



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

(11) PI 0516829-5 B1

(22) Data do Depósito: 09/09/2005

(45) Data de Concessão: 21/11/2017



(54) Título: MÉTODO DE CONTROLAR O CURSO DE UM MOTOR DE COMPRESSOR LINEAR DE PISTÃO LIVRE E MOTOR DE COMPRESSOR LINEAR DE PISTÃO LIVRE TENDO UM CURSO CONTROLADO

(51) Int.Cl.: F04B 17/04; H02K 33/00

(30) Prioridade Unionista: 01/10/2004 US 60/615,502

(73) Titular(es): FISHER & PAYKEL APPLIANCES LIMITED

(72) Inventor(es): IAN CAMPBELL MCGILL; ZHUANG TIAN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE CONTROLAR O CURSO DE UM MOTOR DE COMPRESSOR LINEAR DE PISTÃO LIVRE E MOTOR DE COMPRESSOR LINEAR DE PISTÃO LIVRE TENDO UM CURSO CONTROLADO"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um controlador para um motor linear usado para acionar um compressor e em particular, mas não somente um compressor de refrigerador.

SUMÁRIO DA TÉCNICA ANTERIOR

[002] Motores de compressor linear operam em uma base de bobina móvel ou ímã móvel e quando conectados a um pistão, como em um compressor, exigem estreito controle na amplitude de curso uma vez que em compressores diferentes empregando um eixo de manivela a amplitude de curso não é fixa. A aplicação da energia de motor em excesso para as condições do fluido sendo comprimido pode resultar em tal pistão livre colidindo com o cabeçote de cilindro no qual está localizado.

[003] Na Publicação de Patente Internacional Nº. WO 01/79671, a requerente descreveu um sistema de controle para o compressor de pistão livre que limita a energia do motor como uma função de propriedade do refrigerante que entra no compressor. No entanto neste e em outros sistemas de refrigeração de pistão, pode ocorrer excesso de avanço do pistão a despeito de outras medidas e pode ser útil detectar uma colisão de pistão real e então reduzir a energia do motor em resposta. Tal estratégia, poderia ser usada puramente para impedir dano ao compressor, quando a energia em excesso do motor ocorresse por qualquer razão. Poderia também ser usada como uma maneira de assegurar alta eficiência volumétrica. Especificamente, em relação à última, um compressor poderia ser acionado com a energia determinada apenas menor do que aquela que causa colisões de pistão, para as-

segurar o pistão operado com volume mínimo de folga de cabeçote. Minimizar o volume de folga de cabeçote leva a uma eficiência volumétrica aumentada.

[004] A Patente U.S. 6.536.326 descreve um sistema de controle para máquinas de pistão livre que inclui um sinal de retorno para reduzir a energia de acionamento de pistão quando a vibração mecânica devido à colisão de cabeçote de pistão-cilindro é detectada. Um sensor tal como um microfone é usado para detectar as vibrações mecânicas.

[005] Na técnica anterior até WO 03/044365 sensores de componentes distintos foram exigidos para detectar colisões de pistão. Enquanto WO 03/044365 descreve a medição de tempos de metade de curso sucessivos e a detecção de uma mudança seria desejável que outras técnicas sem sensor estivessem disponíveis.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] É um objetivo da presente invenção fornecer um controlador de motor linear que funciona de alguma forma para obter os desejos acima mencionados.

[007] Conseqüentemente, em um aspecto, a invenção consiste em:

[008] um método para controlar o curso de um motor compressor linear de pistão livre de modo a minimizar ou evitar colisões do pistão nas extremidades do dito curso compreendendo as etapas de:

[009] monitorar a força contra-eletromotriz do motor,

[0010] detectar cruzamentos zero da dita força contra-eletromotriz do motor,

[0011] monitorar a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz na vizinhança dos ditos cruzamentos zero,

[0012] detectar as descontinuidades na inclinação da forma de onda, e

[0013] reduzir de modo incremental a energia de entrada do motor na detecção de uma descontinuidade da inclinação.

[0014] Em um segundo aspecto, a invenção consiste em:

[0015] um motor compressor linear de pistão livre tendo um curso controlado de modo a minimizar ou evitar colisões de pistão nas extremidades do dito curso compreendendo:

[0016] um motor linear tendo um estator enrolado e um induzido correspondente que é mecanicamente acoplado ao dito pistão;

[0017] meios para monitorar a força contra-eletromotriz do motor em enrolamentos de estator,

[0018] meios para detectar os cruzamentos zero da dita força contra-eletromotriz do motor,

[0019] meios para determinar a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz na vizinhança dos ditos cruzamentos zero removidos,

[0020] meios para determinar as descontinuidades na inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz, e

[0021] um controlador de energia de entrada do motor que fornece corrente aos ditos enrolamentos de estator e que tem uma entrada responsiva aos meios de determinação de descontinuidade,

[0022] o dito controlador reduzindo a energia de entrada do motor em uma descontinuidade de inclinação sendo determinada.

[0023] De preferência, o dito monitoramento de inclinação compreende medir e armazenar o valor da força contra-eletromotriz em intervalos predeterminados e calcular a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz entre intervalos predeterminados sucessivos para produzir a sucessão de valores de inclinação.

[0024] De preferência, o dito monitoramento de inclinação compreende comparar a última inclinação medida com a inclinação medida no mesmo ponto no ciclo imediatamente precedente.

[0025] De preferência, o dito monitoramento de inclinação compreende comparar a última inclinação medida com a média das inclinações medidas no mesmo ponto de um número predeterminado de ciclos imediatamente precedentes.

[0026] De preferência, as descontinuidades na inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz são detectadas comparando sucessivamente cada um dos ditos valores de inclinação calculados com um valor predeterminado e se o dito valor predeterminado é excedido sobre um número predeterminado de valores de inclinação indicando uma descontinuidade de inclinação.

[0027] De preferência, as descontinuidades da inclinação da força contra-eletromotriz que são detectadas, são aquelas que representam um aumento em inclinação na força contra-eletromotriz crescente e uma diminuição em inclinação na força contra-eletromotriz decrescente.

[0028] De preferência, as descontinuidades da inclinação da força contra-eletromotriz que são detectadas são aquelas que representam um aumento em inclinação em uma força contra-eletromotriz decrescente.

[0029] Para aqueles versados na técnica à qual a invenção se refere, muitas mudanças em construção e modalidades amplamente diferentes e aplicações da invenção serão sugeridas sem se afastar do escopo da invenção como definido pelas reivindicações anexas. As descrições e representações aqui são puramente ilustrativas e não pretendem ser em qualquer sentido limitantes.

[0030] A invenção consiste no precedente e também considera construções da qual o seguinte fornece exemplos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0031] Exemplos da invenção serão agora descritos com referência aos desenhos anexos em que:

[0032] a figura 1 é uma seção longitudinal diagramática de um compressor linear controlado de acordo com a presente invenção,

[0033] a figura 2 é um gráfico da força contra-eletromotriz do motor do compressor versus tempo,

[0034] a figura 3 é um gráfico da "constante" de motor versus deslocamento do pistão por um motor de estator curto,

[0035] a figura 4 é um gráfico da força contra-eletromotriz de motor versus tempo para um comprimento de curso pequeno e máximo em uma primeira modalidade da invenção,

[0036] a figura 5 é um fluxograma do processo de impedimento de detecção de colisão usado na invenção,

[0037] a figura 6 é um diagrama de bloco de um controlador empregando o processo da figura 5, e

[0038] a figura 7 é um gráfico da força contra-eletromotriz do motor versus tempo em uma modalidade alternativa da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0039] A presente invenção fornece métodos para detectar colisões de cabeçote de pistão em um compressor alternado de pistão livre acionado por um motor linear. Um é o tipo mostrado na figura 1. Esta configuração de motor tem um tamanho reduzido comparado com o motor linear convencional do tipo descrito em US 4602174. O tamanho reduzido mantém a alta eficiência em saída de energia baixa a média à custa de eficiência ligeiramente reduzida em saída de energia alta. Isto é um compromisso aceitável para um compressor em um refrigerador doméstico que funciona em saída de energia baixa a média na maior parte do tempo e em saída de energia alta menos que 20% do tempo (isto ocorre durante períodos de carga e descarga frequentes do conteúdo do refrigerador ou em dias muito quentes).

[0040] Enquanto na descrição seguinte as várias modalidades da presente invenção são descritas em relação a um motor linear cilíndri-

co, deve ser apreciado que estes métodos são igualmente aplicáveis a motores lineares em geral e em particular também a motores lineares planos, ver por exemplo WO 02/35093, o conteúdo da qual é incorporado aqui por referência. Alguém versado na técnica não exigiria esforço especial para aplicar a estratégia de controle aqui descrita a qualquer forma de motor linear.

[0041] O compressor mostrado na figura 1 envolve um motor linear de ímã permanente conectado a um compressor de pistão livre alternado. O cilindro 9 é suportado por uma mola de cilindro 14 dentro do invólucro de compressor 30. O pistão 11 é suportado radialmente pelo mancal formado pelo furo do cilindro mais sua mola 13 por meio da montagem de mola 25. Os mancais podem ser lubrificados por qualquer um de um número de métodos que são conhecidos na técnica, por exemplo, o mancal de gás descrito em WO 01/29444 ou o mancal de óleo descrito em WO 00/26536, os conteúdos das quais são incorporados aqui por referência. Igualmente, a presente invenção é aplicável a sistemas de movimento alternado alternativos. Por exemplo, enquanto abaixo um compressor é descrito com um sistema de mola de gás/mecânica combinado, as modalidades da presente invenção podem ser usadas com um sistema de mola inteiramente mecânico ou inteiramente de gás.

[0042] O movimento alternado do pistão 11 dentro do cilindro 9 aspira o gás através de um tubo de sucção 12, através de um orifício de sucção 26, através de um silenciador de sucção 20 e através de um orifício de válvula de sucção 24 em uma placa de válvula 21 em um espaço de compressão 28. O gás comprimido então sai através do orifício de válvula de descarga 23, é silenciado em um silenciador de descarga 19, e sai através de um tubo de descarga 18.

[0043] O motor do compressor compreende um estator de duas partes 5, 6 e um induzido 22. A força que gera o movimento alternado

do pistão 11 vem da interação de dois ímãs permanentes anulares magnetizados radialmente 3, 4 no induzido 22 (fixado no pistão 11 por um flange 7), e o campo magnético na abertura 33 (induzida pelo estator 6 e as bobinas 1, 2).

[0044] Uma versão de duas bobinas do motor de compressor é mostrada na figura 1, que tem uma corrente fluindo na bobina 1, que cria um fluxo que flui axialmente ao longo do interior do estator 6, radialmente para fora através do dente terminal de estator 32, através da abertura 33, então entra no contraferro 5. Então flui axialmente por uma distância curta 27 antes de fluir radialmente para dentro através da abertura 33 e de volta para o dente central 34 do estator 6. A segunda bobina 2 cria um fluxo que flui radialmente para dentro através do dente central 34, através da abertura axialmente por uma distância curta 29, e para fora através da abertura 33 no dente terminal 35. O fluxo cruzando a abertura 33 a partir do dente 32 induz uma força axial nos ímãs radialmente magnetizados 3, 4 na medida em que a magnetização do ímã 3 é de polaridade oposta ao outro ímã 4. Será apreciado que em vez do contraferro 5 seria igualmente possível ter outro conjunto de bobinas nos lados opostos dos ímãs.

[0045] Uma corrente oscilante nas bobinas 1 e 2, não necessariamente senoidal, cria uma força oscilante nos ímãs 3, 4 que fornecerá aos ímãs e estator um movimento relativo substancial que é mais eficiente quando a frequência de oscilação está perto da frequência natural do sistema mecânico. Esta frequência natural é determinada pela rigidez das molas 13, 14 e pela massa do cilindro 9 e estator 6. A força de oscilação nos ímãs 3, 4 cria uma força de reação nas partes do estator. Assim, o estator 6 deve ser rigidamente fixado no cilindro 9 por adesivo, encaixe de contração ou braçadeira, etc. O contraferro é preso ou ligado à montagem do estator 17. A montagem do estator 17 é rigidamente conectada ao cilindro 9.

[0046] Experimentos estabeleceram que um compressor de pistão livre é mais eficiente quando acionado na frequência natural do sistema de mola-pistão de compressor do compressor. No entanto, bem como qualquer mola de metal deliberadamente fornecida, existe uma mola de gás inerente, a constante de mola efetiva da qual, no caso de um compressor de refrigeração, varia quando a pressão do evaporador ou do condensador varia. O motor de ímã permanente eletronicamente comutado já descrito, é controlado usando técnicas que incluem aquelas derivadas da experiência da requerente em motores de ímã permanente eletronicamente comutados como descrito em WO 01/79671 por exemplo, o conteúdo da qual é incorporado aqui por referência.

[0047] Quando um motor linear é controlado como descrito em WO 01/79671 é possível que a energia de entrada do compressor aumente a um nível onde a excursão do pistão (11, figura 1) resulta em uma colisão com o cabeçote do cilindro (9, figura 1).

[0048] A presente invenção detecta o início de tais colisões, ou mesmo quando uma colisão está para ocorrer a partir do formato da forma de onda da força contra-eletromotriz do motor.

[0049] Quando uma colisão é detectada, a magnitude da corrente do motor é reduzida. As reduções na corrente e assim a energia de entrada no motor são reduzidas de modo incremental. Uma vez que as colisões param, o valor da corrente é permitido aumentar lentamente para seu valor prévio sobre um período de tempo. De preferência, o período de tempo é aproximadamente 1 hora. Alternativamente, a corrente permanecerá reduzida até que as variáveis do sistema mudem significativamente. Em uma modalidade onde o sistema em WO 01/79671 é usado como um algoritmo de controlador de corrente principal, tal mudança de sistema poderia ser monitorado por uma mudança na corrente máxima ordenada. Neste caso, seria em resposta a

uma mudança em frequência ou temperatura do evaporador. Na aplicação preferida da presente invenção é considerado que o algoritmo de WO 01/79671 seja usado com a presente invenção fornecendo uma função fiscalizadora que levaria a uma eficiência volumétrica aperfeiçoada sobre a técnica anterior.

[0050] O fenômeno físico do qual a presente invenção reside será delineado com referência às figuras 2 e 3.

[0051] Quando o pistão se movendo a uma velocidade, v , atinge o cabeçote de cilindro (assumindo que seja feito do mesmo material), uma onda de tensão elástica é propagada com uma magnitude, σ_i , determinada pela relação:

$$\sigma_i = v \cdot \sqrt{\rho_i \cdot E}$$

[0052] onde ρ_i e E são a densidade e o Módulo de Young respectivamente do material de cilindro de pistão.

[0053] A tensão, σ_i , atua na área de contato A_i por um período de tempo determinado pelo tempo que leva para a onda de tensão se deslocar pelo comprimento do pistão e retornar depois de refletir na extremidade afastada. Portanto, existe uma força, F_i , atuando no pistão, dada por:

[0054] $F_i = \sigma_i \cdot A_i$ por um tempo razoável.

[0055] Desde que as forças na haste do pistão de um compressor linear devem se equilibrar, então:

$$m \cdot a + c \cdot v + k \cdot x + P \cdot A + F_i = 0$$

[0056] onde:

[0057] m é a massa do pistão

[0058] c é o coeficiente de arrasto viscoso

[0059] k é a rigidez da mola

[0060] a é a aceleração do pistão

[0061] x é a posição do pistão

[0062] P é pressão

[0063] e A_p é a área do pistão

[0064] Isso pode ser rearranjado para dar a aceleração;

$$a = \frac{F_i + k.x + c.v + P.A_k}{m}$$

[0065] Assim, a força de colisão, F_i , aumenta significativamente a desaceleração do pistão e isto é refletido no formato da curva da força contra-eletromotriz versus tempo, isto é a mudança súbita de inclinação mostrada na figura 2.

[0066] Motores lineares convencionais são desenhados de modo que existe uma relação linear entre a força contra-eletromotriz e a velocidade. Isto é, $FEM = \alpha.v$. Em contraste, a configuração de "estator curto" da forma preferida de motor (descrito em WO 00/79671) tem um projeto onde o valor de α varia com a posição, isto é $FEM = f(x).v$.

[0067] Se o projeto do motor é tal que existe uma "dobra" ou descontinuidade na função $f(x)$, como mostrado pela seta na figura 3, esta dobra aparecerá na curva da força contra-eletromotriz em cursos maiores. A figura 4 mostra o efeito da dobra da figura 3 na curva da força contra-eletromotriz quando o curso aumenta de 12 mm para 14 mm.

[0068] Em uma modalidade alternativa (ver figura 7) esta dobra pode ser alcançada adicionando-se uma bobina sensível em série com os enrolamentos. Esta bobina gera uma FEM somente quando um ímã permanente no induzido do motor chega perto dela. O ímã pode ser especificamente para este propósito ou pode ser um dos ímãs existentes. Esta FEM se adiciona à FEM gerada pelos enrolamentos principais logo antes do cruzamento zero como mostrado na figura 7.

[0069] Um método para determinar dobras ou descontinuidades na força contra-eletromotriz induzida nos enrolamentos de estator do motor e para o controle subsequente da energia de saída do motor para evitar as colisões de pistão é ilustrado em forma de fluxograma na figura 5. Na prática é conveniente implementar este método de controle usando um microprocessador programado. O fluxograma da figura 5

mostra a lógica essencial do programa do processador.

[0070] O sistema de motor e controle empregando a presente invenção é mostrado em forma de diagrama de bloco na figura 6. A função da presente invenção é encapsulada dentro do bloco 101 que fornece uma entrada para o meio de ajuste de energia de entrada do motor 102 que é primariamente controlada pelo algoritmo descrito em WO 01/79671. O controle de motor da presente invenção suprime o algoritmo de controle de motor básico somente em cálculos que indicam uma colisão ou quase colisão do pistão.

[0071] Os sinais de força contra-eletromotriz digitalizados são aplicados em uma entrada de microprocessador 103 e a rotina determina 110 os tempos em que a forma de onda da força contra-eletromotriz é zero ou um valor periódico correspondente. Se for detectado cruzamento zero, é tomada uma decisão 111 se um período suficiente passou depois do instante de cruzamento zero. Na modalidade preferida este período de tempo é 100 microssegundos. Se não, então o valor da força contra-eletromotriz é medido e armazenado 112. Se mais que 100 microssegundos se passaram então dados suficientes foram coletados para calcular a inclinação da curva da força contra-eletromotriz sobre este período de 100 microssegundos 113. Uma rotina 114 é então executada para determinar se existiu qualquer descontinuidade em valores de inclinação medidos. Isto é, se a inclinação se afasta de um valor determinado a partir das pressões de sucção e descarga (ou variáveis que são bem correlacionadas com estes parâmetros, por exemplo, temperatura e frequência de evaporação) para um número predeterminado de ciclos consecutivos de 100 microssegundos então é determinada uma descontinuidade. Uma vez que isto é indicativo de colisão de pistão, é enviado um sinal para o controlador de energia 102 para reduzir a energia de entrada e através disso reduzir o curso do induzido do motor e do pistão para reduzir o potencial para coli-

sões. A energia de entrada do motor será reduzida de modo incremental e um número de interações do processo descrito poderia ocorrer em alguns casos antes da descontinuidade de inclinação determinar a interrupção de rotina para indicar uma descontinuidade de inclinação e a etapa de decisão 115 inibe sinais adicionais para o controlador de energia de entrada do motor.

[0072] Pelos meios de controle secundários acima e empregando um projeto de motor para o compressor tendo uma configuração de "estator curto" ou a técnica de bobina sensível previamente referida, as colisões de pistão com o cabeçote de cilindro de compressão podem ser reduzidas e o dano prevenido.

[0073] Será também apreciado que a presente invenção é igualmente aplicável a uma faixa de aplicações. É desejável em qualquer motor linear alternado de pistão livre limitar e controlar a magnitude máxima de alternância. Para a presente invenção ser aplicada, o sistema exige uma força de restauração por exemplo: um sistema de mola ou gravidade, causando alternância, e alguma mudança no sistema mecânico ou elétrico, o que causa uma mudança no período de alternância elétrico quando uma certa magnitude de alternância é atingida.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de controlar o curso de um motor de compressor linear de pistão livre de modo a minimizar ou impedir as colisões de pistão nas extremidades do curso incluindo as seguintes etapas:

monitorar a força contra-eletromotriz do motor, e

detectar cruzamentos zero (111) da força contra-eletromotriz do motor,

caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

monitorar a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz na vizinhança dos cruzamentos zero,

detectar as descontinuidades (114) na inclinação da forma de onda, e

reduzir de modo incremental a energia de entrada do motor (102) na detecção de uma descontinuidade da inclinação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o monitoramento de inclinação compreende as etapas de medir e armazenar (112) o valor da força contra-eletromotriz em intervalos predeterminados e calcular (113) a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz entre intervalos predeterminados sucessivos para produzir a sucessão de valores de inclinação.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que em que o monitoramento de inclinação compreende a etapa de comparar a última inclinação medida com a inclinação medida (113) no mesmo ponto no ciclo imediatamente precedente.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o monitoramento de inclinação compreende a etapa de comparar a última inclinação medida (113) com a média das inclinações medidas no mesmo ponto de um número predeterminado de ciclos imediatamente precedentes.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado

pelo fato de que as descontinuidades na inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz são detectadas comparando sucessivamente cada um dos valores de inclinação calculados (113) com um valor predeterminado e se o valor predeterminado é excedido sobre um número predeterminado de valores de inclinação indicando uma descontinuidade da inclinação (114).

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as descontinuidades de inclinação da força contra-eletromotriz (114) que são detectadas, são aquelas que representam um aumento em inclinação na força contra-eletromotriz crescente e uma diminuição em inclinação na força contra-eletromotriz decrescente.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as descontinuidades de inclinação da força contra-eletromotriz (114) que são detectadas são aquelas que representam um aumento em inclinação em uma força contra-eletromotriz decrescente.

8. Motor de compressor linear de pistão livre tendo um curso controlado de modo a minimizar ou impedir as colisões de pistão nas extremidades do curso compreendendo:

um motor linear tendo um estator enrolado (6) e um induzido correspondente (22) que é mecanicamente acoplado ao pistão (11), e

um meio para monitorar a força contra-eletromotriz do motor nos enrolamentos de estator,

um meio para detectar os cruzamentos zero da força contra-eletromotriz do motor,

caracterizado pelo fato de compreender ainda:

um meio para determinar a inclinação (113) da forma de onda da força contra-eletromotriz na vizinhança dos cruzamentos zero

removidos,

um meio para determinar as descontinuidades (114) na inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz, e

um controlador de energia de entrada do motor (12) que fornece corrente aos enrolamentos de estator e que tem uma entrada responsiva ao meio de determinação de descontinuidade, em que o controlador reduz a energia de entrada do motor quando uma descontinuidade de inclinação é determinada.

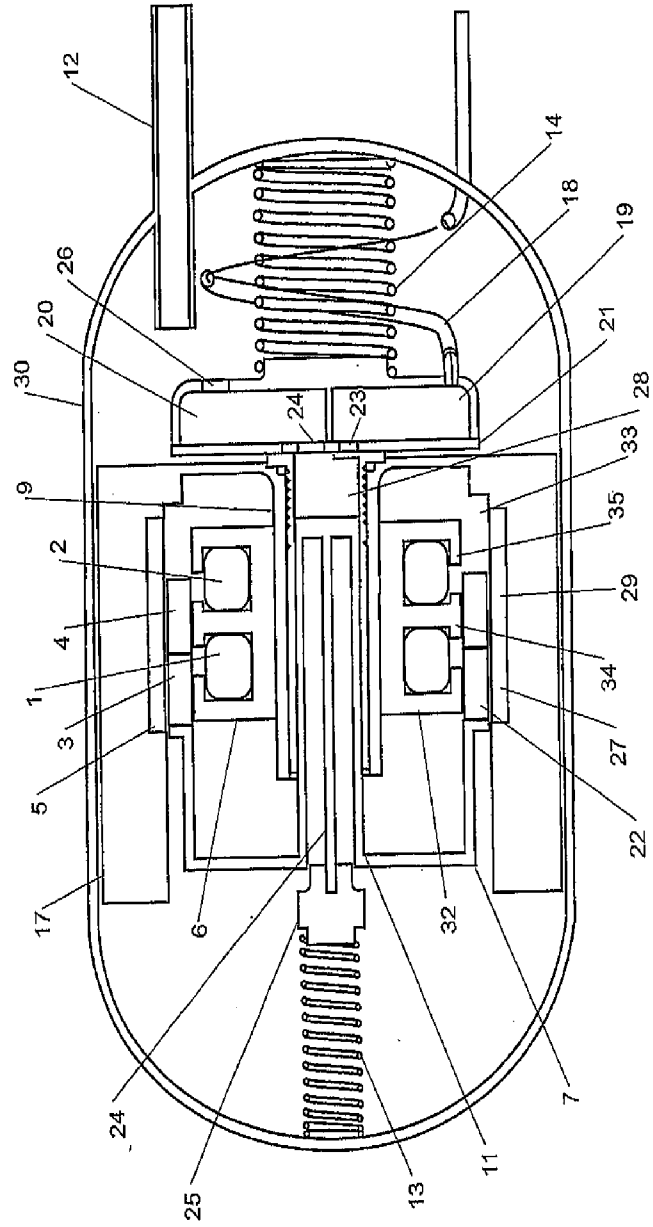
9. Motor, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende um processador controlado por programa (103) que fornece o meio para determinar a inclinação (113) e a descontinuidade de inclinação (114) e programado para medir e armazenar o valor da força contra-eletromotriz em intervalos predeterminados e calcular a inclinação da forma de onda da força contra-eletromotriz entre intervalos predeterminados sucessivos para produzir a sucessão de valores de inclinação.

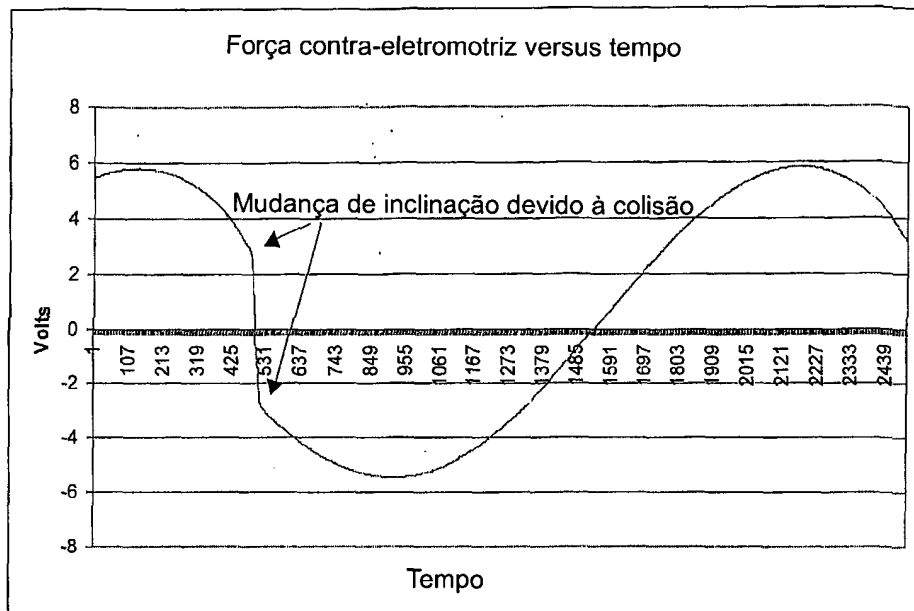
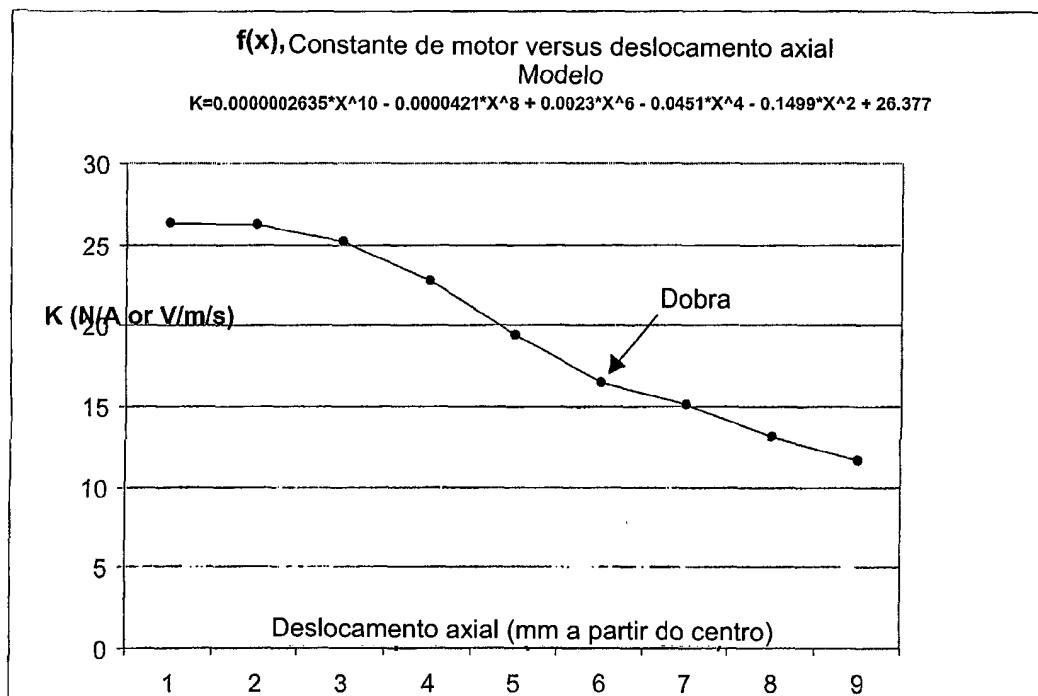
10. Motor, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o programa compara sucessivamente cada um dos valores de inclinação (113) calculados com um valor predeterminado e se o valor predeterminado é excedido sobre um número predeterminado de valores de inclinação indicando uma descontinuidade de inclinação.

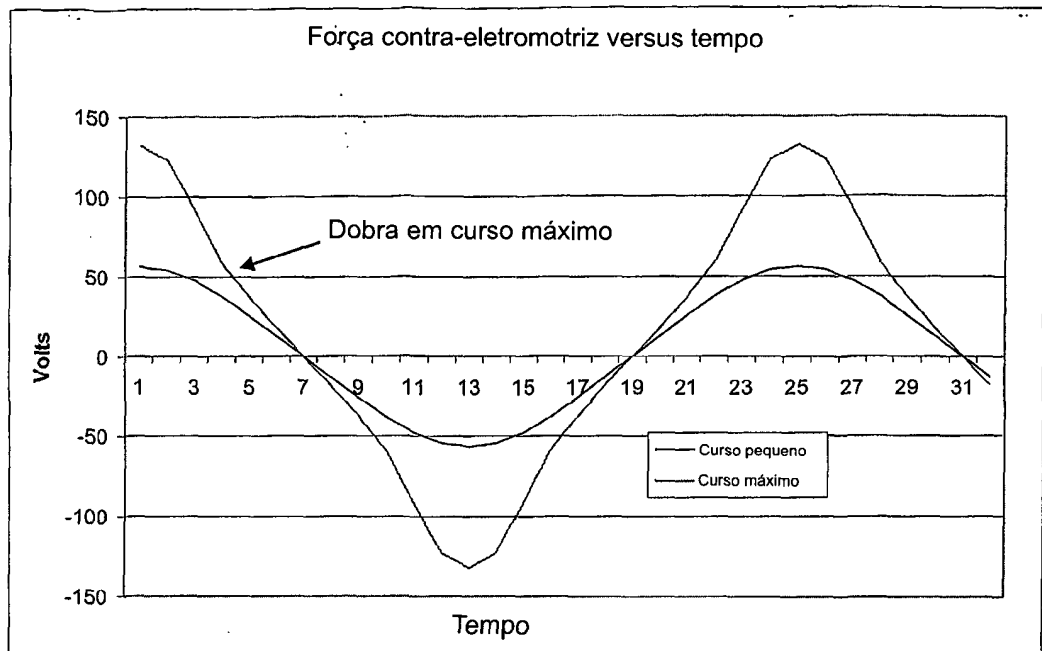
11. Motor, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o programa dá uma indicação de descontinuidades de inclinação da força contra-eletromotriz (114) que representam um aumento na inclinação na força contra-eletromotriz crescente e uma diminuição na inclinação na força contra-eletromotriz decrescente.

12. Motor, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o programa dá uma indicação de descontinuidades de inclinação da força contra-eletromotriz (114) que são detectadas que

são aquelas que representam um aumento na inclinação em uma força contra-eletromotriz decrescente.

**Fig.1**

**Fig.2****Fig.3**

**Fig.4**

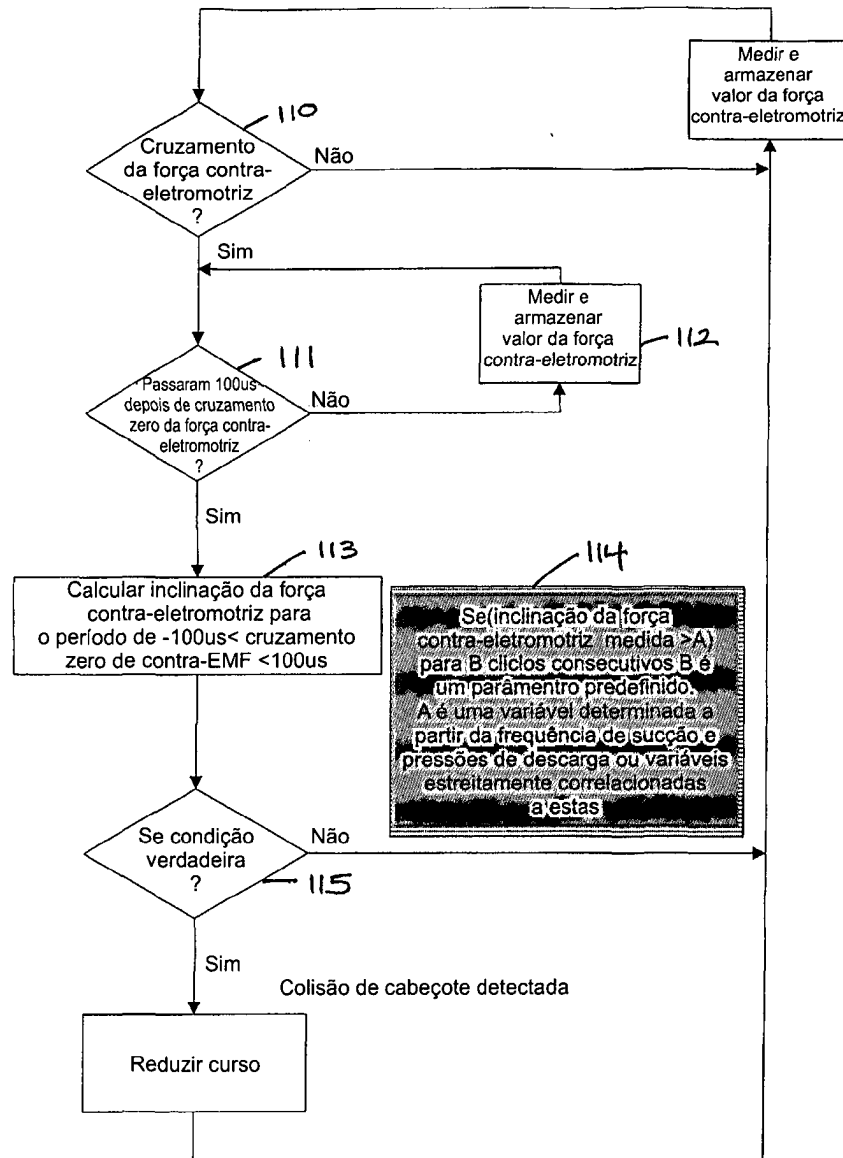
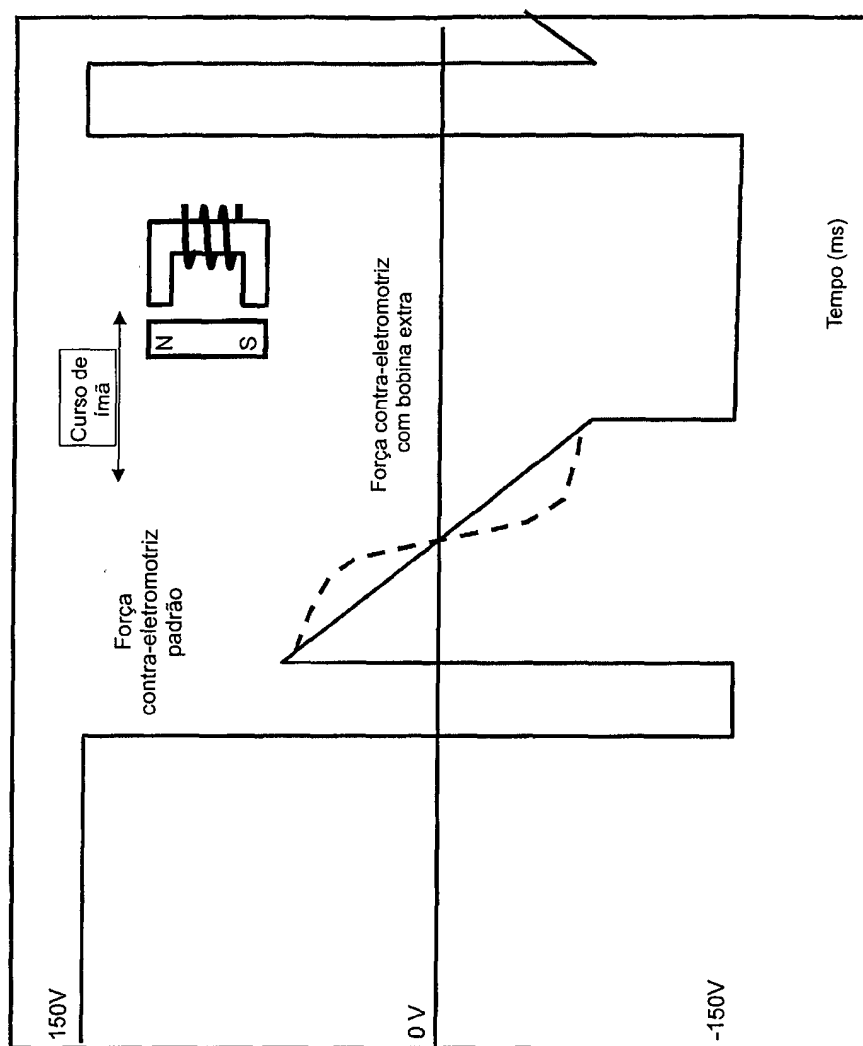


Fig.5



Fig. 6

**Fig.7**