PLANARES

A principal característica dos motores lineares é a produção de 15 movimento de sua parte móvel ao longo de uma linha reta, em uma única direção. O primeiro motor linear de indução foi patenteado em 1890. Desde então, este motor vem sendo utilizado em diversos projetos, podendo-se citar um pavimento móvel para pedestres, para a Grand Central Terminal, em Nova Iorque (1923). Os motores lineares dividem-se em diferentes 20 formas construtivas e de funcionamento. Entre elas, o motor de corrente contínua ou homopolar, com dupla armadura e sem escovas.

#### MOTORES LINEARES DE PASSO

Motores lineares de passo são largamente utilizados na indústria de periféricos para computadores. Sua principal característica de

funcionamento é converter uma sequência de pulsos em uma sequência de movimentos, que ocorrem na forma de passos lineares, que serão iguais ao número de pulsos. Os dois tipos principais de motores lineares de passo são o motor de relutância variável e o motor híbrido. O motor linear de 5 passo híbrido possui em seu primário, ímãs permanentes e enrolamentos alojados em um núcleo de material ferromagnético. Este motor se caracteriza por operar com passos extremamente pequenos.

Motores com estas características construtivas e de funcionamento têm sido a base para o desenvolvimento da maior parte dos motores 10 planares existentes, e são conhecidos por motores de Sawyer.

#### MOTORES PLANARES

Enquanto os motores lineares desenvolvem movimento em linha reta, em uma única direção, os motores planares produzem movimento sobre o plano, em duas direções, no mínimo, ou seja, operam com dois 15 graus de liberdade. Estes Últimos podem ser utilizados como atuadores. Atuadores planares são dispositivos eletromagnéticos que desenvolvem movimento sobre um plano, ao longo de uma pequena trajetória, e possuem aplicações principalmente na robótica e na indústria de periféricos para microcomputadores. São apresentados, a seguir, motores planares 20 que estão sendo desenvolvidos em diversos centros de pesquisa.

#### MOTOR DE SUPERFÍCIE

Trata-se de um dispositivo constituído de um estator, formado por uma base de aço, sobre a qual são montados ímãs permanentes de NdFeB. Os ímãs são montados sobre uma chapa de aço com as suas

superfícies polares arrançadas em forma de grade, de maneira que as polaridades de todos os polos adjacentes sejam opostas. Desta forma, superficialmente, ao lado de um polo sul, sempre haverá um polo norte e vice-versa.

5           A parte móvel tem o formato de um carro, possuindo um conjunto de rolamentos que possibilita o seu movimento, tanto na direção x quanto na direção y. Este carro tem uma estrutura de baquelita que suporta um número par de bobinas. Cada bobina é enrolada em torno de um núcleo de material ferromagnético.

#### 10    MOTOR DE INDUÇÃO LINEAR PLANO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE

          O primário de um motor linear de indução é formado de uma estrutura dentada, de forma plana com ranhuras ao longo da superfície, tanto na direção x quanto da direção y. No interior das ranhuras são alojados os enrolamentos primários, normalmente polifásicos.

15           Os enrolamentos possuem bobinas perpendiculares entre si. Através do ajuste da corrente de excitação o secundário (parte móvel) é movimentado para qualquer ponto sobre o plano xy. O campo magnético produzido por qualquer bobina do enrolamento primário é perpendicular a este plano. O secundário deste motor é constituído de uma chapa de material ferromagnético maior e colocada sobre o primário. Tem aplicação  
20    estrita, pois o controle de sua parte móvel é considerado difícil.

#### MOTORES LINEARES XY BASEADOS NO MOTOR DE SAWYER

          Grande parte dos motores planares está baseada nos motores de Sawyer (U.S. Patent 3,376,578, April 1968). No passado, esses motores  
25    encontravam limitações em seu campo de aplicação, pois não conseguiam

rejeitar perturbações externas, podiam perder a sequência de passos, não forneciam força controlada e eram instáveis. Atualmente, graças ao desenvolvimento da eletrônica digital e dos sistemas de controle, os problemas citados anteriormente estão sendo eliminados. Os motores

5 planares baseados no motor de Sawyer proporcionam movimento sobre uma superfície plana, com dois graus de liberdade e envolvem movimento de translação ao longo dos eixos  $x$  e  $y$ , e em determinados tipos construtivos, pequenos movimentos de rotação (disposição com três graus de liberdade).

10 Uma das referências consultadas trata-se de um motor planar baseado no motor de Sawyer. Este motor planar proporciona deslocamento sobre uma superfície plana que envolve movimentos de translação e pequenos movimentos de rotação.

O arranjo usual combina quatro seções de motores lineares

15 integrantes da parte móvel do motor e que produzem força e torque no plano. A Estrutura de cada motor é idêntica e é formada por dois núcleos de material ferromagnético em forma de "E" dispostos lado a lado. Cada estrutura em forma de "E" corresponde a uma fase.

A parte estacionária possui uma superfície dentada que é tornada

20 plana pela aplicação de epóxi entre seus dentes, formando uma superfície lisa para permitir a levitação da parte móvel, através de um sistema de suspensão a ar. Os dentes são quadrados e possuem largura e passo idênticos aos da parte móvel.



A parte móvel é atraída magneticamente pela superfície plana e, ao mesmo tempo, afastada desta superfície por um sistema de sustentação a ar. Este tipo de motor está encontrando aplicação principalmente na robótica, pois possui movimento de translação ao longo de dois eixos e  
5 também apresenta pequenos movimentos de rotação.

Outro motor planar pesquisado, baseado no motor de Sawyer, denominado de motor linear de duas dimensões. O motor em questão possui um sistema de sustentação a ar localizado no interior da parte móvel, permitindo que a mesma flutue sobre a parte estacionária,  
10 promovendo seus movimentos praticamente sem atrito. O motor consiste de duas partes: um estator e uma parte móvel. O estator é composto de uma superfície plana, metálica, com dentes em sua superfície. A distância entre dentes consecutivos corresponde a um passo polar. O motor tem um conjunto de unidades de força dispostas na direção x e na direção y. Assim  
15 como o motor apresentado no início desta seção, o motor linear de duas posições possui um estator composto de uma chapa plana dentada.

Um terceiro motor pesquisado denominado de motor linear de passos, também está baseado no motor de Sawyer, e desenvolve movimento de translação ao longo dos eixos x e y. O motor funciona  
20 através de conversão direta de um pulso elétrico em um deslocamento linear feito por passos. O dispositivo foi desenvolvido para controlar o movimento de "plotters" x-y. Construtivamente, caracteriza-se por ser um motor de passo linear híbrido, com ímãs permanentes e relutância variável. A parte móvel consiste de dois núcleos magnéticos separados por um ímã

permanente. O dispositivo possui duas faces, sendo cada fase enrolada em tomo de um dos núcleos de material ferromagnético em forma de "E", com polos salientes. Os núcleos das duas fases são unidos através de um ímã permanente. A parte estacionária é composta de uma superfície dentada  
5 construída da material ferromagnético. Seu principio de funcionamento e suas características construtivas são extremamente semelhantes aos dois motores apresentados anteriormente.

#### SISTEMA DE POSICIONAMENTO DE PRECISÃO EMPREGANDO UM MOTOR DE SUPERFÍCIE

10 O sistema de posicionamento de precisão empregando um motor de superfície, possui um estágio de posicionamento móvel, que é guiado sobre um plano sendo sustentado por três dispositivos de sustentação a ar. Desta forma, a parte móvel flutua sobre a parte estacionária de formato plano.

15 Este estágio pode movimentar-se com três graus de liberdade, sendo dois movimentos de translação ao longo dos eixos  $x$  e  $y$ , e movimento de rotação em tomo do eixo  $z$  ( $x, y, \theta_z$ ). O sistema de posição fornece resolução na ordem de nanômetros, fornecendo respostas rápidas. Possui ainda, como características, a quase inexistência de atrito entre a  
20 parte móvel e a parte estacionária, movimento preciso, baixa interferência dinâmica entre os três eixos, além de ser leve e compacto. O dispositivo é composto de três motores lineares. Através deles é feito o controle do deslocamento. Os três motores lineares são montados em forma de "H", entre uma placa plana estacionária e uma placa plana móvel. Sob a placa  
25 do estágio móvel estão montadas as bobinas de cada motor e sobre a

placa da parte estacionária os ímãs permanentes correspondentes. A parte móvel levita sobre a parte estacionária através de três dispositivos de sustentação a ar. Para produzir movimento na direção  $x$ , o motor linear identificado por  $x$  é energizado. Para movimentar o dispositivo na direção  $y$  os dois motores  $y_1$  e  $y_2$  são energizados, de maneira que as forças produzidas por ambos tenham o mesmo sentido. Para produzir movimento de rotação, os motores  $y_1$  e  $y_2$  são energizados de maneira que produzam forças com sentidos opostos.

#### MOTOR LINEAR DE CORRENTE CONTÍNUA COM MOVIMENTO LONGO DE DOIS EIXOS

Um outro sistema pesquisado é composto de dois motores lineares de corrente contínua que operam dispostos perpendicularmente entre si, com movimento sobre um plano, desenvolvido para aplicações industriais. O controle do movimento é feito através de sensores de posição e circuitos de controle realimentados. O sistema é composto de um par de trilhos estacionários, paralelos, dispostos de forma que a linha de cada trilho desenvolve-se ao longo de uma das bordas do plano de operação do sistema na direção  $x$ . Sobre um dos trilhos está montado o motor linear 2, e no outro trilho, um suporte móvel, unido ao motor linear 2 através de dois eixos dispostos paralelamente na horizontal, sobre os quais está montado o motor linear 1. O motor 2 propicia o movimento ao longo do eixo  $x$  e o motor 1, ao longo do eixo  $y$ .

#### LEVITADOR MAGNÉTICO PLANAR

O Levitador Magnético Planar consiste de um arranjo de quatro motores lineares montador de forma a produzir movimento ao longo do

plano. No estágio móvel estão localizados quatro arranjos de ímãs permanentes, cada um deles correspondendo ao estágio móvel de um motor linear. No estator estão localizadas quatro bobinas, cada uma delas montada em torno de um núcleo. Cada bobina está montada sob um dos  
5 arranjos de ímãs do estágio móvel. Os ímãs do estator são montados de tal forma, que além de propiciar movimento ao longo do plano, também possibilitam que este estágio levite sobre o estator.

### DESENVOLVIMENTO PROPOSTO

A ideia desenvolvida e fundamentada neste relatório descritivo de  
10 patente de Invenção refere-se a um novo atuador planar (motor xy), que possui o enrolamento da armadura estático, montado em torno de uma placa plana de material ferromagnético e a parte móvel formada de um único estágio, composta de dois ímãs unidos por uma culatra também de material ferromagnético.

### 15 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

O motor xy (atuador planar) desenvolvido possui o enrolamento da armadura (1) localizado na parte estática (2), sendo composto por duas bobinas ortogonais (3) e (4), cada uma dividida em doze seções que podem ser excitadas de forma independente. A parte móvel possui dois ímãs (6)  
20 unidos por uma culatra de material ferromagnético (5). A figura 1 apresenta uma vista espacial do atuador desenvolvido e a figura 2 uma vista espacial explodida.

As bobinas, compostas de condutores de cobre esmaltado, são enroladas em torno de um núcleo de material ferromagnético (7), de

formato plano e sem ranhuras. Uma das bobinas é enrolada em torno do eixo x e a outra bobina em torno do eixo y. As bobinas são independentes e não possuem conexões elétricas entre si. Cada bobina está dividida em doze seções (8) e (9) que podem ser excitadas de forma independente.

5 Não há entreferro entre as seções. A figura 3 apresenta a vista superior do estator do atuador planar, destacando o enrolamento da armadura, formado por duas bobinas perpendiculares entre si (bobina x e bobina y), enroladas em torno de uma chapa plana de material ferromagnético, sendo cada uma delas dividida em doze seções independentes. Devido à distribuição  
10 espacial da densidade de fluxo magnético no estator e ao fato das correntes serem chaveadas, o núcleo do estator poderá ser feito de material ferromagnético macio composto. A área disponível no plano para o deslocamento do estágio móvel sobre o estator possui 300x300 mm.

A figura 4 mostra uma vista frontal do estator do atuador e a figura  
15 5 uma vista lateral. Entre a parte móvel e parte estacionária há uma placa acrílica plana (10) de 1 mm de espessura, propiciando uma superfície plana regular para o deslocamento do ímã sobre o plano formado pelo enrolamento da armadura. Cada uma das seções de uma bobina e os ímãs permanentes possuem a mesma largura. O enrolamento é desenvolvido de  
20 maneira que, sobreposta a uma camada de condutores da bobina x, há uma camada de condutores da bobina y, ou seja, entre duas camadas de uma mesma bobina, há uma camada de outra bobina que lhe é perpendicular. A parte móvel tem dois ímãs permanentes, montados em um carro de material não ferromagnético (II), com rolamentos que propiciam

movimento bidirecional sobre o plano, resultando num atuador com dois graus de liberdade. Os ímãs permanentes são separados do núcleo da armadura por um entreferro de comprimento constante. Os ímãs permanentes são idênticos em dimensões e em características magnéticas e estão montados no carro de forma oposta, ou seja, enquanto um ímã permanente está com sua superfície polar sul sobre uma seção do enrolamento da armadura, o outro ímã está com sua superfície polar norte localizada sobre outra seção. Os ímãs permanentes estão unidos através de suas superfícies superiores por uma culatra de material ferromagnético.

Esta culatra oferece um caminho de baixa relutância magnética para o fluxo magnético. A largura desta culatra é definida em função do passo polar do atuador. Os ímãs permanentes produzem o fluxo magnético. Quando um ímã está localizado sobre uma seção do enrolamento da armadura excitado por corrente contínua, será desenvolvida uma força eletromagnética sobre a parte móvel que produzirá movimento. A direção do movimento da parte móvel é perpendicular ao plano formado entre os vetores densidade de fluxo magnético e densidade de corrente e, conseqüentemente, é paralela ao plano de movimentação do atuador. O vetor densidade de fluxo magnético produzido pelos ímãs permanentes tem componente em direção normal ou perpendicular à direção do vetor densidade de corrente nos enrolamentos com corrente elétrica submetidos àquela densidade de fluxo magnético. Assim, com base na força de Laplace, a força produzida pela interação da componente do vetor densidade de fluxo magnético, que é normal à direção do vetor densidade de corrente, será perpendicular a

essas duas direções e, portanto, a sua direção é paralela ao plano de movimentação do atuador. A intensidade da força eletromagnética depende dos valores da corrente elétrica nos condutores do enrolamento da armadura, da densidade de fluxo magnético e do número de condutores da

5 seção do enrolamento da armadura que está sendo excitada. Neste tipo de atuador, o movimento ocorrerá ao longo dos eixos x e y, de acordo com a polaridade da corrente elétrica e da densidade de fluxo magnético. É possível excitar uma ou mais seções ao mesmo tempo, ou todas juntas. As

10 figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, o desenho do estágio móvel em vista frontal, lateral superior e inferior, e o desenho do mesmo dispositivo em corte. As figuras 8 e 9 apresentam os desenhos de um dos ímãs e da culatra, respectivamente.

#### PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A superfície polar de cada ímã permanente está localizada sobre

15 condutores do enrolamento da armadura e está afastada por um entreferro. Cada ímã permanente de NdFeB é utilizado para a produção do fluxo magnético. Quando o ímã estiver posicionado sobre uma das seções da bobina que está sendo excitada por corrente contínua, será produzida uma

20 força sobre o ímã que tenderá a movimentá-lo, e que será proporcional ao valor da corrente elétrica, da densidade de fluxo magnético nos condutores envolvidos e do número destes condutores. O sentido da força será perpendicular ao plano formado pelo sentido da corrente elétrica e pelo sentido da densidade de fluxo. No atuador em questão, a força produzida será no sentido de mover sua parte móvel em linha reta, para a direita ou

para a esquerda, ao longo do eixo x ou y, dependendo das polaridades da corrente elétrica e da densidade de fluxo magnético.

Um dos ímãs do estágio móvel está com a sua superfície polar sul sobre uma das seções, enquanto o outro ímã está com sua superfície polar norte sobre outra seção. Desta forma, para produzir movimento no mesmo sentido, quando os condutores das seções que estão sob os ímãs permanentes forem excitados, a corrente elétrica em uma das seções deverá ter polaridade oposta a corrente elétrica na outra seção. Na figura 10, o estágio móvel está com um de seus ímãs sobre a seção 10 da bobina X e outro ímã sobre a bobina 12 da mesma bobina (ou seções 6 e 4 da bobina Y). Para movimentar o estágio móvel na direção y excitam-se com corrente contínua as seções 6 e 4 da bobina Y, de forma que o sinal na seção 6 tenha polaridade oposta ao sinal da bobina 4. Na figura 11, o estágio móvel aparece em sua nova posição, com um de seus ímãs sobre a seção 7 da bobina Y e o outro ímã sobre a seção 5 da mesma bobina. A posição em relação às seções da bobina X não sofreu alteração. Para que o estágio móvel desloque-se ao longo da direção X, a partir da posição mostrada na figura 11, deve-se excitar com corrente contínua as seções 12 e 10 da bobina X, de forma que o sinal na seção 12 tenha polaridade oposta ao sinal da bobina 10. A nova posição assumida pelo estágio móvel é mostrada na figura 12. Um de seus ímãs está sobre a seção 9 da bobina X e o outro ímã sobre a seção 11 da mesma bobina. Para outro deslocamento ao longo do eixo x, excitam-se as seções 9 e 11 da bobina X, de forma que seus sinais tenham polaridades opostas.



### APLICAÇÕES DO ATUADOR LINEAR PLANAR (MOTOR XY)

O atuador planar desenvolvido poderá ser utilizado para o posicionamento de peças em máquinas CNC, movimentação de *wafers* semicondutores, movimentação de magazines de peças, movimentação de amostras em laboratórios de análises clínicas e químicas entre outras aplicações. O atuador em questão desenvolve movimento sobre o plano, através de dois eixos (x e y), conforme o desenho esquemático apresentado. Este movimento ocorre de forma direta. Em motores elétricos girantes, quando utilizados em aplicações onde seja requerido movimento sobre o plano em linha reta, faz-se necessário o emprego de dispositivos mecânicos conversores de movimento rotativo em movimento planar que reduzem a eficiência do sistema. Desta forma, todas as aplicações poderão beneficiar-se do emprego deste tipo de atuador, quando for requerido deslocamento de partes móveis sobre o plano, tais como na indústria (especialmente na mecatrônica), na área biomédica e em serviços em geral.

### COMPARAÇÃO ENTRE O ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) E OS OUTROS DISPOSITIVOS EXISTENTES

O atuador planar apresentado possui características construtivas inéditas. Graças ao seu estator, composto por bobinas ortogonais, divididas em seções e ao seu estágio móvel, composto por dois ímãs montados em oposição quanto a polaridade de suas superfícies polares, desenvolve movimento planar diretamente a partir de um arranjo único. Os motores planares baseados no motor de Sawyer na verdade são dispositivos

formados por um arranjo de quatro motores lineares localizados no estágio móvel. O mesmo pode ser dito do Levitador Magnético Planar, do Sistema de Posicionamento de Precisão Empregando um Motor de superfície e do Motor Linear de Corrente Contínua com Movimento ao Longo de Dois

5 Eixos, que desenvolvem movimento no plano, graças ao arranjo de motores lineares montados de tal forma que propiciam movimento na direção x ou y, conforme seja acionado o motor linear montado no eixo x, ou o motor linear montado na posição y. O Motor de Superfície diferencia-se do atuador planar aqui apresentado, pois possui em seu estator um arranjo de ímãs

10 permanentes, montados como um tabuleiro, de tal forma que, adjacente a um ímã de polaridade sul, haverá um ímã de polaridade norte. Os enrolamentos estão localizados na parte móvel do dispositivo. O Motor de Indução Linear Plano com Dois Graus de Liberdade tem aplicação restrita, devido a sua dificuldade de controle, sendo uma evolução do motor linear

15 de indução. Neste motor planar, as bobinas estão montadas em ranhuras. A parte móvel é composta de uma chapa de material ferromagnético.

Os motores lineares desenvolvem movimentos em uma única direção (através de um único eixo), enquanto que o atuador linear desenvolve movimento em duas direções direta e simultaneamente. Os

20 motores planares apresentados são dispositivos destinados a acionar pequenas cargas mecânicas, com exceção do motor de indução linear plano com dois graus de liberdade. Este último motor tem como grande desvantagem a dificuldade do controle de sua parte móvel, não sendo indicado para aplicações onde seja requerida precisão ou mesmo

movimento através de pequenas trajetórias. O atuador planar (motor xy) desenvolvido e fundamentado neste relatório pode ser controlado eficazmente, de forma a deslocar-se precisamente através de uma trajetória escolhida. É um dispositivo robusto que poderá acionar cargas  
5 mecânicas relativamente maiores em relação aos dispositivos apresentados anteriormente. Conforme já mencionado, através de um único dispositivo, montado no estágio móvel, obtém-se movimento no plano, ao contrário dos outros dispositivos que incorporam de três a quatro motores lineares, arranjados de tal forma que produzem movimento sobre o  
10 plano.

Uma característica importante dos motores planares é a existência de uma força de atração entre o estágio móvel e o estator, cujo efeito é de frear o estágio móvel, fazendo com que a força que produz movimento sobre o plano seja menor. Nos dispositivos apresentados este efeito foi  
15 compensado pelo uso de um sistema de sustentação a ar, fazendo com que o estágio móvel levite sobre o estator. No atuador planar, este efeito é superado pelo uso de uma elevada densidade de corrente nos condutores do enrolamento da armadura.

### Reivindicações

1. ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) **caracterizado por** possuir o enrolamento da armadura (1) localizado na parte estatórica (2), sendo composto por duas bobinas ortogonais (3) e (4), cada uma dividida em doze seções que podem ser excitadas de forma independente, sendo que a parte móvel possui dois ímãs (6) unidos por uma culatra de material ferromagnético (5)
2. ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelas** bobinas, compostas de condutores de cobre esmaltado, serem enroladas em torno de um núcleo de material ferromagnético (7), de formato plano e sem ranhuras, sendo uma das bobinas enrolada em torno do eixo x e a outra bobina em torno do eixo y, de modo independente e não possuindo conexões elétricas entre si, onde cada bobina está dividida em doze seções (8) e (9) que podem ser excitadas de forma independente, além de não existir entreferro entre as seções.
3. ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ter entre a parte móvel e parte estacionária, uma placa acrílica plana (10) de 1 mm de espessura, propiciando uma superfície plana regular para o deslocamento do ímã sobre o plano formado pelo enrolamento da armadura, onde cada uma das seções de uma bobina e os ímãs permanentes tem a mesma largura e o enrolamento é desenvolvido de maneira que, sobreposta a uma camada de condutores da bobina x, há uma camada de condutores da bobina y, ou seja, entre duas camadas de uma mesma bobina, há uma camada de outra bobina que lhe é perpendicular.

4. ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) de acordo com as reivindicações 1, 2 e 3, **caracterizado pela** parte móvel ter dois ímãs permanentes, montados em um carro de material não ferromagnético (11), com rolamentos que propiciam movimento bidirecional sobre o plano, resultando num atuador com dois graus de liberdade, onde os ímãs permanentes são separados do núcleo da armadura por um entreferro de comprimento constante, sendo ditos ímãs permanentes, idênticos em dimensões e em características magnéticas e estão montados no carro de forma oposta, ou seja, enquanto um ímã permanente está com sua superfície polar sul sobre uma seção do enrolamento da armadura, o outro ímã está com sua superfície polar norte localizada sobre outra seção.

5. ATUADOR PLANAR (MOTOR XY) de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelos** ímãs permanentes estarem unidos através de suas superfícies superiores por uma culatra de material ferromagnético, onde esta culatra oferece um caminho de baixa relutância magnética para o fluxo magnético, sendo a largura desta culatra definida em função do passo polar do atuador, com os ímãs permanentes produzindo o fluxo magnético.

Fig. 01

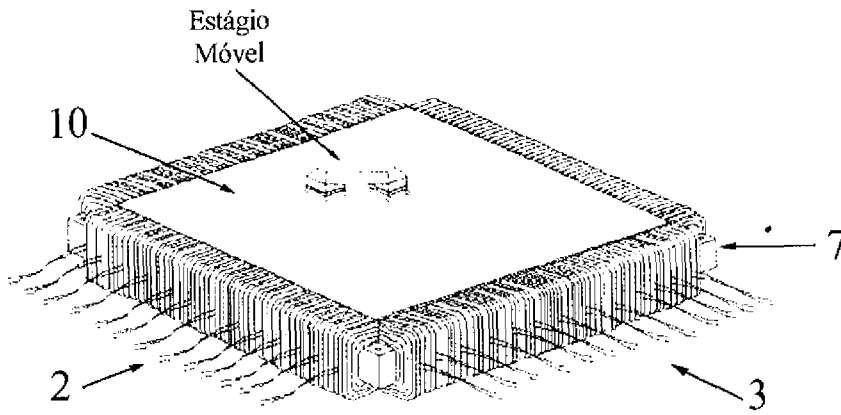


Fig. 02

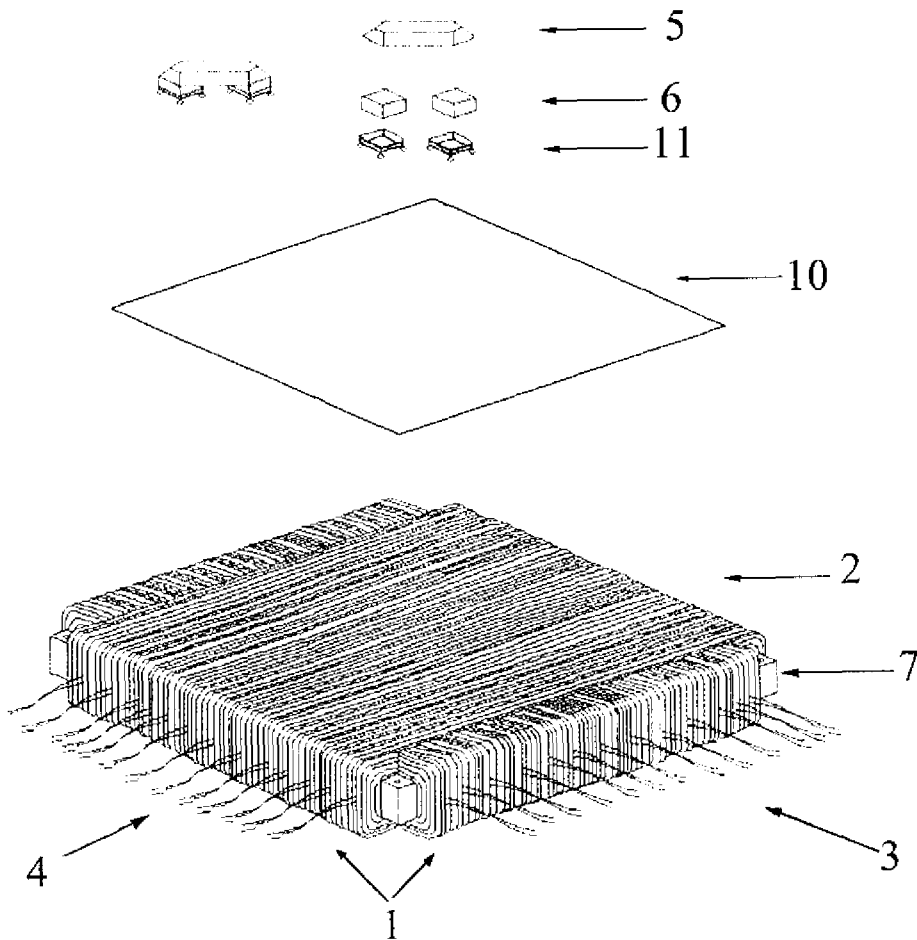


Fig. 03

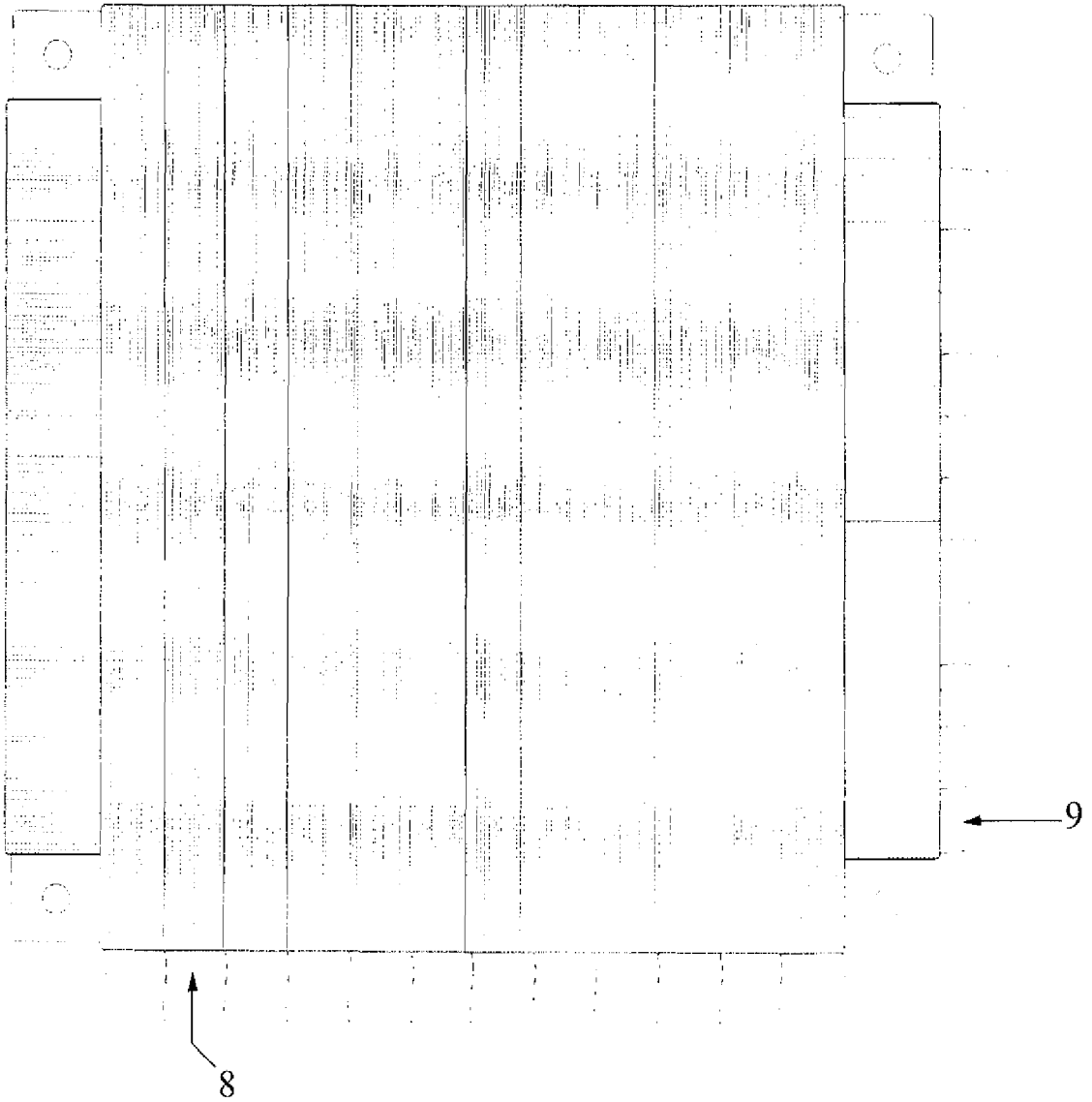


Fig. 04

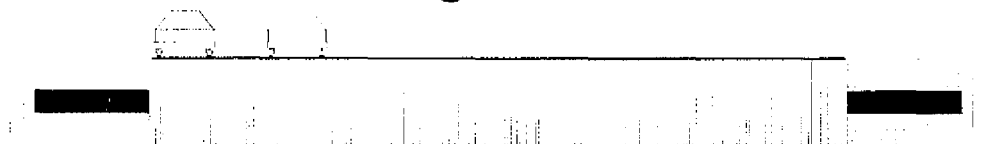


Fig. 05

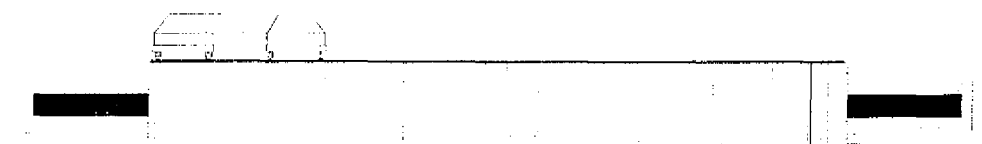
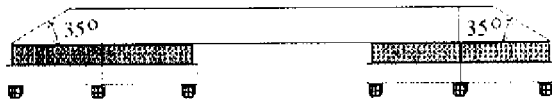
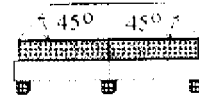


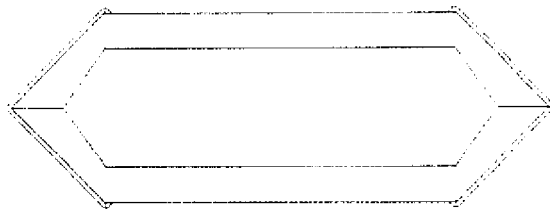
Fig. 06



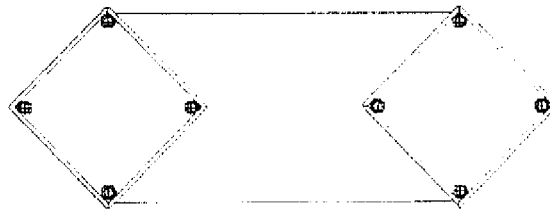
Vista Frontal



Vista Lateral

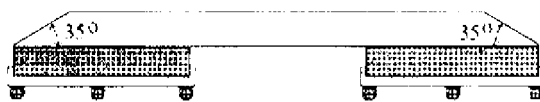


Vista Superior

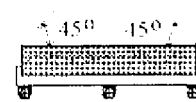


Estágio Móvel - Vista Inferior

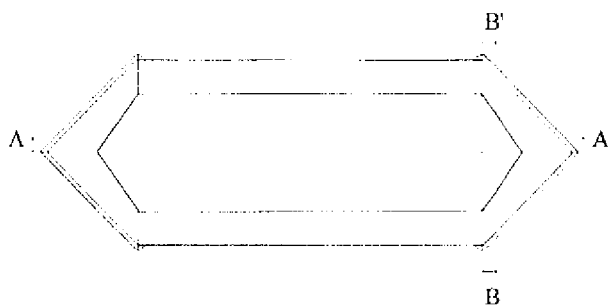
Fig. 07



Corte A-A'



Corte B-B'



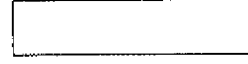
Vista Superior



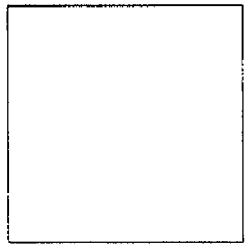
Fig. 08



Vista Frontal

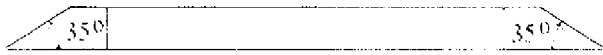


Vista Lateral

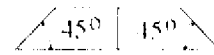


Imã - Vista Superior

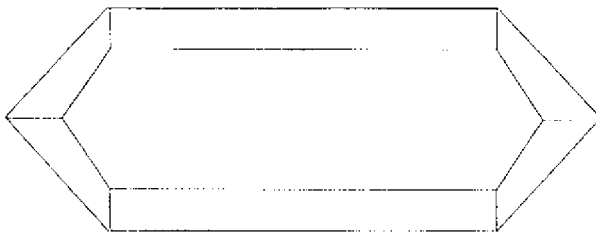
Fig. 09



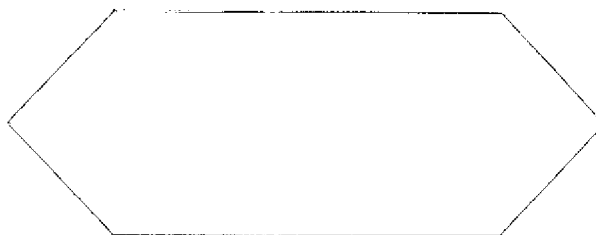
Vista Frontal



Vista Lateral



Vista Superior



Culatra - Vista Inferior

Fig. 10

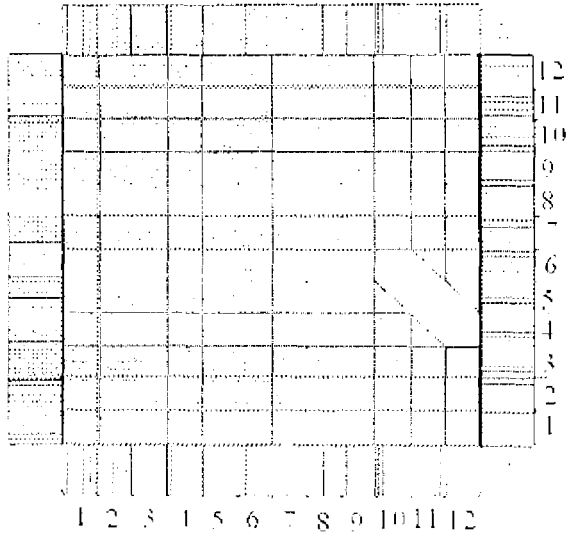


Fig. 11

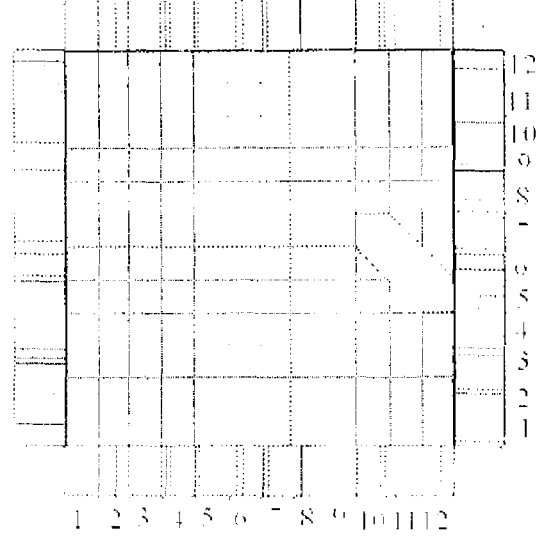


Fig. 12

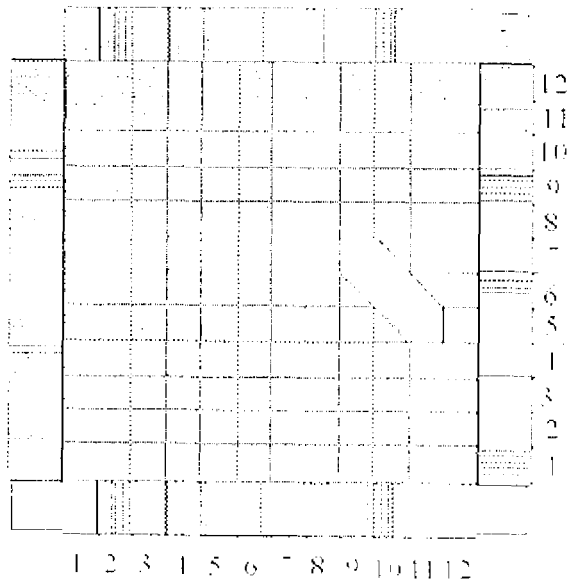


Fig. 13

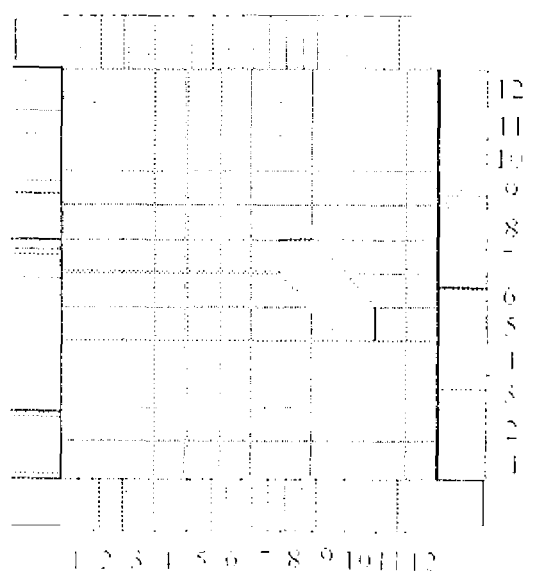


FIG. 14

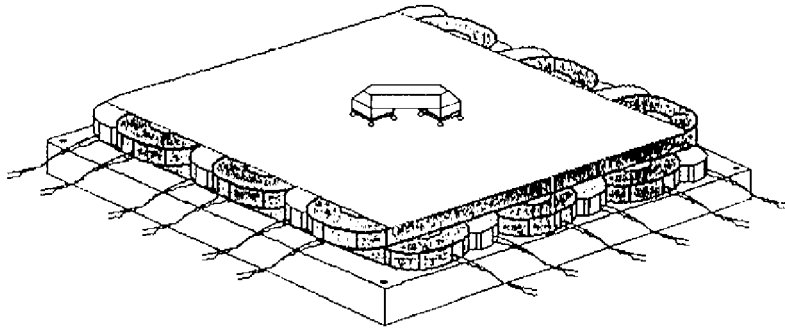


FIG. 15

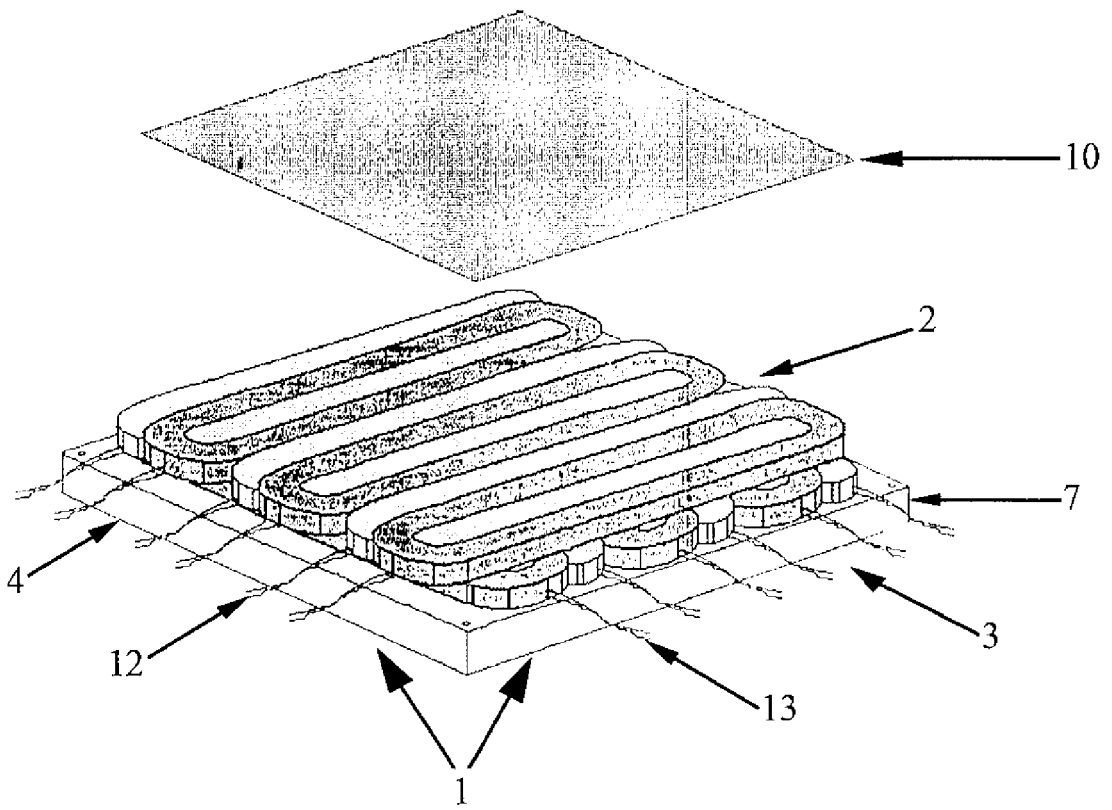


FIG. 16

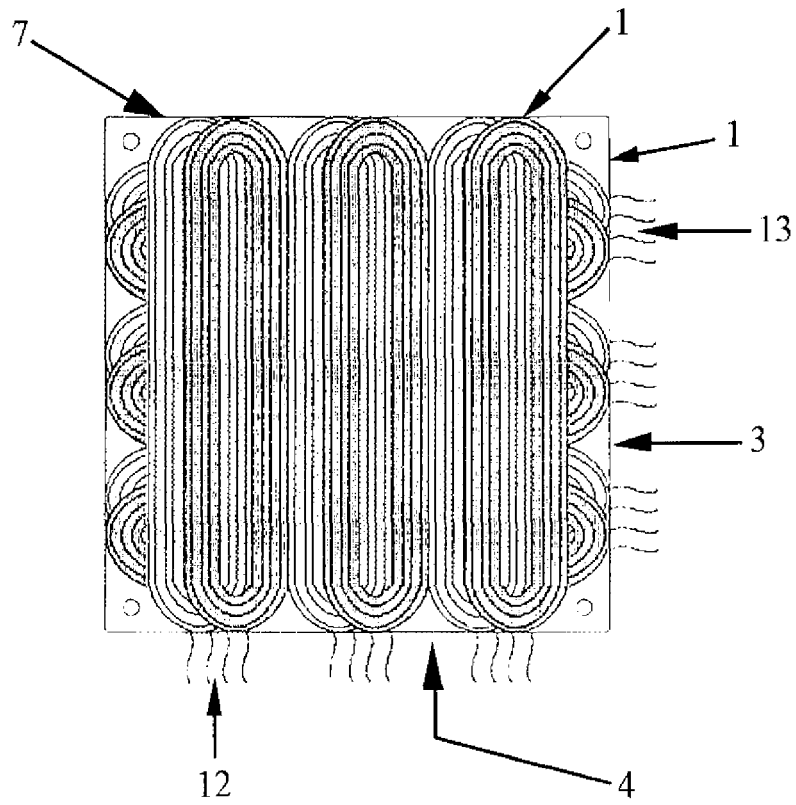
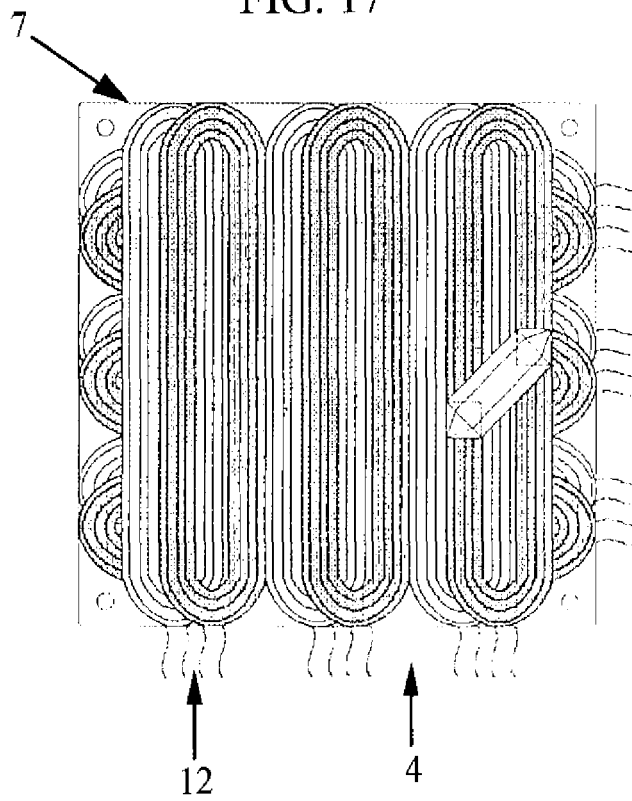
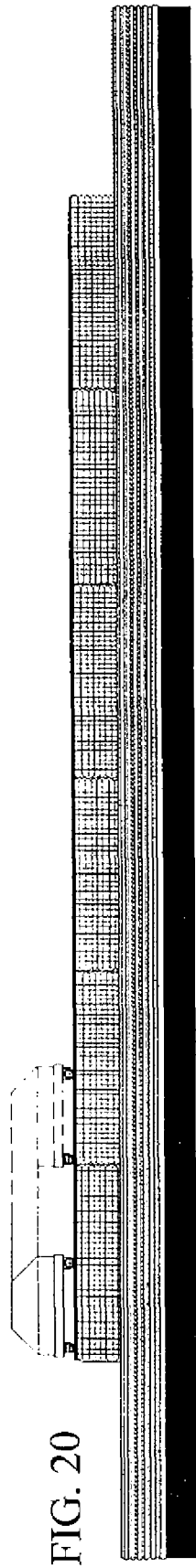
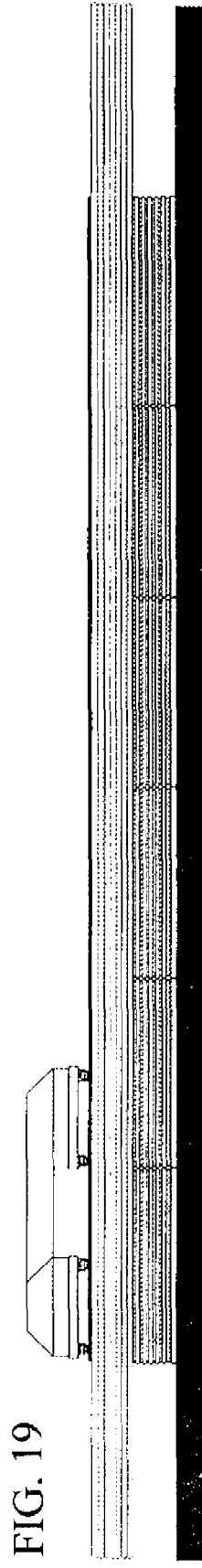
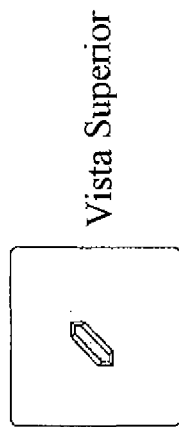
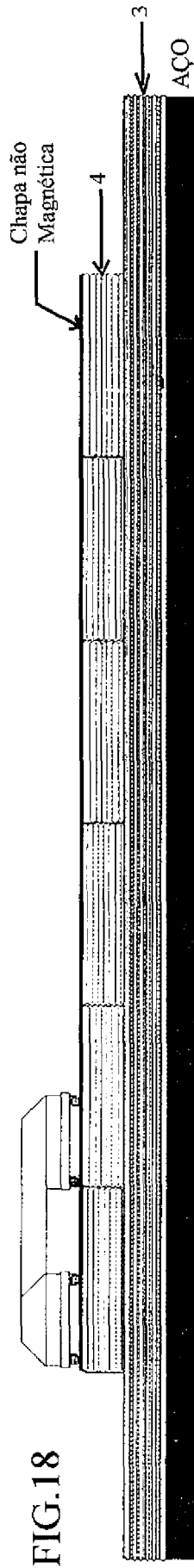


FIG. 17





**Resumo**

**ATUADOR PLANAR (MOTOR XY)**

Refere-se o presente relatório descritivo de patente de Invenção a um novo atuador planar (motor xy), que possui o enrolamento da armadura estático, montado em torno de uma placa plana de material ferromagnético e a parte móvel formada de um único estágio, composta de dois ímãs unidos por uma culatra também de material ferromagnético.