

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

(21) **PI0621579-3 A2**



(22) Data de Depósito: 21/04/2006
(43) Data da Publicação: 13/12/2011
(RPI 2136)

(51) *Int.Cl.:*
G06F 15/00
G06F 19/00

(54) **Título:** MÉTODO PARA ANALISAR UM DISPOSITIVO GIRATÓRIO E SISTEMA DE VÁLVULA

(73) **Titular(es):** Flowserve Management Company

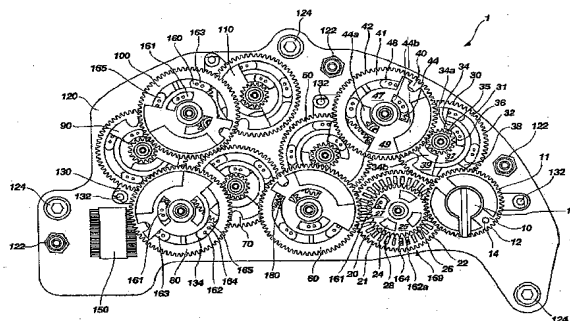
(72) **Inventor(es):** Byron A. Fleury, Daniel J. Morris, William C. Hooss, William T. Dolenti

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006015416 de 21/04/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/123533de 01/11/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA ANALISAR UM DISPOSITIVO GIRATÓRIO E SISTEMA DE VÁLVULA. Um novo método para diagnosticar problemas com um acionador de válvula ou outro equipamento giratório. Uma análise de frequência é executada mediante velocidade, posição, torque, empuxo, ou dados de vibração. Os dados de velocidade ou de posição podem ser fornecidos por um codificador giratório.



Pt - 0621549-3
Ret - 020090037837
Data - 20/04/09

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA ANALISAR UM DISPOSITIVO GIRATÓRIO E SISTEMA DE VÁLVULA".

CAMPO TÉCNICO

5 A presente invenção refere-se geralmente à análise de acionadores de válvula e a codificadores de posição giratórios, e mais particularmente a execução da análise de frequência de acionadores de válvula e a codificadores de posição giratórios com um auto-teste incorporado.

ANTECEDENTES

10 Em muitas aplicações, é necessário medir a posição de um eixo giratório de um dispositivo giratório. No entanto, os dispositivos giratórios são muitas vezes complexos, possuindo partes de difícil acesso. Além disso, os dispositivos giratórios são, muitas vezes, integrados em processos industriais onde o dispositivo giratório tem custo menor do que a parada do processo necessária para o seu reparo. As válvulas giratórias, por exemplo, muitas vezes são críticas para processos e reparos industriais de algumas partes das válvulas requerem a paralisação do processo. Existe uma necessidade para identificar precisamente a posição de um eixo giratório e objetos acionados pelo eixo giratório, tal como uma haste de válvula. Há também a

15 necessidade de identificar certas partes sujeitas ao desgaste em um dispositivo giratório, tal como uma válvula, de modo que uma manutenção preventiva possa ser executada em paralisações esquematizadas, ou de modo que o dispositivo giratório possa ser operado de tal maneira como para manter o dispositivo operacional até a próxima paralisação esquematizada. Existe a

20 necessidade por um dispositivo capaz tanto de determinar a posição de um eixo giratório, bem como de identificar a severidade e localização de problemas dentro do dispositivo giratório ao qual o eixo giratório está conectado.

25

 Uma abordagem para diagnosticar os dispositivos giratórios tem empregado análise com frequência. Os dados cíclicos podem ser analisados

30 com um algoritmo de transformada de Fourier (FT) para transformar os dados de um domínio de tempo para um domínio de frequência. Uma tentativa para aplicar FT às válvulas operadas pelo motor envolveu medir a corrente

que flui para o motor, aplicar FT aos dados do motor, e então usar picos do espectro de frequência para diagnosticar os problemas no sistema de direção do acionador de válvula. No entanto, essa abordagem não mede a velocidade giratória de um eixo nem determina a posição de um eixo giratório.

- 5 Um dispositivo de medir a corrente também não integra um dispositivo capaz de determinar a posição do eixo giratório.

Uma abordagem para medir a posição de um membro giratório envolve um codificador giratório. Os codificadores giratórios incluem codificadores incrementais e absolutos. Os codificadores incrementais são usados para medir a mudança giratória de um eixo. Um codificador incremental básico inclui um disco com um grande número de linhas radiais pintadas. Um fotodiodo ou outro sensor gera um pulso elétrico sempre que uma linha pintada é detectada. Um computador ou outro processador rastreia os pulsos para determinar a posição do disco e, por sua vez, a posição do eixo ao qual o disco é anexado. Com codificadores incrementais, se a energia for perdida para o computador, a informação de posição é perdida quando a energia for restaurada. Os codificadores incrementais prévios para acionadores de válvula têm incluído um sensor de velocidade, mas o sensor de velocidade e os dados resultantes não foram usados para análise de frequência.

20 Os codificadores absolutos não requerem um suprimento de energia para manter informação de posição. Os codificadores absolutos produzem um código digital único para cada ângulo distinto de um eixo giratório. Os codificadores absolutos podem ser uma roda única com um padrão complexo usinado na roda. A roda única é anexada ao eixo em questão e numerosas posições angulares distintas podem ser identificadas pelos padrões na roda. No entanto, tais rodas são úteis somente onde um eixo irá suportar somente uma rotação única.

30 Uma outra versão do codificador absoluto utiliza múltiplas rodas com anéis concêntricos em cada uma das rodas, onde cada anel fornece 1-bit de dados de posição. A versão de múltiplas rodas permite que o eixo medido suporte numerosas rotações e ainda rastreie a posição e o número de rotações do eixo. A presença de mais rodas permite o rastreamento de mais rota-

ção ou determinação do eixo de mais posições para uma rotação única. No entanto, os codificadores absolutos de múltiplas rodas, são muitas vezes delicados e menos confiáveis. Seria desejável ter um codificador absoluto de múltiplas rodas que seja confiável e operável para gerar dados de velocidade para uso em análise de frequência.

Uma tentativa para solucionar esse problema utiliza tanto 6 quanto 7 rodas. Cada roda fornece 3-bits de dados. No entanto, somente 2-bits de código Cinza são gerados como dados de posição via o processo v-bit. Isso aumenta a confiabilidade do codificador absoluto. No entanto, sensores duplicados não são usados. Adicionalmente, um sensor de velocidade não é integrado no codificador absoluto e os dados de velocidade não são gerados para uso em análise de frequência.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Uma modalidade da invenção inclui codificador giratório para uso com um dispositivo giratório. O codificador giratório compreende uma ou mais rodas de codificação, cada uma das uma ou mais rodas de codificação compreendendo pelo menos uma seção de codificação operável para codificar uma posição do dispositivo giratório. Está também incluído pelo menos um conjunto duplo de sensores operáveis para monitorar a pelo menos uma seção de codificação.

Uma outra modalidade da invenção inclui um acionador de válvula compreendendo um codificador absoluto e um sistema de direção adaptado para acionar o codificador absoluto. O codificador absoluto compreendendo pelo menos um disco do codificador, uma pluralidade de sensores operáveis para ler o pelo menos um disco do codificador, um sensor operável para gerar dados de velocidade; pelo menos um sensor duplicado para cada da pluralidade de sensores e o sensor de velocidade.

Ainda uma outra modalidade da invenção inclui um método de analisar um acionador de válvula que inclui um sensor. O método compreende gerar dados do sensor e executar análise de domínio da frequência nos dados.

Uma modalidade particular da invenção inclui um método de a-

nalizar um dispositivo giratório que gira entre dois limites de posição. O método compreende operavelmente acoplar um codificador de posição giratória a um eixo do dispositivo de rotação, onde o codificador de posição giratória inclui um indicador de velocidade. O método inclui gerar dados de velocidade com o sensor de velocidade e executar análise de frequência nos dados de velocidade.

As características, as vantagens, e os aspectos alternativos da presente invenção estarão aparentes para aqueles versados na técnica a partir de uma consideração da seguinte descrição detalhada tomada em combinação com os desenhos em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Embora o relatório descritivo conclua com as reivindicações particularmente salientando e distintamente reivindicando o que é considerado como a presente invenção, as vantagens dessa invenção podem ser mais prontamente verificadas a partir da seguinte descrição da invenção quando lida em conjunção com os desenhos em anexo em que:

a figura 1 ilustra as rodas de uma modalidade de um codificador giratório;

a figura 2 ilustra uma versão completamente montada da modalidade da FIGURA 1;

a figura 3 ilustra uma versão parcialmente montada da modalidade da FIGURA 1;

a figura 4 ilustra uma vista de topo da modalidade da FIGURA 3;

a figura 5 ilustra as rodas de uma modalidade particular de um codificador giratório;

a figura 6 ilustra um diagnóstico claro representativo no domínio da frequência;

a figura 7 ilustra um diagnóstico problemático representativo no domínio da frequência;

a figura 8 ilustra resolução de dados com 128 amostras;

a figura 9 ilustra os dados usados na FIGURA 8 antes da execução de uma Transformada de Fourier (FT) nos dados;

- a figura 10 ilustra resolução de dados com 256 amostras;
a figura 11 ilustra os dados usados na FIGURA 10 antes da execução de uma FT nos dados;
a figura 12 ilustra resolução de dados com 512 amostras;
5 a figura 13 ilustra os dados usados na FIGURA 12 antes da execução de uma FT nos dados;
a figura 14 ilustra resolução de dados com 1024 amostras;
a figura 15 é uma tabela indicando a precisão de algumas modalidades da presente invenção;
10 a figura 16 é um exemplo de dados de domínio de frequência obtido em 26 rotações por minuto (rpm);
a figura 17 é um outro exemplo de dados de domínio de frequência obtido em 26 rmp;
a figura 18 é um outro exemplo de dados de domínio de frequência em 18 rpm; e
15 a figura 19 é um outro exemplo de dados de domínio de frequência obtido em 18 rpm.

MELHOR(ES) MODO(S) PARA REALIZAR A INVENÇÃO

- A presente invenção pode ser usada com qualquer acionador de válvula ou outro equipamento giratório, tal como um equipamento que gira entre duas posições. Uma modalidade particular da presente invenção utiliza um codificador giratório com um sensor de velocidade integrado. O sensor de velocidade é operável para gerar dados de velocidade para análise de frequência. A presente invenção também pode usar um outro tipo de sensor capaz de gerar dados transformáveis no domínio de frequência. A análise de frequência pode, por sua vez, ser usada para diagnosticar quaisquer problemas com o acionador de válvula ou outro equipamento giratório. Em uma modalidade, o codificador giratório é um codificador absoluto com pares de sensor duplicados.
20
25
30 Nas Figuras, os numerais similares representam elementos similares. A figura 1 ilustra uma modalidade de um codificador giratório da presente invenção. O codificador giratório 1 representa uma modalidade particu-

lar de um codificador absoluto. Os termos "roda" ou "rodas" sem um modificador tal como "entrada", "sincronizador" ou "codificação" podem ser aplicados para a roda de entrada 10, a roda de sincronização 20, e rodas de codificação 30 até 110. A frase "roda de codificação" ou "rodas de codificação" aplica-se a rodas de codificação 30 a 110.

A prateleira de montagem de fundo 130 é segurada a uma placa de fundo 120 via cavilhas 132. As cavilhas 132 podem também ser rebites, parafusos, grampos, cliques, adesivos, pontos de soldagem, uma junção de fixação por pressão, ou qualquer outro meio de conexão conhecido na técnica. As cavilhas 132 podem também ser colocadas em qualquer localização. Por exemplo, quando a cavilha 132 é um grampo, a prateleira de montagem de fundo 130 pode se estender para a borda da placa de fundo 120 e a cavilha 132 pode ser localizada nesta borda. Alternativamente, quando a cavilha 132 é um adesivo, o adesivo pode ser espalhado através de qualquer superfície da prateleira de montagem de fundo 130 que esteja em contato com a placa de fundo 120.

A placa de fundo 120 pode incluir um substrato semicondutor onde componentes elétricos, tais como um processador 150 e um sensor 160, podem ser integrados um com o outro. Os circuitos que conectam o processador 150 e o sensor 160 não são mostrados. No entanto, em vez de integrar os circuitos na placa de fundo 120, os circuitos podem ser posicionados do lado de fora da placa de fundo 120. Por exemplo, podem ser perfurados orifícios na placa de fundo 120 para corresponder com as entradas e as saídas dos sensores 160 e as entradas e as saídas do processador 150. Os fios de isolamento podem ser interconectados entre os sensores 160 e o processador 150. Adicionalmente, se o circuito é posicionado do lado de fora da placa de fundo 120, pode ser desejável incorporar uma prateleira de montagem de fundo 130 na placa de fundo 120.

O codificador giratório 1 também pode incluir a prateleira de montagem de topo 140 e a placa de topo 170, mostradas nas FIGS. 2 a 4. A mesma descrição com respeito à placa de fundo 120 e à prateleira de montagem de fundo 130 aplica-se à prateleira de montagem de topo 140 e à pla-

ca de topo 170. A placa de topo 170 pode também ser um substrato semi-condutor. No entanto, qualquer circuito pode estar do lado de fora da placa de topo 170, também. A prateleira de montagem de topo 140 também pode ser integrada dentro da placa de topo 170. A prateleira de montagem de topo 5 140 pode ser segurada à prateleira de montagem de fundo 130 com cavilhas 132. Uma porca de segurança 122 é anexada à placa de fundo 120. A placa de topo 170 é segurada à placa de fundo 172 via o parafuso 172 e à porca de segurança 122, como mostrado na FIGURA 2. O codificador giratório 1 pode ser segurado a um outro dispositivo via cavilhas de montagem 124. As 10 configurações descritas com respeito às cavilhas 132 também podem ser aplicadas às porcas de segurança 122, aos parafusos 172, e às cavilhas de montagem 124. Como mostrado nas FIGS. 3 e 4, a prateleira de montagem de topo 140 pode ser uma peça única de material. Isso permite que a modalidade da prateleira de montagem de topo 140, mostrada nas FIGS. 3 e 4, 15 termicamente expanda de uma maneira uniforme. O mesmo se aplica para a prateleira de montagem de fundo 130. Em uma modalidade alternativa, a prateleira de montagem de topo 140 e a prateleira de montagem de fundo 130 podem, cada uma, ser feitas de múltiplas peças.

Adicionalmente, o codificador giratório 1 não é limitado a qual- 20 quer conformação particular. O codificador giratório 1 pode ser circular, retangular, ou especificamente conformado para um dispositivo ou aplicação certo. Também, os termos "topo" e "fundo" são usados aqui somente para facilitar a descrição do codificador giratório 1. Por conseguinte, o codificador giratório 1 pode ser usado em qualquer orientação.

25 No exemplo particular das FIGS. 1-4, a roda de entrada 10 inclui dentes 12 na engrenagem 11. A roda de entrada 10 também inclui a abertura 14, que pode ser usada com sensores para fornecer meios para rastrear o número de rotações da roda de entrada 10. Uma tampa de travamento 16 é anexada à roda de entrada 10. Como mostrado na FIGURA 3, quando a 30 tampa de travamento 16 está no lugar, qualquer movimento de roda de entrada 10 é restrita pelo contato da tampa de travamento 16 com a prateleira de montagem de topo 140. A tampa de travamento 16 pode ser incluída

sempre que o codificador giratório 1 é para ser manipulado ou despachado, e então removida uma vez que um eixo de entrada está pronto para engatar o codificador giratório 1.

A roda de sincronização 20 inclui engrenagem 21 e pinhão 25. A engrenagem 21 inclui dentes 22. O pinhão 25 inclui dentes 26. A roda de sincronização 20 também contém fendas de sincronização 28. Nessa modalidade, as fendas de sincronização 28 são projetadas como orifícios que se estendem da superfície de topo da engrenagem 21 para a superfície de fundo da engrenagem 21 e as fendas de sincronização 28 são projetadas como seções arqueadas que aparecem como retangulares. No entanto, é entendido que esses elementos podem ser de qualquer forma. As fendas de sincronização 28 podem também ser linhas de pintura, magnetos embutidos, ou qualquer outra estrutura capaz de ser detectada. As fendas de sincronização 28 também podem não estar presentes e, em vez disso, outros dispositivos podem executar a função de fendas de sincronização 28. Por exemplo, os dentes na engrenagem 21 podem ser feitos de um composto ferroso e incluem um número suficiente para corresponder às marcas de sincronização desejadas. Um captador magnético colocado perto da engrenagem 21 pode detectar cada dente 22 que gira próximo ao captador magnético. A roda de sincronização 20 representa exatamente uma modalidade de um mecanismo de sincronização que pode ser usado com a presente invenção.

A roda de sincronização 20 também inclui as seções de codificação 24, que na presente modalidade são projetadas como orifícios arqueados se estendendo da superfície de topo do pinhão 25 através do fundo da engrenagem 21. A figura 1 ilustra seções de codificação 24 como terminando em bordas diretas em linha com raios se estendendo radialmente do centro da roda de sincronização 20. As seções de codificação 24 podem também ser seções arqueadas que terminam em bordas côncavas similares às bordas côncavas de fendas 132 e de brechas 142. As seções de codificação 24 são mostradas como anel interno de mergulho 27 da roda de sincronização 20 em oitavos. No entanto, as seções de codificação 24 podem ser projetadas para dividir o anel interno 27 na metade, no quarto, em dezesseis

avos, ou qualquer outra fração de $1/2^n$.

Na modalidade ilustrada da FIGURA 1, a roda de codificação 30 inclui uma engrenagem 31, que inclui dentes 32 e pinhão 35, que inclui dentes 36. A roda de codificação 30 tem um anel interno 37, que contém seção de codificação 34, e um anel externo 39, que contém seção de codificação 38. As seções de codificação 34 e 38 se estendem da superfície de topo da roda de codificação 30 para a superfície de fundo da roda 30. A seção de codificação 38 tem uma conformação arqueada contínua que ocupa uma metade do anel externo 39. A seção de codificação 34 inclui duas diferentes seções arqueadas, a seção 34a e a seção 34b, em que cada uma ocupa, um quarto do anel interno e são igualmente espaçadas uma da outra. A seção 34a começa no mesmo raio radial que a seção de codificação 38. A seção 34b começa no mesmo raio radial onde a seção de codificação 38 termina. As seções de codificação podem ser assimétricas, como mostrado na FIGURA 1, ou simétricas, tal como as seções de codificação da FIGURA 5. A orientação assimétrica das seções de codificação pode facilitar a colocação de sensores redundantes na placa de fundo 120 em locais que não serão bloqueados por porções de seção de não codificação das rodas de codificação.

A roda de codificação 40 inclui uma engrenagem 41, que inclui dentes 42, e um pinhão, que inclui dentes (não mostrados). O pinhão é montado no lado inferior da roda de codificação 40 e não é mostrado nas figuras. A roda de codificação 40 tem um anel interno 47, que contém uma seção de codificação 44, e um anel externo 39, que contém uma seção de codificação 38. As seções de codificação 44 e 48 se estendem da superfície de topo da roda de codificação 40 para a superfície de fundo da roda 40. A seção de codificação 48 inclui uma seção arqueada contínua que ocupa uma metade do anel externo 49. A seção de codificação 44 é dividida em duas seções arqueadas, a seção 44a e a seção 44b, cada uma das quais ocupa um quarto do anel interno e são igualmente espaçadas uma da outra. A seção 44a começa no mesmo raio radial que a seção de codificação 48. A seção 44b começa no mesmo raio radial onde a seção 38 termina.

Na presente modalidade, as rodas de codificação 50, 70, 90 e 110 são idênticas à roda de codificação 30, e as rodas de codificação 60, 80 e 100 são idênticas à roda de codificação 40. No entanto, não é necessário que qualquer uma das rodas de codificação sejam idênticas a qualquer outra

5 roda de codificação. Quando os termos "anel interno" ou "anéis internos" são usados, é feita uma referência aos anéis internos 37, 47, 57, 67, 87, 97, 107 e 117 de cada uma das rodas de codificação 30 até 110. Somente os anéis internos da roda de sincronização 20 e as rodas de codificação 30 e 40 são realmente numerados na FIGURA 1. Quando os termos "anel externo" ou

10 "anéis externos" são usados, é feita uma referência aos anéis externos 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99, 109 e 119 de cada uma das rodas de codificação 30 até 110. Somente os anéis externos da roda de codificação 30 e 40 são realmente numerados na FIGURA 1. Quando os termos "seção de codificação" ou "seções de codificação" são usados, é feita uma referência às seções de

15 codificação 24, 34, 38, 44, 48, 54, 58, 64, 68, 74, 78, 84, 88, 94, 98, 104, 108, 114 e 118 da roda de sincronização 20 e a cada uma das rodas de codificação 30 até 110. Somente as seções de codificação da roda de sincronização 20 e as rodas de codificação 30 e 40 são realmente numeradas na FIGURA 1. Adicionalmente, as marcas de sincronização 28 podem ser vistas

20 como "seções de codificação". Os dados gerados pelas marcas de sincronização 28 podem ser usados tanto para a determinação de posição quanto/ou de velocidade. Da mesma forma, os dados gerados pelas outras seções de codificação podem ser usados tanto para a determinação de posição quanto/ou de velocidade.

25 A engrenagem 11 da roda de entrada 10 engata com o pinhão 25 da roda de sincronização 20. A engrenagem 21 da roda de sincronização 20 engata com a engrenagem 31 da roda de codificação 30. O pinhão 35 da roda de codificação 30 engata com a engrenagem 41 da roda de codificação 40. O pinhão 45 da roda de codificação 40 engata com um pinhão intermediário 180. O pinhão intermediário 180 engata com a engrenagem 51 da roda

30 de codificação 50. O pinhão 55 da roda de codificação 50 engata com a engrenagem 61 da roda de codificação 60. O pinhão 65 da roda de codificação

60 engata com um pinhão intermediário 180. O pinhão intermediário 180 engata com a engrenagem 71 da roda de codificação 70. O pinhão 75 da roda de codificação 70 engata com a engrenagem 81 da roda de codificação 80. O pinhão 85 da roda de codificação 80 engata com um pinhão intermediário 180. O pinhão intermediário 180 engata com a engrenagem 91 da roda de codificação 90. O pinhão 95 da roda de codificação 90 engata com a engrenagem 101 da roda de codificação 100. O pinhão 105 da roda de codificação 100 engata com um pinhão intermediário 180. O pinhão intermediário 180 engata com a engrenagem 111 da roda de codificação 110.

10 Como pode ser visto na FIGURA 3, as engrenagens da roda de entrada 10 e das rodas de codificação 40, 60, 80 e 100 estão no mesmo plano que os pinhões da roda de sincronização 20 e das rodas de codificação 30, 50, 70, 90 e 110. Os pinhões das rodas de codificação 40, 60, 80 e 100 estão no mesmo plano que as engrenagens da roda de sincronização 20 e das rodas de codificação 30, 50, 70, 90 e 110.

Os protetores de respingo para luz (não ilustrados) podem projetar-se da prateleira de montagem de fundo 130 e da prateleira de montagem de topo 140. O protetor de respingo é disposto no anel concêntrico parcial ou completo entre o anel interno e o externo. Por exemplo, com a roda de codificação 30, o protetor de respingo é disposto entre o anel interno 37 e o anel externo 39. O protetor de respingo pode ser projetado para ter oitavas de variação dependendo da distância entre a superfície de fundo da roda de sincronização 20 e as rodas de codificação 30 até 110, por um lado, e a prateleira de montagem de fundo 130. O protetor de respingo fornece uma barreira de luz entre os sensores 160. O protetor de respingo pode incluir anéis concêntricos construídos na prateleira de montagem de fundo 130, construídos nas rodas de codificação e na roda de sincronização 20, ou construídos na placa de fundo 120 e na placa de topo 170. Alternativamente, as barreiras poderiam ser formadas em torno dos sensores 160 individualmente, ou em torno dos detectores 162 e emissores 164. Os protetores de respingos podem ser anéis concêntricos de arestas, paredes, ou qualquer outra estrutura capaz de impedir linha cruzada entre diferentes sensores 160.

O engate da roda de entrada 10, da roda de sincronização 20, e das rodas de codificação 30 e 110 é ilustrado nas FIGS. 1-4 como sendo em uma configuração de serpentina. No entanto, tal configuração pode ser variada para satisfazer diferentes projetos do codificador. Por exemplo, quando
 5 é desejável conformar o codificador giratório 1 como um círculo, então as rodas podem ser dispostas em uma configuração em espiral. Várias conformações do codificador giratório 1 e numerosas configurações das rodas são possíveis. A figura 5 ilustra uma configuração alternativamente conformada em U das rodas dentro de uma conformação do codificador giratório similar.

10 O codificador giratório 1 pode também ser projetado em uma estrutura enfileirada. A roda de entrada 10, a roda de sincronização 20, e as rodas de codificação 30 e 110 são mostradas nas FIGS. 1-4 como sendo dispostas em um nível único. Alternativamente, o codificador giratório 1 pode ser projetado para incluir rodas em múltiplos níveis. Na FIGURA 1, cada ro-
 15 da é segurada unicamente à prateleira de montagem de fundo 130. No entanto, múltiplas rodas poderiam ser montadas em um eixo único. Em uma modalidade, as rodas de codificação 60 e 70, as rodas de codificação 50 e 80, as rodas de codificação 40 e 90, e as rodas de codificação 30 a 110, respectivamente, poderiam ser dispostas no mesmo eixo. A roda de sincro-
 20 nização 20 e a roda de sincronização 110 poderiam ser dispostas no mesmo eixo. Para um codificador giratório até mesmo mais estreito, as rodas 40, 50, 80, e 90 poderiam ser dispostas no mesmo eixo e as rodas de codificação 30, 60, 70, 100 e 110 poderiam ser dispostas no mesmo eixo. É entendido que um número de configurações e combinações é possível.

25 A roda de entrada 10, a roda de sincronização 20, e as rodas de codificação 30 a 110 são mostradas em engrenagens de dentes retos. No entanto, as rodas podem também ser engrenagens sem-fim, engrenagens em chanfradura, em ziguezague, hipoidal, anulares, de prateleira e pinhão, e engrenagens helicoidais. O codificador giratório 1 ilustra uma modalidade
 30 onde as rodas de codificação têm uma rotação fixada. Alternativamente, um sistema de prateleira e pinhão poderia ser implementado onde a roda de sincronização 20 e as rodas de codificação 30 a 110 não têm uma rotação

fixada.

Com referência à modalidade particular mostrada nas FIGS. 1-4, o anel interno e o externo de diferentes rodas de codificação são posicionados na mesma distância do centro das rodas. Por exemplo, o anel interno 37 e a seção de codificação 34 estão na mesma distância do centro da roda 30 como o anel interno 47 e a seção de codificação 44 estão na frente da roda 40, mesmo que a roda 40 tenha um diâmetro maior. Por isso, o número de dentes 42, e de dentes 36 pode determinar a redução de velocidade da roda 40 e da roda 30. O mesmo se aplica às outras rodas. No entanto, não é necessário que as seções de codificação das diferentes rodas de codificação estejam igualmente radialmente localizadas.

A velocidade da roda de entrada 10 é determinada pela velocidade do dispositivo giratório a ser monitorado. Por exemplo, na presente modalidade, a roda de sincronização 20 gira aproximadamente 1,34 vez mais rápido do que a roda de entrada 10. A roda de codificação 30 gira na mesma velocidade que a roda de sincronização 20. A roda de codificação 40 gira em um quarto da velocidade da roda de codificação 30. A roda de codificação 50 gira em um quarto da velocidade da roda de codificação 40, que gira em um décimo sexto da velocidade da roda de codificação 30. O mesmo pode se aplicar às outras rodas de codificação de modo que a roda de codificação 110 gire em um quarto da velocidade da roda de codificação 100, que gira em $1/65,536^{\circ}$ da velocidade da roda de codificação 30. Em algumas situações, a roda de codificação 30 irá girar, mas não o bastante para causar rotação da roda de codificação 110. Em modalidades alternativas, as rodas de codificação adicional podem ser adicionadas ao codificador giratório 1. A velocidade das rodas de codificação adicionais pode ser calculada como $1/4^n$ da roda de codificação 30 (contagem da roda de codificação 30 como $n=0$, a roda de codificação 40 como $n=1$, ..., roda de codificação 110 como $n=8$, etc.). As modalidades particulares da invenção podem incluir uma roda de codificação com um número menor de bits para a roda de mais alta velocidade, mas permitem um aumento maior de números de bits por roda já que a velocidade da roda de codificação relativa diminui conforme o jogo de ro-

das cresce.

Podem existir situações onde é desejável variar o número de dentes de roda para roda. Por exemplo, onde as rodas de codificação 40 e 60 não têm o mesmo número de dentes. Adicionalmente, em conjunção com
5 uma variação do número de dentes em uma engrenagem, a posição radial de uma seção de codificação pode ser variada com relação a uma outra roda para criar uma redução ou um aumento da velocidade.

As rodas podem ser feitas de qualquer número de materiais. Alguns exemplos representativos são aço, aço inoxidável, alumínio, ou outros
10 metais, cerâmicas, plásticos, vidro e plástico encapado com metal. Qualquer material conhecido na técnica para engrenagens pode ser usado. Todas as rodas podem ser feitas da mesma composição, ou as composições podem variar entre as rodas.

Como mostrado com referência à roda de codificação 80, o sensor 160 inclui detectores 162 e emissores 164. Os detectores 162 e os emissores 164 são construídos na placa de fundo 120. São construídas ranhuras 134 na prateleira de montagem de fundo 130 para impedir detectores 162 e emissores 164 ocultos. Com respeito aos emissores 164 e aos detectores 162, estes podem ser fabricados dentro da placa de fundo 120 via técnicas
20 de fabricação de semicondutor, montagem dos emissores 164 e dos detectores 162 na placa de fundo 120, e inserção dos emissores 164 e dos detectores 162 através dos orifícios na placa de fundo 120. É entendido que qualquer outra abordagem para segurar os emissores 164 e os detectores 162 à placa de fundo 120 é também abrangida pela presente invenção. As ranhuras 144 (FIGURA 4) são construídas na prateleira de montagem de topo 140 e têm a mesma função das ranhuras 134. Embora não mostrado, o codificador giratório 1 pode também incluir sensores, incluindo emissores e detectores, que são construídos na superfície de fundo da placa de topo 170. Para cada detector 162 construído na placa de fundo 120, um emissor pode ser
25 disposto diretamente na parte de cima. Para cada emissor 164 construído da placa de fundo 120, um detector pode ser colocado diretamente na parte de cima. As ranhuras 144 na prateleira de montagem de topo 140, mostradas
30

na FIGURA 4, impedem qualquer bloqueio de emissores e detectores pela prateleira de montagem de topo 140. Os sensores, os detectores, e os emissores localizados na superfície de fundo da placa de topo 170 são tipicamente idênticos aos sensores 160, aos emissores 164, aos detectores 162 que
 5 estão localizados diretamente na parte de cima. Como tal, para facilitar a discussão aqui, a quaisquer componentes correspondentes localizados na placa de topo 170 que são substancialmente similares aos componentes localizados na placa de fundo 120, embora não mostrado nas figuras, será
 10 dado o mesmo número de referência seguido por uma marca superior (') (por exemplo, detector 160 e detector 160').

A modalidade ilustrada inclui os sensores 160, 161, 163 e 165. Os sensores 161 correspondem aos anéis internos da roda de sincronização 20 e das rodas de codificação 30 a 110. Os sensores 163 e 165 correspondem aos anéis externos das rodas de codificação 30 a 110. Os sensores
 15 160', 161', 163' e 165' são colocados diretamente acima dos sensores 160, 161, 163 e 165, respectivamente. Os sensores 163 e 165 podem ser colocados aproximadamente a 90 graus radiais separados. Nas rodas de codificação 30, 60, 70, 100 e 110, o sensor 161 pode bissecar o ângulo entre os sensores 163 e 165. Nas rodas de codificação 40, 50, 80 e 90, os sensores
 20 161 e 163 podem estar aproximadamente a 45 graus radiais separados, e os sensores 161 e 165 podem estar aproximadamente a 135 graus radiais separados. Os sensores 161, 163, 165 e 169 são numerados somente com respeito às rodas de codificação 80 e 100 e à roda de sincronização 20. Cada sensor 161, 163, e 165 inclui um emissor 164 e um detector 162. Cada
 25 sensor 161', 163' e 165' inclui um emissor 164' e um detector 162'.

Os sensores 160/160', incluindo os emissores 164/164' e os detectores 162/162', podem ser descritos como um conjunto de pares de sensor ou um conjunto duplo de sensores. O mesmo se aplica às formas específicas de sensores 160/160' e 160'/160" (isto é., os sensores 161, 161', 163,
 30 163', 165, 165', 169 e 169'). Em vez de visualizar o emissor 164 e o detector 162 como um par, e o emissor 164' e o detector 162' como um segundo par em oposição, o emissor 164 e o detector 162' podem ser visualizados como

um par, e o emissor 164' e o detector 162 podem ser visualizados como um segundo par paralelo. O segundo par, no entanto visualizado, pode fornecer sensação duplicada. Essa redundância permite que o codificador giratório 1 seja altamente tolerante a falha. Por exemplo, se um tal par deve falhar, o

5 codificador giratório 1 ainda seria operacional. O codificador pode também operar com uma variedade de sensores ativados, dependendo de que, se qualquer, componente de sensor ou sensores pode ter falhado.

Em uma modalidade particular, a localização de um emissor 164 e um detector 162 de um sensor 160 é aquela localização que dá ao sensor

10 160 (e ao sensor correspondente 160') a mais ampla e mais simétrica tolerância de colocação possível. As localizações em que o valor de código muda para um sensor deixam tanto espaço na direção no sentido horário (CW) quanto no sentido anti-horário (CCW) antes do valor do bit mudar outra vez. Essa abordagem é ilustrada na FIGURA 1. Em uma modalidade particular,

15 isto resulta em colocações de sensor assimétrico com assimetria correspondente em pontos de mudança de código.

Em uma modalidade alternativa, um emissor 164 pode ser ressaltado com respeito a um detector 162. O primeiro e o, valores decodificados off set resultantes poderiam então ser comparados para assegurar que a

20 diferença aritmética entre os dois valores é a mesma. Se a diferença aritmética não é idêntica, então o problema poderia ser localizado pelo autoteste discutido abaixo.

Em qualquer modalidade, uma vez que a colocação está dentro dos limites da lógica anti-recuo do v-bit e dentro dos limites das tolerâncias

25 mecânicas permissíveis dos componentes, os códigos resultantes serão idênticos.

Em uma modalidade alternativa, os sensores 161, 163 e 165 poderiam, cada um, ter um emissor único e os sensores correspondentes 161', 163' e 165' poderiam, cada um, ter um detector único correspondente

30 sem qualquer redundância.

Os vários sensores são associados às marcas de sincronização

28. O sensor 169, mostrado na FIGURA 1, inclui pelo menos um emissor

164 e pelo menos um detector 162. O sensor 169' localizado na placa de topo 170 é colocado diretamente acima do sensor 169 e inclui pelo menos um emissor 164' e pelo menos um detector 162'.

Em uma modalidade particular, os sensores correspondentes
5 localizados na placa de fundo 120 e na placa de topo 170, respectivamente podem ser ativados em uma roda de uma vez. Alternativamente, todas ou algumas das rodas podem ser ativadas todas de uma vez. O fundo de cada roda é tipicamente ativado primeiro, seguido pelo lado do topo de cada roda. Em uma modalidade particular, emissores individuais de sensores 160/160'
10 podem ser ativados. Os vários sensores 169/169' para monitorar as marcas de sincronização 28 são ativados continuamente, como discutido em mais detalhes abaixo. Com respeito às rodas de codificação 30 a 110, os emissores 164 de sensores 161, 163, e 165 podem ser ativados. Se o codificador giratório 1 está na posição mostrada na FIGURA 1, então os detectores 162'
15 dos sensores 161', 163' e 165' recebem, cada um, um sinal dos emissores 164 correspondentes. No entanto, o codificador giratório 1 poderia estar posicionado de modo que somente os detectores 162' dos sensores 161' e 163', 161' e 165', 163' e 165', 161', 163' e 165', ou nenhum desses sensores, recebesse um sinal. Não importa a posição do codificador giratório 1, os de-
20 tectores 162 irão receber um sinal quando os emissores 164 forem ativados. Em uma modalidade particular, os emissores 164 e os detectores 162 são capazes de comunicação direta tanto verticalmente quanto de lado a lado. Por isso, quando três emissores 164 são ativados, três detectores 162 de-
25 vem receber um sinal e três detectores 162' podem receber um sinal se uma abertura na roda do codificador (isto é., e seção de codificador) está localizada entre um emissor 164 e um detector 162'. Por conseguinte, 6 bits de dados são gerados.

No mesmo padrão, quando os emissores 164' dos sensores
161', 163' e 165' localizados na placa de topo 170 são ativados, 6 bits de
30 dados são gerados. Os detectores 162' dos mesmos sensores são ativados, bem como, os detectores 162 dos sensores 161, 163 e 165 no lado do fundo do codificador giratório 1. Os sensores 161, 163 e 165 da roda de codifica-

ção 30 podem ser ativados. Então os sensores 161', 163' e 165' da roda de codificação 30 podem ser ativados. Esse padrão de ativação de sensor alternado pode continuar com relação às rodas de codificação de a 110.

Com respeito à roda de sincronização 20, os sensores 161 e 161' podem ser ativados como descrito com respeito às rodas de codificação 30 a 110 acima. Em uma modalidade particular, os emissores dos sensores 169 e 169' são continuamente ativados. Na modalidade mostrada na FIGURA 2, o sensor 169' inclui dois emissores e o sensor 169 inclui dois detectores. Em uma modalidade particular, cada um de todos os outros sensores tem tanto um emissor quanto um detector. Em uma modalidade particular, somente um emissor do sensor 169 é ativado de uma vez.

Um primeiro detector 162a e um segundo detector 162b podem ser posicionados de modo que quando uma marca de sincronização 28 está presente sobre o primeiro detector 162a, uma marca de sincronização 28 não está presente sobre o segundo detector 162b. Isso é ilustrado na FIGURA 1, onde o detector 162a e o emissor 164 opcional são visíveis, mas o detector 162b não é visível.

Alternativamente, os sensores 169 e 169' poderiam, cada um, ter tanto um emissor, quanto um detector, e a característica de transmissão lado a lado poderia ser desabilitada. Tal característica poderia ser desabilitada pelo uso de um tipo diferente de sensor ou por colocação de uma barreira em torno das bordas dos detectores 162 e 162' e/ou dos emissores 164 e 164'.

Os sensores 169 e 169' podem também incluir outros emissores e detectores. Por exemplo, a FIGURA 2 ilustra um emissor 164 no sensor 169 que corresponderia a um detector 162' no sensor 169'. O emissor 164 pode ser colocado em uma distância suficiente para longe do primeiro detector 162a de modo que o primeiro detector 162a não receba um sinal de luz quando o emissor 164 for ativado. Em uma modalidade alternativa, os emissores 164, o primeiro emissor 164a', e o segundo emissor 164b' podem ser alternativamente ativados.

Os sensores 160 e 160' fornecem três níveis de redundância.

Primeiro, se qualquer um dos emissores 164' e 164, e dos detectores 162' e 162 falhassem, os sensores 160 e 160' ainda seriam operacionais. Por exemplo, se o emissor 164 do sensor 161 da roda de codificação 80 falhasse, então o sensor 161 ainda seria operacional porque o emissor 164' do sensor
 5 161' seria ainda capaz de se comunicar com o detector 162 do sensor 161.

O segundo nível de redundância vem de uma função de autoteste incorporado. Colocar um detector 162 adjacente a um emissor 164 fornece um autoteste. Mesmo se não exista um percurso de luz claro por causa da posição de uma roda de codificação, o detector 162 receberá um sinal
 10 quando o emissor 164 for ativado. Se o detector 162 não tiver recebido um sinal, então qualquer um ou tanto o emissor 164 quanto o detector 162 (ou os circuitos e processamentos em anexo) estão enguiçados. Assim que a roda de codificação tiver se movido para uma posição onde existe um percurso de luz claro, então se o detector 192 não estiver recebendo um sinal, é
 15 provável que o detector 164 esteja enguiçado. A viabilidade do detector 162' e 164 pode ser determinada por ativação do emissor 164'. Uma lógica similar se aplica se o emissor 164, o detector 162', ou o emissor 164' iniciam enguiçados, em vez do emissor 164.

O processador 150 ainda levará em conta quaisquer componentes falhados, tais como um emissor 164 ou um detector 162', quando está
 20 determinando qual posição é identificada pelos sensores 160 e 160'. Por exemplo, se o detector 162 do sensor 163 adjacente à roda de codificação 80 falha, então o processador 150 pode compensar o fato de que os sensores 163 e 163' não detectarão um percurso de luz bloqueado no mesmo ponto
 25 na rotação da roda de codificação 80. Alternativamente, usando o mesmo exemplo, se o detector 162 não está recebendo um sinal, o detector 162 pode ser testado pelo emissor 164 adjacente para determinar se o detector 162 é operacional. O emissor 164' pode ser testado pelo detector 162' adjacente para determinar se o emissor 164' é a fonte do problema. Se o emissor 164'
 30 e o detector 162 são operacionais e o emissor 164' está transmitindo, mas o detector 162 não está recebendo a transmissão, então o anel externo 89 está bloqueando o percurso de luz entre o emissor 164' e o detector 162.

Também, se o detector 162 tiver falhado, então o processador 150 pode avaliar as posições das rodas de codificação 30 até 70, e de 90 até 110, para determinar se o anel externo 89 está de fato bloqueando o detector 162 enguiçado.

5 Uma terceira redundância pode ser fornecida por qualquer um dos sensores 160 e 160' por utilização do decodificador Viterbi. Por exemplo, qualquer um do sensor 163 ou do sensor 165 pode ser utilizado para gerar um bit Viterbi (v-bit). Se um sensor 160 ou um sensor 160' não for operado para produzir um v-bit, então o sensor 160 ou 160' será utilizado para produ-
10 zir um bit de dados. Em uma modalidade particular, os sensores 165 e 165' são utilizados para gerar um v-bit. O algoritmo de decodificação Viterbi é uma técnica de avanço de correção de erro. O v-bit fornece dados de redundância que podem ser usados para precisamente decodificar as posições dos outros 2 bits. Nessa modalidade, os sensores 161 e 161' podem forne-
15 cer 1 bit de dados e os sensores 163 e 163' podem fornecer um segundo bit de dados. Através do uso de um v-bit, o ressalto angular de sinais gerados por sensores 161 e 161' e sensores 163 e 163' pode ser tanto quanto +/- 22,5 graus da posição ótima sem causar um erro de codificação. Por conse-
20 guinte, mesmo se um sinal for recebido com um ressalto, a posição verdadeira da roda ainda será indicada. O v-bit em uma roda de codificação também clarifica a posição verdadeira de uma roda de codificação adjacente. Por exemplo, o v-bit da roda de codificação 30 auxilia a clarificar a posição verdadeira da roda de codificação 40.

 A decodificação Viterbi não é o único algoritmo de decodificação
25 que as rodas de codificação 30 a 110 podem ser projetadas para implementar. Outros algoritmos adequados para uso com a presente invenção incluem, por exemplo, decodificação seqüencial, codificação Reed-Solomon, e codificação turbo. Uma outra alternativa para decodificação Viberbi é a con-
 tagem de engrenagem.

30 Em um codificador giratório 1, os sensores 165 que geram os v-bits são ressaltados dos sensores 161 e 163. Alternativamente, o sensor 165 pode ser disposto em linha com um sensor de produção de bit de dados 163

ou 161. A figura 5 ilustra uma modalidade de um codificador absoluto (codificador giratório 2) onde o sensor do v-bit 2165 é posicionado em linha com um sensor de bit de dados 2161 e é ressaltado de um sensor de bit de dados 2163. Como visto com referência à roda de sincronização 2020, o sensor v-bit 2165 pode também estar posicionado para detectar a seção de codificação 2034 no anel interno 2027. Os sensores v-bit 2165 podem estar posicionados para detectar os anéis internos de qualquer ou de todas as rodas de codificação de 2030 a 2110. Por isso, os sensores 161 ou sensores 2161 poderiam também ser um v-bit.

O codificador giratório 2, mostrado na FIGURA 5, opera similarmente ao codificador giratório 1, exceto por umas poucas diferenças. A roda de entrada 2010 tem um diferente número de dentes. A seção de codificação 2024 divide o anel interno 2027 em metade ao invés de em quartos. Adicionalmente, um sensor 2165 está incluído no mesmo anel concêntrico que o sensor 2161. A roda de sincronização 2020 inclui um pinhão 2025, em cada lado do qual está um pinhão intermediário 2180.

A roda de codificação 2030 inclui uma engrenagem 2031, tendo dentes 2032, e um pinhão 2035, tendo dentes 2036. A roda de codificação 2030 tem um anel interno 2037, que contém seção de codificação 2034, e um anel externo 2039, que contém seção de codificação 2038. As seções de codificação 2034 e 2038 se estendem da superfície de topo da roda de codificação 2030 para a superfície de fundo da roda 2030. A seção de codificação 2038 é mostrada como uma seção arqueada contínua que ocupa uma metade do anel externo 2039. A seção de codificação 2034 inclui duas diferentes seções arqueadas, a seção 2034a e a seção 2034b, cada uma das quais é mostrada ocupando um quarto do anel interno e sendo igualmente espaçadas uma da outra. O meio da seção 2034a está em linha com o meio da seção de codificação 2038. A seção 2034b ocupa o espaço diretamente oposto à seção 2034a.

A roda de codificação 2040 inclui uma engrenagem 2041, tendo dentes 2042, e um pinhão 2045, tendo dentes 2046. O pinhão 2045 é montado no lado inferior da roda de codificação 2040. Na modalidade da FIGU-

RA 5, o pinhão 2045 é visível através da roda de codificação 2040. A roda de codificação 2040 tem seções de codificação 2044 e 2088, similar à roda de codificação 2030. Para propósitos de descrição, somente as seções de codificação da roda de sincronização 2020 e da roda de codificação 2030 são rotuladas na FIGURA 5.

As rodas de codificação 2050, 2070, 2090 e 2110 podem ser idênticas à roda de codificação 2030. As rodas de codificação 2060, 2080 e 2100 podem ser idênticas à roda de codificação 2060. Os termos "anel interno", "anéis internos", "anel externo", "anéis externos", "seção de codificação" e "seções de codificação" são usados para descrever o codificador giratório 2 no mesmo padrão como usado com referência ao codificador giratório 1.

A roda de entrada 2010 engata com o pinhão intermediário 2180, que por sua vez engata com o pinhão 2025 da roda de sincronização 2020. O pinhão 2025 engata com o pinhão intermediário 2180, que por sua vez engata com a engrenagem 2031 da roda de codificação 2030. O pinhão 2035 da roda de codificação 30 engata com a engrenagem 2041 da roda de codificação 2040, e assim por diante através da roda de codificação 2110. As rodas de codificação de 2030 até 2110 engatam de uma maneira similar como as rodas de codificação 30 até 110.

Na presente modalidade, os dentes da roda de entrada 2010 e as engrenagens das rodas de codificação 2030, 2050, 2070, 2090 e 2110 podem ser configurados para estar no mesmo plano que os pinhões da roda de sincronização 2020 e as rodas de codificação 2040, 2060, 2080 e 2100. Os pinhões das rodas de codificação 2030, 2050, 2070, 2090 e 2110 podem estar dispostos no mesmo plano que as engrenagens das rodas de codificação 2040, 2060, 2080 e 2100.

Em referência ao codificador giratório 1, os sensores 160 e 160' fornecem uma indicação da posição absoluta do eixo de entrada que gira a roda de entrada 10. Como ilustrado, o codificador giratório 1 é um codificador absoluto de 18 bits. Por conseguinte, o codificador giratório 1 é capaz de indicar 262,144 posições. É claro, nem todas as posições necessitam ser usadas. O codificador giratório 1 pode estar em escala ascendente ou des-

cendente através da adição ou eliminação de rodas e sensores para ou da extremidade do conjunto. Três sensores 160 e 160' podem ser supridos por roda. Alternativamente, somente um ou dois conjuntos de sensores 160 e 160' podem ser supridos por roda ou na última roda na corrente, uma vez

5 que os sensores estão posicionados para atuar como os próximos bits de ordem maior no valor codificado. O codificador giratório 1 pode também ter somente uma roda de codificação única que serve tanto como a fonte para dados de velocidade quanto de posição. O codificador giratório 1 pode ter também somente uma roda de codificação de posição única e um mecanis-

10 mo de detecção de velocidade separado, tal como uma roda de sincronização. Adicionalmente, cada uma das rodas de codificação pode ter qualquer número de seções de codificação e sensores correspondentes 160 e 160'. O codificador giratório 1 pode ter qualquer projeto de codificador que utiliza os sensores 160 e 160'.

15 Como discutido acima, os sensores 160 e 160' são capazes de se comunicar quando uma seção de codificação está disposta entre os sensores, fornecendo dessa maneira um percurso de luz claro. Em sensores 160, os detectores 162 produzem um valor lógico 0 quando um sinal é recebido e produzem um valor lógico 1 quando um sinal não é recebido. Similar-

20 mente, em sensores 160', os detectores 162' produzem um valor lógico 0 quando um sinal é recebido e produzem um valor lógico 1 quando um sinal não é recebido. Por isso, quando uma seção de codificação está localizada entre o sensor 160 e o sensor 160', quando o emissor 164 é ativado, o processador 150 recebe duas entradas lógicas individuais: Uma entrada do de-

25 tector 162', que detecta a posição, e uma entrada do detector 162, que conduz um autoteste. Um emissor 164 é desativado e o emissor 164' é ativado, então o processador 150 recebe 2 entradas lógicas individuais: uma entrada lógica do detector 162 detectando a posição e uma entrada lógica do detector 162' conduzindo um autoteste.

30 Se um anel de entrada ou de saída bloqueia a comunicação entre os sensores 160 e 160', então o processador 150 irá receber uma entrada lógica 0 representando um valor de bit no código de posição e uma en-

trada lógica 1, representando um teste de sucesso de um emissor associado com esta posição do bit. Por exemplo, quando o emissor 164 é ativado, o detector 162' estará bloqueado de receber um sinal e transmitirá lógica 1. O detector 162 ainda receberá um sinal por transmissão direta lado a lado e, por conseguinte, transmite lógica 0 para o processador 150.

Quando o processador 150 recebe sinais de lógica 0 de um detector 162' e um emissor oposto 164 é ativado, então o processador 150 reconhece que uma seção de código deve estar presente. O mesmo resultado é obtido quando um emissor 164' é ativado e um detector 162 envia sinais de lógica 0. A presente modalidade usa sinais 0 e lógica 0; no entanto 0 e 5 volts, 1 e 5 volts, ou quaisquer outros sinais do sensor comum ou suas combinações podem ser usados. Adicionalmente, os detectores 162 e 162' podem ser projetados de modo que a lógica 0 é gerada sempre que um sinal de luz não é recebido e 0 volts é gerado sempre que um sinal de luz é recebido. Em tal modalidade, o processador 150 receberia uma indicação de uma seção de codificação entre os sensores 160 e 160' quando 0 volt é recebido do detector 162' e o emissor 164 é ativado.

Em uma modalidade particular, o autoteste de um detector 162 adjacente por um emissor 164 é conduzido por transmissão direta do lado do emissor 164 para o detector 162. Por exemplo, o detector 162 pode estar localizado a 0,5 mm do emissor 164. Alternativamente, os sensores incapazes de transmissão direta lado a lado podem ser usados. Em tal modalidade, um autoteste pode ser conduzido via refletância. Por exemplo, quando uma seção de codificação está presente entre os sensores 160 e 160', um emissor 164 é ativado, somente o detector 162' poderia receber um sinal. Quando o emissor 164' é ativado, somente o detector 162 poderia receber o sinal. Isto permitiria que ambos os emissores, 164 e 164', fossem ativados ao mesmo tempo. Quando a seção de codificação não está presente, de modo que a luz estaria bloqueada entre os sensores 160 e 160', os 162 e detectores 162' podem ser adaptados para receber sinais de luz refletida. Em tal situação, quando o emissor 164 é ativado, a luz pode ser refletida fora da superfície de fundo de um anel interno e externo. O detector 162 pode rece-

ber uma porção da luz refletida. O detector 162 pode ser projetado para transmitir lógica 0 se qualquer luz for recebida. O detector 162 pode ser projetado para transmitir uma voltagem comparável à intensidade da luz recebida. Por isso, quando uma seção de codificação está presente, então o detector 162 pode receber um sinal de luz direta de intensidade relativamente alta do emissor 164', localizado diretamente acima do detector 162. Quando uma seção de codificação não está presente, então o detector 162 pode receber um sinal de luz refletida de intensidade relativamente baixa do emissor 164, adjacente.

Em uma outra modalidade, as seções de codificação podem ser pintadas nas rodas, em vez de se basear em seções de corte das rodas. Em tal modalidade, nenhuma comunicação ocorre entre os sensores 160 e 160'. Ao invés disso, o detector 162 recebe luz refletida do emissor 164. O mesmo se aplica ao detector 162' e ao emissor 164'. Por exemplo, se as rodas não são refletivas (por exemplo, pintadas de preto) e as seções de codificações são refletivas (por exemplo, pintadas de branco), ou vice-versa, então o detector 162' irá produzir uma voltagem quando a luz reflete de seções de codificação e uma diferente voltagem quando a luz reflete de uma seção de não codificação. Adicionalmente, os sensores 160 e 160' principais podem estar localizados no mesmo lado de uma roda de codificação.

Os sensores 160 e 160' foram descritos com respeito a sensores ópticos. No entanto, é entendido que numerosos outros sensores podem ser usados com a invenção. Sem limitação, outros exemplos adequados de sensores incluem sensores magnéticos, sensores de efeito Hall e contatos elétricos. Qualquer tipo de detecção conhecida na técnica para codificadores incrementais e absolutos pode ser usado com a presente invenção. Seções de codificação podem também incluir qualquer material ou configuração que seja compatível com o sensor selecionado.

O processador 150 pode também ser projetado para gerar alarmes. Se um detector 162, emissor 164, detector 162', emissor 164', detector 162a, detector 162b, emissor 164a' ou emissor 164b' falharem, o processador 150 pode fornecer acionar um alarme. Alarmes variados podem ser for-

necidos para diferentes níveis de prioridade de falha. Em situações extremas, o processador 150 pode ser projetado para forçar a paralisação do acionador da válvula ou outro equipamento giratório monitorado pelo codificador giratório 1. Os alarmes podem ser expressos em numerosas formas, tal como, por exemplo, alarmes visuais (tais como um lampejo luminoso ou uma mensagem LCD no painel de controle de um acionador de válvula ou em uma estação de controle), alarmes audíveis, ou advertências escritas.

No sensor 160 e 160', se os emissores 164 e 164' e os detectores 162 e 162' não estiverem funcionando corretamente, então o bit de dados ou v-bit gerado será declarado inválido. Os valores do bit inválido podem ser julgados por seu impacto na performance do acionador de válvula ou outro equipamento giratório monitorado pelo codificador giratório 1 com base no valor decodificado do bit falhado e do tempo de percurso. Os valores de bit inválido podem ser avaliados com base no número de bits que falharam.

O tempo de percurso para um acionador de válvula é o tempo que leva para uma válvula ir de uma posição aberta para uma posição fechada, ou vice-versa. O tempo do percurso para outro equipamento giratório é o tempo que leva para o equipamento giratório ir de uma primeira posição para uma segunda posição. Por exemplo, para uma bobina industrial, o tempo de percurso é o tempo que leva para a bobina ir de completamente enrolada para completamente desenrolada. Quando o tempo do percurso é grande, um bit único somente corresponde a uma pequena percentagem do tempo de percurso total. Por conseguinte, uma falha do bit único não é provavelmente crítica e para fornecer um alarme ou advertência, um pequeno forçamento para paralisar a máquina, pode ser suficiente para tal aplicação. Se o tempo de percurso for curto, uma falha do bit único pode indicar um grande desvio entre a posição real e a posição indicada pelo codificador giratório 1. Por esse motivo, para curtos tempos de percurso, uma falha do bit único pode ser suficiente para forçar a paralisação do equipamento giratório além de fornecer um alarme ou advertência. A importância de uma falha do bit pode depender de que porção do tempo de percurso pode ser representada pela falha do bit para uma dada aplicação. Em uma modalidade particu-

lar, o usuário pode ser capaz de configurar o limite permissível para perda de exatidão, abaixo do que a característica BIST poderia meramente fornecer um alarme ou advertência, mas além do que a característica BIST forçaria uma paralisação segura da máquina e também forneceria um alarme ou
5 advertência.

Para um equipamento giratório que não tem uma primeira e uma segunda posições predeterminadas, o tempo de percurso pode não ser fixado. Exemplos de tal equipamento giratório incluem o volante de um motor ou o eixo principal de uma turbina. Um codificador giratório da presente inven-
10 ção pode ser usado com qualquer tipo de equipamento giratório também.

Como mencionado previamente, se ambos os detectores 162 e 162' de sensores 160 e 160' são verificados como operacionais pelos autotestes, mas o detector 162 não está recebendo um sinal enquanto que o detector 162' está recebendo um sinal, então uma checagem das posições das
15 outras rodas pode ser usada para confirmar a posição da roda em questão. Nessa situação, os bits de dados gerados pelos sensores 160 e 160' são de fato válidos, mas metade dos sensores 160 e 160' é bloqueada por um anel interno ou externo. As operações lógicas de Viterbi podem produzir o código de posição idêntica de cada do conjunto de sensor primário ou redundante
20 (isto é., o emissor 164 ou o detector 162). É entendido que os termos "primário" e "secundário" ou "redundante" são arbitrários.

Alternativamente, os sensores 160 e 160' podem estar funcionando completamente, mas um componente diferente de codificador giratório 1 ter falhado. Por exemplo, se um dos dentes em uma roda de codificação
25 cisalha para longe, a posição corrente indicada pelos sensores 160 e 160' pode não corresponder à posição antecipada com base nos dados prévios fornecidos pelos sensores 160 e 160'. Por conseguinte, enquanto os sensores 160 e 160' estão trabalhando corretamente, eles não estão indicando uma posição correta. O processador 150 ou algum outro processador
30 pode fornecer correção para este erro e gerar um alarme. Por exemplo, se a roda de codificação 60 perder um dente 62 da engrenagem 61, a roda de codificação 60 pode começar a falhar posições durante cada revolução. Por

consequente, a posição da válvula indicada por todas as rodas de codificação não mais corresponderá precisamente à posição da válvula. Parecerá como se a válvula tivesse pulado para uma outra posição. Em uma modalidade, o processador 150 pode procurar descontinuidades na posição da válvula indicada pelas posições das rodas de codificação. Alternativa ou adicionalmente, a roda de sincronização 20 pode ser utilizada como um codificador incremental para verificar a posição das rodas de codificação. O processador 150 (ou qualquer outro processador adequado) pode então recalcular a posição da válvula, levando em conta o erro introduzido pela roda de codificação 60. O processador 150 poderia também gerar um alarme e/ou instigar uma paralisação segura se a falha fosse de uma magnitude séria.

Qualquer falha do codificador giratório 1 que resulta em uma indicação descontínua de posição da válvula pode ser identificada pelo processador 150, ou por qualquer outro processador em comunicação com o processador 150.

Os sensores 160 e 160' foram descritos aqui como contendo tanto um emissor quanto um detector, respectivamente. Alternativamente, o sensor 160 pode ser configurado para somente ter um emissor e o sensor 160' pode ser configurado para somente ter um detector. Em outras modalidades, o sensor 160' pode não estar presente no codificador giratório 1. A figura 2 mostra o sensor 160 como tendo múltiplos emissores e detectores. O sensor 169 inclui um emissor 164, um primeiro detector 162a, e um segundo detector 162b. Embora não mostrado, o sensor 169' inclui um detector 162' correspondente, um primeiro emissor 164a', e um segundo emissor 164b'. O segundo detector 162b e o segundo emissor 164b' podem ser usados para verificar os dados do primeiro detector 162a do primeiro emissor 164a', ou para efetivamente dobrar a saída de dados gerados pelos sensores 169 e 169'. Os sensores 160 podem incluir qualquer número de emissores, detectores, e/ou ambos. Os sensores 160 e 160' podem ser utilizados com qualquer codificador giratório para fornecer velocidade tolerante à falta e dados de posição.

As FIGS. 1-5 ilustram um codificador absoluto onde cada uma

das rodas de codificação tem somente um anel interno e um anel externo. No entanto, cada uma das rodas de codificação pode ter qualquer número de anéis, sem limitação. Por exemplo, cada roda de codificação poderia ter 3, 4, 5 ou 6 anéis. Pelo menos um sensor 160 e pelo menos um sensor 160' 5 poderiam ser fornecidos para cada anel. Por conseguinte, o número de anéis determinaria o número de bits de dados que poderiam ser gerados por roda de codificação.

O número de anéis por roda de codificação é governado pelo tamanho da roda de codificação e a largura das seções de codificação ne- 10 cessárias para permitir que os sensores 160 e 160' se comuniquem um com o outro. Adicionalmente, uma ranhura suficiente entre os anéis deve ser fornecida para limitar a linha cruzada entre os sensores no mesmo lado. Por exemplo, uma ranhura é fornecida para manter um detector 162 de um sensor 161 de registrar um sinal de um emissor 164 de um sensor 163. No en- 15 tanto, outras técnicas diferentes das ranhuras, tal como uso do protetor de respingo discutido acima, pode ser usado para limitar a linha cruzada e permitir menores diâmetros da roda de codificação.

Qualquer número de rodas de codificação pode ser adicionado aos codificadores da presente invenção. Por exemplo, o codificador giratório 20 1 pode fornecer dados de posição para um acionador de válvula de velocidade comum com um tempo de percurso de uma hora. Adicionar mais rodas de codificação forneceria mais bits de dados e aumentaria o tempo de percurso que pode ser manipulado pelo codificador giratório 1. É claro que, o codificador giratório 1 pode também ser usado com acionadores de válvula e 25 outro equipamento giratório que tem um tempo de percurso de menos de uma hora. O codificador giratório 1 pode também ter menos rodas de codificação do que aquelas mostradas nas FIGS. 1-4.

Adicionalmente, o codificador giratório 1 pode ser um codificador absoluto de roda única ou um codificador incremental de roda única. Nestas 30 modalidades, os sensores 160 e 160' podem incluir múltiplos emissores e detectores, fornecendo dessa maneira autoteste incorporado e operação tolerante à falha. Por conseguinte, um conjunto de sensores 160 e 160' pode

estar monitorando múltiplas seções de codificação, tal como marcas de sincronização 28 ou seção de codificação 34, ou um conjunto de sensores 160 e 160' pode estar monitorando uma seção de codificação única, tal como uma seção de codificação 38.

5 Adicionalmente, a roda de sincronização 20 pode ser usada como um codificador incremental em conjunção com as funções de codificação absoluta do restante do codificador giratório 1. Por exemplo, uma modalidade de codificador incremental particular pode estar em escala de modo que a taxa de pulso incremental combine exatamente com a taxa de contagem da
10 porção absoluta do codificador. Desta maneira, o codificador incremental poderia ser usado para obter dados de posição enquanto o acionador está operando. Quando o motor pára, a contagem incremental final, adicionada ao código de posição absoluta no início do funcionamento do motor, deve combinar exatamente com a nova posição do código absoluta.

15 Se a posição indicada pela roda de sincronização 20 (também funcionando como um codificador incremental) difere da posição indicada pelas rodas de codificação, então um autoteste de sensores 160 e 160' pode ser executado. Se um autoteste confirma que todos os sensores 160 e 160' estão funcionando corretamente, então é provável que uma roda de codifi-
20 cação não esteja rastreando corretamente. Por conseguinte, podem ser gerados alarmes e advertências. Em uma modalidade particular, nessa situação, um codificador giratório pode contar com o codificador incremental até o codificador giratório ser reparado.

 Os codificadores giratórios 1 e 2 são projetados para usar a co-
25 dificação cinza; no entanto, a codificação binária pode ser usada também. O uso de v-bits e sensores duplicados com a condição de que os codificadores giratórios 1 e 2 nunca irão diferir por mais do que um Bit Menos Significante [LSB], aumentando desse modo a confiança do usuário na segurança dos valores do codificador.

30 A presente invenção pode ser usada com qualquer número de dispositivos giratórios que giram entre duas posições, tais como, por exemplo, um acionador de válvula, abridor de porta, ou uma bobina. Em um acio-

nador de válvula típico, um motor elétrico pode acionar a válvula via um conjunto de engrenagens. O eixo de produção do motor pode ser diretamente acoplado a um sem-fim. O sem-fim pode acionar uma montagem de engrenagem sem-fim que, por sua vez, aciona uma bucha ou eixo de acionamento, que em rotação eleva e abaixa ou gira uma haste de válvula. Um segundo eixo pode também ser acionado pela montagem de engrenagem sem-fim de modo a acionar a roda de entrada 10 do codificador giratório 1. Alternativamente, o acionador de válvula pode usar um conjunto de engrenagem diferente ou o eixo de produção do motor elétrico pode ser diretamente acoplado à haste da válvula sem um conjunto de engrenagem intermediário. Existem numerosas maneiras conhecidas na técnica de conectar codificadores de posição giratória para girar dispositivos que podem ser usados com a presente invenção, mas os quais não serão discutidos aqui. Em uma modalidade preferida, os codificadores giratórios 1 e 2 podem ser usados para executar diagnósticos em equipamento giratório, tal como acionadores de válvula. Com respeito à função diagnóstica, o codificador giratório 1 será usado como um exemplo ilustrativo. No entanto, outros codificadores da presente invenção, tal como o codificador giratório 2, poderiam também ser usados. Adicionalmente, uma roda de sincronização 20 poderia ser incorporada em qualquer codificador giratório. A roda de sincronização 20 poderia ser a roda de codificação de um codificador incremental ou de um codificador absoluto de roda única. Por exemplo, as marcas de sincronização 28 podem também ser usadas para codificar posição de um codificador absoluto. Alternativamente, como ilustrado na FIGURA 1, a roda de sincronização 20 pode também incluir seções de codificação separadas de marcas de sincronização 28. Em uma outra modalidade, as marcas de sincronização 28 podem ser uma parte de um padrão de codificação maior, tal como, por exemplo, o padrão de codificação de um codificador absoluto de roda única. Em uma modalidade particular, a roda de sincronização 20 pode ser um codificador incremental separado de ou em conjunção com outras rodas de codificação. Nessa modalidade, as marcas de sincronização 28 não somente são usadas para gerar dados de velocidade, mas também geram dados de

posição incremental. As marcas de sincronização 28, como as seções de codificação, podem tomar qualquer forma ou estrutura necessária para trabalhar com os sensores 160 e 160'. As marcas de sincronização 28 podem ser orifícios, linhas, magnetos embutidos, gravuras, ou qualquer outra estrutura conhecida na técnica para uso com um codificador absoluto ou incremental.

As rodas de sincronização 20 e 2020 são ilustradas com trinta e duas marcas de sincronização 28 e marcas de sincronização 2028, respectivamente. No entanto, as rodas de sincronização 20 e 2020 podem ter qualquer número de marcas de sincronização 28.

Com respeito à análise de frequência, uma modalidade particular para executar análise de frequência (também referida aqui como análise de domínio de frequência) em dados de velocidade é inicialmente discutida abaixo, seguida por discussão de modalidades de dados de não velocidade. Adicionalmente, para propósitos de ilustração, a roda de sincronização 20 ou marcas de sincronização 28 da roda de sincronização 20 é muitas vezes referida aqui como a fonte dos dados de velocidade. Em outras modalidades, qualquer tipo de sensor de velocidade, com ou sem um codificador de posição giratório pode ser usado para diagnósticos (isto é., análise de frequência). Adicionalmente, a discussão com respeito à análise de frequência de dados de velocidade é igualmente aplicável a outras modalidades de dados. Outras modalidades de dados podem incluir, por exemplo, dados de torque, dados de posição, dados de empuxo, dados de ruído acústico, dados de corrente, dados de voltagem, dados de energia do motor, dados reativos de volt-ampére do motor, e dados de vibração. Numerosos tipos de dados e tipos de sensores podem ser utilizados em análise de frequência, como são conhecidos na técnica. A invenção cobre qualquer tipo de dados que possam ser gerados via sensores e um acionador de válvula ou outro equipamento giratório.

Embora a seguinte discussão envolva o codificador giratório 1, é entendido que a mesma discussão se aplica ao codificador giratório 2. As marcas de sincronização 28 na roda de sincronização 20 podem ser usadas

para gerar dados de velocidade. Os sensores 169 e 169' podem registrar o período de tempo em que cada uma das marcas de sincronização 28 é apresentada antes dos sensores. Esse tempo de permanência pode então ser usado para determinar com precisão a velocidade dos dispositivos giratórios tal como acionadores de válvula. Os dados de velocidade podem ser usados para determinar a velocidade de um eixo de entrada acionando a roda de entrada 10. Muitas vezes o eixo de entrada irá, por sua vez, ser anexado a outro equipamento giratório, tal como a engrenagem helicoidal de um acionador de válvula. Por conseguinte, as marcas de sincronização 28 podem ser usadas para determinar a velocidade de outro equipamento giratório, tal como uma engrenagem helicoidal.

Em uma modalidade particular, as marcas de sincronização 28 são configuradas como orifícios igualmente espaçados e igualmente dimensionados na roda de sincronização 20. No entanto, qualquer das modalidades da seção de codificação previamente discutida e das modalidades de sensor se aplica também às modalidades de marcas de sincronização 28 e modalidades dos sensores 169 e 169', respectivamente.

Os dados de velocidade gerados pelas marcas de sincronização 28 podem ser operados com uma FT para converter os dados de velocidade de um domínio de tempo para um domínio de frequência. No entanto, qualquer tipo de sensor de velocidade pode ser usado para gerar os dados de velocidade para conversão para os dados de frequência.

A FT espera que amostras de sinal ocorram em intervalos de tempo regularmente espaçados. No entanto, porque os valores do tempo de permanência para os sinais de velocidade nesta invenção podem não ser constantes, um meio pode ser empregado para permitir que a FT produza informação útil. Escolhendo um número suficientemente grande de pontos de dados, a imensa maioria dos quais são obtidos enquanto a máquina está operando em um estado estável, o tempo de permanência médio do conjunto de grandes dados pode ser usado como o tempo de permanência 'regular' $[t_d]$ para cada amostra de dados. Esse tempo de permanência 'regular' pode ser usado para colocar em escala a escala de frequência da FT resultante.

(f_n (Hz) = $1/(t_d * N^\circ \text{ de amostras})$). Quando os dados de freqüência são colocados em escala corretamente, os dados fornecem um operador com informação suficiente para determinar variações na velocidade que poderia ser associada com velocidades de rotação conhecidas dos vários componentes do sistema de direção, e poderia indicar problemas existentes ou que estão surgindo no sistema de direção de um acionador de válvula ou outro equipamento giratório. Por exemplo, uma freqüência de linha de fundo vs carta ou gráfico de amplitude poderia ser criada e salva quando o equipamento está novo. Mais tarde, nova freqüência vs cartas ou gráficos de amplitude poderia ser criada e comparada à carta ou gráfico da linha de fundo salva. Se um pico correspondente a uma freqüência de operação de um dado componente aparece em uma freqüência ou amplitude diferente daquela previamente medida, então se torna aparente que o componente associado àquela freqüência está se comportando de modo diferente do que quando novo, que usualmente indicaria desgaste e possível falha ou falha pendente. Por conseguinte, a manutenção apropriada pode ser executada em um tempo conveniente antes da falha do componente. Adicionalmente, a análise de FT poderia ser programada para operar automaticamente no processador 150, o que seria programado ou configurado de modo que uma mudança na amplitude de um pico além de um limite configurado poderia ser usada para gerar um alarme ou uma automática advertência ou forçar uma paralisação segura da máquina. Quaisquer métodos de dados de freqüência em escala correta, como conhecidos na técnica, podem ser usados.

Exemplos de análise de domínio de freqüência são incluídos nas FIGS. 6-8. A figura 6 mostra um exemplo de um diagnóstico limpo do domínio de freqüência para um acionador de válvula ou um "bom" sistema de direção. A figura 6 ilustra um pico em 45,9 Hz; no entanto, o pico, medindo 0,1% com relação à velocidade de operação do acionador (100% de magnitude em 26 rpm, ou 0,43 Hz) não é de uma magnitude suficiente no que se refere à garantia. A figura 7 mostra um exemplo de um acionador de válvula gerando diversos sinais irregulares no domínio da freqüência ou um "mal" sistema de direção. A freqüência do sinal irregular pode ser usada para iden-

tificar o componente do sistema de direção tendo um problema. Na FIGURA 7, um eixo helicoidal está fora de tolerância. Por exemplo, o pico em 26,1 Hz indica um problema. No entanto, os picos em 52,5 Hz e 78,6 Hz são harmônicos do pico 26,1 Hz.

5 O processador 150 ou o processador que executa a FT pode ser projetado para automaticamente gerar os marcadores apropriados de picos que são significantes (por exemplo, acima de um limite certo). Por exemplo, o processador pode incluir um programa projetado para combinar picos cor-
rentemente gerados com a amplitude e frequência de picos previamente ge-
10 rados. Nesta modalidade, se o processador for incapaz de identificar um pi-
co, então tal falha pode servir como uma advertência, para um operador, de
um problema potencial. Alternativamente, os dados do domínio de frequên-
cia podem ser manualmente correlacionados com partes de um sistema de
direção do acionador de válvula. Um operador pode ser treinado para identi-
15 ficar e entender a relevância de diferentes picos. Por exemplo, se o codifica-
dor giratório 1 estiver presente em um acionador de válvula, então a roda de
sincronização 20 e os sensores 169 e 169' poderão ser usados para identifi-
car a velocidade de um componente do sistema de direção. Em uma modali-
dade particular, o eixo de entrada que aciona a roda de entrada 10 é, por
20 sua vez, acionado por uma engrenagem helicoidal. Por conseguinte, o sen-
sor de velocidade pode ser usado para determinar a velocidade, e em con-
seqüência a frequência, da engrenagem helicoidal. Então, com base em ra-
zões de engrenagem, as frequências dos outros componentes do sistema de
direção podem ser calculadas. As frequências do componente e quaisquer
25 sons harmônicos poderiam então ser identificados em representação gráfica
dos dados no domínio da frequência. Por outro lado, se um sensor de velo-
cidade não estiver presente no acionador de válvula, mas a velocidade real
do eixo do motor for conhecida, então tal informação poderá ser usada para
gerar frequências de componente. Vários tipos de medidas elétricas ou
30 magnéticas da velocidade real do motor podem ser empregados, por conse-
guinte, intensificando ainda a capacidade de diagnóstico do sistema como
um todo. Na maioria dos casos, a equipe da fábrica executaria a identifica-

ção manual acima. Por isso, usuários finais podem ser providos com gráficos e correlações de domínio de freqüência de amostra pré-rotulada.

Em uma modalidade particular, a informação construída para um acionador (razões de engrenagem, velocidade do motor, dentes por engrenagem, esferas por mancal, etc.) pode ser baixada para armazenagem em um pacote eletrônico do acionador. Uma CPU a bordo pode então se referir à informação armazenada e deduzir que parte da direção está causando a variação. Um gráfico da FT pode ser mostrado diretamente em uma tela LCD do acionador, ou a série de dados pode ser baixada para um sistema de administração do ativo do operador para análise ou para um laptop do técnico do serviço ou PDA para transmissão para o escritório de casa para análise detalhada.

A programação para coletar dados e/ou a execução de análise de freqüência podem ser armazenadas em firmware, software, hardware, ou qualquer outro meio conhecido na técnica. Por exemplo, a programação da análise de freqüência pode ser armazenada no firmware de um acionador de válvula.

Adicionalmente, um operador pode identificar picos no domínio de freqüência simplesmente através da comparação de uma análise corrente com análise prévia. A análise prévia pode ser uma análise conduzida na fábrica. No entanto, podem existir situações onde é desejável ou necessário identificar picos no domínio de freqüência independente de qualquer análise prévia. Por exemplo, no estágio de projeto de um novo acionador de válvula, um engenheiro pode querer executar análise de freqüência em um novo protótipo para assegurar que nenhuma vibração de encurtamento da vida, ressonâncias e/ou sons harmônicos são inerentes no projeto do protótipo. Alternativamente, a análise de freqüência pode ser usada como uma ferramenta de inspeção pré-expedição pós-montagem para determinar se alguma parte do sistema de direção mecânico foi fabricada com um defeito físico.

Um processador construído no codificador giratório, ou construído em ou associado com o acionador de válvula ou outro equipamento giratório, pode executar a FT. Um display, impressora ou outro dispositivo de

saída pode ser incorporado no acionador de válvula para mostrar os resultados em uma carta ou em forma gráfica. Alternativamente, os dados de velocidade gerados pelas marcas de sincronização 28 podem ser enviados a um computador remoto, tal como um PC operado pelo operador, para executar a

5 FT mediante os dados de velocidade e mostrá-los em mais formatos propícios para o usuário, ou transmitir os dados ou a FT aos técnicos que podem estar localizados no ou fora do site.

Fornecer mais amostras pode resultar em resolução de frequência mais fina depois da aplicação da FT aos dados de velocidade. Mais amostras podem ser fornecidas através do aumento do período de tempo que

10 as amostras são obtidas ou através do aumento da taxa de amostragem. As figuras 8 até 15 ilustram gráficos gerados pelos dados obtidas na 17 amostras por segundo. A FIG. 8 ilustram a resolução de análise de frequência de um acionador de válvula com um total de 128 amostras. A figura 9 ilustra os

15 dados de velocidade da FIGURA 8 antes de executar uma FT nos dados de velocidade. A figura 10 ilustra a resolução de análise de frequência de um acionador de válvula com um total de 256 amostras. A figura 11 ilustra os dados de velocidade da FIGURA 10 antes de executar uma FT nos dados de velocidade. A figura 12 ilustra a resolução de análise de frequência de um

20 acionador de válvula com um total de 512 amostras. A figura 13 ilustra os dados de velocidade da FIGURA 12 antes de executar uma FT nos dados de velocidade. A figura 14 ilustra a resolução de análise de frequência de um acionador de válvula com um total de 1024 amostras. Como pode ser visto, a resolução da análise de frequência aperfeiçoa com um número aumentado

25 de amostras.

Qualquer tipo de análise de frequência conhecido na técnica pode ser usado com a presente invenção. Na modalidade particular que está sendo descrita, a FT foi executada em dados de velocidade usando um número de amostras igualando o codificador giratório 2^n , onde n é qualquer

30 número inteiro. Por isso, o número total de amostras iguala a, por exemplo, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, etc. Por conseguinte, se 3500 amostras são obtidas, somente 2048 das amostras podem ser usadas na FT. Em

outras modalidades, a FT pode ser executada mediante amostras que não igualam precisamente a 2^n . No entanto, nestas modalidades, um vazamento pode se tornar uma preocupação. São mostradas técnicas na técnica para abordar o vazamento.

5 Adicionalmente, em uma modalidade particular, a FT utiliza amostras que são obtidas em estado estável. Por conseguinte, a roda de sincronização 20 é girada em uma velocidade relativamente constante. Quando o codificador giratório 1 é incorporado dentro de um acionador de válvula acionado eletricamente, a roda de sincronização 20 acelerará e desacelerará
10 durante um período de tempo. Os dados de velocidade girados durante a aceleração e desaceleração podem ser truncados, ter a média calculada, ou serem providos da janela antes da execução da FT. A análise de frequência transiente é conhecida na técnica e pode ser aplicada, em lugar de truncar os dados.

15 A truncagem dos dados de velocidade pode ser executada por um algoritmo projetado para analisar os dados de velocidade antes do processo da FT de modo a remover qualquer aceleração ou dados de desaceleração. Alternativamente, os dados de velocidade podem ser truncados para fazer o número de amostras compatível com a exigência 2^n da FT.

20 A FT, conforme a frase é usada aqui, abrange uma ampla faixa de algoritmos, incluindo transformadas de Fourier rápidas. A FT, como usada aqui, cobre quatro famílias gerais de Transformadas de Fourier: transformadas de Fourier contínuas, séries de Fourier, transformada de Fourier de tempo discreto, e transformada de Fourier discreta. Existem também al-
25 ritmos de FT projetados para manipular aproximações e dados não uniformes. A transformada de Fourier é mais comumente usada para processamento de sinal digital. A FT de frase usada aqui abrange qualquer algoritmo compatível com os dados gerados.

30 O tempo de percurso representa o tempo máximo durante o qual as amostras podem ser obtidas. Por exemplo, com um acionador de válvula, o tempo que leva para uma válvula se mover da posição aberta para a fechada, ou vice-versa, é a quantidade de tempo máximo durante o qual os

dados de velocidade podem ser colhidos. Uma válvula pode somente ser parcialmente movida e, por isso, somente uma fração do tempo de percurso pode estar disponível para amostragem de dados de velocidade. Uma forma exemplar para aumentar o número de amostras de dados de velocidade gerado inclui aumentar a taxa de amostragem. A taxa de amostragem é governada pela velocidade da roda de sincronização 20 e o número de marcas de sincronização 28. O codificador giratório 1 e o 2 são capazes de taxas de amostragem muito maiores do que 17 amostras por segundo.

Ainda uma outra forma de aumentar o número de amostras de dados gerado inclui coletar dados por múltiplos tempos de percurso. Cada novo conjunto de dados pode ser ligado à coleção de dados existente até a contagem de amostras ser suficientemente alta para permitir operação nela com a FT. Uma vez que o conjunto de dados está completo, quaisquer novas amostras de dados pode substituir as amostras de dados mais velhas, por conseguinte, mantendo o conjunto de dados mais novo para análise. Os dados de velocidade ou de posição podem ser armazenados, tal como em uma tabela de dados, para próximo do tempo real ou para análise de domínio de frequência posterior.

A figura 15 fornece uma tabela das taxas de amostragem possíveis e o número total resultante de amostras que podem ser usadas para análise de frequência. Na FIGURA 15, a Frequência de Pulso Incremental iguala a taxa de amostragem em Hz. A velocidade DS é a velocidade de direção da luva de direção (DS) de um acionador de válvula. No entanto, a velocidade DS poderia correlacionar com um componente giratório de qualquer dispositivo. O Multiplicador de Velocidade do Conjunto de Chanfradura representa o aumento de velocidade resultante da engrenagem que conecta a DS ao eixo de entrada que aciona a roda de entrada 10. O multiplicador de velocidade da roda de entrada 10 representa o aumento na velocidade resultante da razão de engrenagem entre a engrenagem 11 da roda de entrada 10 e o pinhão 25 da roda de sincronização 20.

Um exemplo de um componente giratório de um dispositivo giratório é uma luva de direção de um acionador de válvula. Um eixo de entrada

poderia interconectar via uma chanfradura para ajuste da luva de acionamento para a roda de entrada 10. Qualquer maneira de conexão conhecida na técnica pode ser utilizada para acionar a roda de entrada 10. Como um possível exemplo de amostragem de dados, se a luva de direção estiver girando em 200 rpm, e se o conjunto de chanfradura resultar em um aumento de velocidade aproximado de 4,8:1, então o eixo de entrada estaria girando em 960 rpm. Por conseguinte, a roda de entrada 10 estaria girando em 960 rpm. A roda de entrada 10 aciona a roda de sincronização 20. Se um aumentador de dentes retos de engrenagem 51/38 for utilizado, então a roda de sincronização 20 irá girar em aproximadamente 1288 rpm. As 1288 rpm divididas por 60 iguala as rotações por segundo da roda de sincronização 20. A roda de sincronização 20, como ilustrado na FIGURA 1 tem 32 marcas de sincronização. No entanto, devem ser utilizadas somente 16 marcas de sincronização, então as rotações por segundo multiplicadas pelo número de marcas de sincronização produzem uma taxa de amostragem (Frequência de Pulso Incremental) de 343 amostras por segundo. Na mesma situação, se a roda de sincronização 20 tem 32 marcas de sincronização, então a taxa de amostragem é de aproximadamente 678 amostras por segundo. A frequência de Nyquist é metade da taxa de amostragem. A taxa de amostragem multiplicada pelo tempo de percurso, em segundos, iguala o número total de amostras que podem ser coletadas durante um percurso completo, único.

A figura 15 ilustra a interação do tempo de percurso e taxa de amostragem no cálculo da exatidão da análise de frequência. Uma alternativa, se somente ações de dados de velocidade curtos são disponíveis, é para ligar junto as ações curtas antes de executar a FT nos dados para aumentar a resolução de frequência.

A figura 15 foi desenvolvida usando uma Janela de Hanning para impedir distorções nos valores de frequência resultantes causados por descontinuidades no sinal de velocidade no início e no fim do conjunto de dados. Outras possíveis janelas incluem retangular, Blackman, Hamming, Kaiser, Exponencial e Flat Top. No entanto, qualquer janela conhecida na

técnica pode ser usada para avaliar os dados de velocidade. É também conhecido na técnica como executar análise de frequência sem o uso de janelas. Qualquer abordagem conhecida na técnica para executar análise de frequência pode ser usada com a presente invenção.

5 Os dados de frequência podem ser avaliados em um caso específico para determinar que maneira os locais de pico e magnitude sugerem com respeito a um acionador de válvula. Alternativamente, a análise de frequência pode ser comparada às marcações de análise de frequência conhecidas para determinar a saúde de um acionador de válvula ou outro equipamento giratório.

10 As FIGS. 16 a 19 ilustram uma análise de frequência representativa que pode ser usada para comparações. As FIGS. 18 e 19 ilustram variações de velocidade que geralmente variam dependendo da velocidade giratória do acionador de válvula ou de outro dispositivo giratório. Os dados para as FIGS. 16 e 17 foram gerados em um acionador que estava operando em 15 26 rotações por minuto (rpm) em estado estável. Os dados para as FIGS. 18 e 19 foram gerados em um acionador que estava operando em um estado estável em 18 rpm. As FIGS. 16 e 19, e as FIGS. 17 e 18, respectivamente, utilizam o mesmo adaptador de pinhão de codificador. A figura 16 tem picos significantes em 45,4 Hz e 91,1 Hz. Os picos significantes da FIGURA 19 são muito mais pronunciados e numerosos. Múltiplos problemas dentro de um acionador de válvula, ou outro equipamento giratório, podem harmonizar para parecer como um pico único no domínio de frequência. A análise de frequência em diferentes velocidades de operação pode desmascarar problemas potenciais que se ocultam dentro de um pico único em uma velocidade, mas surgem como picos múltiplos em outras velocidades.

25 O codificador giratório da presente invenção foi descrito como um codificador de múltiplas rodas. O codificador giratório pode também ser um codificador absoluto de roda única, ou um codificador incremental. Por exemplo, a roda de sincronização 20 poderia ser integrada na mesma roda como a roda de entrada 10. A roda de entrada 10 poderia então funcionar como um codificador incremental, bem como uma roda de sincronização.

Além do mais, as seções de codificação das rodas de codificação 30 a 110 podem ser integradas na roda de entrada 10, como é conhecido na técnica. A roda de entrada 10 pode então funcionar como um codificador absoluto de roda única. A roda de entrada 10 pode ser projetada para combinar com a
5 extremidade de um eixo de entrada ou, alternativamente, a roda de entrada 10 pode ser montada em torno de um eixo de entrada, tal como no centro longitudinal do eixo de entrada. No entanto, a roda de entrada 10 pode ser montada em qualquer ponto ao longo do comprimento de um eixo de entrada.

10 Previamente, a análise de freqüência foi discutida com relação aos dados de velocidade. Uma modalidade de dados adicionais inclui dados de torque. Em acionadores de válvula onde o torque é medido, as oscilações no torque podem ser transformadas no domínio de freqüência. Se o torque de saída distribuído para uma haste de válvula for monitorado, os dados do
15 torque poderiam também ser analisados no domínio de freqüência. Um processador incorporado no acionador de válvula ou remoto do acionador de válvula poderia converter os dados de torque no domínio de freqüência em qualquer das formas discutidas acima com respeito aos dados de velocidade, ou por qualquer técnica conhecida na técnica. As freqüências podem
20 então ser identificadas com componentes do sistema de direção e o operador fornecido com uma indicação da saúde do acionador de válvula.

 Uma outra modalidade de dados inclui dados de empuxo. A título de exemplo, um motor elétrico de um acionador de válvula é acoplado à serpentina de uma serpentina/engrenagem helicoidal no sistema de direção.
25 O empuxo axial da serpentina é monitorado para ler no torque distribuído pela engrenagem helicoidal. Um processador incorporado no acionador de válvula ou remoto do acionador de válvula pode converter os dados de empuxo no domínio de freqüência similares à qualquer das formas discutidas acima com respeito aos dados de velocidade, ou por qualquer técnica conhecida na técnica. As freqüências podem então ser identificadas com
30 componentes do sistema de direção – tanto pelo operador quanto por um programa de computador. Por conseguinte, um diagnóstico do acionador de

válvula é fornecido. Adicionalmente, múltiplos sensores de empuxo podem ser utilizados.

Uma modalidade de dados adicional inclui dados de vibração. Por exemplo, oito acelerômetros são colocados em uma variedade de locais em um acionador de válvula. Todos os oito acelerômetros leriam nas mesmas vibrações no acionador de válvula. No entanto, os acelerômetros mais próximos a uma fonte de vibração dada teriam sinais mais intensos. Visualizar os dados de vibração de todos os oito sensores no domínio de frequência pode levar em conta fontes de precisão de vibração. As frequências das vibrações podem então ser correlacionadas com componentes do sistema de direção. Por conseguinte, um operador pode ser advertido de quaisquer problemas de impedimento com o acionador de válvula.

Qualquer número de sensores em quaisquer das modalidades pode ser utilizado. Por exemplo, mais de um sensor de velocidade pode ser utilizado. Adicionalmente, múltiplos sensores de tipos variados podem ser utilizados. Por exemplo, um acionador de válvula pode incluir um codificador giratório, tal como um codificador giratório 1. O acionador de válvula pode também incluir um sensor axial de empuxo. Uma análise de frequência pode ser executada nos dados de velocidade gerados pela roda de sincronização 20, nos dados de empuxo, ou em ambos.

O dispositivo giratório ou acionador de válvula a ser monitorado pela presente invenção pode ser acionado por um motor elétrico, pressão hidráulica, um motor, uma roda manual, ou qualquer outro meio de acionamento conhecido na técnica.

Embora a descrição antes mencionada contenha muitos detalhes, esses não são para serem construídos como limitando o escopo da presente invenção, mas meramente como fornecendo certas modalidades exemplares. Similarmente, outras modalidades da invenção podem ser idealizadas as quais não se afastam do espírito ou escopo da presente invenção. O escopo da invenção é, por conseguinte, indicado e limitado somente pelas reivindicações em anexo e suas equivalências legais, em vez de pela descrição já mencionada. Todas as adições, deleções e modificações para a in-

venção, como descrito aqui, que estão incluídas no significado e escopo das reivindicações, são abrangidas pela presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para analisar um dispositivo giratório, **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

5 acoplar operavelmente um codificador de posição giratório a um eixo do dispositivo giratório, em que o codificador de posição giratório compreende um indicador de velocidade;

 gerar dados de velocidade com o indicador de velocidade; e
 executar análise de frequência nos dados de velocidade.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo
10 fato de que o codificador de posição giratório é um codificador incremental.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório opera entre duas posições.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de executar a análise de frequência compreende pro-
15 cessar os dados de velocidade em um computador localizado remotamente do dispositivo giratório.

5. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de executar a análise de frequência compreende pro-
cessar os dados de velocidade em um processador associado com o dispo-
20 sitivo giratório.

6. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de executar a análise de frequência compreende pro-
cessar os dados de velocidade em um processador incorporado dentro do
codificador de posição giratório.

25 7. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório é um codificador absoluto.

8. Sistema de válvula **caracterizado** pelo fato de compreender:
um acionador de válvula tendo um sensor adaptado para gerar
dados; e

30 um processador em comunicação com o sensor e adaptado para converter os dados em um domínio de frequência.

9. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 8, **caracte-**

rizado pelo fato de que o sensor é independentemente selecionado de um grupo que consiste em um sensor de velocidade, um sensor de posição, um sensor de torque, um sensor de empuxo, e um sensor de vibração.

5 10. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 8, **carac-**
terizado pelo fato de que o sensor compreende pelo menos um sensor de
velocidade, e o processador é adaptado para receber dados de velocidade
de pelo menos um sensor de velocidade e executar uma análise de frequên-
cia nos dados de velocidade.

10 11. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 10, **carac-**
terizado pelo fato de que o pelo menos um sensor de velocidade é incorpo-
rado em um codificador de posição giratório.

12. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 11, **carac-**
terizado pelo fato de que o codificador de posição giratório é um codificador
incremental.

15 13. Acionador de válvula, de acordo com a reivindicação 11, em
que o codificador de posição giratório é um codificador absoluto.

14. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 13, **carac-**
terizado pelo fato de que o codificador absoluto compreende um disco único
de codificador.

20 15. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 13, **carac-**
terizado pelo fato de que o codificador absoluto compreende discos múlti-
plos de codificador.

25 16. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 15, **carac-**
terizado pelo fato de que cada um dos discos múltiplos de codificador com-
preende seções de codificação operáveis para codificar posições múltiplas
do dispositivo giratório e em que o codificador absoluto inclui pelo menos um
conjunto duplo de sensores de posição para cada uma das pelo menos se-
ções de codificação, em que o pelo menos um conjunto duplo de sensores
de posição é operável para monitorar cada uma das pelo menos seções de
30 codificação.

17. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 11, **carac-**
terizado pelo fato de que compreender adicionalmente um volante operável

para acionar o acionador de válvula e operável para acionar o codificador de posição giratório.

18. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório é adaptado para acionamento por um sistema de direção do acionador de válvula.

19. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório é acionado por um eixo de entrada impulsionado por uma engrenagem sem-fim do sistema de direção.

20. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório é adaptado para acionamento por um motor elétrico no acionador de válvula.

21. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um sensor é pelo menos um sensor de torque, em que o processador é adaptado para receber dados de torque do pelo menos um sensor de torque e executar análise de frequência nos dados de torque.

22. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um sensor é pelo menos um sensor de empuxo axial, em que o processador é adaptado para receber dados de empuxo axial do pelo menos um sensor de empuxo axial e executar análise de frequência nos dados de empuxo axial.

23. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um sensor é pelo menos um acelerômetro, em que o processador é adaptado para receber dados de aceleração do pelo menos um acelerômetro e executar análise de frequência nos dados de aceleração.

24. Sistema de válvula de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o acionador de válvula adicionalmente inclui um codificador de posição giratório.

25. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório inclui o sen-

sor.

26. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que o codificador de posição giratório inclui o processador.

5 27. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o processador utiliza uma transformada de Fourier para converter os dados no domínio de frequência.

28. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente um display adaptado para se comunicar com o processador e mostrar os dados.

10 29. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o processador compreende múltiplos processadores.

30. Sistema de válvula, de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um processador dos múltiplos processadores é uma parte do acionador de válvula.

31. Método de analisar um acionador de válvula incluindo um sensor, **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

gerar dados do sensor; e

20 executar análise de domínio de frequência nos dados.

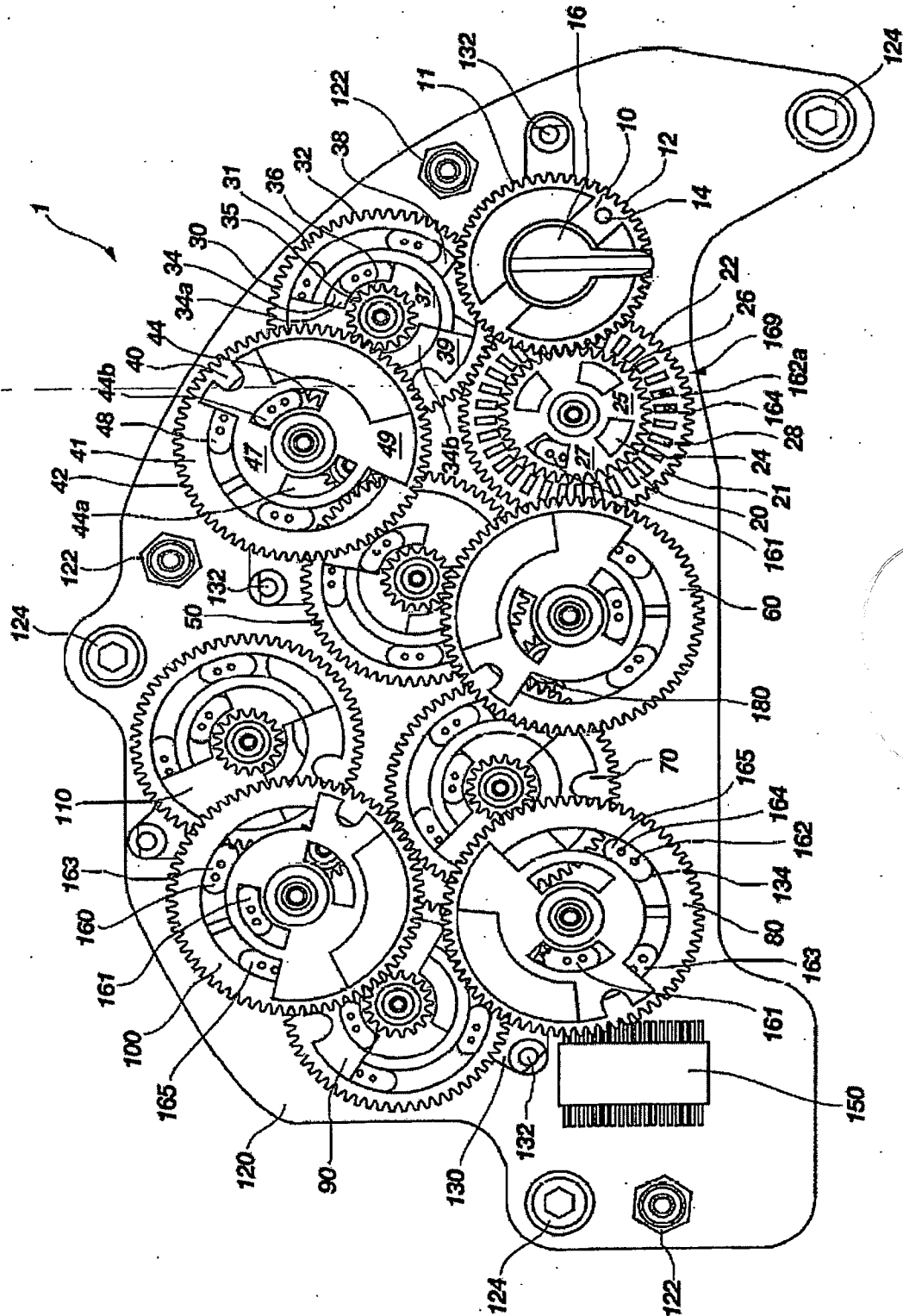


FIG. 1

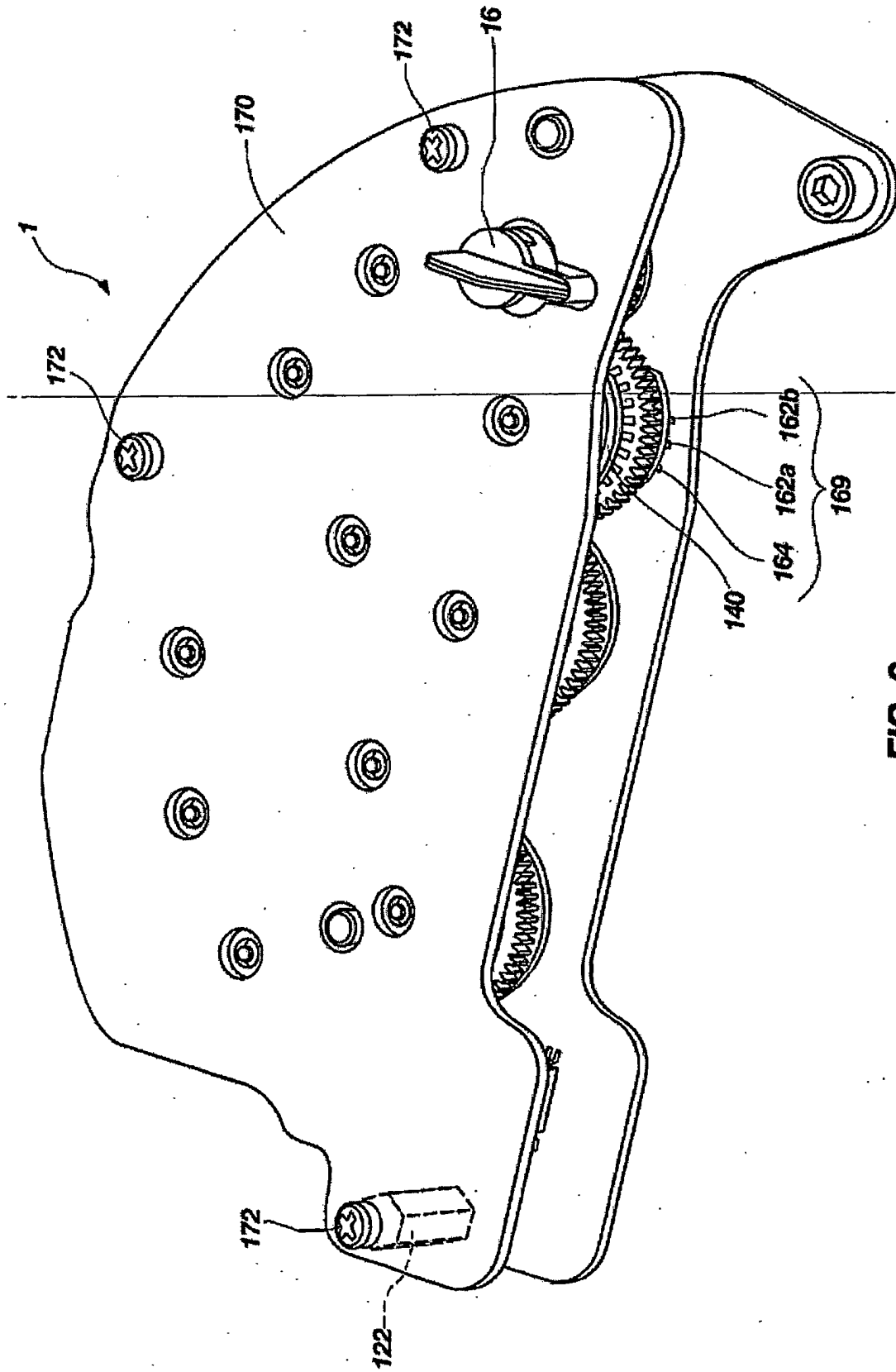


FIG. 2

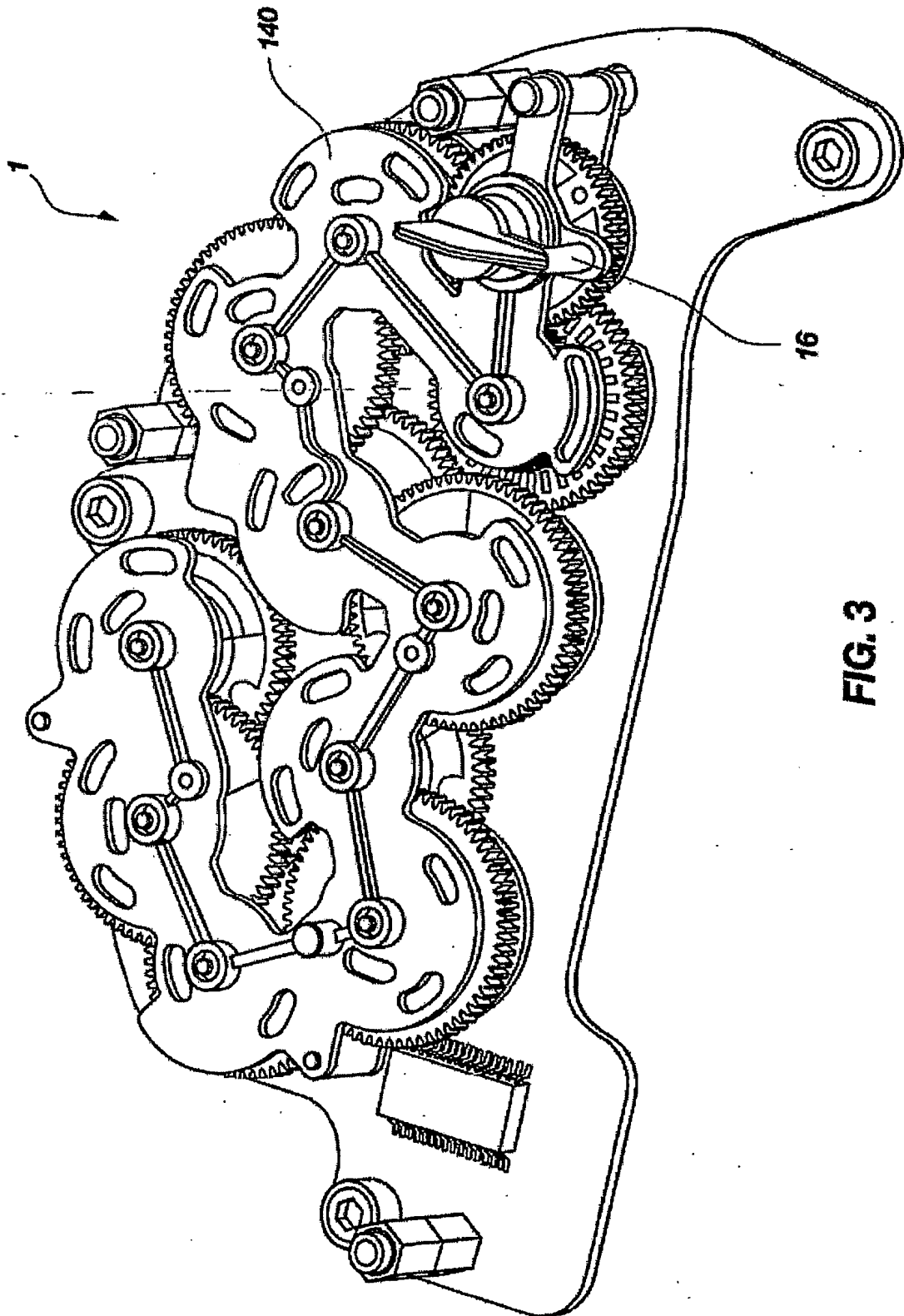


FIG. 3

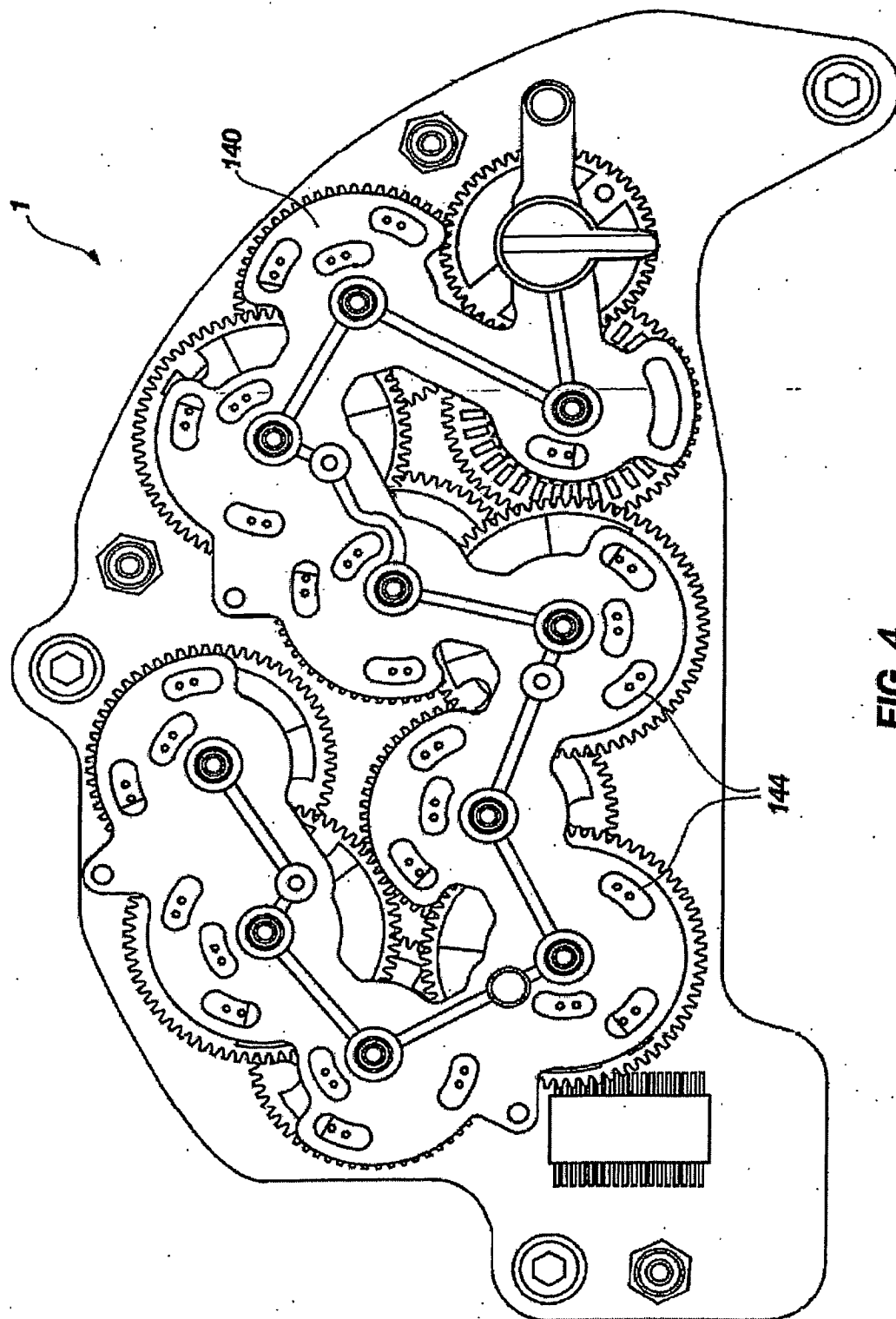


FIG. 4

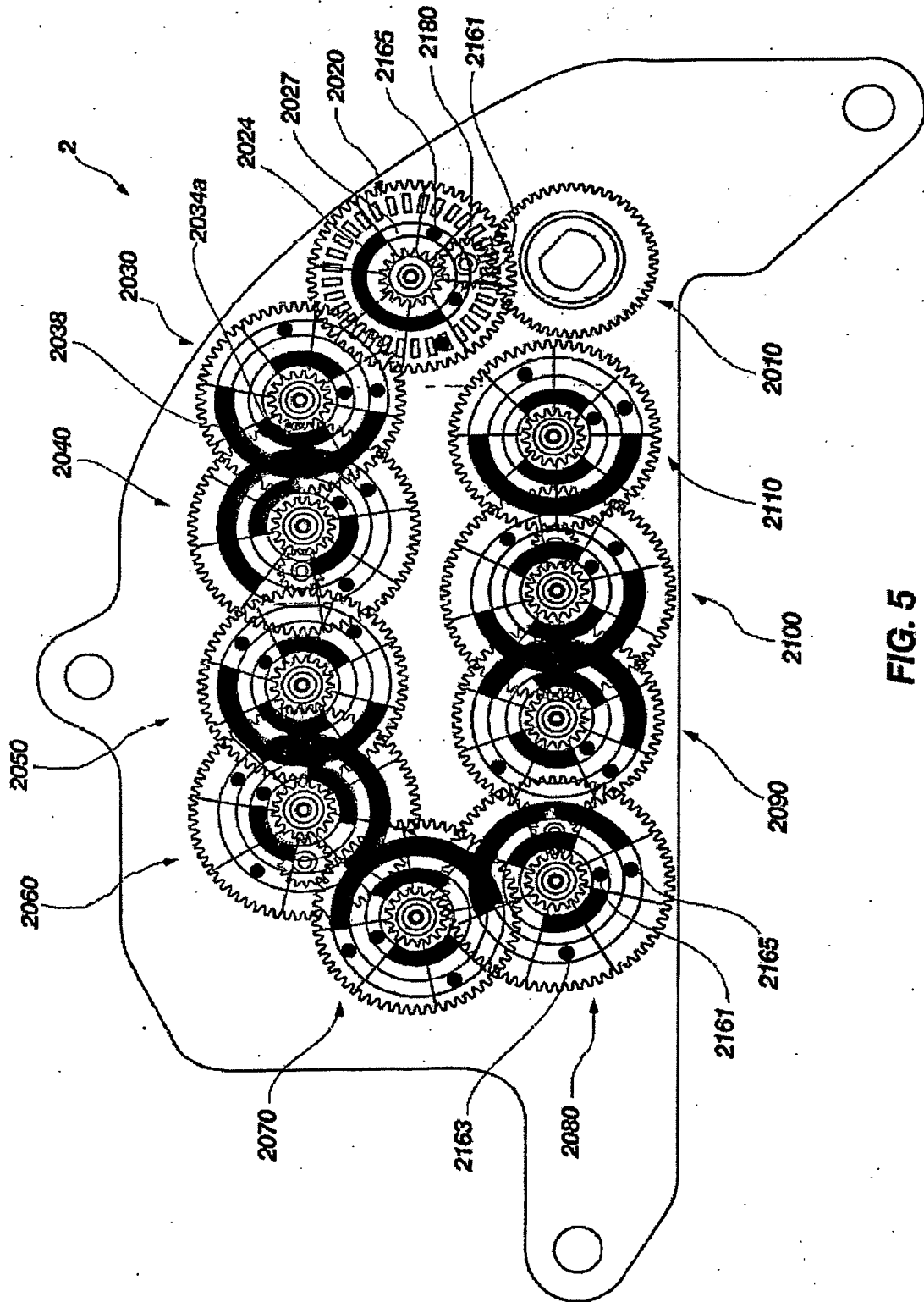


FIG. 5

“bom” sistema de direção

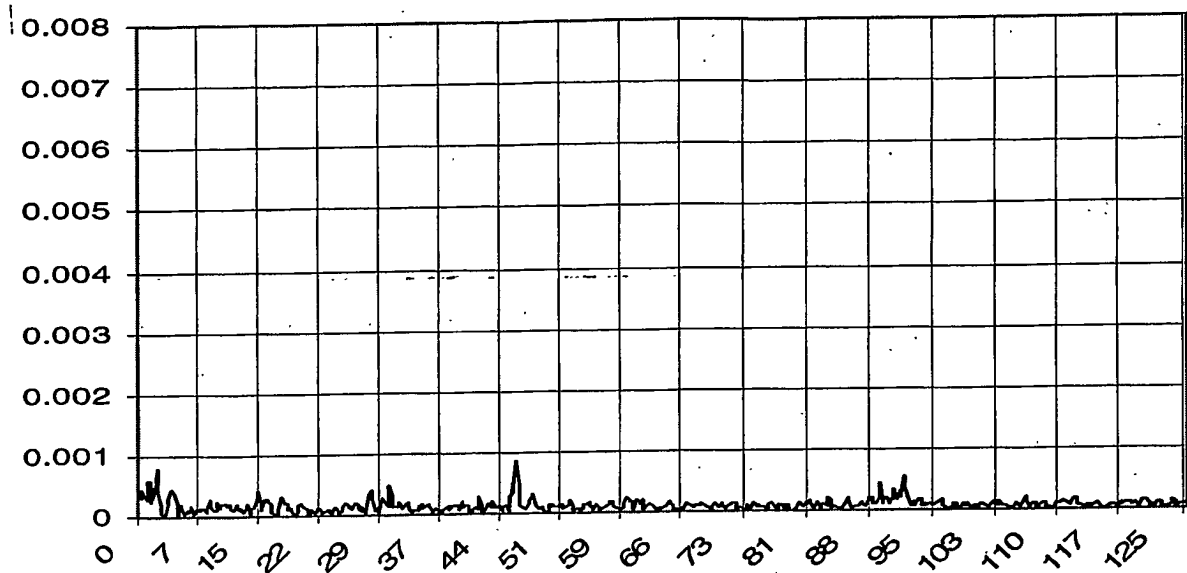


FIG. 6

“mal” sistema de direção

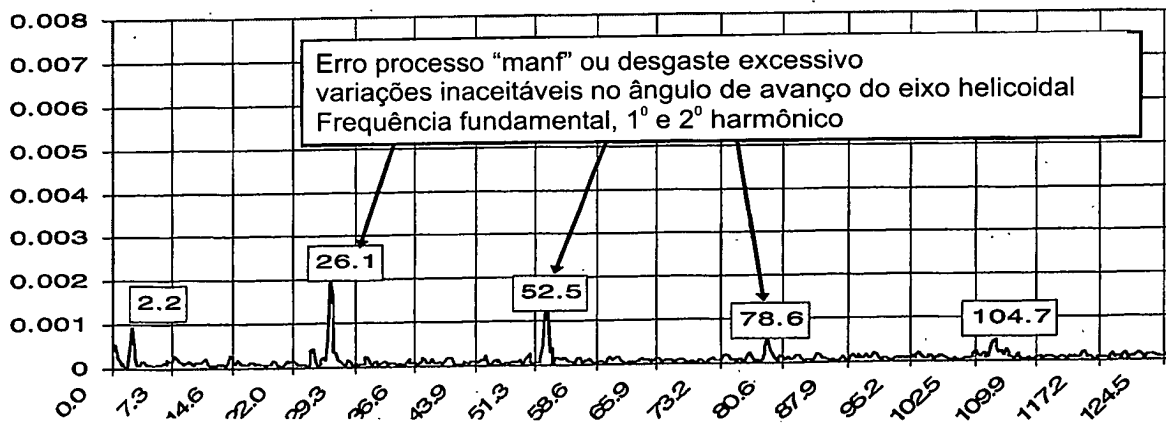


FIG. 7

7/13

128 amostras

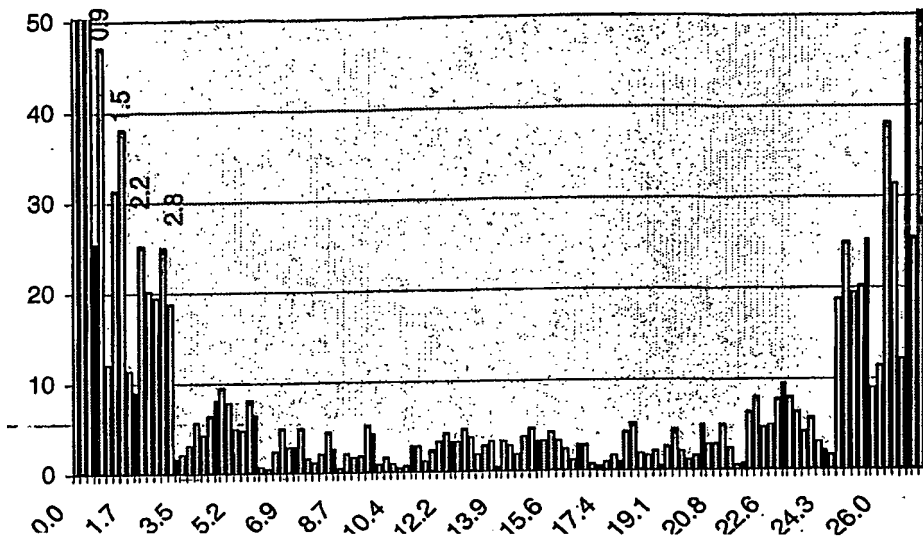


FIG. 8

1-spd (dec)
dados de velocidade

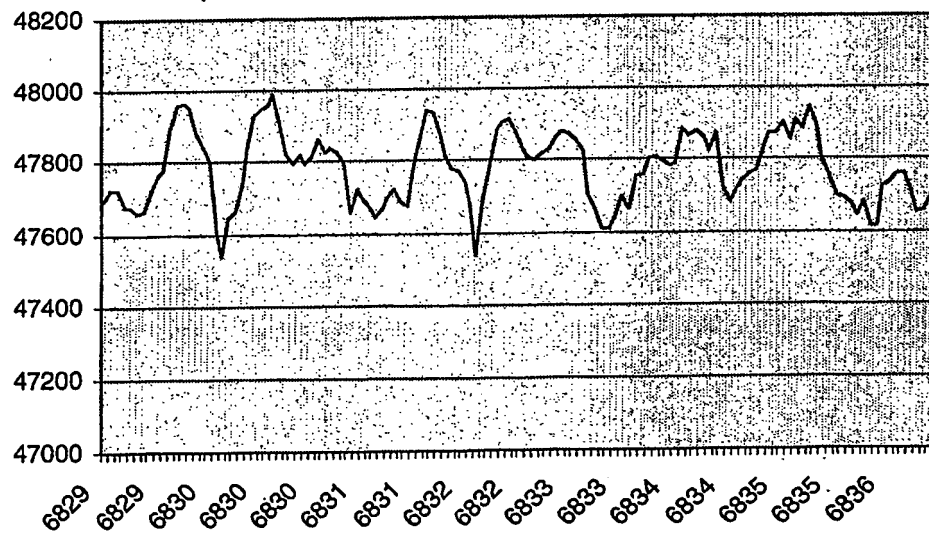


FIG. 9

256 amostras

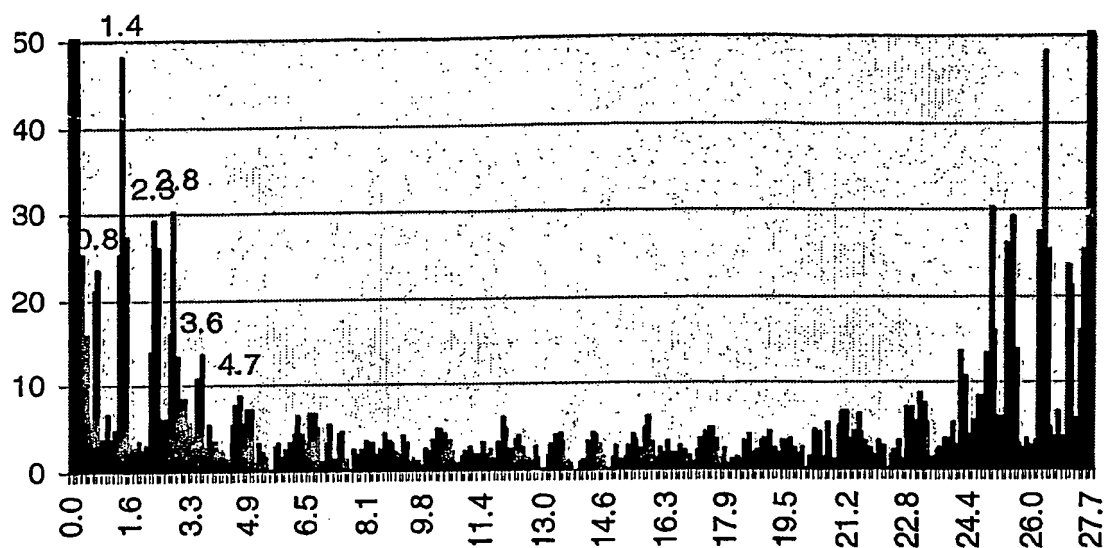


FIG. 10

1-spd (dec)
dados de velocidade

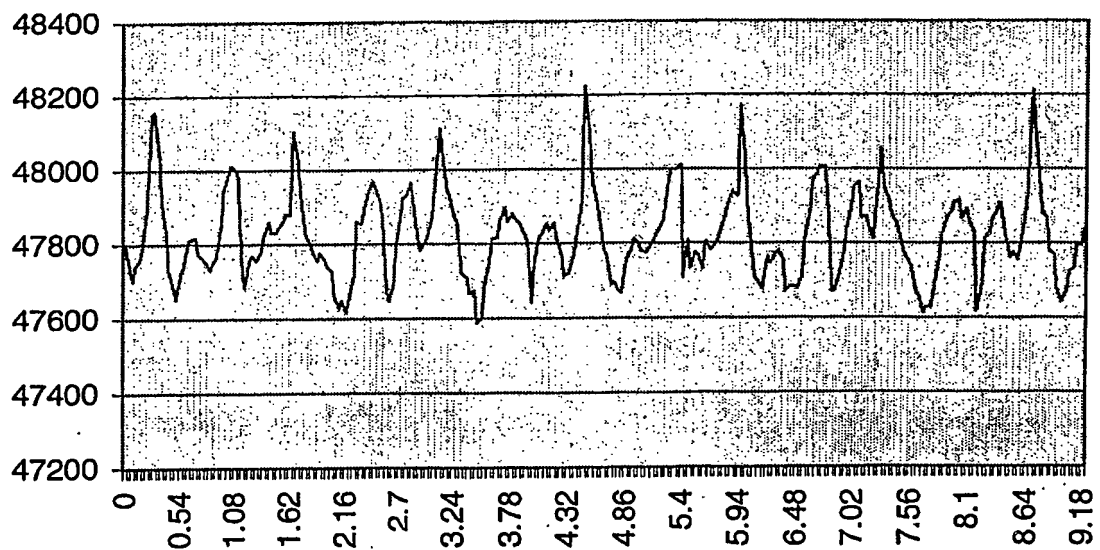


FIG. 11

9/13

512 amostras

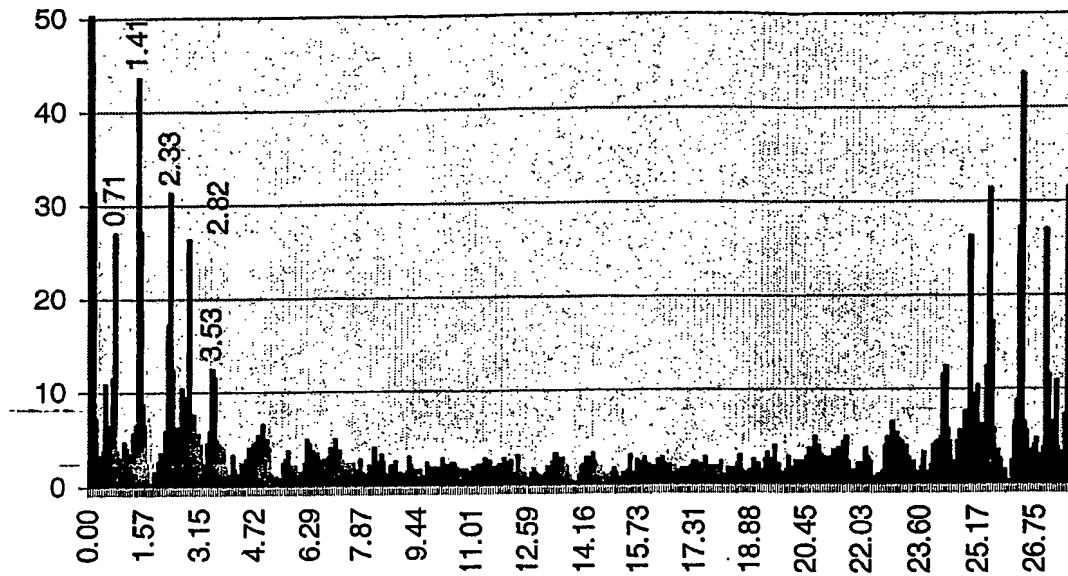


FIG. 12

1-spd (dec)
dados de velocidade

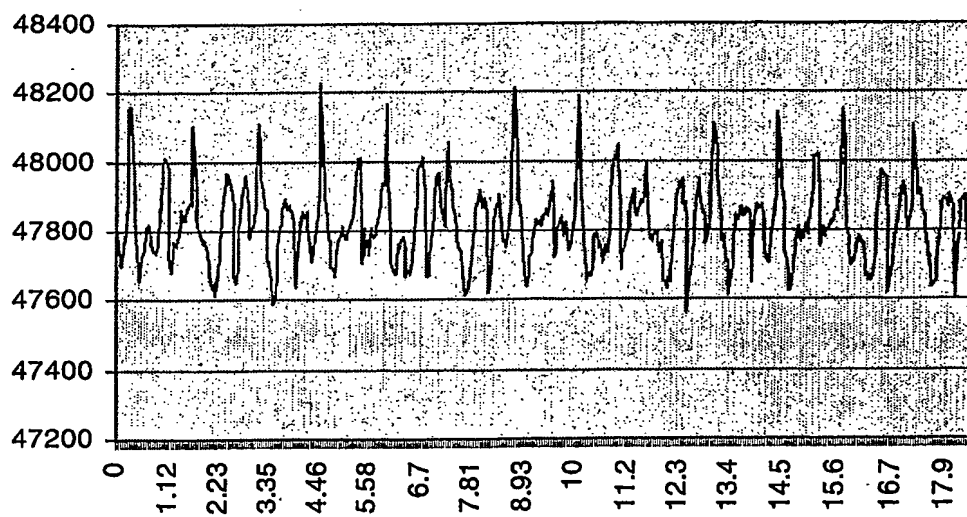


FIG. 13

1024 amostras

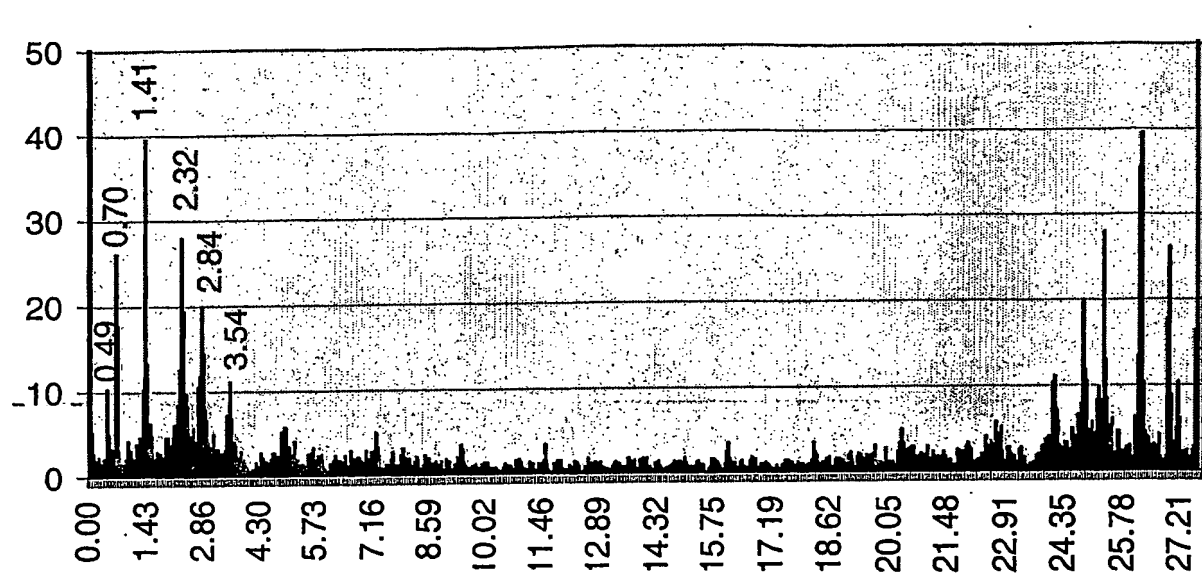
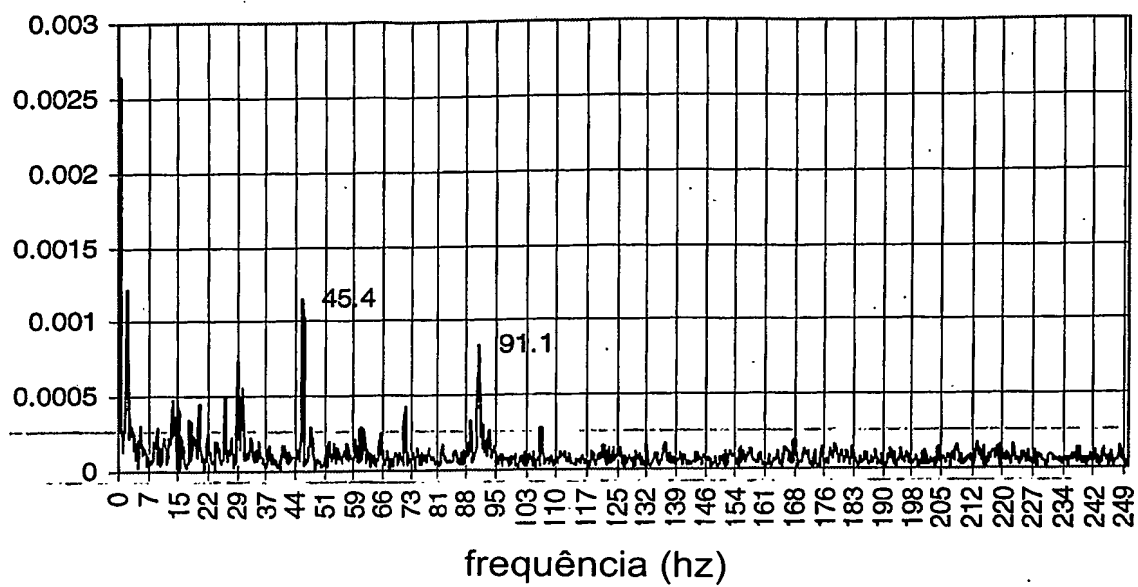
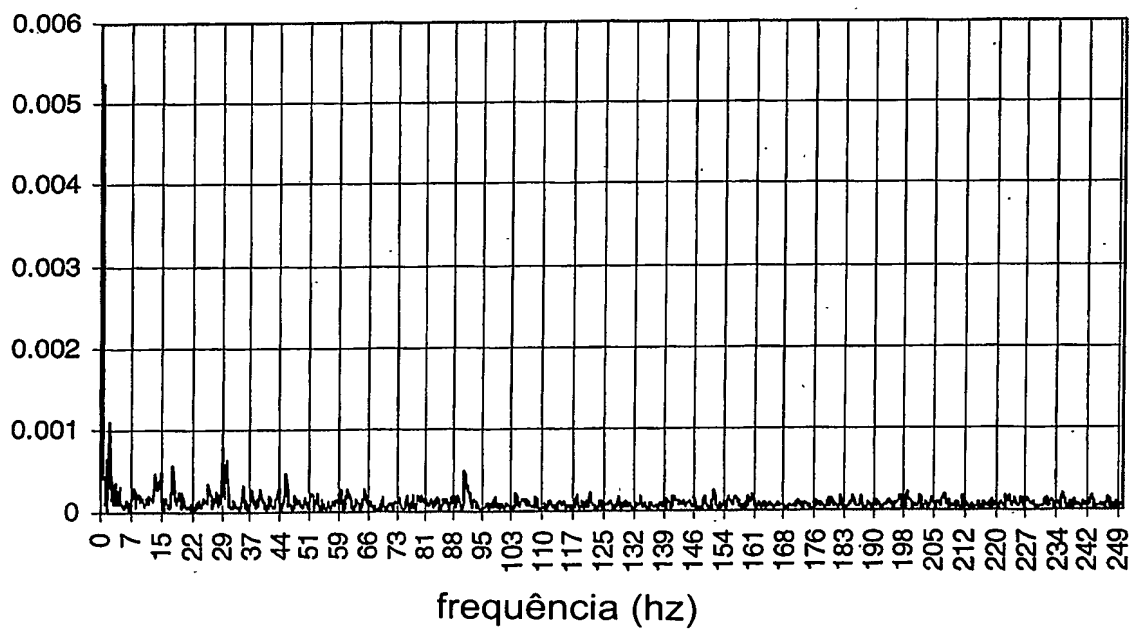
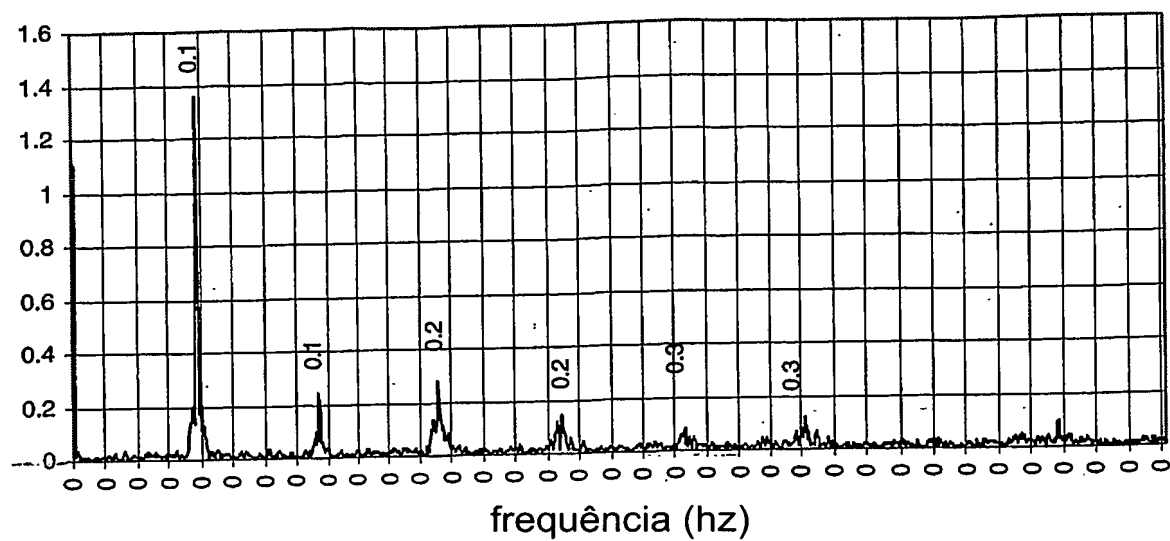
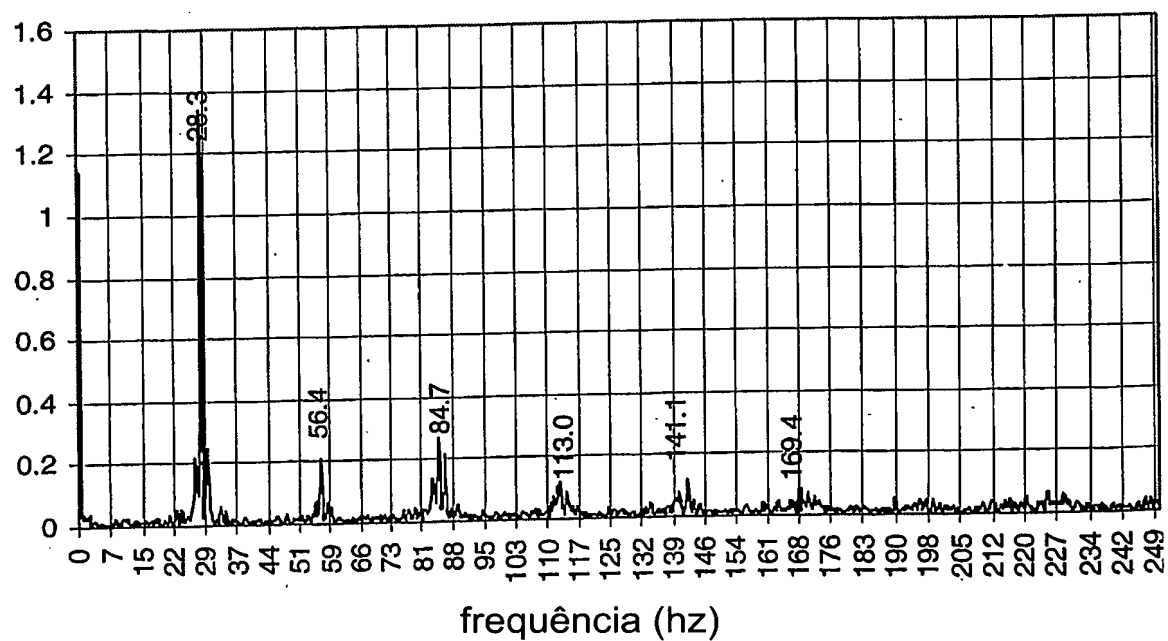


FIG. 14

velocidade DS (rpm)	velocidade DS (Hz)	multiplicador de velocidade do conjunto de chamfradura	multiplicador de velocidade da roda de entrada 10	roda de sincronização 20 @ rpm	frequência de pulso incremental (Hz)	frequência de pulso incremental (Hz)	tempo de percurso (seg)	amostra de percurso	amostra de fft aproveitável por percurso	exatidão
200	3.33	4.78	1.34	1280	683	341	10	6825.5	4096	99.941%
155	2.58	4.78	1.34	992	529	264	10	5289.8	4096	99.924%
100	1.67	4.78	1.34	640	341	171	10	3412.8	2048	99.883%
77	1.28	4.78	1.34	493	263	131	10	2627.8	2048	99.848%
52	0.87	4.78	1.34	333	177	89	10	1774.6	1024	99.775%
40	0.67	4.78	1.34	256	137	68	10	1365.1	1024	99.707%
26	0.43	4.78	1.34	166	89	44	10	887.3	512	99.549%
18	0.30	4.78	1.34	115	61	31	10	614.3	512	99.349%
15	0.25	4.78	1.34	96	51	26	10	511.9	0	99.219%
200	3.33	4.78	1.34	1280	683	341	15	10238.3	8192	99.961%
155	2.58	4.78	1.34	992	529	264	15	7934.7	4096	99.950%
100	1.67	4.78	1.34	640	341	171	15	5119.1	4096	99.922%
77	1.28	4.78	1.34	493	263	131	15	3941.7	2048	99.899%
52	0.87	4.78	1.34	333	177	89	15	2662.0	2048	99.850%
40	0.67	4.78	1.34	256	137	68	15	2047.7	1024	99.805%
26	0.43	4.78	1.34	166	89	44	15	1331.0	1024	99.699%
18	0.30	4.78	1.34	115	61	31	15	921.4	512	99.566%
15	0.25	4.78	1.34	96	51	26	15	767.9	512	99.479%
200	3.33	4.78	1.34	1280	683	341	30	20476.6	16384	99.980%
155	2.58	4.78	1.34	992	529	264	30	15869.3	8192	99.975%
100	1.67	4.78	1.34	640	341	171	30	10238.3	8192	99.961%
77	1.28	4.78	1.34	493	263	131	30	7883.5	4096	99.949%
52	0.87	4.78	1.34	333	177	89	30	5323.9	4096	99.925%
40	0.67	4.78	1.34	256	137	68	30	4095.3	2048	99.902%
26	0.43	4.78	1.34	166	89	44	30	2662.0	2048	99.850%
18	0.30	4.78	1.34	115	61	31	30	1842.9	1024	99.783%
15	0.25	4.78	1.34	96	51	26	30	1535.7	1024	99.740%
200	3.33	4.78	1.34	1280	683	341	60	40953.1	32768	99.990%
155	2.58	4.78	1.34	992	529	264	60	31738.7	16384	99.987%
100	1.67	4.78	1.34	640	341	171	60	20476.6	16384	99.980%
77	1.28	4.78	1.34	493	263	131	60	15767.0	8192	99.975%
52	0.87	4.78	1.34	333	177	89	60	10647.8	8192	99.962%
40	0.67	4.78	1.34	256	137	68	60	8190.6	4096	99.951%
26	0.43	4.78	1.34	166	89	44	60	5323.9	4096	99.925%
18	0.30	4.78	1.34	115	61	31	60	3685.8	2048	99.891%
15	0.25	4.78	1.34	96	51	26	60	3071.5	2048	99.870%

FIG. 15

**FIG. 16****FIG. 17**

**FIG. 18****FIG. 19**

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA ANALISAR UM DISPOSITIVO GIRATÓRIO E SISTEMA DE VÁLVULA"**.

- 5 Um novo método para diagnosticar problemas com um acionador de válvula ou outro equipamento giratório. Uma análise de frequência é executada mediante velocidade, posição, torque, empuxo, ou dados de vibração. Os dados de velocidade ou de posição podem ser fornecidos por um codificador giratório.