



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

(21) **PI0621590-4 A2**



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

(51) *Int.Cl.:*
G01B 5/28
G01D 5/347

(54) **Título:** CODIFICADOR GIRATÓRIO COM AUTOTESTE EMBUTIDO

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

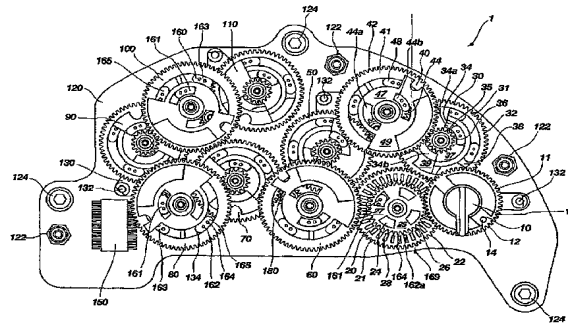
(72) **Inventor(es):** Byron Fleury, Daniel J. Morris, William C. Hooss, William T. Dolenti

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

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006015174 de 21/04/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/123522de 01/11/2007

(57) **Resumo:** CODIFICADOR GIRATÓRIO COM AUTOTESTE EMBUTIDO. A presente invenção refere-se a um codificador giratório usando habilidade de autoteste embutido com detecção de posição redundante e tolerante à falha. Em que o codificador giratório é usado com uma variedade de equipamento giratório incluindo um atuador de válvula incluindo o gerador de dados de velocidade (1). O uso para diagnosticar problema de atuador de válvula e outros equipamentos giratórios inclui a análise de frequência executada nos dados de velocidade ou posição ou torque ou força axial ou vibração incluindo a velocidade ou dados de posição da válvula provida pelo codificador giratório.



PI- 0621590-4
Pet- 020080152 606
Data - 11/12/2008

CÓPIA

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**CODIFICADOR GIRATÓRIO COM AUTOTESTE EMBUTIDO**".

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se geralmente à análise de atuadores de válvula e condificadores giratórios de posição, e mais particularmente para realizar análise de freqüência de atuadores de válvula e a condificadores giratórios de posição com um autoteste embutido.

Antecedentes

10 Em muitas aplicações é necessário medir a posição de um eixo girante de um dispositivo giratório. No entanto, dispositivos giratórios muitas vezes são complexos e têm partes que são difíceis de acessar. Ainda mais, dispositivos giratórios são muitas vezes integrados em processos industriais onde o custo de parar o processo para reparar o dispositivo giratório muitas vezes excede de longe o custo do dispositivo giratório. Válvulas giratórias, por exemplo, muitas vezes são críticas para processos industriais e reparar algumas peças das válvulas requer parar o processo. Existe uma necessidade de identificar com precisão a posição de um eixo giratório e objetos acionados pelo eixo giratório, tal como uma haste de válvula. Também existe uma necessidade de identificar qualquer desgaste de peças em um dispositivo giratório, tal como uma válvula, de forma que manutenção preventiva possa ser realizada em paradas programadas, ou seja que o dispositivo giratório possa ser operado de tal forma a manter o dispositivo operacinal até a próxima parada programada. Existe uma necessidade para um dispositivo capaz de tanto determinar a posição de um eixo giratório quanto identificar a severidade e localização de problemas dentro do dispositivo giratório ao qual o eixo giratório está conectado.

20 Uma abordagem para diagnosticar dispositivos giratórios tem empregado análise de freqüência. Dados cíclicos podem ser analisados com um algoritmo de Transformada de Fourier (FT) para transformar os dados de um domínio de tempo para um domínio da freqüência. Uma tentativa de aplicar FT a válvulas operadas por motor envolveu medir a corrente fluindo para o motor, aplicar FT aos dados do motor, e então usar picos no espectro de

freqüência para diagnosticar problemas no trem de acionamento do atuador de válvula. No entanto, esta abordagem não mede a velocidade rotacional de um eixo nem determina a posição de um eixo giratório. O dispositivo de medida de corrente do motor também não integra em um dispositivo capaz de determinar a posição de um eixo giratório.

Uma abordagem para medir a posição de um membro giratório envolve um codificador giratório. Codificadores giratórios incrementais e codificadores absolutos. Codificadores incrementais são usados para medir a mudança rotacional 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, monitora os pulsos para determinar a posição do disco e, por sua vez, a posição do eixo ao qual o disco está fixado. Com codificadores incrementais, se a energia elétrica para o computador é perdida, a informação de posição é perdida quando a energia elétrica é restabelecida. Prévios codificadores incrementais para atuadores de válvula incluíram um sensor de velocidade, mas o sensor de velocidade e dados resultantes não foram usados para análise de freqüência.

Codificadores absolutos não requerem um suprimento de potência elétrica para manter a informação de posição. Codificadores absolutos produzem um código digital singular para cada ângulo distinto de um eixo giratório. Codificadores absolutos podem ser uma única roda com um padrão complexo usinado na roda. A única roda é fixada ao eixo em questão e numerosas posições angulares distintas podem ser identificadas pelos padrões sobre a roda. No entanto, tais rodas são úteis somente onde um eixo sofre somente uma única rotação.

Outra versão de um codificador absoluto utiliza múltiplas rodas com anéis concêntricos em cada uma das rodas, onde cada anel provê 1-bit de dados de posição. A versão de rodas múltiplas permite ao eixo medido sofrer numerosas rotações e ainda monitorar a posição e número de rotações do eixo. A presença de mais rodas permite monitoramento de mais eixos de rotação ou a determinação de mais posições para uma única rotação. No

entanto, codificadores absolutos de rodas múltiplas são muitas vezes delicados e menos confiáveis. Seria desejável ter um codificador absoluto com rodas múltiplas que fosse confiável e operável para gerar dados de velocidade para uso em análise de frequência.

5 Uma tentativa para resolver este problema utiliza tanto 6 quanto 7 rodas. Cada roda prove 3-bit de dados. No entanto, somente 2-bit de código de Gray são gerados como dados de posição via processamento de bit-v. Isto aumenta a confiabilidade do codificador absoluto. No entanto, não são usados sensores duplicados. Adicionalmente, um sensor de velocidade não está integrado no codificador absoluto e dados de velocidade não são gerados para uso na análise de frequência.

Descrição da Invenção

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

20 Outra modalidade da invenção inclui um atuador de válvula compreendendo um codificador absoluto e um trem de acionamento para acionar o codificador absoluto. O codificador absoluto compreende pelo menos um disco codificador, uma pluralidade de sensores operáveis para ler o pelo menos um disco codificador, um sensor de velocidade operável para gerar dados de velocidade; e pelo menos um sensor duplicado para cada um da pluralidade de sensores e o sensor de velocidade.

25 Ainda outra modalidade da invenção inclui um método de analisar um atuador de válvula incluindo um sensor. O método compreende gerar dados a partir do sensor e realizar análise de domínio de frequência nos dados.

30 Uma modalidade particular da invenção inclui um método de analisar um dispositivo giratório que gira entre duas posições limites. O método

do compreende acoplar operacionalmente um codificador giratório de posição a um eixo do dispositivo giratório, onde a o codificador giratório de posição inclui um indicador de velocidade. O método inclui gerar dados de velocidade com o sensor de velocidade e realizar análise de frequência sobre os dados de velocidade.

As características, vantagens, e aspectos alternativos da presente invenção serão claros àqueles entendidos na técnica desde uma consideração da descrição detalhada seguinte tomada em combinação com os desenhos anexos.

10 Breve Descrição dos Desenhos

Embora a especificação conclui com reivindicações particularmente apontando e reivindicando distintamente aquilo que é considerado como a presente invenção, as vantagens desta invenção podem ser mais prontamente verificadas da descrição seguinte da invenção quando lida em conjunto com os desenhos anexados nos quais:

A figura 1 ilustra as rodas de uma versão de um codificador giratório;

A figura 2 ilustra uma versão completamente montada da modalidade da figura 1;

20 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;

25 A figura 6 ilustra um disgnóstico limpo representativo no domínio da frequência;

A figura 7 ilustra um disgnóstico problemático representativo no domínio da frequência;

A figura 8 ilustra resolução de dados com 128 amostras;

30 A figura 9 ilustra os dados usados na figura 8 antes de realizar uma Transformada de Fourier (FT) sobre os dados;

A figura 10 ilustra resolução de dados com 256 amostras;

A figura 11 ilustra os dados usados na figura 10 antes de realizar uma FT sobre os dados;

A figura 12 ilustra resolução de dados com 512 amostras;

5 A figura 13 ilustra os dados usados na figura 12 antes de realizar uma FT sobre os 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 no domínio da frequência obtido a 26 rotações por minuto (rpm);

A figura 17 é outro exemplo de dados no domínio da frequência obtido a 26 rpm;

A figura 18 é um exemplo de dados no domínio da frequência obtido a 18 rpm; e

15 A figura 19 é outro exemplo de dados no domínio da frequência obtido a 18 rpm;

Melhor(es) Modo(s) de Realizar a Invenção

A presente invenção pode ser usada com qualquer atuador de válvula ou outro equipamento giratório, tal como um equipamento que gira
20 entre duas posições. Uma versão 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 outro tipo de sensor capaz de gerar dados transformáveis no domínio da frequência. A análise de fre-
25 quência pode, por sua vez, ser usada para diagnosticar quaisquer problemas com o atuador de válvula ou outro equipamento giratório. Em uma modalidade, o codificador giratório é um codificador absoluto com pares de sensores duplicados.

Nas figuras, numerais iguais representam elementos iguais. A
30 figura 1 ilustra uma versão de um codificador giratório da presente invenção. O codificador giratório 1 representa uma versão particular de um codificador absoluto. Os termos "roda" ou "rodas" sem um modificador tal como uma

"entrada" "regulação de tempo" ou "codificador" pode se aplicar à roda de entrada 10, roda de regulação de tempo 20 e rodas codificadoras 30 a 110. A frase "roda codificadora" ou "rodas codificadoras" se aplica a rodas codificadoras 30 a 110.

5 A prateleira de montagem de fundo 130 é presa à placa da parte inferior 120 via ferrolhos 132. Os ferrolhos 132 podem também ser rebites, parafusos com rosca, grampos, cliques, adesivos, pontos de solda, uma junção de colchete de pressão, ou qualquer outro meio de conexão conhecido na técnica. Os ferrolhos 132 podem ser também colocados em qualquer localiza-
10 ção. Por exemplo, quando o ferrolho 132 é um grampo, a prateleira de montagem de fundo 130 pode se estender à borda da placa da parte inferior 120 e o ferrolho 132 pode ser localizado naquela borda. Alternativamente, quando o ferrolho 132 é um adesivo, o adesivo pode ser espalhado por qualquer superfície da prateleira de montagem de fundo 130 que está em
15 contato com a placa da parte inferior 120.

 A placa da parte inferior 120 pode incluir um substrato semicondutor onde componentes elétricos, tais como um processador 150 e sensor 160, podem ser integrados um com o outro. Os circuitos conectando o processador 150 e o sensor 160 não são mostrados. No entanto, ao invés de
20 integrar os circuitos na placa da parte inferior 120, os circuitos podem ser posicionados externamente à placa da parte inferior 120.

 Por exemplo, furos podem ser perfurados na placa da parte inferior 120 para corresponder com as entradas e saídas de sensores 160 e as entradas e saídas do processador 150. Os fios isolados podem ser interconectados entre os sensores 160 e o processador 150. Adicionalmente, se o conjunto de circuitos é posicionado externamente à placa da parte inferior
25 120, pode ser desejável incorporar a prateleira de montagem da parte inferior 130 na placa da parte inferior 120. O codificador rotativo 1 pode incluir também prateleira de montagem de topo 140 e placa superior 170, mostradas nas figuras 2 a 4. A mesma descrição relativa à placa da parte inferior
30 120 e prateleira de montagem da parte inferior 130 se aplica à prateleira de montagem de topo 140 e placa superior 170. A placa superior 170 pode ser

também um substrato semicondutor. No entanto, qualquer conjunto de circuitos pode ser externo à placa superior 170, também. A prateleira de montagem de topo 140 pode ser também integrada dentro da placa de topo 170. A prateleira de montagem de topo 140 pode ser presa à prateleira de montagem da parte inferior 130 com parafusos 132, porca de prender 122 é presa à placa da parte inferior 120. A placa superior 170 é presa na placa da parte inferior 172 via parafuso 172 e porca de prender 122, como mostrado na figura 2. O codificador rotativo 1 pode ser preso a outro dispositivo via parafusos de montagem 124. As configurações descritas com respeito a parafusos 132 também podem aplicar-se a porcas de prender 122, parafusos de rosca 172, e parafusos de montagem 124. Como mostrado nas figuras 3 e 4, a prateleira de montagem de topo 140 pode ser uma única peça de material. Isto permite a modalidade da prateleira de montagem de topo 140, mostrada nas figuras 3 e 4, expandir termicamente de uma maneira uniforme. O mesmo se aplica à prateleira de montagem da parte inferior 130. Em uma versão alternativa, a prateleira de montagem de topo 140 e a prateleira de montagem da parte inferior 130 podem ser feitas cada uma delas de peças múltiplas.

Adicionalmente, o codificador rotativo 1 não é limitado a qualquer forma particular. O codificador rotativo 1 pode ser circular, retangular, ou conformado especificamente para um certo dispositivo ou aplicação. Também, os termos "topo" e "parte inferior" são usados aqui somente para facilitar a descrição do codificador rotativo 1. Assim, o codificador rotativo 1 pode ser usado em qualquer orientação.

No exemplo particular das figuras 1-4, a roda de entrada 10 inclui dentes 12 na engrenagem 11. A roda de entrada 10 inclui também abertura 14, que pode ser usada com sensores para prover um meio para monitorar o número de rotações da roda de entrada 10. A tampa de bloqueio 16 é presa à roda de entrada 10. Como mostrado na figura 3, quando a tampa de bloqueio 16 está no lugar, qualquer movimento da roda de entrada 10 é restringida pelo contato da tampa de bloqueio 16 com o suporte de montagem de topo 140. A tampa de bloqueio 16 pode ser incluída sempre que o codifi-

gador rotativo 1 é para ser manipulado ou embarcado, e então removida uma vez que um eixo de entrada está pronto para engatar no codificador rotativo 1.

5 A roda de contagem de tempo 20 inclui a engrenagem 21 e pinhão 25. A engrenagem 21 inclui os dentes 22. O pinhão 25 inclui os dentes 26. A roda de contagem de tempo 20 contém também rasgos de contagem de tempo 28. Nesta modalidade, os rasgos de contagem de tempo 28 são projetados como furos que se estendem da superfície superior da engrenagem 21 para a superfície da parte inferior da engrenagem 21 e os rasgos de
10 contagem de tempo 28 são projetadas como seções arqueadas que parecem como retangulares. No entanto, é entendido que estes elementos possam ter qualquer forma. Os rasgos de contagem de tempo 28 podem ser também linhas de pintura, imãs embutidos, ou qualquer outra estrutura capaz de ser detectada. Os rasgos de contagem de tempo 28 podem também
15 não estar presentes e, ao invés, outros dispositivos podem executar a função de rasgos de contagem de tempo 28. Por exemplo, os dentes na engrenagem 21 podem ser feitos de um composto férreo e incluir um número suficiente para corresponder às marcas de contagem de tempo desejadas. Uma ponteira magnética colocada perto da engrenagem 21 pode sentir cada den-
20 te 22 que gira próximo à ponteira magnética. A roda de contagem de tempo 20 representa só uma modalidade de um mecanismo de contagem de tempo que pode ser usada com a presente invenção.

A roda de contagem de tempo 20 inclui também seções de codificação 24, que na presente modalidade são projetadas como furos arqueados que se estendem desde a superfície de topo do pinhão 25 através da
25 parte inferior da engrenagem 21. A figura 1 ilustra seções de codificação 24 como terminando em bordas retas em linha com raios se estendendo radialmente desde o centro da roda de contagem de tempo 20. As seções de codificação 24 podem ser também seções arqueadas que terminam em bordas côncavas semelhantes às bordas côncavas dos e intervalos 132 e inter-
30 valos 142. As seções de codificação 24 são mostradas como dividindo o anel interno 27 da roda de contagem de tempo 20 em oito partes. No entanto,

as seções de codificação 24 podem ser projetadas para dividir o anel interno 27 pela metade, em quartos, dezesseis avos, ou qualquer outra fração $1/2^n$

Na versão ilustrada da figura 1, a roda de codificação 30 inclui a engrenagem 31, que inclui os dentes 32 e pinhão 35, que inclui os dentes 36. A roda de codificação 30 tem um anel interno 37, que contém a seção de codificação 34, e um anel externo 39, que contém a seção de codificação 38. As seções de codificação 34 e 38 se estendem desde a superfície de topo da roda de codificação 30 até a superfície da parte inferior da roda 30. A seção de codificação 38 tem uma forma arqueada contínua que ocupa uma metade do anel externo 39. A seção de codificação 34 inclui duas seções arqueadas diferentes, a seção 34a e a seção 34b, as quais ocupam cada uma um quarto do anel interno e são igualmente espaçadas uma da outra. A seção 34a começa no mesmo raio radial como 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, como as seções de codificação da figura 5. A orientação assimétrica das seções de codificação pode facilitar a colocação de sensores redundantes na placa da parte inferior 120 em localizações que não serão bloqueadas por partes de seção que não são de codificação das rodas de codificação.

A roda de codificação 40 inclui a engrenagem 41, que inclui os 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 a seção de codificação 44, e um anel externo 39, que contém a seção de codificação 38. As seções de codificação 44 e 48 se estendem desde a superfície superior da roda de codificação 40 até a superfície da parte inferior 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 como seção de codificação 48. A se-

ção 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 quaisquer das rodas de codificação seja idêntica a qualquer outra roda de codificação. Quando os termos "anel interno" ou "anéis internos" são usados, é feita referência aos anéis internos 37, 47, 57, 67, 87, 97, 107, e 117 de cada uma das rodas de codificação 30 a 110. Somente os anéis internos da roda de contagem de tempo 20 e as rodas de codificação 30 e 40 são realmente numeradas na figura 1. Quando os termos "anel exteno" ou "anéis externos" são usados, é feita referência aos anéis externos 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99, 109, e 119 de cada uma das rodas de codificação 30 a 110. Somente os anéis externos das rodas 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 referência às seções de codificação 24, 34, 38, 44, 48, 54, 58, 64, 68, 74, 78, 84, 88, 94, 98, 104, 108, 114, e 118 da roda de contagem de tempo 20 e cada uma das rodas de codificação 30 a 110. Somente as seções de codificação da roda de contagem de tempo 20 e as rodas de codificação 30 e 40 são realmente numeradas na figura 1. Adicionalmente, as marcas de contagem de tempo 28 podem ser vistas como "seções de codificação". Os dados gerados pelas marcas de contagem de tempo 28 podem ser usados para a determinação de posição e/ou velocidade. Igualmente, os dados gerados pelas outras seções de codificação podem ser usados para a determinação de posição e/ou velocidade.

A engrenagem 11 da roda de entrada 10 engrena com o pinhão 25 da roda de contagem de tempo 20. A engrenagem 21 da roda de contagem de tempo 20 engrena com a engrenagem 31 da roda de codificação 30. O pinhão 35 da roda de codificação 30 engrena com a engrenagem 41 da roda de codificação 40. O pinhão 45 da roda de codificação 40 engrena com um pinhão intermediário 180. O pinhão intermediário 180 engrena com a engrenagem 51 da roda de codificação 50. O pinhão 55 da roda de codificação 50 engrena com a engrenagem 61 da roda de codificação 60. O pinhão

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

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

Proteções de luzes contra salpico de óleo (não ilustradas) podem salientar-se da prateleira de montagem da parte inferior 130 e prateleira de montagem de topo 140. A proteção contra salpico de óleo é disposta no anel concêntrico parcial ou completo entre os anéis internos e externos. Por exemplo, com a roda de codificação 30, a proteção contra salpico de óleo é disposta entre o anel interno 37 e o anel externo 39. A proteção contra salpico de óleo pode ser projetada para ter alturas variadas dependendo da distância entre a superfície da parte inferior da roda de contagem de tempo 20 e rodas de codificação 30 a 110, por um lado, e a prateleira de montagem da parte inferior 130. A proteção contra salpico de óleo fornece uma barreira de luz entre os sensores 160. A proteção contra salpico de óleo pode incluir anéis concêntricos construídos na prateleira de montagem da parte inferior 130, construídos nas rodas de codificação e roda de contagem de tempo 20, ou construídos na placa da parte inferior 120 e placa de topo 170. Alternativamente, barreiras poderiam ser formadas em torno dos sensores 160 individualmente, ou em torno dos detectores 162 e os emissores 164. As prote-

ções contra salpico de óleo podem ser anéis concêntricos ou picos, paredes, ou qualquer outra estrutura capaz de prevenir a interferência cruzada entre sensores diferentes 160.

O engate da roda de entrada 10, roda de contagem de tempo 5 20, e rodas de codificação 30 a 110 é ilustrada nas figuras 1-4 como estando em uma configuração de serpentina. Porém, aquela configuração pode ser variada para satisfazer diferentes projetos de codificador. Por exemplo, quando for desejável conformar o codificador rotativo 1 como um círculo, então as rodas podem ser dispostas em uma configuração em espiral. São 10 possíveis vários formatos de codificador rotativo 1 e numerosas configurações das rodas. A figura 5 ilustra alternativamente uma configuração conformada em U das rodas dentro de um formato semelhante ao codificador rotativo.

O codificador rotativo 1 pode ser também projetado em uma es- 15 trutura vinculada. A roda de entrada 10, roda de contagem de tempo 20, e rodas de codificação 30 a 110 são mostradas nas figuras 1-4 como sendo dispostas em um único nível. Alternativamente, o codificador rotativo 1 pode ser projetado para incluir rodas em múltiplos níveis. Na figura 1, cada roda é exclusivamente presa na prateleira de montagem da parte inferior 130. Po- 20 rém, rodas múltiplas poderiam ser montadas sobre um eixo único. Em uma modalidade, rodas de codificação 60 e 70, rodas de codificação 50 e 80, rodas de codificação 40 e 90, e rodas de codificação 30 e 100, respectivamente, poderiam ser dispostas no mesmo eixo. A roda de contagem de tempo 20 e a roda de codificação 110 poderiam ser dispostas no mesmo eixo. Para 25 um codificador rotativo até 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 várias configurações e combinações são possíveis.

A roda de entrada 10, roda de contagem de tempo 20, e rodas 30 de codificação 30 a 110 são mostradas como engrenagens de dentes retos. Porém, as rodas podem ser também engrenagens sem-fim, engrenagens cônicas, helicoidal de ângulo, hipóide, anular, cremelheira e pinhão, e en-

grenagens helicoidais. O codificador rotativo 1 ilustra uma modalidade onde as rodas de codificação têm uma rotação fixa. Alternativamente, um sistema de cremalheira e pinhão poderiam ser implementados onde a roda de contagem de tempo 20 e as rodas de codificação 30 a 110 não têm uma rotação fixa.

Referindo-se a modalidade particular mostrada nas figuras 1-4, os anéis internos e externos de rodas de codificação diferentes são posicionados na mesma distância do centro das rodas. Por exemplo, o anel interno 37 e a seção de codificação 34 estão à mesma distância do centro da roda 30 como o anel interno 47 e a seção de codificação 44 estão do centro da roda 40, embora a roda 40 tenha um diâmetro maior.

Portanto, o número de dentes 42 e dentes 36 podem determinar a redução de velocidade da roda 40 desde a roda 30. O mesmo se aplica para outras rodas. Porém, não é necessário que as seções de codificação das diferentes rodas de codificação sejam localizadas igual e radialmente.

A velocidade da roda de entrada 10 é determinada pela velocidade do dispositivo rotativo a ser monitorado. Por exemplo, na presente modalidade, a roda de contagem de tempo 20 gira aproximadamente 1,34 vezes mais rápido do que a roda de entrada 10. A roda de codificação 30 gira na mesma velocidade que a roda de contagem de tempo 20. A roda de codificação 40 gira a um quarto da velocidade da roda de codificação 30. A roda de codificação 50 gira a um quarto da velocidade da roda de codificação 40, que gira a um dezesseis avos da velocidade da roda de codificação 30. O mesmo pode se aplicar a outras rodas de codificação de tal forma que a roda de codificação 110 gira a um quarto da velocidade da roda de codificação 100, que gira à $1/65,536$ da velocidade da roda de codificação 30. Em alguns cenários, a roda de codificação 30 girará, mas não o bastante para causar a rotação da roda de codificação 110. Em modalidades alternativas, rodas de codificação adicionais podem ser adicionadas ao codificador rotativo 1. A velocidade das rodas de codificação adicionais pode ser calculada como $1/4^n$ da roda de codificação 30 (contando a roda de codificação 30 como $n=0$, a roda de codificação 40 como $n=1$, . . . a roda de codificação 110

como $n=8$, etc.). Modalidades particulares da invenção podem incluir uma roda de codificação com um número pequeno de bits para a roda de velocidade mais alta, mas permite aumentar números mais altos de bits por roda enquanto a velocidade relativa de roda de codificação diminui enquanto cresce o trem de roda.

5 Pode haver situações onde é desejável variar o número de dentes de roda a roda. Por exemplo, onde as rodas de codificação 40 e 60 não têm o mesmo número de dentes. Adicionalmente, em conjunto com a variação do número de dentes em uma engrenagem, a posição radial de uma
10 seção de codificação pode ser variada relativamente à outra roda para criar uma redução ou aumento de velocidade.

 As rodas podem ser feitas de qualquer número de materiais. Alguns exemplos representativos são aços, aços inoxidáveis, alumínio, outros metais, cerâmica, plásticos, vidro, e plásticos capeados com metal. Qualquer
15 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 emissores 164 são construídos na placa da parte inferior 120. Os intervalos 34 são
20 construídos na prateleira de montagem da parte inferior 130 para prevenir obscurecer os detectores 162 e emissores 164. No que refere-se a emissores 164 e detectores 162, estes podem ser fabricados na placa da parte inferior 120 via técnicas de fabricação de semicondutor, montando os emissores
25 164 e detectores 162 na placa da parte inferior 120, e inserindo os emissores 164 e detectores 162 através de furos na placa da parte inferior 120. É entendido que qualquer outra abordagem para prender os emissores 164 e detectores 162 à placa da parte inferior 120 é também abarcada pela presente invenção. Os intervalos 144 (figura 4) são construídos na prateleira de
30 montagem de topo 140 e têm os mesmos intervalos de função 134. Embora não mostrado, o codificador rotativo 1 pode incluir também sensores, incluindo emissores e detectores, que são construídos na superfície da parte infe-

rior da placa superior 170. Para cada detector 162 construído na placa da parte inferior 120, um emissor pode ser disposto diretamente em cima. Para cada emissor 164 construído na placa da parte inferior 120, um detector pode ser diretamente colocado em cima. Os intervalos 144 na prateleira de montagem de topo 140, mostrados na figura 4, previnem qualquer bloqueio de emissores e detectores pela prateleira de montagem de topo 140. Os sensores, detectores, e emissores localizados na superfície da parte inferior da placa superior 170 são tipicamente idênticos aos sensores 160, emissores 164, e detectores 162 que estão diretamente localizados em cima. Como tal, para facilidade de discussão aqui, quaisquer componentes correspondentes localizados em cima da placa 170 que são substancialmente semelhantes aos componentes localizados na placa da parte inferior 120, embora não mostrado nas figuras, receberá o mesmo número de referência seguido por uma marca tipo linha (') (por exemplo, detector 160 e detector 160').

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

30 Os sensores 160/160', inclusive emissores 164/164' e detectores 162/162', podem ser descritos como um conjunto de pares de sensor ou como um conjunto duplo de sensores. O mesmo se aplica às formas especifi-

cas de sensores 160/160' e 160'/160" (isto é, sensores 161, 161', 163, 163', 165, 165', 169, e 169'). Ao invés de ver o emissor 164 e detector 162 como um par, e emissor 164' e detector 162' como um segundo par oposto, o emissor 164 e detector 162' podem ser vistos como um par, e o emissor 164' e o detector 162 podem ser visto como um segundo par paralelo. O segundo par, embora visto, pode prover detecção duplicada. Esta redundância habilita o codificador rotativo 1 ser altamente tolerante à falha. Por exemplo, se um tal par falhasse, o codificador rotativo 1 ainda seria operacional. O codificador pode operar também com uma variedade de sensores ativados, dependendo de qual, se algum, componente de sensor ou sensor pode ter falhado.

Em uma modalidade particular, a localização de um emissor 164 e detector 162 de um sensor é aquela localização que dá ao sensor 160 (e correspondente sensor 160') a tolerância de colocação mais ampla e mais simétrica possível. As localizações nas quais muda o valor de código para um sensor, deixa tanto espaço na direção horária (DH) quanto na direção anti-horária (DAH) antes que o valor do bit mude novamente. Esta abordagem é ilustrada na figura 1. Em uma modalidade particular, isto resulta em colocações de sensor assimétricos com assimetria correspondente em pontos de mudança de código.

Em uma modalidade alternativa, um emissor 164 pode ser deslocado com respeito a um detector 162. Os valores decodificados resultantes primeiro e deslocado podem então ser comparados para assegurar que a 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 uma ou outra modalidade, desde que a colocação esteja dentro dos limites da lógica de bit-v e anti-jogo morto e dentro dos limites das tolerâncias mecânicas permissíveis dos componentes, os códigos resultantes serão idênticos.

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

161', 163', e 165' poderiam, cada um, ter um único detector correspondente sem qualquer redundância.

Os vários sensores são associados com marcas de contagem de tempo 28. O sensor 169, mostrado na figura 1, inclui pelo menos um emissor 5 164 e pelo menos um detector 162. O sensor 169' localizado na placa de topo 170 é colocado diretamente sobre o sensor 169 e inclui pelo menos um emissor 164' e pelo menos um detector 162'.

Em uma modalidade particular, os sensores correspondentes localizados na parte inferior 120 e placa de topo 170, podem ser ativados 10 respectivamente uma roda de cada vez. Alternativamente, todas ou algumas das rodas podem ser ativadas de uma vez. A parte inferior de cada roda é tipicamente ativada primeiro, seguido pelo lado de topo de cada roda. Em uma modalidade particular, emissores individuais dos sensores 160/160' podem ser ativados. Os vários sensores 169/169' para monitorar marcas de 15 contagem de tempo 28 são continuamente ativados, como discutido em mais detalhe abaixo. No que se refere às rodas de codificação 30 a 110, os emissores 164 dos sensores 161, 163, e 165 podem ser ativados. Se o codificador rotativo 1 está na posição mostrada na figura 1, então cada um dos detectores 162' dos sensores 161', 163', e 165' recebe um sinal dos emissores 164 correspondentes. Porém, o codificador rotativo 1 poderia ser posi- 20 cionado de tal forma que somente os detectores 162' dos sensores 161' e 163', 161' e 165', 163' e 165', 161', 163', e 165', ou nenhum destes sensores, recebam um sinal.

Não importando a posição do codificador rotativo 1, os detectores 25 162 receberão um sinal quando os emissores 164 forem ativados. Em uma modalidade particular, os emissores 164 e detectores 162 são capazes de comunicação direta tanto verticalmente quanto lado a lado. Então, quando três emissores 164 forem ativados, três detectores 162 devem receber um sinal e três detectores 162' podem receber um sinal se uma abertura na 30 roda codificadora (isto é, e seção de codificação) está localizada entre um emissor 164 e um detector 162'. Então, são gerados 6 bits de dados.

Do mesmo modo, quando os emissores 164' dos sensores 161',

163', e 165' localizados na placa de topo 170 são ativados, são gerados 6-bits de dados. Os detectores 162' dos mesmos sensores são ativados, como também, os detectores 162 dos sensores 161, 163, e 165 no lado inferior do codificador rotativo 1. Os sensores 161, 163, e 165 da roda de codificação 30 podem ser ativados. Então, os sensores 161', 163', e 165' da roda de codificação 30 podem ser ativados. Este padrão de ativação de sensor alternada pode continuar relativamente às rodas de codificação 40 a 110.

Com relação à roda de contagem de tempo 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 de sensores 169 e 169' estão 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 têm ambos um emissor e um detector. Em uma modalidade particular, somente um emissor do sensor 169 é ativado a cada vez.

O primeiro detector 162a e o segundo detector 162b podem ser posicionados de forma que quando uma marca de contagem de tempo 28 estiver presente sobre o primeiro detector 162a, uma marca de contagem de tempo 28 não está presente sobre o segundo detector 162b. Isto é ilustrado na figura 1, onde o detector 162a e o emissor opcional 164 são visíveis, mas o detector 162b não é visível.

Alternativamente, cada um dos sensores 169 e 169' poderiam ter tanto um emissor quanto um detector, e a característica de transmissão direta lado a lado poderia ser desabilitada. Aquela característica poderia ser desabilitada usando um tipo diferente de sensor ou colocando uma barreira em torno das extremidades dos detectores 162 e 162' e/ou emissores 164 e 164'.

Os sensores 169 e 169' podem incluir também 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 a uma distância suficientemente distante do primeiro detector

162a tal que o primeiro detector 162a não receba um sinal de luz quando o emissor 164 é ativado. Em uma modalidade alternativa, os emissores 164, o primeiro emissor 164a', e o segundo emissor 164b' podem ser alternadamente ativados.

5 Os sensores 160 e 160' fornecem três níveis de redundância. Primeiro, se quaisquer um dos emissores 164' e 164, e detectores 162' e 162 falham, os sensores 160 e 160' ainda serão operacionais. Por exemplo, se falha o emissor 164 do sensor 161 da roda de codificação 80, então o sensor 161 ainda será operacional porque o emissor 164' do sensor 161'
10 ainda é capaz de se comunicar com o detector 162 do sensor 161.

O segundo nível de redundância vem de uma função de autoteste embutida. Colocando um detector 162 adjacente a um emissor 164 provê um autoteste. Ainda que não exista um caminho de luz livre devido à posição de uma roda de codificação, o detector 162 receberá um sinal quando o e-
15 missor 164 for ativado. Se o detector 162 não recebeu um sinal, então cada um ou ambos, o emissor 164 e detector 162 (ou o conjunto de circuitos e processamento acompanhante) estão funcionando mal. Uma vez que uma roda de codificação se moveu para uma posição onde existe um caminho de luz livre, então se o detector 192 não está recebendo um sinal, é provável
20 que o emissor 164 está funcionando mal. A viabilidade dos detectores 162' e 164 pode ser determinada ativando o emissor 164'. Lógica semelhante se aplica se o detector 164, detector 162', ou emissor 164' começa funcionando mal, ao invés do emissor 164.

O processador 150 levará em conta quaisquer componentes
25 com falha, como um emissor 164 ou um detector 162', quando determinando que a posição é identificada pelos sensores 160 e 160'. Por exemplo, se o detector 162 do sensor 163 adjacente à roda de codificação 80 deve falhar, então o processador 150 pode compensar pelo fato de que os sensores 163 e 163' não detectam um caminho de luz bloqueado no mesmo ponto na ro-
30 tação 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 adjacente 164 para determinar se o detector 162 está

operacional. O emissor 164' pode ser testado pelo detector adjacente 162' para determinar se o emissor 164' é a fonte do problema. Se o emissor 164' e 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 caminho de luz entre o emissor 164' e o detector 162. Também, se o detector 162 falhou, então o processador 150 pode avaliar as posições das rodas de codificação 30 a 70, e 90 a 110, para determinar se o anel externo 89 está de fato bloqueando o detector 162 que funciona mal.

Uma terceira redundância pode ser fornecida por quaisquer dos sensores 160 e 160' utilizando decodificação de Viterbi. Por exemplo, tanto a saída de sensor 163 quanto a saída do sensor 165 podem ser utilizadas para gerar um bit de Viterbi (bit-v). Se um sensor 160 ou sensor 160' não é operado para produzir um bit-v, então o sensor 160 ou 160' é utilizado para produzir um bit de dados. Em uma modalidade particular, os sensores 165 e 165' são utilizadas para gerar o bit-v. O algoritmo de decodificação de Viterbi é uma técnica de correção de erro à frente. O bit-v prove dados redundantes que podem ser usados para decodificar com precisão as posições dos outros 2-bits. Nesta modalidade, os sensores 161 e 161' podem prover 1-bit de dados e os sensores 163 e 163' podem prover o segundo-bit de dados. Usando um bit-v, o deslocamento angular dos sinais gerados pelos sensores 161 e 161' e sensores 163 e 163' podem ser tanto quanto +/- 22,5 graus desde a posição ótima sem causar um erro de codificação. Então, ainda que um sinal seja recebido com um deslocamento, a posição verdadeira da roda ainda será indicada. O bit-v em uma roda de codificação esclarece também a posição verdadeira de uma roda de codificação adjacente. Por exemplo, o bit-v da roda de codificação 30 ajuda a esclarecer a posição verdadeira da roda de codificação 40.

A decodificação de Viterbi não é o único algoritmo de decodificação que as rodas de codificação 30 a 110 podem ser projetadas para implementar. Outros algoritmos satisfatórios para uso com a presente invenção inclui, por exemplo, a decodificação sequencial, a codificação Reed-Solomon, e a codificação turbo. Outra alternativa para a decodificação de

Viterbi é a contagem de engrenagem.

No codificador rotativo 1, os sensores 165 que geram bit-vs são deslocados dos sensores 161 e 163. Alternativamente, o sensor 165 pode ser disposto em linha com um sensor produtor de bit de dados 163 ou 161. A
5 figura 5 ilustra uma versão de um codificador absoluto (codificador rotativo 2) onde o sensor de bit-v 2165 é posicionado em linha com um sensor de bit de dados 2161 e é deslocado de um sensor de bit de dados 2163. Como visto com referência à roda de contagem de tempo 2020, o sensor de bit-v 2165 pode ser também posicionado para detectar a seção de codificação 2034 no
10 anel interno 2027. Sensores de bit-v 2165 podem ser posicionados para detectar os anéis internos de qualquer uma ou de todas as rodas de codificação 2030 a 2110. Então, os sensores 161 ou sensores 2161 poderiam também ser um bit-v.

O codificador rotativo 2, mostrado na figura 5, opera semelhante
15 temente ao codificador rotativo 1, com exceção de algumas poucas diferenças. A roda de entrada 2010 tem um número diferente de dentes. A seção de codificação 2024 divide o anel interno 2027 pela metade ao invés de em quartos. Adicionalmente, um sensor 2165 é incluído no mesmo anel concêntrico como o sensor 2161. A roda de contagem de tempo 2020 inclui um pinhão 2025, em um ou outro lado do qual está um pinhão intermediário 2180.
20

A roda de codificação 2030 inclui a engrenagem 2031, tendo dentes 2032, e pinhão 2035, tendo dentes 2036. A roda de codificação 2030 tem um anel interno 2037, que contém a seção de codificação 2034, e um anel externo 2039, que contém a seção de codificação 2038. As seções de
25 codificação 2034 e 2038 se estendem desde a superfície superior da roda de codificação 2030 até a superfície da parte inferior 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 seções arqueadas diferentes, a seção 2034a e a seção 2034b, cada uma
30 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 dire-

tamente oposto da seção 2034a.

A roda de codificação 2040 inclui a engrenagem 2041, tendo dentes 2042, e pinhão 2045, tendo dentes 2046. O pinhão 2045 é montado no lado inferior da roda de codificação 2040. Na versão da figura 5, o pinhão 2045 é visível através da roda de codificação 2040. A roda de codificação 2040 tem seções de codificação 2044 e 2088, semelhante à roda de codificação 2030. Para propósitos de descrição, somente as seções de codificação da roda de contagem de tempo 2020 e roda de codificação 2030 são etiquetadas 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 rotativo 2 da mesma maneira como usado com referência ao codificador rotativo 1.

A roda de entrada 2010 engrena com o pinhão intermediário 2180, que por sua vez engrena com o pinhão 2025 da roda de contagem de tempo 2020. O pinhão 2025 engrena com pinhão intermediário 2180, que por sua vez engrena com a engrenagem 2031 da roda de codificação 2030. O pinhão 2035 da roda de codificação 30 engrena com a engrenagem 2041 da roda de codificação 2040, e assim por diante através da roda de codificação 2110. As rodas de codificação 2030 a 2110 engrenam de uma maneira semelhante às rodas de codificação 30 a 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 configuradas para ficar no mesmo plano como os pinhões da roda de contagem de tempo 2020 e rodas de codificação 2040, 2060, 2080, e 2100. Os pinhões das rodas de codificação 2030, 2050, 2070, 2090, e 2110 podem ser dispostos no mesmo plano como as engrenagens das rodas de codificação 2040, 2060, 2080, e 2100.

Referindo-se ao codificador rotativo 1, os sensores 160 e 160' proveêm uma indicação da posição absoluta do eixo de entrada que gira a

roda de entrada 10. Como ilustrado, o codificador rotativo 1 é um codificador absoluto de 18-bits. Então, o codificador rotativo 1 é capaz de indicar 262,144 posições. Claro, nem todas as posições precisam ser usadas. O codificador rotativo 1 pode ser escalado para cima ou para baixo somando ou eliminando rodas e sensores à extremidade do trem ou dela. Três sensores 160 e 160' podem ser providos por roda. Alternativamente, somente um ou dois conjuntos de sensores 160 e 160' pode ser provido por roda ou na última roda na cadeia, desde que os sensores são posicionados para atuar como os bits da próxima ordem mais alta no valor codificado. O codificador rotativo 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 rotativo 1 pode também ter somente uma única roda de codificação de posição e um mecanismo de detecção de velocidade separada, tal como uma roda de contagem de tempo. Adicionalmente, cada uma das rodas de codificação podem ter qualquer número de seções de codificação e correspondentes sensores 160 e 160'. O codificador rotativo 1 pode ser qualquer projeto de codificador que utiliza sensores 160 e 160'.

Como discutidos acima, os sensores 160 e 160' podem comunicar quando uma seção de codificação for disposta entre os sensores, assim fornecendo um caminho de luz livre. Nos sensores 160, os detectores 162 produzem um valor lógico 0 quando um sinal é recebido e produz um valor lógico 1 quando um sinal não é recebido. Semelhantemente, nos 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. Então, quando uma seção de codificação for localizada entre o sensor 160 e o sensor 160', quando o emissor 164 for ativado, o processador 150 recebe duas entradas lógicas individuais: uma entrada do detector 162', que detecta posição, e uma entrada do detector 162, que conduz um autoteste. Uma vez que o 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 posição e uma entrada lógica do detector 162' conduzindo um autoteste. Se um anel interno ou externo bloqueia a comunicação

entre os sensores 160 e 160', então o processador 150 receberá uma entrada lógica 0 representando um valor de bit no código de posição e uma entrada lógica 1, representando um teste de sucesso de um emissor associado com este bit de posição. Por exemplo, quando o emissor 164 for ativado, o detector 162' será bloqueado para receber um sinal e transmitirá lógica 1. O detector 162 ainda receberá um sinal para direcionar transmissão lado a lado e, então, transmite lógica 0 ao 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 codificação deve estar presente. O mesmo resultado é alcançado quando um emissor 164' é ativado e um detector 162 envia um sinal de lógica 0. A presente modalidade usa 0 e sinais lógicos 0; porém, 0 e 5 volts, 1 e 5 volts, ou quaisquer outros sinais comuns de sensor ou combinações deles podem ser usados. Adicionalmente, os detectores 162 e 162' podem ser projetados de tal forma que a lógica 0 é gerada sempre que um sinal de luz não é recebido e 0 volts são gerados 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 volts for recebidos do detector 162' e o emissor 164 é ativado.

Em uma modalidade particular, o autoteste de um detector adjacente 162 por um emissor 164 é conduzido por transmissão direta do lado do emissor 164 para o detector 162. Por exemplo, o detector 162 pode ser localizado a 0,5 mm do emissor 164. Alternativamente, podem ser usados os sensores incapazes de transmissão direta lado a lado. E uma tal modalidade, um autoteste pode ser conduzido via refletância. Por exemplo, quando uma seção de codificação estiver presente entre os sensores 160 e 160', e o emissor 164 é ativado, somente o detector 162' receberia um sinal. Quando o emissor 164' é ativado, somente o detector 162 receberia o sinal. Isto permitiria a ambos os emissores 164 e 164' serem ativados ao mesmo tempo. Quando uma seção de codificação não estiver presente, tal que a luz seria bloqueada entre os sensores 160 e 160', os detectores 162 e 162' podem ser adaptados para receber sinais de luz refletidos. Naquele cenário, quando

o emissor 164 for ativado, a luz pode ser refletida fora da superfície da parte inferior de um anel interno ou externo. O detector 162 pode receber uma parte da luz refletida. O detector 162 pode ser projetado para transmitir lógica 0 se qualquer luz é recebida. O detector 162 pode ser projetado para transmitir uma voltagem comparável à intensidade da luz recebida. Então, quando uma seção de codificação estiver presente, o detector 162 pode receber uma intensidade de sinal de luz relativamente alta direto do emissor 164' localizado diretamente acima do detector 162. Quando uma seção de codificação não estiver presente, então o detector 162 pode receber um sinal de luz de intensidade relativamente baixa refletida do emissor adjacente 164.

Em outra modalidade, as seções de codificação podem ser pintadas nas rodas, ao invés de serem baseadas em seções recortadas das rodas. Em tal modalidade, nenhuma comunicação acontece entre os sensores 160 e 160'. Ao invés, o detector 162 recebe luz refletida do emissor 164. O mesmo se aplica ao detector 162' e emissor 164'. Por exemplo, se as rodas são não refletivas (por exemplo, pintadas de preto) e as seções de codificação são refletivas (por exemplo, pintadas de branco), ou vice-versa, então o detector 162' produzirá uma voltagem quando a luz reflete fora das seções de codificação e uma voltagem diferente quando a luz reflete fora de uma seção não codificada. Adicionalmente, os sensores 160 e 160' podem ser localizados nos mesmos lados de uma roda de codificação.

Os sensores 160 e 160' foram descritos com respeito a sensores ópticos. Porém, é entendido que numerosos outros sensores possam 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 ou absolutos podem ser usados com a presente invenção. As seções de codificação podem incluir também qualquer material ou configuração que seja compatível com o sensor selecionado.

O processador 150 pode ser também projetado para gerar alarmes. Se um detector 162, emissor 164, detector 162', emissor 164', detector 162a, detector 162b, emissor 164a', ou emissor 164b' falhar, o processador

150 pode prover dar partida a um alarme. Alarmes variados podem ser providos para níveis diferentes de prioridade de falha. Em situações extremas, o processador 150 pode ser projetado para forçar a paralisação do atuador de válvula ou outro equipamento rotativo monitorado pelo codificador rotativo 1.

- 5 Alarmes podem ser expressos de numerosos modos, como, por exemplo, alarmes visuais (tais como flash de luz ou uma mensagem de LCD no painel de controle de um atuador de válvula ou em uma estação de controle) alarmes audíveis, ou advertências escritas.

10 No sensor 160 e 160', se os emissores 164 e 164' e detectores 162 e 162' não estão funcionando corretamente, então os bit de dados ou bit-v gerados serão declarados inválidos. Os valores de bit inválidos podem ser julgados por seu impacto no desempenho do atuador de válvula ou outro equipamento rotativo monitorado pelo codificador rotativo 1, baseado no valor decodificado do bit falhado e o tempo de curso. Os valores do bit inválidos podem ser também avaliados baseado no número de bits que falhou.

15 O tempo de curso para um atuador de válvula é o tempo que leva para uma válvula ir de uma posição aberta até uma posição fechada, ou vice-versa. O tempo de curso para outro equipamento rotativo é o tempo que ele leva para o equipamento rotativo ir de uma primeira posição até uma segunda posição. Por exemplo, para um carretel industrial, o tempo de curso é o tempo que leva para o carretel ir de completamente enrolado para completamente desenrolado. Quando o tempo de curso é grande, um único bit corresponde somente a uma porcentagem pequena do tempo de curso global. Então, uma falha de um único bit não é provavelmente crítico e prover um

20 alarme ou advertência, ao invés de forçar uma paralisação da máquina, pode ser suficiente para tal aplicação. Se o tempo de curso é pequeno, uma falha em um único bit pode indicar uma divergência grande entre a posição real e a posição indicada pelo codificador rotativo 1. Portanto, para tempos de curso pequenos, uma falha de bit único pode ser suficiente para forçar a paralisação do equipamento rotativo além de prover um alarme ou advertência.

25 30 A importância de uma falha de bit pode depender de que parte do tempo de curso pode ser representada pela falha de bit para uma dada aplicação. Em

uma modalidade particular, o usuário pode ser capaz de configurar o limite permissível para perda de precisão, abaixo de que a característica BIST proveria somente um alarme ou advertência, mas além da qual a característica de BIST forçaria uma paralisação segura da máquina e proveria também um

5 alarme ou advertência.

Para equipamento rotativo que não tem uma predeterminada primeira e segunda posição, o tempo de curso não pode ser fixado. Os exemplos de tal equipamento rotativo inclui o volante de uma motor ou o eixo principal de uma turbina. Um codificador rotativo da presente invenção pode

10 ser usado com qualquer tipo de equipamento rotativo também.

Como mencionado previamente, se ambos os detectores 162 e 162' dos sensores 160 e 160' são verificados como operacionais por autotestes, mas o detector 162 não está recebendo um sinal enquanto que o detector 162' está recebendo um sinal, então uma verificação das posições das

15 outras rodas pode ser usada para confirmar a posição da roda em questão. Naquele cenário, os bits de dados gerados pelos sensores 160 e 160' são de fato válidos, mas metade dos sensores 160 e 160' são bloqueados por um anel interno ou externo. As operações de lógica viterbi podem render código de posição idênticos tanto do sensor primário quanto do conjunto de sensor

20 redundante (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 do codificador rotativo 1 falhou. Por exemplo, se um dos dentes em uma roda de codificação é ciza-

25 lhado para fora, a posição atual indicada pelos sensores 160 e 160' não pode bater com a posição antecipada baseada em dados prévios providos pelos sensores 160 e 160'. Então, embora os sensores 160 e 160' estejam trabalhando corretamente, eles não estão indicando uma posição correta. O processador 150 ou algum outro processador pode prover correção para

30 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 perder posições durante cada revolução. então, a posição da válvula indi-

cada por todas as rodas de codificação não mais corresponderá comprecisão à posição da válvula. Aparecerá como se a válvula saltasse para outra posição. Em uma versão, o processador 150 pode procurar por descontinuidades na posição da válvula indicada pelas posições das rodas de codificação. Alternativamente ou adicionalmente, a roda de contagem de tempo 20 pode ser utilizada como um codificador incremental para verificar a posição das rodas de codificação. O processador 150 (ou qualquer outro processador satisfatório) pode então recalcular a posição da válvula, levando em conta o erro introduzido pela roda de codificação 60. O processador 150 poderia gerar também um alarme e/ou instigar uma paralisação segura se a falha é de uma magnitude séria.

Qualquer falha do codificador rotativo 1 que resulta em uma indicação descontínua da 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 ambos um emissor e um detector, respectivamente. Alternativamente, o sensor 160 pode ser configurado para ter somente um emissor e o sensor 160' pode ser configurado para ter somente um detector. Em outras modalidades, o sensor 160' não pode estar presente no codificador rotativo 1. A figura 2 mostra o sensor 160 como tendo emissores e detectores múltiplos. 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 correspondente 162', 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 e primeiro emissor 164a', ou para dobrar eficazmente 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 rotativo para prover dados de velocidade e posição tolerantes à falha.

As figuras 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 podem ter qualquer numero 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 providos para cada anel. Então, 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 necessária para permitir ao sensor 160 e 160' comunicar-se um com o outro. 10 Adicionalmente, um suficiente intervalo entre os anéis deveria ser provido para limitar a interferência cruzada entre sensores no mesmo lado. Por exemplo, um intervalo é provido para manter um detector 162 de um sensor 161 de registrar um sinal de um emissor 164 de um sensor 163. No entanto, 15 outras técnicas diferentes de intervalos, tais como o uso proteção contra salpico de óleo discutida acima, pode ser usada para limitar a interferência cruzada e permitir menores diâmetros de roda de codificação.

Qualquer número de rodas de codificação pode ser adicionado aos codificadores da presente invenção. Por exemplo, o codificador rotativo 20 1 pode prover dados de posição para um atuador de válvula de velocidade comum com um tempo de curso de uma hora. Adicionando mais rodas de codificação iria prover mais bits de dados e aumenta o tempo de curso que pode ser usado pelo codificador rotativo 1. Claro, o codificador rotativo 1 pode ser também usado com atuadores de válvula e outro equipamento rotativo 25 que tem um tempo de curso de menos do que uma hora. O codificador rotativo 1 pode também ter menos rodas de codificação que aquelas mostradas nas figuras 1-4.

Adicionalmente, o codificador rotativo 1 pode ser um codificador absoluto de roda única ou codificador incremental de roda única. Naquelas 30 modalidades, os sensores 160 e 160' podem incluir emissores e detectores múltiplos, assim provendo autoteste embutido e operação tolerante a falha. Portanto, um conjunto de sensores 160 e 160' podem ser seções de codifi-

cação de monitoração múltipla, tal como marcas de contagem de tempo 28 ou seção de codificação 34, ou um conjunto de sensores 160 e 160' pode estar monitorando uma seção de codificação única, tal como a seção de codificação 38.

5 Adicionalmente, a roda de contagem de tempo 20 pode ser usada como um codificador incremental junto com as funções de codificação absoluta do restante do codificador rotativo 1. Por exemplo, uma modalidade de codificador incremental particular pode ser escalada de tal forma que a taxa de pulso incremental casa exatamente com a taxa de contagem da parte absoluta do codificador. Deste modo, o codificador incremental pode ser usado para obter dados de posição enquanto o atuador está operando. Quando o motor parar, a contagem incremental final, somada ao código de posição absoluta no começo do monitoramento, deve casar exatamente com a nova posição codificada absoluta.

10 Se a posição indicada pela roda de contagem de tempo 20 (funcionando também 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 codificação não está funcionando corretamente. Então, alarmes ou advertências podem ser gerados. Em uma modalidade particular, naquele cenário, um codificador rotativo pode contar com o codificador incremental até que o codificador rotativo seja consertado.

15 Codificadores rotativos 1 e 2 são projetados para usar codificação Gray; no entanto, codificação binária pode ser usada também. O uso de bits-v e sensores duplicados provê que os codificadores rotativos 1 e 2 nunca diferirão por mais de um Bit menos Significativo [LSB], assim aumentando a confiança do usuário na confiabilidade dos valores do codificador.

20 A presente invenção pode ser usada com qualquer número de dispositivos rotativos que giram entre duas posições, como, por exemplo, um atuador de válvula, abridor de porta, ou um carretel. Em um atuador de válvula típico, um motor elétrico pode acionar a válvula via um conjunto de en-

grenagens. O eixo de saída do motor pode ser diretamente acoplado a um sem-fim. O sem-fim pode acionar um conjunto sem-engrenagem, que por sua vez aciona uma manga de acionamento ou eixo, que por sua vez eleva ou abaixa uma haste de válvula. Um segundo eixo pode também ser acionado pelo conjunto de sem-fim/engrenagem no sentido de acionar uma roda de entrada 10 de codificador rotativo I. Alternativamente, o atuador de válvula pode usar um conjunto de engrenagem diferente ou o eixo de saída do motor elétrico pode ser diretamente acoplado à haste de válvula sem um conjunto de engrenagem intermediária. Existem numerosas maneiras conhecidas na técnica de conectar codificadores rotativos de posição a dispositivos giratórios que podem ser usados com a presente invenção mas que não serão discutidas aqui. Em uma modalidade preferida, os codificadores rotativos 1 e 2 podem ser usados para executar diagnósticos em equipamento rotativo, tais como atuadores de válvula. Com respeito à função de diagnóstico, o codificador rotativo 1 será usado como um exemplo ilustrativo. No entanto, outros codificadores da presente invenção, como o codificador rotativo 2, poderia ser também usados. Adicionalmente, uma roda de contagem de tempo 20 poderia ser incorporada em qualquer codificador rotativo. A roda de contagem de tempo 20 poderia ser a roda de codificação de um codificador incremental ou de um codificador absoluto de roda única. Por exemplo, marcas de contagem de tempo 28 podem ser também usadas para a codificação de posição de um codificador absoluto. Alternativamente, como ilustrado na figura 1, a roda de contagem de tempo 20 pode incluir também seções de codificação separadas das marcas de contagem de tempo 28. Em outra modalidade, as marcas de contagem de tempo 28 podem ser uma parte de um padrão de codificação maior, como, por exemplo, o padrão de codificação de um codificador absoluto de roda única. Em uma modalidade particular, a roda de contagem de tempo 20 pode ser um codificador incremental separado das outras rodas de codificação ou em conjunto com elas. Naquela modalidade, as marcas de contagem de tempo 28 não somente são usadas para gerar dados de velocidade mas também gerar dados de posição incremental. As marcas de contagem de tempo 28, como as seções de codifica-

ção, podem tomar qualquer forma ou estrutura necessária para trabalhar com os sensores 160 e 160'. As marcas de contagem de tempo de 28 podem ser furos, linhas, ímãs embutidos, gravações, ou qualquer outra estrutura conhecida na técnica para uso com um codificador absoluto ou incremental.

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

Com respeito à análise de frequência, uma versão particular de executar análise de frequência (referida aqui também como análise de domínio da frequência) sobre dados de velocidade é inicialmente discutida abaixo, seguida pela discussão de modalidades de dados de não velocidade. Adicionalmente, para propósitos de ilustração, a roda de contagem de tempo 20 ou marcas de contagem de tempo 28 da roda de contagem de tempo 20 são freqüentemente referidas aqui como a fonte dos dados de velocidade. Em outras modalidades, qualquer tipo de sensor de velocidade, com ou sem um codificador rotativo de posição pode ser usado para diagnósticos (isto é, análise de frequência). Adicionalmente, a discussão relativa à análise de frequência de dados de velocidade é igualmente aplicável para outras versões de dados. Outras modalidades de dados podem incluir, por exemplo, dados de torque, dados de posição, dados de força, dados de ruído acústico, dados de corrente, dados de voltagem, dados de potência do motor, dados reativos de volt-ampère de motor, e dados de vibração. Os tipos numerosos de dados e de sensores podem ser utilizados na análise de frequência, como são conhecidas na técnica. A invenção cobre qualquer tipo de dados que podem ser gerados via sensores e um atuador de válvula ou outro equipamento rotativo.

Embora a discussão seguinte envolva o codificador rotativo 1, é entendido que a mesma discussão se aplique para o codificador rotativo 2. As marcas de contagem de tempo 28 na roda de contagem de tempo 20 podem então ser usadas para gerar dados de velocidade. Os sensores 169 e

169' podem registrar o comprimento de tempo que cada uma das marcas de contagem de tempo 28 é apresentada antes dos sensores. Este tempo de residência pode então ser usado precisamente para determinar a velocidade de dispositivos rotativos como atuadores de válvula. Os dados de velocidade podem ser usados para determinar a velocidade de um eixo de acionamento da roda de entrada 10. Frequentemente o eixo de entrada, por sua vez será fixado a outro equipamento rotativo, tal como a engrenagem sem-fim de um atuador de válvula. Portanto, as marcas de contagem de tempo 28 podem ser usadas para determinar a velocidade de outro equipamento rotativo, tal como uma engrenagem sem-fim.

Em uma modalidade particular, as marcas de contagem de tempo 28 são configuradas como furos igualmente espaçados e igualmente dimensionados na roda de contagem de tempo 20. Porém, quaisquer das modalidades de seção de codificação e modalidades de sensor previamente discutidas se aplicam também às modalidades de marcas de contagem de tempo 28 e modalidades de sensores 169 e 169', respectivamente.

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

A FT espera amostras de sinal para acontecer em intervalos de tempo regularmente espaçados. No entanto, devido aos valores de tempo de residência para os sinais de velocidade nesta invenção podem não serem constantes, um meio pode ser empregado para permitir a FT render informações úteis. Escolhendo um número suficientemente grande de pontos de dados, a vasta maioria dos quais são tomados enquanto a máquina está operando em estado de regime permanente, a média do tempo de residência do grande conjunto de dados pode ser usada como o tempo de residência 'regular' [t_d] para cada amostra de dados. Este tempo de residência 'regular' pode ser usado para escalar a escala frequência da FT resultante. (f_n (Hz) = $1/(t_d * N^{\circ}$ de amostras). Quando os dados de frequência estiverem

corretamente escalados, os dados proveêm um operador com informações suficientes para determinar as variações na velocidade que poderia ser associada com velocidades giratórias conhecidas dos vários componentes do trem de acionamento, e poderia indicar problemas existentes ou assomando

5 no trem de acionamento de um atuador de válvula ou outro equipamento rotativo. Por exemplo, um diagrama ou gráfico de freqüência de linha de base vs amplitude poderiam ser criados e salvos quando o equipamento é novo. Mais tarde, novos diagramas ou gráficos de freqüência vs amplitude poderiam ser criados e comparados aos diagramas ou gráficos de linha de base

10 se salvos. Se um pico correspondente a uma freqüência operacional de um dado componente aparecer em uma freqüência ou amplitude diferente da que previamente medida, então se torna claro que o componente associado com aquela freqüência está se comportando diferentemente de que quando novo, o que normalmente indicaria desgaste ou possível falha ou falha pen-

15 dente. Então, a manutenção apropriada pode ser executada em um tempo conveniente anterior à falha do componente. Adicionalmente, a análise de FT poderia ser programada para ocorrer automaticamente no processador 150, que seria programado ou configurado de tal forma que uma mudança na amplitude de um pico além de um limite configurado poderia ser usado

20 para gerar um alarme ou advertência automática ou forçar uma paralisação segura da máquina. Podem ser usados quaisquer métodos de dados de freqüência apropriadamente escalados, como conhecido na técnica.

Exemplos de análise de domínio da freqüência são incluídos nas figuras 6-8.

A figura 6 mostra um exemplo de uma diagnose limpa no domí-

25 nio da freqüência para um atuador de válvula ou um "bom" trem de acionamento. A figura 6 ilustra um pico a 45,9 Hz; no entanto, o pico, medindo 0,1% relativo à velocidade operacional do atuador (magnitude 100% A 26 rpm, ou 0,43 Hz) não é de uma magnitude suficiente para autorizar preocupação. A figura 7 mostra um exemplo de um atuador de válvula gerando vários sinais anticonvencionais no domínio de freqüência ou um trem de acio-

30 namento "ruim". A freqüência do sinal anticonvencional pode ser usada para identificar o componente de trem de acionamento tendo um problema. Na

figura 7, um eixo sem-fim ou engrenagem sem-fim está fora da tolerância. Por exemplo, o pico a 26,1 Hz indica um problema. No entanto, os picos a 52,5 Hz e 78,6 Hz são harmônicos do pico de 26,1 Hz.

O processador 150 ou o processador que executa a FT pode ser
5 projetado para gerar automaticamente os marcadores apropriados para os picos que são significativos (por exemplo, acima de um certo limite). Por exemplo, o processador pode incluir um programa projetado para casar picos atualmente gerados com a amplitude e frequência de picos previamente gerados. Naquela modalidade, se o processador é impossibilitado para identificar
10 um pico, então tal falha pode servir como uma advertência para um operador de um problema potencial. Alternativamente, os dados no domínio de frequência podem ser manualmente correlacionados com partes de um trem de acionamento do atuador de válvula. Um operador pode ser treinado para identificar e entender a relevância de diferentes picos. Por exemplo, se o codificador rotativo 1 está presente em um atuador de válvula, então a roda
15 de contagem de tempo 20 e sensores 169 e 169' podem ser usados para identificar a velocidade de um componente de trem de acionamento. Em uma modalidade particular, o eixo de entrada que aciona a roda de entrada 10 é, por sua vez, acionada por uma engrenagem sem-fim. Portanto, o sensor de velocidade pode ser usado para determinar a velocidade, e consequentemente a frequência, da engrenagem sem-fim. Então, baseado nas relações de engrenagem, as frequências dos outros componentes de trem de acionamento podem ser calculadas. As frequências de componente e quaisquer harmônicos poderiam então ser identificados em uma representa-
20 ção gráfica dos dados no domínio de frequência. Por outro lado, se um sensor de velocidade não está presente no atuador de válvula, mas a velocidade do eixo do motor real é conhecida, então aquela informação pode ser usada para gerar frequências de componente. Podem ser empregados vários tipos de medidas elétricas ou magnéticas da velocidade real do motor, deste
25 modo melhorando ainda mais a capacidade de diagnóstico do sistema como um todo. Na maioria dos casos, o pessoal de fábrica executaria a identificação manual acima. Portanto, usuários finais podem ser providos com gráfi-

cos e correlações de domínio de freqüência de amostra pré-etiquetada.

Em uma modalidade particular, as informações de construção para um atuador (relações de engrenagem, velocidade de motor, dentes por engrenagem, esferas por mancal, etc.) podem ser descarregadas para armazenamento em um pacote de eletrônica do actuator. Uma placade CPU a bordo pode então se referir às informações armazenadas e deduzir que parte do acionamento está causando a variação. Uma plotagem da FT pode ser diretamente exibida em uma tela de LCD do atuador, ou o conjunto de dados pode ser carregado para o sistema de administração de recurso de um operador para análise ou para laptop ou PDA de um técnico de serviço para transmissão para o escritório doméstico para análise detalhada.

A programação para coletar dados e/ou executar análise de freqüência pode ser armazenada em memória permanente, software, hardware, ou qualquer outro meio conhecido na técnica. Por exemplo, a programação de análise de freqüência pode ser armazenada na memória permanente de um atuador de válvula.

Adicionalmente, um operador pode identificar picos no domínio da freqüência simplesmente comparando uma análise atual com uma análise prévia. A análise prévia pode ser uma análise conduzida na fábrica. No entanto, podendo haver situações onde é desejável ou necessário identificar picos no domínio da freqüência independente de qualquer análise prévia. Por exemplo, na fase de projeto de um novo atuador de válvula, um engenheiro pode querer executar análise de freqüência em um novo protótipo para assegurar que nenhuma vibrações de redução da vida, ressonâncias e/ou harmônicos são inerentes no projeto do protótipo. Alternativamente, a análise de freqüência pode ser usada como uma ferramenta de inspeção pós-montagem pré-transporte para determinar se alguma parte do trem de acionamento mecânico foi fabricado com um defeito físico.

Um processador construído no codificador rotativo, ou construído dentro ou associado com o atuador de válvula ou outro equipamento rotativo, pode executar a FT. Uma tela, impressora, ou outro dispositivo de saída pode ser incorporado ao atuador de válvula para exibir os resultados em

uma forma de diagrama ou gráfico. Alternativamente, os dados de velocidade gerados por marcas de contagem de tempo 28 podem ser enviados para um computador distante, como PC de um operador, para executar a FT nos dados de velocidade e exibi-la em formatos mais amigáveis de usuário, ou
5 transmitir os dados da FT a técnicos que podem estar localizados no local ou fora dele.

Provendo mais amostras podem resultar em resolução de frequência mais fina depois da aplicação da FT para os dados de velocidade. Mais amostras podem ser fornecidas aumentando o comprimento de tempo
10 que as amostras são tomadas ou aumentando a taxa de amostragem. As figuras 8 a 15 ilustram gráficos gerados por dados tomados a 17 amostras por segundo. A figura 8 ilustra a resolução de análise de frequência de um atuador de válvula com um total de 128 amostras. A figura 9 ilustra os dados de velocidade da figura 8 antes de executar uma FT nos dados de velocidade.
15 A figura 10 ilustra a resolução de análise de frequência de um atuador 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 atuador 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.
20 A figura 14 ilustra a resolução de análise de frequência de um atuador de válvula com um total de 1024 amostras. Como pode ser visto, a resolução da análise de frequência melhora com um número crescente de amostras.

Qualquer tipo de análise de frequência conhecida na técnica pode ser usada com a presente invenção. Na modalidade particular sendo
25 descrita, A FT foi executada em dados de velocidade usando um numero de amostras igualando 2^n , onde n é qualquer número inteiro. Então, o número total de amostras é igual, por exemplo, a 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, etc. Portanto, se são tomadas 3500 amostras, só 2048 das amostras
30 podem ser usadas na FT. Em outras modalidades, a FT pode ser executada em amostras que não perfazem precisamente 2^n . Porém, naquelas modalidades, a fuga pode se tornar uma preocupação. Técnicas são conhecidas na

área para endereçar fuga.

Adicionalmente, em uma versão particular, a FT utiliza amostras que são tomadas em estado permanente. Portanto, a roda de contagem de tempo 20 é girada a uma velocidade relativamente constante. Quando o codificador rotativo 1 é incorporado dentro de um atuador de válvula acionado eletricamente, a roda de contagem de tempo 20 acelerará e desacelerará durante um período de tempo. Os dados de velocidade gerados durante a aceleração e desaceleração podem ser truncados, calculada a média, ou providos com janelas antes de executar a FT. Análise de frequência transiente é conhecida na técnica e pode ser aplicada, ao invés de truncar os dados.

O truncamento dos dados de velocidade pode ser executado por um algoritmo projetado para analisar os dados de velocidade antes do processamento da FT, a fim de remover quaisquer dados de aceleração ou desaceleração. Alternativamente, os dados de velocidade podem ser truncados para fazer o número de amostras compatíveis com o requisito da FT de 2^n .

FT, como a frase é usada aqui, engloba uma grande variedade de algoritmos, incluindo transformadas de Fourier rápida. FT, como usado aqui, cobre quatro famílias gerais de transformadas de Fourier: transformadas de Fourier contínua, séries de Fourier, transformada de Fourier de tempo discreto, e transformada de Fourier discreta. Existem também algoritmos de FT projetados para manipular aproximações e dados não uniformes. A transformada de Fourier discreta é mais comumente usada para processamento de sinal digital. A frase FT usada aqui engloba qualquer algoritmo compatível com os dados gerados.

O tempo de curso representa o tempo máximo durante o qual amostras podem ser tomadas. Por exemplo, com um atuador de válvula, o tempo que leva para uma válvula para mover-se da posição aberta para a posição fechada, ou vice-versa, é a quantidade máxima de tempo durante o qual podem ser acumulados os dados de velocidade. Uma válvula pode somente ser parcialmente movida e, então, somente uma fração do tempo de curso pode estar disponível para a amostragem de dados de velocidade. Um

caminho exemplificativo para aumentar o número de amostras de dados de velocidade geradas inclui aumentar a taxa de amostragem. A taxa de amostragem é governada pela velocidade da roda de contagem de tempo 20 e o número de marcas de contagem de tempo 28. O codificador rotativo 1 e 2
5 são capazes de taxas de amostragem muito mais altas do que 17 amostras por segundo.

Ainda outro caminho para aumentar o número de amostras de dados geradas inclui coletar dados em múltiplos cursos. Cada novo conjunto de dados pode ser ligado com a coleção de dados existentes até que a con-
10 ta de amostras seja suficientemente alta para permitir a operação nela com FT. Uma vez que o conjunto de dados está cheio, quaisquer novas amostras de dados podem substituir as amostras de dados mais antigas, deste modo mantendo um conjunto de dados mais frescos para análise. Os dados de velocidade ou posição podem ser armazenados, como em uma tabela de
15 dados, para tempo real próximo ou análise no domínio da frequência mais tarde.

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 Pulsação Incremental
20 iguala a taxa de amostragem em Hz. A velocidade DS é a velocidade de acionamento da manga de acionamento (DS) de um atuador de válvula. No entanto, a velocidade DS poderia correlacionar com um componente rotativo de qualquer dispositivo. O Conjunto Cônico Multiplicador de Velocidade representa o aumento de velocidade resultante da engrenagem conectando a
25 DS ao eixo de entrada que aciona a roda de entrada 10. O multiplicador da velocidade da roda de entrada 10 representa o aumento na velocidade resultante da engrenagem 11 da roda de entrada 10 e o pinhão 25 da roda de contagem de tempo 20.

Um exemplo de um componente rotativo de um dispositivo rota-
30 tivo é uma manga de acionamento de um atuador de válvula. O eixo de entrada poderia interconectar via um conjunto cônico a manga de acionamento para roda de entrada 10. Qualquer maneira de conexões conhecidas na téc-

nica pode ser utilizada para acionar a roda de entrada 10. Como um possível exemplo de amostragem de dados, se a manga de acionamento está girando a 200 rpm, e se o conjunto de cônico resulta em um aumento de velocidade aproximado de 4.8:1, então o eixo de entrada estaria girando à 960 rpm. Então, a roda de entrada 10 estaria girando a 960 rpm. A roda de entrada 10 aciona a roda de contagem de tempo 20. Se é utilizado aumentador de dentes retos de 51/38, então a roda de contagem de tempo 20 gira a aproximadamente 1288 rpm. 1288 rpm dividido por 60 iguala as rotações por segundo da roda de contagem de tempo 20. A roda de contagem de tempo exemplificativa 20, como ilustrado na figura 1, tem 32 marcas de contagem de tempo. Porém, somente deveriam ser usadas 16 marcas de contagem de tempo, então as rotações por segundo multiplicado pelo número de marcas de contagem de tempo produz uma taxa de amostragem (Frequência de Pulsação Incremental) de 343 amostras por segundo. No mesmo cenário, se a roda de contagem de tempo 20 tem 32 marcas de contagem de tempo, então a taxa de amostragem é aproximadamente 678 amostras por segundo. A frequência de Nyquist é metade da taxa de amostragem. A taxa de amostragem multiplicada pelo o tempo de curso, em segundos, iguala o número total de amostras que pode ser coletada durante um único curso cheio.

A figura 15 ilustra a interação do tempo de curso e a taxa de amostragem no cálculo da precisão da análise de frequência. Uma alternativa, se somente estão disponíveis dados de velocidade de corridas pequenas, é ligar em conjunto as corridas pequenas anteriores a executar a FT nos dados para aumentar a resolução de frequência.

A figura 15 foi construída usando uma Janela Hanning para prevenir distorções nos valores da frequência resultante causadas por descontinuidades no sinal de velocidade no começo e fim do conjunto de dados. Outras janelas possíveis incluem retangular, Blackman, Hamming, Kaiser, Exponencial, Topo Plano. 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.

Dados de frequência podem ser avaliados em uma base de caso a caso para determinar quais as localizações de picos e sugestões de magnitude com respeito a um atuador de válvula. Alternativamente, a análise de frequência pode ser comparada a assinaturas de análise de frequência conhecidas para determinar a saúde de um atuador de válvula ou outro equipamento rotativo.

As figuras 16 a 19 ilustram a análise de frequência representativa que pode ser usada para comparações. As figuras 18 e 19 ilustram as variações de velocidade que variam geralmente dependendo da velocidade rotativa do atuador de válvula ou outro dispositivo rotativo. Os dados para as figuras 16 e 17 foram gerados em um atuador que operou a 26 rotações por minuto (rpm) em estado permanente. Os dados para as figuras 18 e 19 foram gerados em um atuador que operou a 18 rpm em estado permanente. As figuras 16 e 19, e figuras 17 e 18 utilizam respectivamente o mesmo adaptador de pinhão de codificador. A figura 16 tem picos significativos a 45,4 Hz e 91,1 Hz. Os picos significativos da figura 19 são muito mais pronunciados e numerosos. Problemas múltiplos dentro de um atuador de válvula, ou outro equipamento rotativo podem se harmonizar e aparecer como um pico único no domínio de frequência. A análise de frequência em velocidades operacionais diferentes pode desmascarar problemas potenciais que se escondem dentro de um único pico à uma velocidade, mas aparece como picos múltiplos em outras velocidades.

O codificador rotativo da presente invenção foi descrito como um codificador absoluto de múltiplas rodas. O codificador rotativo pode ser também um codificador absoluto de roda única, ou um codificador incremental. Por exemplo, a roda de contagem de tempo 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, como também uma roda de contagem de tempo. Ainda 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 codifi-

cador absoluto de roda única. A roda de entrada 10 pode ser projetada para combinar com a 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.

Previamente, a análise de frequência foi discutida relativamente a dados de velocidade. Uma versão de dados adicionais inclui dados de torque. Em atuadores de válvula onde o torque é medido, as oscilações em torque podem ser transformadas no domínio da frequência. Onde o torque de saída entregue a uma haste de válvula é monitorado, os dados de torque poderiam ser também analisados no domínio da frequência. Um processador incorporado no atuador de válvula ou distante do atuador de válvula pode converter os dados de torque no domínio da frequência em quaisquer dos modos discutidos acima com respeito aos dados de velocidade, ou por qualquer técnica conhecida na área. As frequências podem então ser identificadas com componentes de trem de acionamento e o operador provido com uma indicação da saúde do atuador de válvula.

Outra versão de dados inclui dados de força axial. Por via de exemplo, um motor elétrico de um atuador de válvula é acoplado ao sem fim do sem-fim/engrenagem no trem de acionamento. A força axial do sem-fim é monitorada para ler, no torque entregue pelo sem-fim/engrenagem. Um processador incorporado no atuador de válvula ou distante do atuador de válvula pode converter os dados de força no domínio da frequência semelhantemente a quaisquer dos modos discutidos acima no que se relaciona a dados de velocidade, ou por qualquer técnica conhecida na área. As frequências pode então ser identificadas com componentes de trem de acionamento – tanto pelo operador quanto por um programa de computador. Deste modo é provido um diagnóstico do atuador de válvula. Adicionalmente, podem ser utilizados múltiplos sensores de força axial.

Uma modalidade de dados adicional inclui dados de vibração. Por exemplo, oito acelerômetros são colocados em uma variedade de locali-

zações em um atuador de válvula. Todos os oito acelerômetros leriam nas mesmas vibrações no atuador de válvula. Porém, os acelerômetros mais próximos a uma dada fonte de vibração teriam sinais mais intensos. Observando os dados de vibração de todos os oito sensores no domínio de frequência pode permitir apontar fontes de vibração. As frequências das vibrações podem então ser correlacionadas com componentes de trem de acionamento. Deste modo, um operador pode ser advertido de quaisquer problemas iminentes com o atuador de válvula.

Pode ser utilizado qualquer número de sensores em quaisquer das modalidades. Por exemplo, pode ser utilizado mais de um sensor de velocidade. Adicionalmente, podem ser utilizados sensores múltiplos de tipos variados. Por exemplo, um atuador de válvula pode incluir também um codificador rotativo, tal como o codificador rotativo 1. O atuador de válvula pode incluir também um sensor de força axial. A análise de frequência pode ser executada nos dados de velocidade gerados pela roda de contagem de tempo 20, nos dados de força, ou em ambos.

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

Embora a descrição precedente contenha muitos particulares, estes não são para ser interpretados como limitando o âmbito da presente invenção, mas somente para prover certas modalidades exemplificativas. Semelhantemente, podem ser divisadas outras modalidades da invenção que não se afastam do espírito ou âmbito da presente invenção. O âmbito da invenção é, então, indicada e limitada somente pelas reivindicações anexadas e seus equivalentes legais, ao invés de pela descrição precedente. Todas as adições, eliminações, e modificações para a invenção, como divulgada aqui, que caiam dentro do significado e âmbito das reivindicações são abarcados pela presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Codificador giratório para usar com um dispositivo giratório, o codificador giratório compreendendo:

5 uma ou mais rodas codificadoras, cada uma da uma ou mais rodas codificadoras compreendendo pelo menos uma seção de codificação operável para codificar uma posição do dispositivo giratório; e

pelo menos um conjunto duplo de sensores operáveis para monitorar a pelo menos uma seção de codificação.

10 2. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que compreende ainda mais um mecanismo de regulação de tempo.

3. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 2, em que o mecanismo de regulação de tempo é integrado dentro de uma ou mais rodas codificadoras.

15 4. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 2, em que o mecanismo de regulação de tempo compreende uma roda de regulação de tempo separada conectada operacionalmente a uma ou mais rodas codificadoras.

20 5. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que uma ou mais rodas codificadoras são configuradas para permitir decodificar usando lógica Viterbi.

6. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um conjunto duplo de sensores são capazes de autotestar via transmissão direta.

25 7. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que a cada conjunto do pelo menos um conjunto duplo de sensores se opõe a outro conjunto de sensores.

8. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que cada conjunto do pelo menos um conjunto duplo de sensores é paralelo a outro conjunto de sensores.

30 9. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que o codificador giratório é um codificador absoluto ou um codificador incremental.

10. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que um de uma ou mais rodas codificadoras é operável para codificação incremental e em que pelo menos um da uma ou mais rodas é operável para codificação absoluta.

5 11. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que a pelo menos uma seção de codificação é operável para codificar múltiplas posições do dispositivo geratório.

10 12. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que a pelo menos uma seção de codificação compreende múltiplas seções de codificação e compreende ainda mais pelo menos um conjunto duplo de sensores para cada uma das múltiplas seções de codificação.

13. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um conjunto de sensores é operável para monitorar múltiplas seções de codificação.

15 14. Codificador giratório de acordo com a reivindicação 1, em que a pelo menos uma seção de codificação compreende seções de codificação orientadas assimetricamente em relação uma à outra.

20 15. Codificador absoluto compreendendo:
uma roda de entrada configurada para receber entrada giratória;
uma roda de regulação de tempo capaz de gerar dados de velocidade e acionada pela roda de entrada;

uma pluralidade de rodas codificadoras operáveis acopladas à roda de regulação de tempo; e

25 uma pluralidade de sensores configurados para detectar as posições da pluralidade de rodas codificadoras e a roda de regulação de tempo, em que cada uma da pluralidade de sensores inclui um sensor redundante.

30 16. Codificador absoluto de acordo com a reivindicação 15, em que compreende ainda mais um processador operável para transformar os dados de velocidade gerados pela roda de regulação de tempo em dados de frequência.

17. Codificador absoluto de acordo com a reivindicação 15, em

que a pluralidade de sensores é selecionada do grupo consistindo em sensores óticos, sensores de efeito Hall, sensores magnéticos, ou contatos elétricos.

5 18. Codificador absoluto de acordo com a reivindicação 15, em que a pluralidade de sensores e os sensores redundantes são capazes de testar cada um quando, tanto a pluralidade de sensores quanto os sensores redundantes são ativados.

10 19. Atuador de válvula compreendendo:
um codificador absoluto compreendendo:
pelo menos um disco codificador;
uma pluralidade de sensores operáveis para ler o pelo menos um disco codificador;

15 um sensor de velocidade operável para gerar dados de velocidade ; e
pelo menos um sensor duplicado para cada um da pluralidade de sensores e o sensor de velocidade; e um trem de acionamento adaptado para acionar o codificador absoluto.

20 20. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 19, em que compreende ainda mais, um processador adaptado para gerar alarmes na falha de um componente do codificador absoluto.

21. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 20, em que o processador é adaptado para avaliar o impacto da falha do componente na posição indicada pelo codificador absoluto.

25 22. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 21, em que o processador é adaptado para desativar o atuador de válvula.

23. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 21, em que o processador é adaptado para gerar um alarme.

30 24. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 20, em que falha de componente compreende uma de uma pluralidade de sensores, o sensor de velocidade, ou um do sensor duplicado correspondente falhando para operar ou operando em um tempo errado.

25. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 20, em

que o processador é adaptado ainda mais para gerar alarmes se uma descontinuidade é indicada em um registro de posições de válvula.

26. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 19, em que compreende ainda mais um processador adaptado para receber dados de velocidade de um sensor de velocidade e executar análise no domínio da frequência sobre os dados de velocidade.

27. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 26, em que o processador é uma parte do codificador absoluto.

28. Atuador de válvula de acordo com a reivindicação 19, em que uma luva de acionamento do trem de acionamento é adaptada para acionar o codificador absoluto.

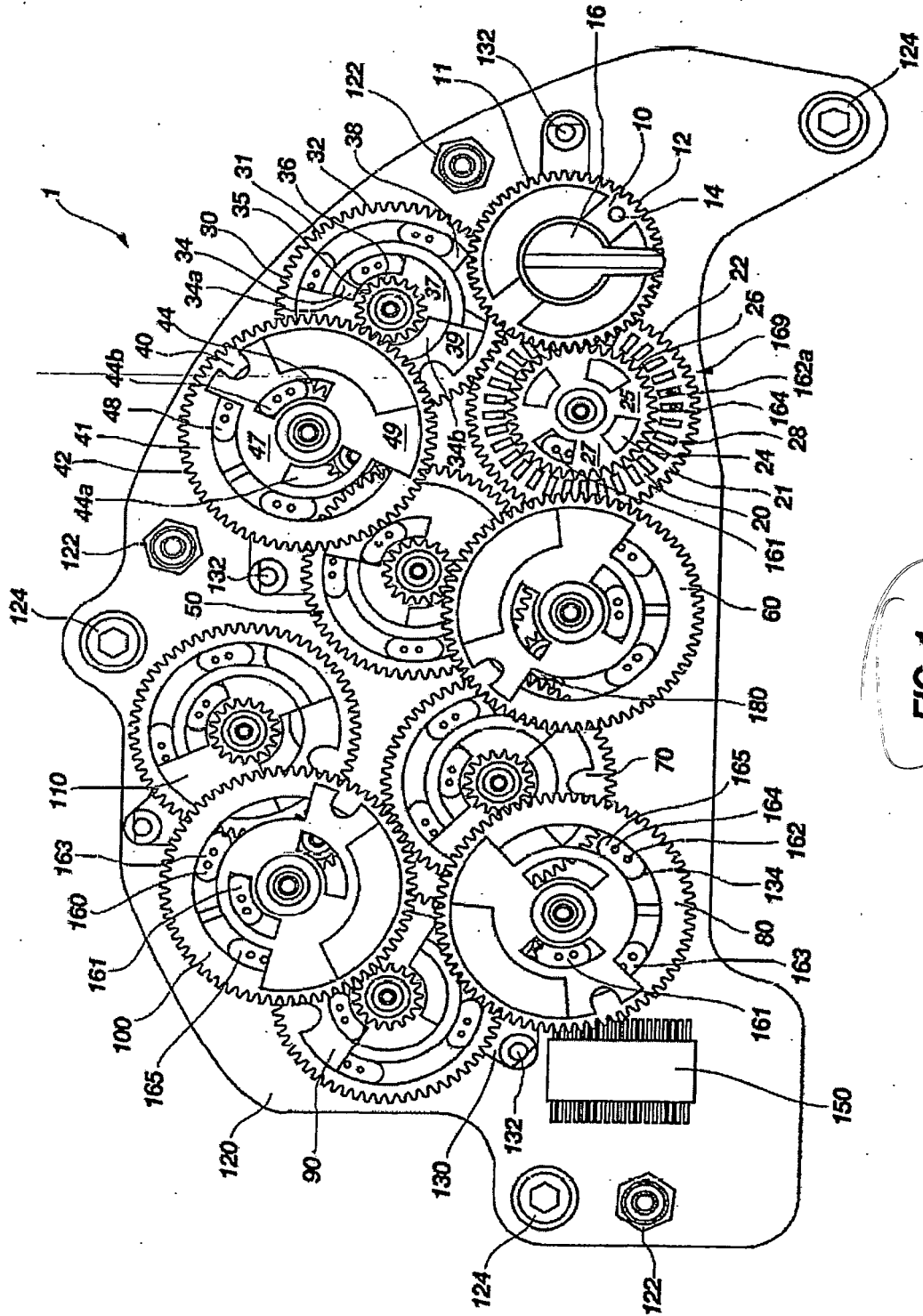


FIG. 1

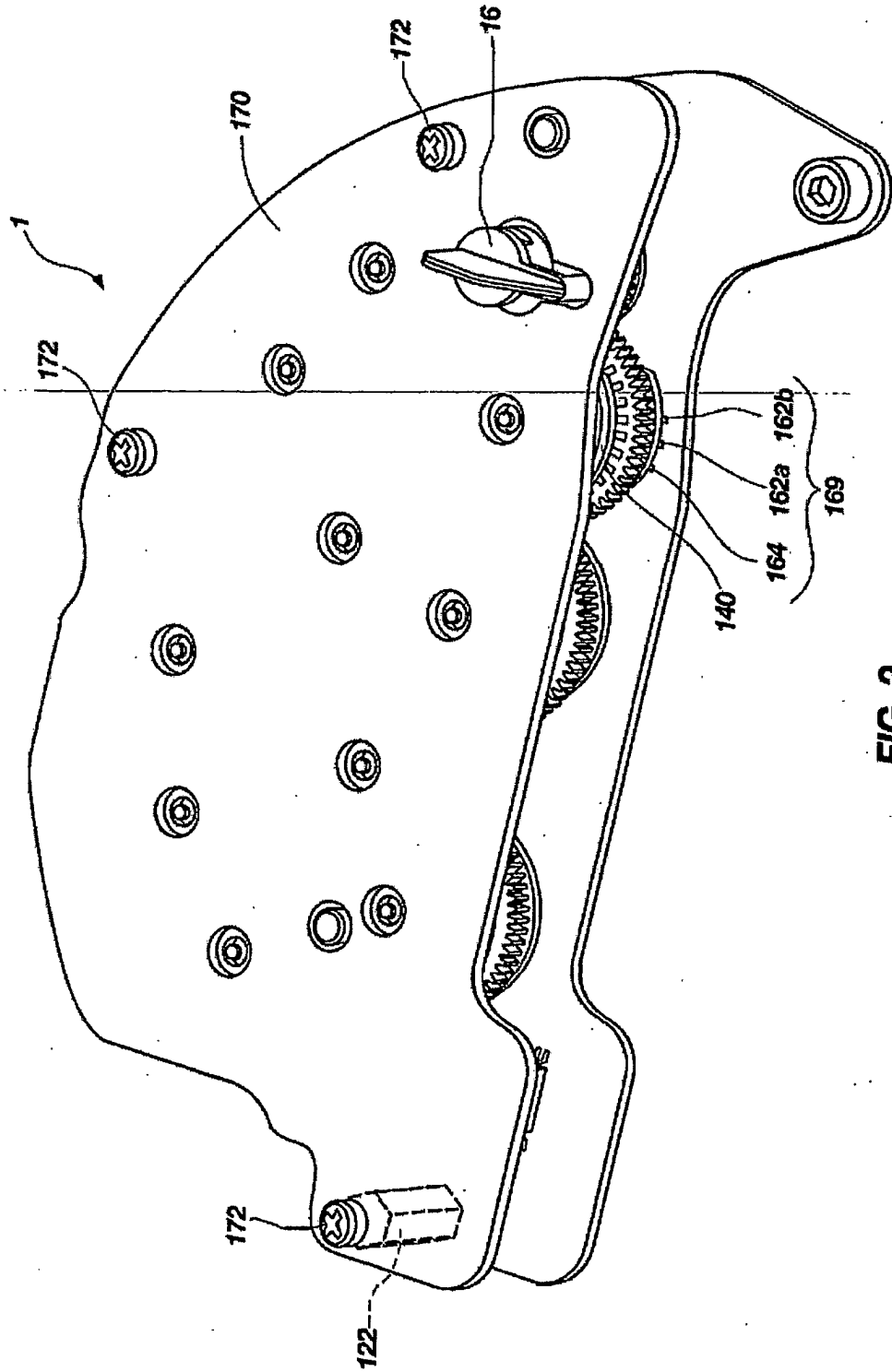


FIG. 2

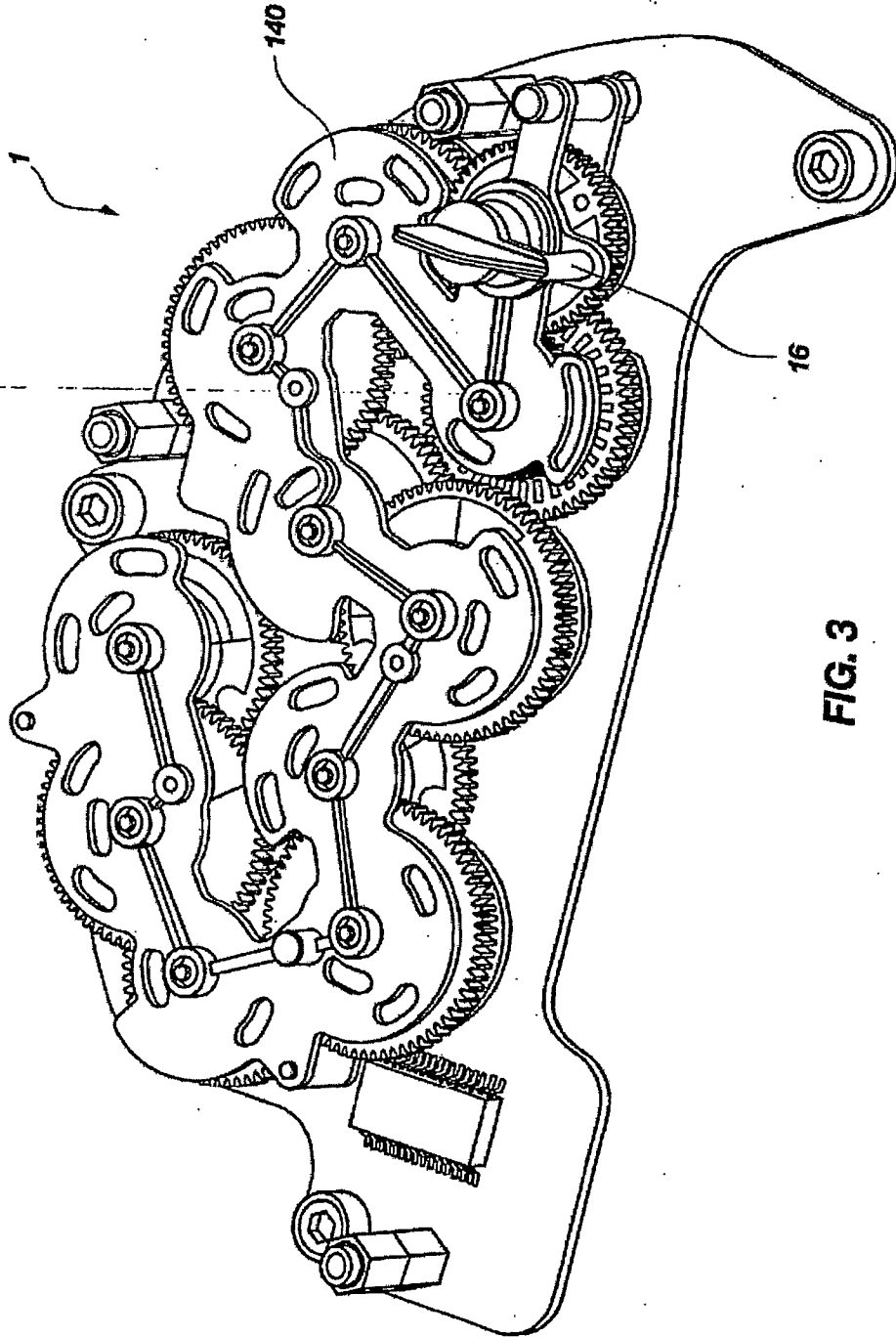


FIG. 3

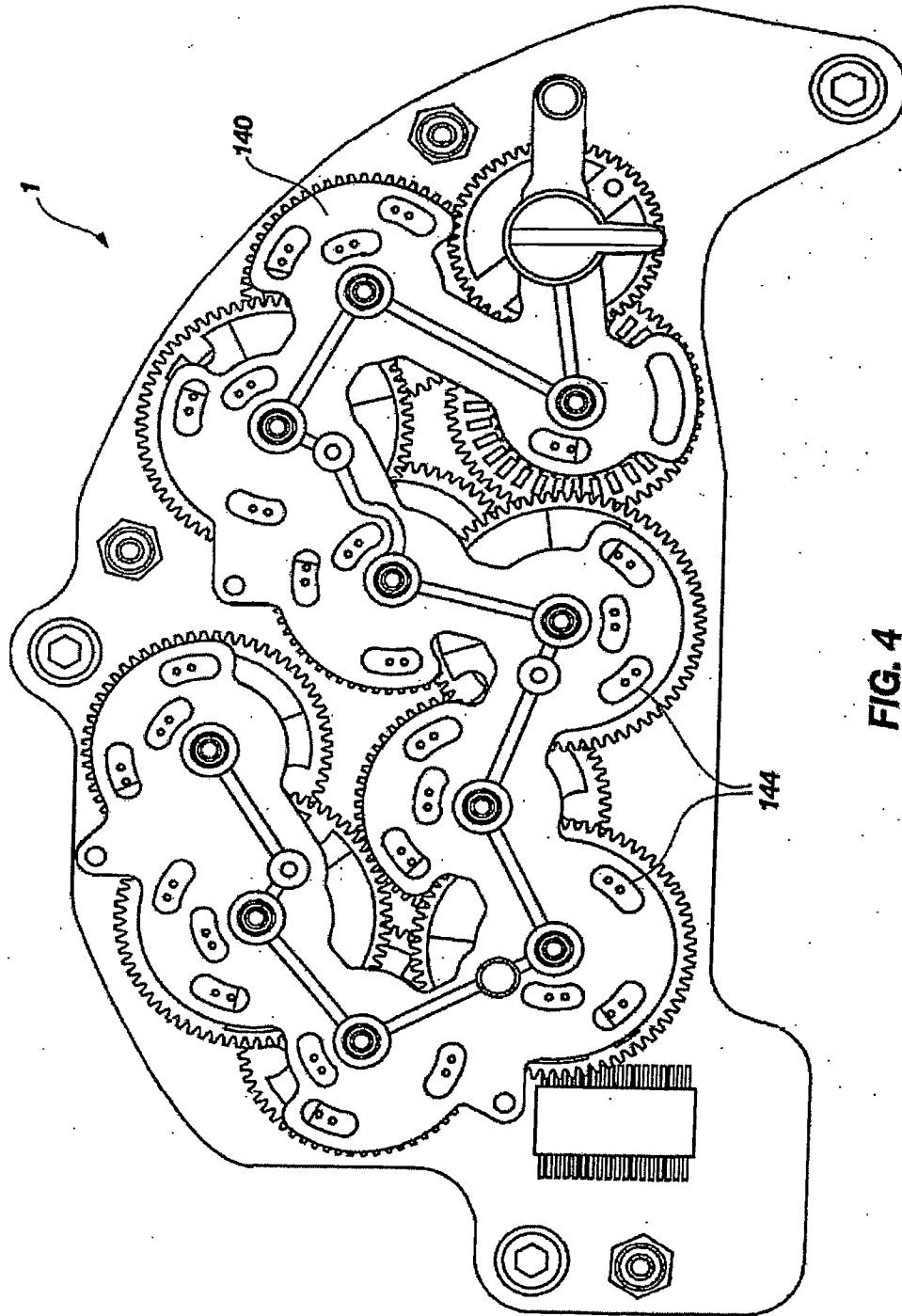


FIG. 4

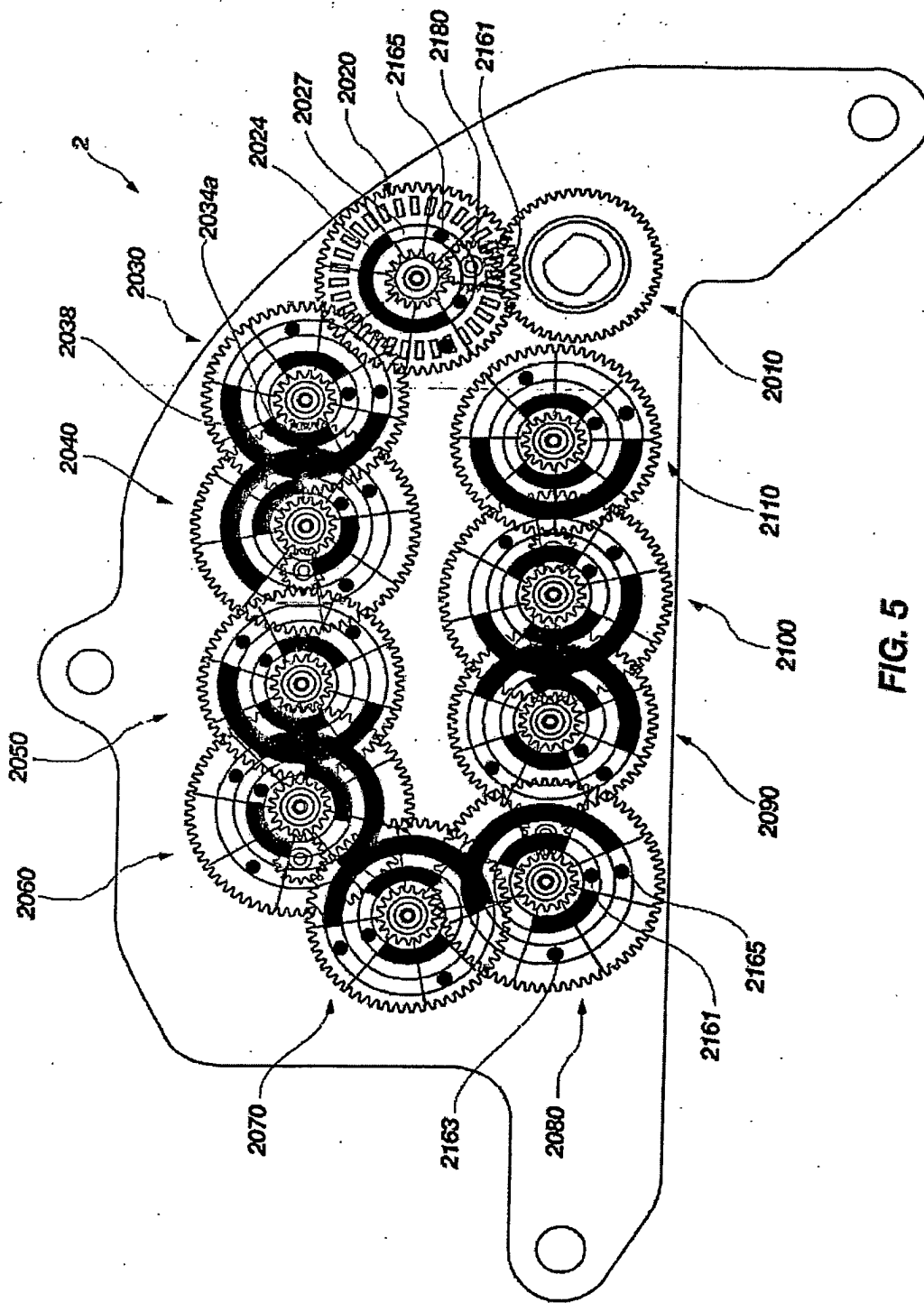


FIG. 5

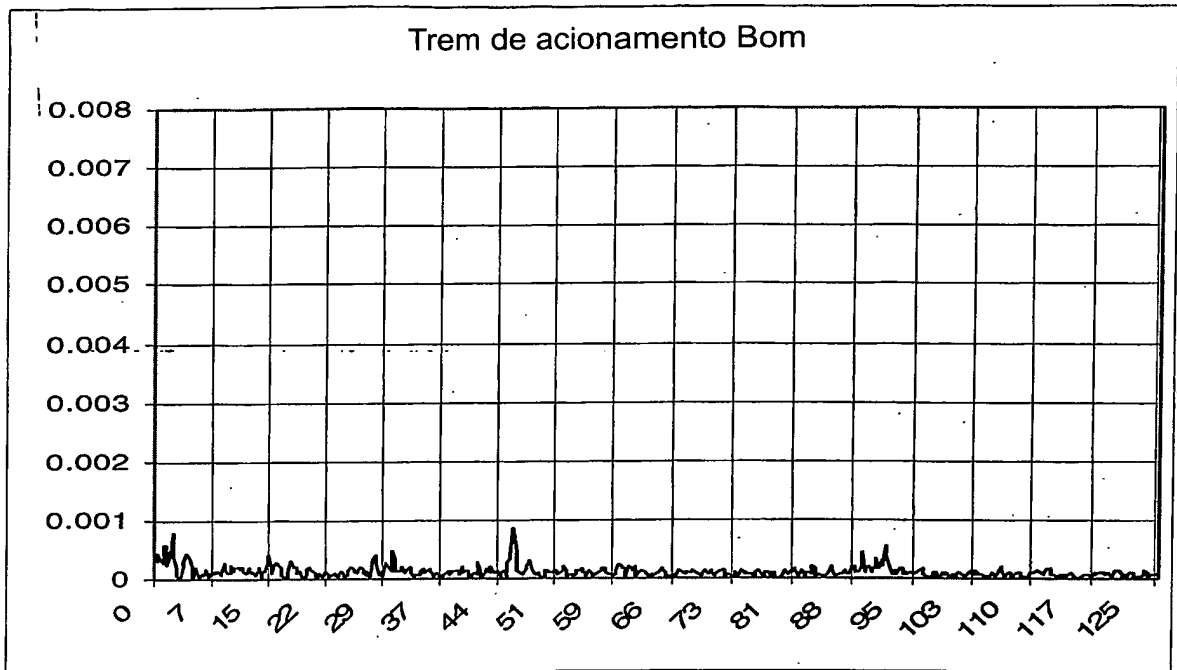


FIG. 6

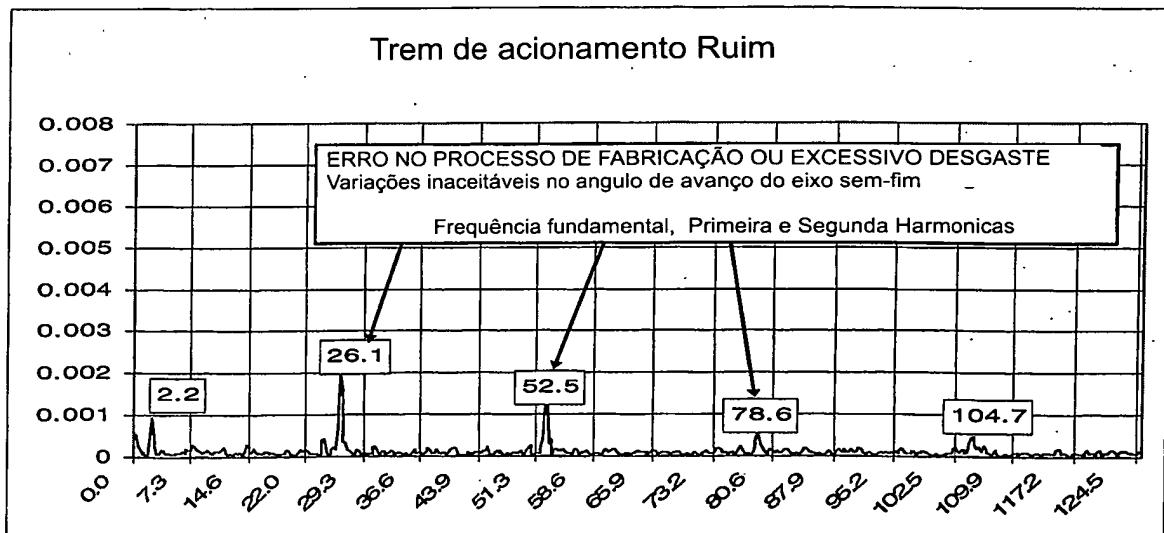


FIG. 7

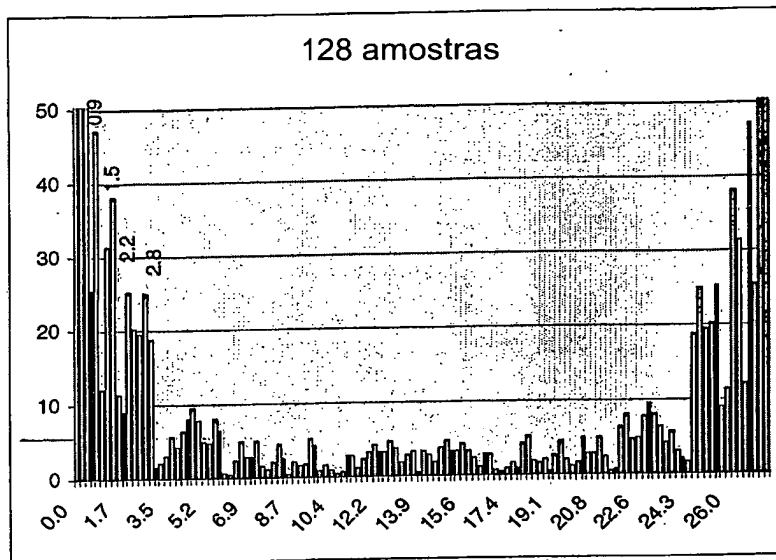


FIG. 8

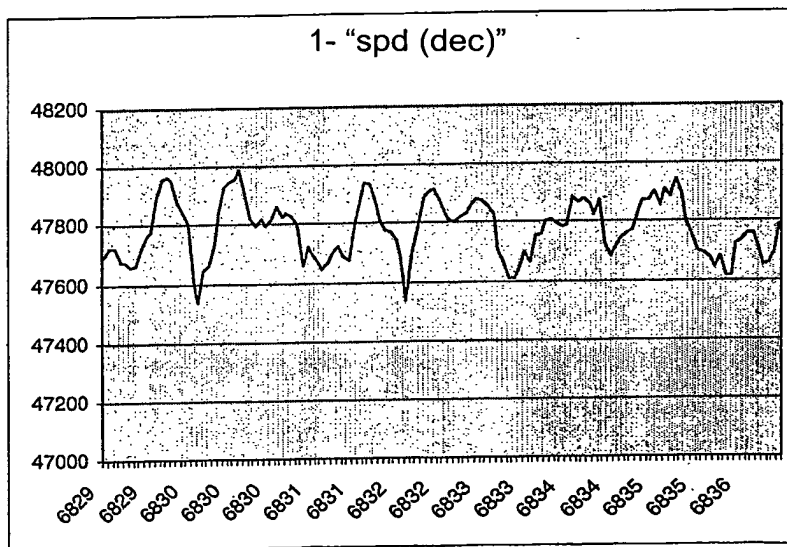


FIG. 9

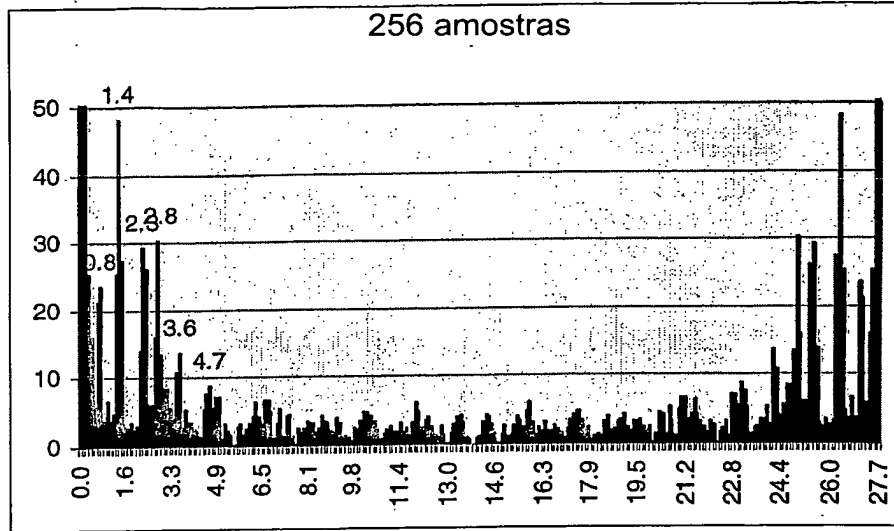


FIG. 10

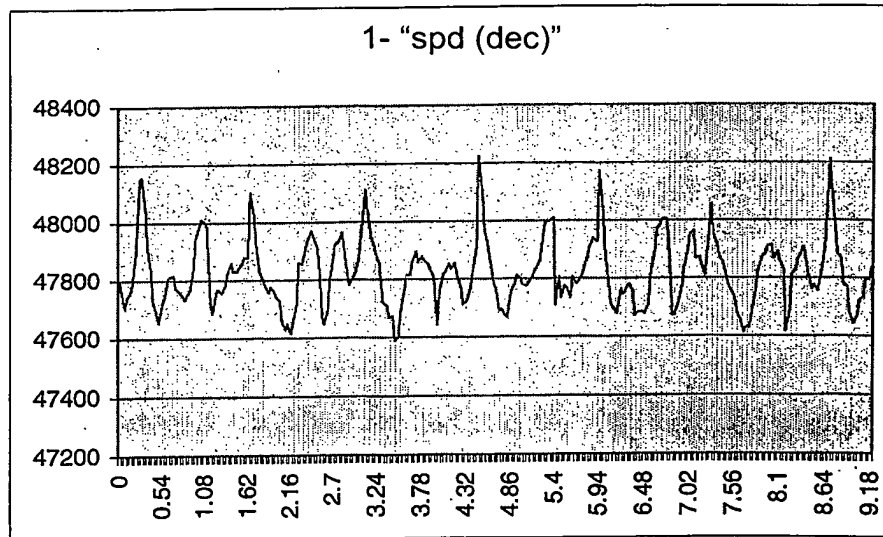


FIG. 11

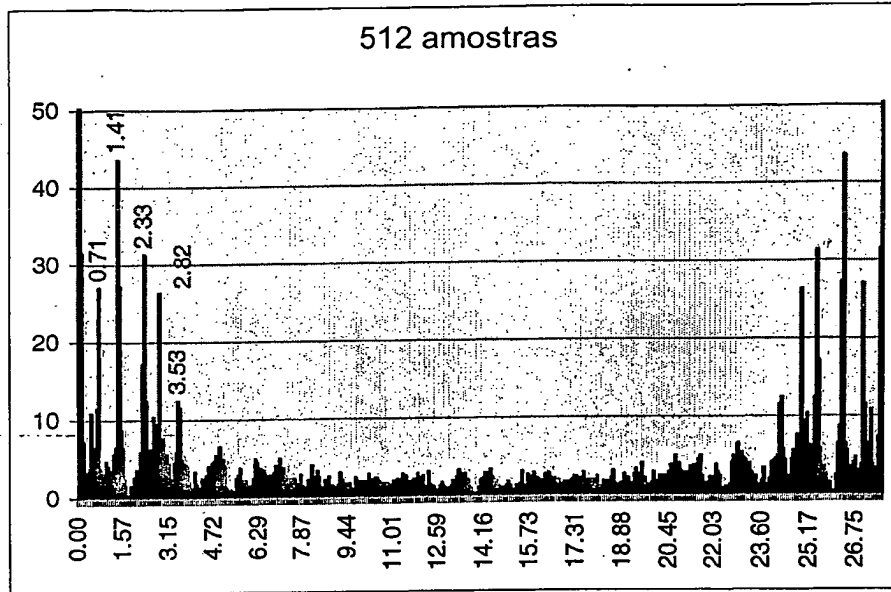


FIG. 12

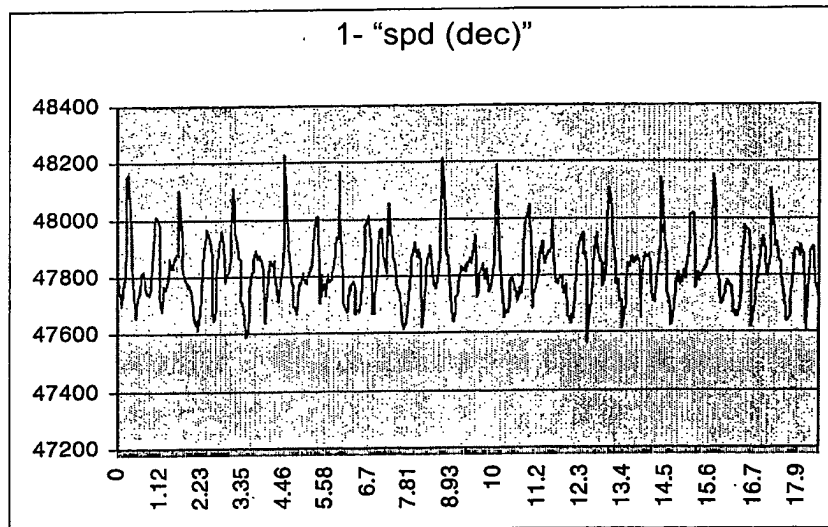


FIG. 13

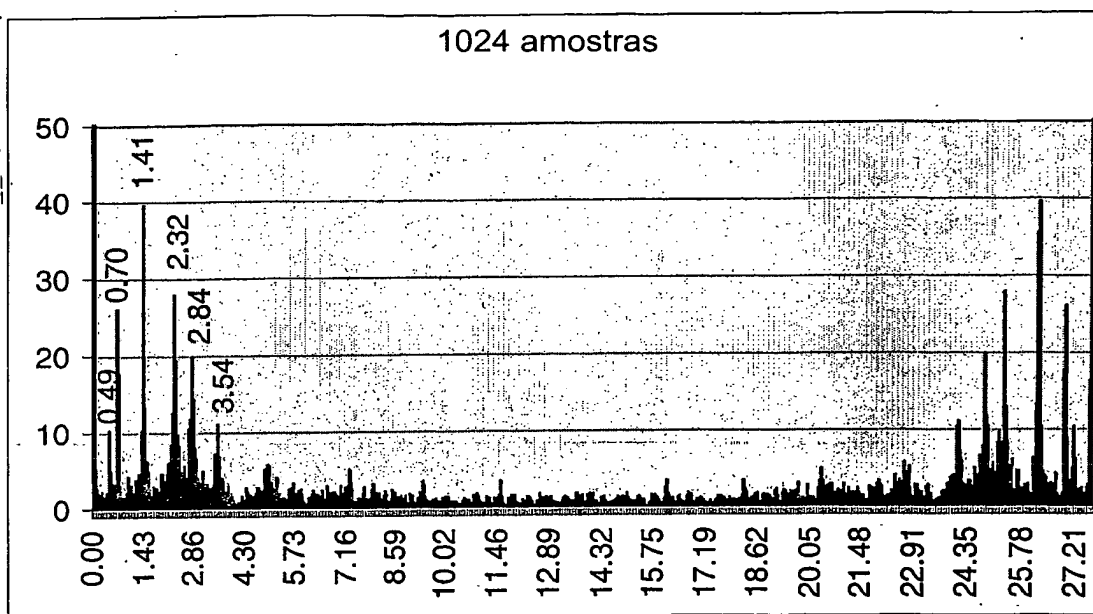


FIG. 14

Velocidade DS (rpm)	Velocidade DS (Hz)	Multiplicador de Velocidade do Conjunto Cônico	Multiplicador de Velocidade da Roda de Entrada 10	rpm @ roda de contagem de tempo 20	Incr. de frequência de pulso (Hz)	Frequencia de Nyquist (Hz)	Tempo de Curso (seg)	Amostras por curso	Amostras Usáveis por curso para TFR	Precisão
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

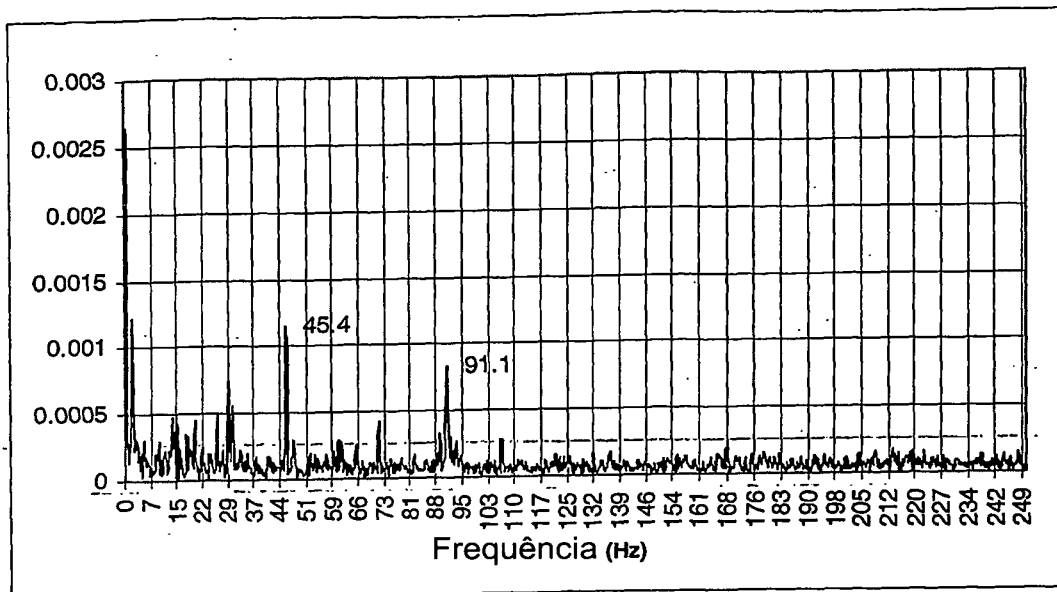


FIG. 16

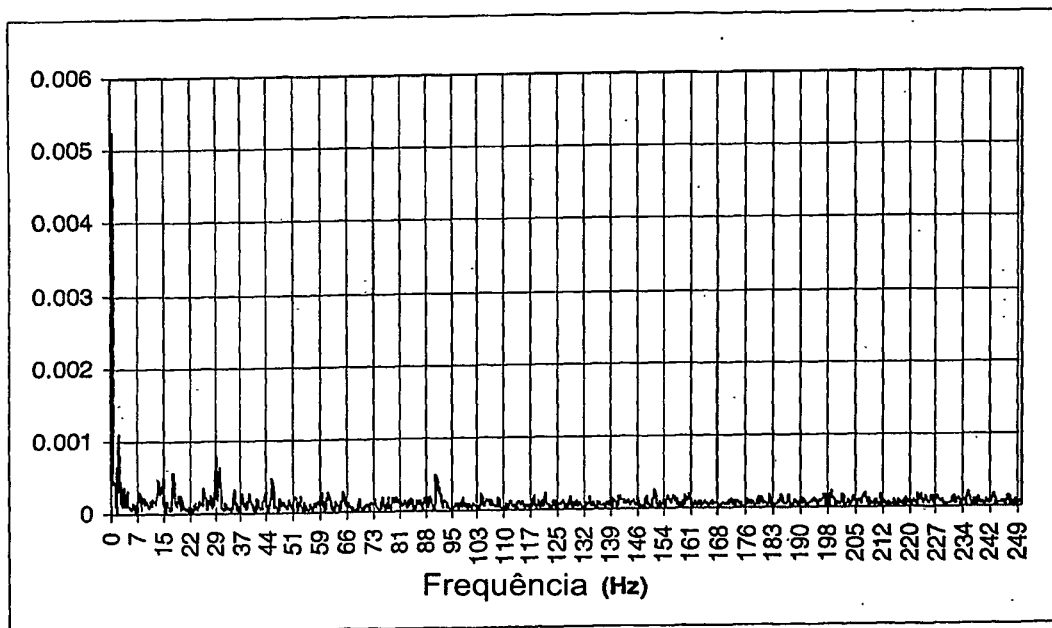


FIG. 17

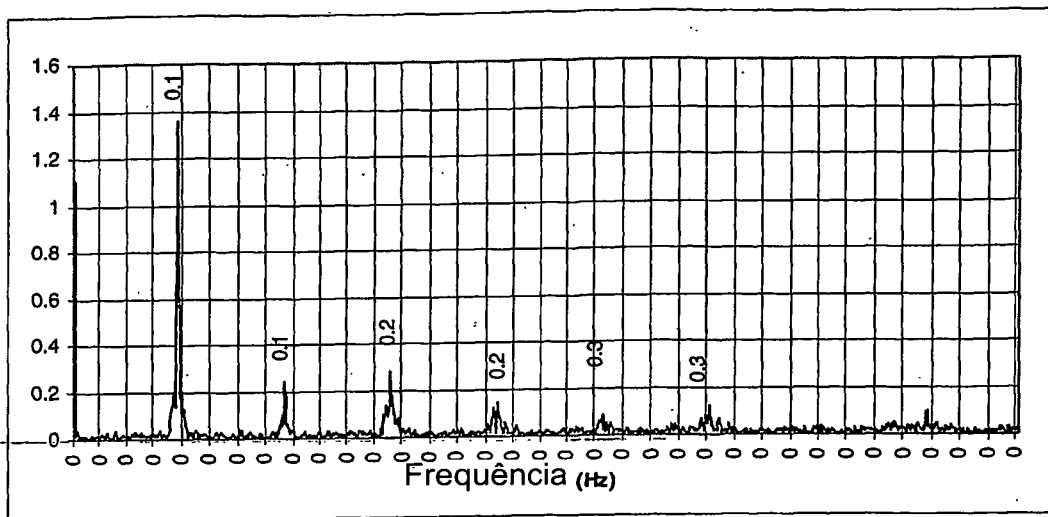


FIG. 18

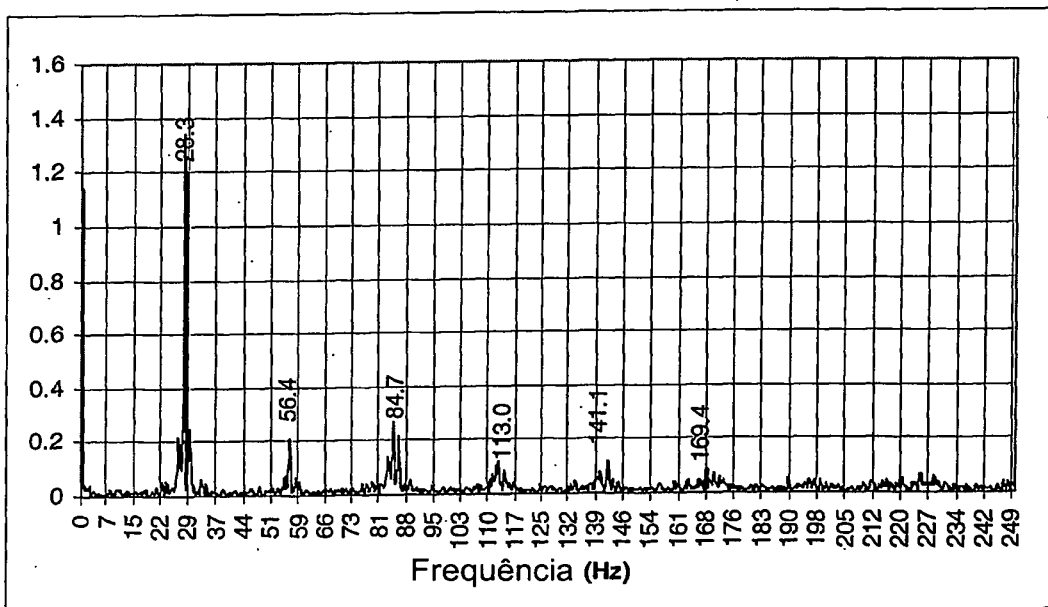


FIG. 19

PI 0621590-4

RESUMO

Patente de Invenção: "**CODIFICADOR GIRATÓRIO COM AUTOTESTE EMBUTIDO**".

A presente invenção refere-se a um codificador giratório usando habilidade de autoteste embutido com detecção de posição redundante e tolerante à falha. Em que o codificador giratório é usado com uma variedade de equipamento giratório incluindo um atuador de válvula incluindo o gerador de dados de velocidade (1). O uso para diagnosticar problema de atuador de válvula e outros equipamentos giratórios inclui a análise de frequência executada nos dados de velocidade ou posição ou torque ou força axial ou vibração incluindo a velocidade ou dados de posição da válvula provida pelo codificador giratório.