



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

(11) PI 0702314-6 B1

(22) Data do Depósito: 24/05/2007

(45) Data de Concessão: 17/07/2018



(54) Título: DETECTOR E MÉTODO DE CIRCUITO EM ANEL SENSOR DE PROCESSADOR DIGITAL

(51) Int.Cl.: G06F 17/14; G01N 23/18; G01N 27/61; B65G 43/06

(30) Prioridade Unionista: 31/05/2006 US 11/421,224

(73) Titular(es): CONTITECH USA, INC.

(72) Inventor(es): JACK BRUCE WALLACE; JOHN JAMES GARTLAND; RICHARD HERMAN BLAUSEY; EDWARD LOUIS KERESKES JR.

"APARELHO PARA USO EM UM DETECTOR DE FENDA DE
CORREIA TRANSPORTADORA E MÉTODO DE DETERMINAR UM ESTADO
QUALITATIVO DE UMA CORREIA TRANSPORTADORA"

CAMPO DA INVENÇÃO

5 Esta invenção se refere, de uma maneira geral, a correias transportadoras e, mais particularmente, a um sistema aperfeiçoado para detectar dano ou fendas em correias transportadoras.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Em uma multitude de aplicações comerciais, é comum empregar uma correia transportadora para serviço pesado, com a finalidade de transportar produto e material. As correias assim empregadas podem ser relativamente longas, da ordem de quilômetros (milhas), e representando um componente de alto
15 custo de operação de manuseio de materiais industriais. Em muitas aplicações, as correias são suscetíveis a dano do material assim transportado, e uma fenda (incisão, corte ou rasgão) pode desenvolver-se dentro da correia. Uma correia rasgada ou fendida pode ser reparada uma vez que seja detec-
20 tada. O custo de reparo de uma correia transportadora para serviço pesado e o custo de limpeza do material derramado da correia danificada podem ser substanciais. Se, no entanto, essa fenda ou rasgão surgir e a correia não é interrompida imediatamente, o rasgão pode propagar-se por uma distância
25 substancial ao longo da correia. É, portanto, desejável detectar e localizar uma fenda na correia o mais rapidamente possível, após ela surgir, e terminar imediatamente a operação da correia, minimizando, desse modo, a extensão do dano à correia.

É bem conhecido empregar sensores dentro das correias transportadoras, como parte de um sistema de detecção de fenda. Em um sistema típico, os sensores, na forma de circuitos em anel de fios condutores, são fixados ou embutidos na correia e proporcionam uma instalação de detecção de fenda, como parte de um sistema de detecção de fenda global. A detecção de fenda é obtida por detecção de inferência de uma condição de "circuito aberto", em um ou mais dos circuitos em anel sensores na correia. Tipicamente, uma fonte de energia elétrica, externa à correia, é acoplada indutivamente a um circuito sensor na correia. Uma abertura no circuito em anel de fios condutores do sensor pode ser detectada por um transmissor / receptor (excitador / detector) remotos. A disposição de uma pluralidade desses sensores, em intervalos ao longo do transportador, pode ser feita, com cada sensor passando dentro de faixa de leitura de um ou mais excitadores / detectores em vários locais. Uma fenda ou rasgão vai encontrar e danificar um circuito em anel sensor próximo, e a existência do rasgão vai ser detectada, quando o dano ao circuito sensor próximo for detectado como um circuito aberto pela leitora na sua passagem seguinte. Dessa maneira, a existência de um rasgão vai ser prontamente detectada e reparada, e o dano à correia é minimizado.

Ainda que os sistemas de detecção de fendas existentes sejam conhecidos por operar confiavelmente e bem, há um esforço continuado em aperfeiçoar o desempenho dos sistemas. Nesse aspecto, várias áreas para aperfeiçoamento potencial foram identificadas. Primeiro, em alguns meios ambien-

tes operacionais, o ruído elétrico é tão grande que uma relação sinal-para-ruído inferior diminui significativamente a precisão da função de detecção de fenda. Além do mais, observou-se que com uma correia transportadora conduzindo antenas intencionadas para acoplamento indutivo, muito do ruído elétrico, introduzido no receptor, é derivado de acoplamento parasita capacitivo. Esse é basicamente de uma natureza capacitiva, entre as sondas do transmissor e do receptor, por meio da própria correia e/ou dos aparelhos associados com ela, tais como rolos, rodas de acionamento, quadro de suporte, etc. A magnitude do sinal do ruído elétrico, em um detector de fenda de correia transportadora, freqüentemente se aproxima da magnitude do sinal do transmissor, e, portanto, é muito difícil sentir um sinal do transmissor recebido com precisão, especialmente em meios ambientes particularmente ruidosos eletricamente, nos quais são encontrados freqüentemente os detectores de fendas de correias transportadoras.

Em segundo lugar, desgaste, esticamento, contração, sujeira, outras condições ambientais, etc., podem provocar uma variação na eficiência do acoplamento do sinal, ser do tipo capacitivo, indutivo, óptico ou de outro tipo, entre os circuitos em anel sensores (ou outros meios de acoplamento de sinais conduzidos pela correia) e o transmissor e o receptor em uma estação detectora de fenda. Essa variação de eficiência vai variar a magnitude ou outro parâmetro do sinal de entrada, transmitido do receptor para o detector, o que pode afetar nocivamente a operação de todo o sis-

tema. Por conseguinte, há uma necessidade para um sistema de detecção de circuito em anel sensor, que seja menos sensível a outras condições ambientais, bem como a distância entre o detector e a correia transportadora.

63

5 Em terceiro lugar, monitorando-se as magnitude e fase de um sinal recebido de um circuito em anel detectado, um sistema de detecção de circuito em anel sensor pode ser utilizado para detectar configurações de circuitos em anel sensores invertidos ou não invertidos. Em algumas aplica-
10 ções, uma seção da correia transportadora, tendo uma configuração de circuito em anel sensor, por exemplo, uma configuração invertida ou em forma de oito, é dividida com uma seção de correia transportadora tendo outra configuração, por exemplo, uma configuração de circuito em anel não inver-
15 tida. Nessa aplicação, é necessário que o sistema detector de circuito em anel sensor seja capaz de operar efetivamente com ambas as configurações dos circuitos em anel sensores, simultaneamente.

 Em quarto lugar, muitos sistemas conhecidos usam
20 acoplamento indutor, para excitar os circuitos em anel sensores condutores na correia; e os circuitos de controle de ganho automáticos conhecidos utilizam uma capacitância relativamente grande. Essa capacitância grande requer blindagem e filtragem elétricas e é, por conseguinte, relativamente
25 cara. Desse modo, há uma necessidade em desenvolver um sistema de acionamento de sensor, que não necessite dessa grande capacitância e das suas blindagem e filtragem elétricas associadas.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção proporciona um detector de circuito em anel sensor, que utiliza processamento digital para criar sinais de excitação de circuito em anel sensor e analisar os sinais de realimentação correspondentes dos circuitos em anel sensores. Além disso, o detector de circuito em anel sensor da presente invenção é capaz de selecionar, automaticamente, uma frequência para o sinal de excitação de circuito em anel sensor, tendo uma amplitude de ruído mínima, tornando, desse modo, o sistema menos sensível para ruído ambiental. Além disso, o processamento digital do detector de circuito em anel sensor tem uma maior faixa de leitura, com relação aos circuitos em anel sensores, do que os circuitos de detecção análogos anteriores, reduzindo, desse modo, ainda mais a sensibilidade a variações em variáveis ambientais. O detector de circuito em anel sensor da presente invenção aplica cadeias de pulsos de sinais, em uma base intermitente, para reduzir ainda mais os efeitos adversos de acoplamento parasita capacitivo e ruído ambiental. Também, o detector de circuito em anel sensor não usa um circuito de controle de ganho automático, que requer uma grande capacitância, eliminando, desse modo, os requisitos caros de proporcionar blindagem e filtragem elétricas associadas.

O detector de circuito em anel sensor da presente invenção é especialmente útil naquelas aplicações nas quais há altos níveis de acoplamento parasita capacitivo e/ou ruído ambiental. Além disso, o detector de circuito em anel sensor é também útil naquelas aplicações nas quais uma cor-

reia transportadora tem duas diferentes configurações de circuitos em anel sensores, por exemplo, uma configuração de circuito em anel em forma de oito invertida e uma configuração de circuito em anel não invertida. Nessa aplicação, é necessário que o detector de circuito em anel sensor seja capaz de operar efetivamente com ambas as configurações de circuitos em anel sensores.

Mais especificamente, em uma modalidade, a invenção proporciona um processador digital, para uso em um detector de fenda de correia transportadora. O processador digital proporciona sinais de excitação, a uma frequência selecionada, para os circuitos em anel sensores em uma correia transportadora, e então detecta os sinais recebidos correspondentes dos circuitos em anel sensores. O processador digital depois executa transformações de Fourier nos sinais recebidos correspondentes, para proporcionar os respectivos espectros de frequência dos sinais recebidos. A seguir, o processador digital determina um valor de magnitude e um valor de fase para a frequência selecionada nos respectivos espectros de frequência dos sinais recebidos, e determina um estado qualitativo dos circuitos em anel sensores, em resposta, para determinar os valores de magnitude e fase.

Em outra modalidade da invenção, o processador digital proporciona sinais de excitação periódicos sucessivos, para transmissão para um circuito em anel sensor, os sinais de excitação sucessivos tendo diferentes frequências para permitir uma detecção de ruído em todas as frequências de excitação. Em um aspecto dessa invenção, cada sinal de exci-

tação sucessivo tem uma frequência diferente de um sinal de excitação imediatamente precedente; e, portanto, o ruído ambiente em todos os sinais de excitação podem ser detectados com a aplicação de apenas dois sinais de excitação. Em outro
5 aspecto dessa modalidade, o processador digital seleciona uma frequência de excitação tendo uma amplitude ruído mais baixa de todas as frequências de excitação.

Em um aspecto comum a todas as modalidades da invenção, o processador digital proporciona sinais de excitação tendo uma duração fixa, em que a duração fixa termina a
10 transmissão do sinal de excitação, antes de determinar os valores de magnitude e fase, reduzindo, desse modo, um acoplamento parasita capacitivo inerente, que gera ruído. Em um outro aspecto da invenção, o sinal de excitação é uma cadeia
15 de pulsos de duração fixa.

Em outro aspecto comum a todas as modalidades da invenção, o valor de magnitude é um valor de magnitude normalizado, tendo um valor máximo representando uma magnitude de sinal, que seria esperado se as cabeças mestre e detecto-
20 ra estivessem em contato direto com a correia transportadora dentro do circuito em anel sensor, e um valor mínimo representando uma ausência de um circuito em anel sensor ou da presença de um circuito em anel sensor aberto.

Em mais um outro aspecto comum a todas as modalidades da invenção, os circuitos em anel sensores incluem
25 circuitos em anel sensores invertidos e não invertidos.

Esses e outros objetos e vantagens da presente invenção vão ficar mais facilmente evidentes, durante a des-

66

crição detalhada apresentada abaixo, feita em conjunto com os desenhos em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama de blocos de uma modalidade de um sistema detector de fenda, de acordo com os princípios da presente invenção.

As Figuras 2 e 2A são um fluxograma esquemático ilustrando uma operação do sistema detector de fenda da Figura 1.

10 "Circuito em anel sensor" significa um circuito em anel eletricamente condutor, suportado pela correia transportadora, que se estende por uma largura da, ou transversalmente pela, correia transportadora. O circuito em anel sensor funciona como uma antena e conduz uma corrente induzida no circuito em anel por um campo de radiofrequência "RF". Um circuito em anel sensor pode ser constituído de um ou mais condutores e ser configurado como um circuito em anel invertido ou um circuito em anel não invertido. Um circuito em anel invertido é formado por reversão ou inversão
15 de uma extremidade de um circuito em anel, formando, desse modo, uma forma em oito. Vários exemplos de circuitos em anel sensores são conhecidos e podem ser usados com esta invenção. Vários circuitos em anel sensores são freqüentemente espaçados por um comprimento de uma correia transportadora e
20 usados para detectar dano ou uma fenda na correia transportadora.

"Cabeça mestre", "transmissor" ou "excitador" significa um circuito contendo freqüentemente um elemento indu-

tor, que é montado bem próximo a uma grande superfície de uma correia transportadora e posicionado fora do centro, para ficar geralmente adjacente a uma extremidade de um circuito em anel sensor. A cabeça mestre irradia ou transmite um sinal RF para uma extremidade do circuito em anel sensor.

"Cabeça detectora" ou "receptor" significa um circuito contendo freqüentemente um elemento indutor, que é montado bem próximo a uma grande superfície de uma correia transportadora e posicionado fora do centro, para ficar geralmente adjacente a uma extremidade de um circuito em anel sensor. A cabeça detectora recebe um sinal RF, gerado por uma corrente induzida no circuito em anel sensor por um sinal RF da cabeça mestre.

"Transformação rápida de Fourier" ou "FFT" significa um algoritmo executável por computador, iterativo, para executar rapidamente a transformação de Fourier de um conjunto de valores de dados distintos. Admitindo um conjunto finito de pontos de dados, por exemplo, uma amostragem periódica tirada de um sinal, a FFT expressa os dados em termos das suas freqüências componentes.

"Trem de pulsos" ou "cadeia de pulsos" significa uma série de pulsos tendo características similares.

"Sinal de excitação de duração fixa" significa uma série de ciclos a uma freqüência que continua por um período de tempo fixo.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Com referência à Figura 1, uma modalidade exemplificativa de um sistema detector de fenda 18 é aplicado a uma

correia transportadora 20, que é movimentada em uma direção indicada pela seta 22, por um acionador de transportador 24, de uma maneira conhecida. Uma série de circuitos em anel sensores 26 é suportada pela correia transportadora 20. Os circuitos em anel sensores 26 se estendem transversalmente pela correia transportadora 20 e são espaçados entre si por um comprimento da correia transportadora. Os circuitos em anel sensores 26 podem ser constituídos de um ou mais condutores e têm diferentes configurações, por exemplo, uma configuração invertida ou em forma de oito 28 ou uma configuração de circuito em anel 30. O espaçamento exato entre os circuitos em anel sensores 26 depende do tipo de correia transportadora 20 e a sua aplicação intencionada. O acionador de transportador 24 contém as necessárias polias, eixos, motores e outros componentes mecânicos e eletromecânicos conhecidos. O acionador de transportador 24 é conectado eletricamente a um controle de transportador 32, que fica, por sua vez, em comunicação elétrica com um controle de sistema global 34. Nessa modalidade exemplificativa, o controle do transportador 32 é conectado eletricamente a um controle de detecção de fenda 36 que é, por sua vez, conectado eletricamente a um detector de fenda 38.

É conhecido que há uma maior probabilidade de dano à correia transportadora 20 próximo a uma estação de carga da correia transportadora. Portanto, o detector de fenda 38 é freqüentemente montado em uma estação detectora de fenda, que é localizada a jusante, mas próxima, a uma estação de carga da correia transportadora. O detector de circuito em

anel 38 é posicionado de modo que uma cabeça mestre 40 e uma cabeça detectora 46 fiquem bem próximas à correia transportadora 20. Em operação, o detector de circuito em anel 38 proporciona um sinal de excitação RF à cabeça mestre 40, que irradia ou transmite o sinal de excitação RF para um primeiro circuito em anel 42 do circuito em anel sensor 26. A primeira extremidade do circuito em anel 42 é localizada entre uma linha central longitudinal 34 e uma borda longitudinal 44 da correia transportadora. A cabeça mestre 40 é montada adjacente a uma grande superfície, por exemplo, uma superfície superior ou inferior, da correia transportadora 26, e suficientemente próxima a ela, para induzir uma corrente em uma extremidade 42 do circuito em anel, na medida em que a correia transportadora 26 é movimentada depois da cabeça mestre 40. A cabeça de monitoramento ou detectora 46 é posicionada oposta a uma segunda extremidade 48 do circuito em anel do circuito em anel sensor 26, que é localizado entre a linha central 43 e uma borda oposta 50 da correia transportadora 20. A segunda extremidade 48 do circuito em anel é invertida com relação à primeira extremidade 42 do circuito em anel, formando, desse modo, um circuito em anel sensor em forma de oito 28. A cabeça detectora 46 é localizada suficientemente próxima à grande superfície da correia transportadora 20, para permitir que ela receba um sinal RF correspondente da segunda extremidade 48 do circuito em anel. O sinal RF correspondente é criado pelo fluxo de corrente no circuito em anel sensor 26, induzido pelo sinal RF de excitação, transmitido pela cabeça mestre 40, e pelo ruído elétrico de

uma ou mais fontes.

O detector de circuito em anel 38 é efetivo para discriminar o sinal RF correspondente recebido da cabeça de-
tectora 46, como sendo produzido pela sinal de excitação RF
5 da cabeça mestre 40 e, desse modo, determinar que o circuito
em anel sensor 26 esteja intacto e não danificado. No caso
em que a correia transportadora 20 está danificada, cortada,
fendida, rasgada, etc., próxima ao circuito em anel sensor
26, há uma alta probabilidade de que o circuito em anel sen-
10 sor 26 esteja também danificado. Se o circuito em anel sen-
sor 26 for um circuito aberto, não há qualquer fluxo de cor-
rente do sinal de excitação RF, e, por conseguinte, o detec-
tor de circuito em anel 38 detecta um circuito em anel sen-
sor danificado ou aberto 26. O detector de circuito em anel
15 38 proporciona um sinal de circuito em anel efetivo para o
controle de detecção de fenda 39, que é operável em um dos
vários modos conhecidos.

Por exemplo, em um modo de tempo padrão, o contro-
le de detecção de fenda 36 mede um tempo entre uma detecção
20 de circuitos em anel sensores bons, e o relé de falha de
fenda 54 é comutado, se um período de tempo passa sem a de-
tecção de um bom circuito em anel sensor. Em um modo de dis-
tância padrão, o controle de detecção de fenda 36 determina
uma distância entre a detecção dos circuitos em anel senso-
25 res bons. Nesse modo, o controle de detecção de fenda 36 usa
uma tabela de calibração 86, que, em uma maneira conhecida,
armazena uma identidade e uma configuração de cada um dos
circuitos em anel sensores 26 e as suas localizações relati-

vas na correia transportadora 20. O controle 36 comuta o relé de falha de fenda 54, se o transportador 20 for movimentado por uma distância medida, sem a detecção de um bom circuito em anel sensor. Em um modo de distância padrão, o controle de detecção de fenda 36 compara as separações individuais dos circuitos em anel sensores 26, armazenadas na tabela de calibração 86, com as suas separações detectadas, determinando se altera o estado do relé de falha de fenda 54. Nos modos acima, o controle de detecção de fenda 36 pode utilizar uma realimentação de posição ou velocidade da correia transportadora de uma maneira conhecida.

A operação geral mencionada acima de um sistema de detecção de fenda 18 é conhecida. Como descrito acima, em muitas aplicações, o transportador 20 é localizado em uma mina ou em um ambiente industrial, no qual há grandes motores e outros equipamentos elétricos, que geram uma energia RF significativa. Além disso, a presença física desse equipamento, bem como outras estruturas eletricamente condutoras, na proximidade dos circuitos em anel sensores 26 e das cabeças mestre e detectora 40, 46, interferem com a operação desses dispositivos. Mais especificamente, a energia RF ambiental pode introduzir ruído suficiente no circuito em anel sensor, que, quando combinada com um acoplamento capacitivo da cabeça mestre 40 e da cabeça detectora 46, pode impossibilitar que o detector de circuito em anel 38 discrimine confiavelmente a fonte dos sinais recebidos da cabeça detectora 46. Portanto, em sistemas conhecidos, o ruído pode criar erros de detecção de circuito em anel sensor, que podem

resultar em uma correia transportadora fendida não sendo interrompida e experimentando mais dano, ou uma interrupção de uma correia transportadora não danificada. Em qualquer um dos casos, as conseqüências dos erros de detecção do circuito em anel sensor podem ser intensas em tempo e caras.

Em uma tentativa de aperfeiçoar a qualidade e a confiabilidade de detecção de fenda em correia transportadora, o detector de circuito em anel 38 utiliza um processador digital 60, que proporciona uma capacidade substancialmente aperfeiçoada de operação de um sistema de detecção de fenda em um ambiente eletricamente ruidoso. O processador digital 60 pode ser implementado usando processadores de sinais digitais conhecidos, circuitos integrados programáveis e/ou controladores programáveis, projetados para manipulação de dados em alta velocidade, em aplicações requerendo o controle e o processamento de sinais analógicos, por exemplo, um controlador TMS320LF, comercialmente disponível da Texas Instruments de Dallas, Tx. Ainda que os processadores digitais sejam freqüentemente circuitos integrados, que têm diferentes funções integradas nele, o processador digital 60 pode ser implementado com processadores digitais de memória programável e/ou controladores de memória programável não integrados, que proporcionam funções substancialmente similares àquelas aqui descritas. Uma operação exemplificativa do detector de circuito em anel 38 é mostrada nas Figuras 2 e 2A. Nessa modalidade exemplificativa, na medida em que o circuito em anel sensor 26 da correia transportadora 20 é movimentado depois das cabeças mestre e detectora 40, 46, o

detector de circuito em anel 38 fica, continuamente, em iterações ou ciclos. Com cada iteração, uma cadeia de pulsos de duração fixa, na frequência de excitação, é aplicada ao circuito em anel sensor 26, e um sinal recebido é sentido e analisado quantitativamente. Nessa modalidade exemplificativa, os estados qualitativos são os estados de "circuito em anel presente" ou "circuito em anel ausente". O detector de circuito em anel 38 deve detectar quatro sinais consecutivos de circuito em anel presente, para que o detector de circuito em anel 38 passe um sinal de estado qualitativo "circuito em anel bom" ao controle de detecção de fenda 36. Além disso, uma vez que um sinal de circuito em anel bom é gerado, quatro sinais consecutivos de circuito em anel não presente devem ser detectados, para que o detector de circuito em anel 39 passe um sinal de estado qualitativo "sem circuito em anel" para o controle de detecção de fenda 36, indicando um circuito em anel quebrado ou aberto e uma correia transportadora danificada. A lógica de falha de fenda 52 determina como interpretar o sinal sem circuito em anel, se um sinal sem circuito em anel particular dispara uma parada da correia transportadora 20.

Nessa modalidade exemplificativa, o detector de circuito em anel tem dois modos operacionais, um modo de frequência única, e um modo de salto de frequências, no qual a frequência de excitação varia automaticamente. A operação do detector de circuito em anel 38 vai ser primeiro descrita com relação ao modo de frequência única. Com referência à Figura 2, no modo de frequência única, o processador digital

45

60, primeiro, em 201, ajusta uma frequência de excitação padrão de cerca de 50 kHz e ajusta um contador de relé 84 em zero. O processador digital 60 inclui hardware e software programável, para proporcionar várias funções do processador, por exemplo, um modulador de amplitude de pulso 62 e um controle de frequência de excitação 64, que funcionam conjuntamente como um gerador de frequência de excitação 66. O processador digital 60 contém ainda hardware e instruções programáveis de armazenamento em memória necessários, para proporcionar um conversor analógico / digital ("A/D") 72, um analisador FFT 76, uma lógica de detecção de circuito em anel 78, o contador de relé 84 e um seletor de frequência 92.

O gerador de frequência de excitação 66, em 202, produz um sinal de excitação, na forma de uma cadeia de pulsos de duração fixa de uma frequência desejada, para um amplificador de acionador 68, que é, por sua vez, conectado à cabeça mestre 40. Ainda que geralmente ondas quadradas sejam proporcionadas do modulador de amplitude de pulso 62, a impedância completa do circuito, que inclui o amplificador de acionador 68 e a cabeça mestre 40, resulta em um sinal, que é periódico e segue a frequência do modulador de amplitude de pulso, mas não é uma onda quadrada. Assumindo uma presença de um circuito em anel sensor não aberto 26, uma corrente é induzida no circuito em anel sensor 26, e um sinal recebido correspondente é detectado pela cabeça detectora 46 e proporcionado a um circuito de condicionamento e amplificação de sinal analógico 70. O circuito de condicionamento e amplificação de sinal analógico 70 limita o sinal recebido

correspondente, de modo que esse se aproxime de uma onda quadrada; embora, em modalidades alternativas, essa limitação não precise ser conduzida, nem é necessária. O detector de circuito em anel 38 aguarda um pequeno período de tempo, após suprir os pulsos de excitação, e, depois, o conversor A/D 72, em 203, armazena amostras do sinal recebido correspondente, proporcionado do circuito de condicionamento de sinal analógico 70. O número de amostras armazenadas é consistente com as práticas de amostragem de sinais e pode ser igual ou superior a centenas. A cadeia de saída dos pulsos criados pelo gerador de frequência de excitação 66 é proporcionada por uma duração fixa, que é suficientemente longa para permitir a execução do processo de amostragem. Ao expirar a duração fixa da cadeia de saída dos pulsos, a aplicação deles à cabeça mestre 40 é terminada em 204. Desse modo, nenhum outro sinal de excitação é aplicado à cabeça mestre 40, durante processamento adicional do sinal recebido nessa iteração do detector de circuito em anel 38. O analisador FFT 76 executa, em 206, uma transformação de Fourier nas amostras armazenadas digitais do sinal recebido do conversor A/D 72 e proporciona um espectro das frequências componentes, contidas dentro do sinal recebido. Depois, a lógica de detecção de circuito em anel 78 determina, em 208, os valores de magnitude e fase da frequência de excitação de momento no espectro de frequências.

A análise de magnitude é usada para proporcionar, primeiro, uma determinação geral da qualidade do acoplamento de sinal das cabeças 40, 46 com o circuito em anel sensor

26, e, em segundo lugar, identificar a qualidade do sinal recebido com relação a um nível de ruído geral. Um valor de magnitude de sinal recebido é exibido como um número de dois dígitos em um visor numérico 82. O número é um número normalizado, no qual um valor máximo de 99 representa uma magnitude de sinal, que seria esperada se as cabeças mestre e detectora 40, 46 estivessem em contato direto com a correia transportadora 20 e centralizadas dentro das respectivas extremidades dos circuitos em anel 42, 48. Um valor zero representa uma ausência de um circuito em anel sensor ou a presença de um ligado por fiação aberto 26, e, por conseguinte, nenhum circuito em anel sensor condutor presente. Na medida em que as cabeças mestre e detectora 40, 46 são movimentadas para longe da correia, o acoplamento elétrico delas com o circuito em anel sensor 26 varia. Desse modo, um valor de magnitude normalizado vai depender de como as cabeças mestre e detectora 40, 46 são montadas da correia transportadora 20, em qualquer aplicação particular. Geralmente, valores de magnitude normalizados mais altos representam um acoplamento eletromagnético mais forte, entre as cabeças mestre e detectora 40, 46 e o circuito em anel sensor 26.

O analisador de sinais recebidos 74 executa uma segunda análise de magnitude do sinal recebido. Nessa modalidade exemplificativa, considera-se que qualquer valor de magnitude normalizado, exibido pelo visor numérico 82, que seja igual ou inferior a 15, seja atribuível a ruído no sistema detector de circuito em anel 18. Portanto, nos diferentes modos operacionais aqui descritos, uma magnitude de si-

nal recebido, tendo um valor normalizado igual ou inferior a 15, é identificado como ruído e não é considerado como sendo um sinal correspondente a um sinal de excitação. Descartar arbitrariamente um sinal recebido como ruído, que tenha uma magnitude normalizada igual ou inferior a 15, é uma tentativa para reduzir o impacto adverso de ruído na operação de detecção do circuito em anel. Além disso, o valor normalizado igual ou inferior a 15 não é um valor absoluto, mas é um valor ajustável, que pode ser alterado a cada aplicação e instalação.

O analisador de sinais recebidos 74 tem ainda uma lógica de detecção de circuito em anel 78, que examina o espectro de frequências proporcionado pelo analisador FFT 76 e determina uma fase da frequência do sinal de excitação de momento dentro do espectro de frequências. Em vista da natureza indutiva das cabeças 40, 46 e do circuito em anel em forma de oito, invertido 28, pode-se esperar que um sinal recebido vai ter um desvio de fase negativo com relação à frequência do sinal de excitação. No entanto, se o circuito em anel sensor 26 for um circuito em anel não invertido 30, um diferente desvio de fase pode ser previsto e detectado. Portanto, como mostrado em 210 da Figura 2, a lógica de detecção de circuito em anel 78 determina se o valor de magnitude normalizado do sinal recebido, dentro do espectro de frequências produzido pelo analisador FFT 78, está acima de 15, e, em segundo lugar, se o desvio de fase do sinal recebido é negativo. Sendo assim, a lógica de detecção de circuito em anel 78 identifica o sinal recebido, como indicando

uma presença de um circuito em anel sensor e incrementa, em 212, um contador de relé 84 por um.

A seguir, em 214, um processador digital 60 determina se o contador de relé 84 é superior ou igual a 4. Se não, o processador 60 então determina, em 216, se um modo de salto de frequência foi selecionado. Se não, o processador digital retorna para a etapa 202 e, de novo, aplica uma cadeia de pulsos de frequência de excitação na cabeça mestre 40. O processo descrito acima com relação às etapas 202 a 216 é repetido várias vezes, e cada vez as magnitude e fase da frequência do sinal de excitação, dentro do espectro de frequências do analisador FFT 76, são detectadas para determinar se o circuito em anel 26 está ou não presente. Se quatro iterações consecutivas resultam em quatro detecções do circuito em anel sensor 26 estando presente, a lógica de detecção de circuito em anel 74, em 214, detecta o contador de relé 84 como sendo igual a quatro, e, em 218, ajusta o contador de relé 84 a um valor de oito. A seguir, em 220 da Figura 2A, a lógica de detecção de circuito em anel detecta o contador de relé 84 como sendo oito, e, em 222, ajusta uma saída nas E/S (entrada / saída) do detector de circuito em anel 90 a um estado representando um bom circuito em anel sensor 26. Esse estado é proporcionado pelas E/S do controle de fenda 88 para a lógica de falha de fenda 52, que, em uma maneira conhecida, mantém um relé de falha de fenda 54 em um estado que faz com que o controle do transportador 32 continue a operação da correia transportadora 20, de acordo com a lógica de controle do sistema de detecção de fenda 36. As

E/S do detector de circuito em anel 90 e as E/S do detector de fenda 88 funcionam de uma maneira conhecida para proporcionar e receber sinais analógicos, estados de sinais digitais, bem como sinais por uma ligação de comunicação serial.

5 Em contraste com uma detecção de circuito em anel bom, o detector de circuito em anel 38 também pode detectar uma condição "sem circuito em anel". Considerar que um circuito em anel bom já tendo sido detectado, o contador de relé 84 é ajustado a oito. Se, em 210, a magnitude normalizada
10 do sinal recebido não for superior a 15, ou o desvio de fase não é detectado como sendo negativo, a lógica de detecção de circuito em anel 78, em 224, proporciona um sinal "circuito em anel não presente", que decrementa o contador de relé 84 por 1. A lógica de detecção de circuito em anel 78 depois,
15 em 226, determina se o contador de relé 84 está igual ou inferior a 4, e nesse ponto, o contador de relé 84 não é igual a quatro. O processador digital 60 retorna então para a etapa 202 e aplica, de novo, uma cadeia de pulsos de excitação de duração fixa, tendo a mesma frequência da cabeça mestre
20 40. Os processos de amostragem e FFT são repetidos, e a lógica de detecção de circuito em anel, de novo, em 210, determina se as fase e magnitude do sinal recebido indicam se um circuito em anel está presente. O contador de relé 84 é incrementado ou decrementado conseqüentemente, e o processo
25 continua até que um valor do contador de relé de quatro seja detectado.

Deve-se notar que os circuitos em anel sensores 26 são separados na correia transportadora 20 por muitos centí-

metros (pés), por exemplo, até 305 centímetros (100 pés), e ainda, a largura de uma extremidade de circuito em anel sensor é geralmente um pouco superior a 30,5 centímetros (1 pé). Portanto, ainda que partes da correia transportadora, entre os circuitos em anel sensores 26, estejam se movimentando depois das cabeças detectoras 40, 46, sinais de circuito em anel presente vão ser detectados. Após quatro sinais de circuito em anel não presente consecutivos, decrementando o contador de relé a um valor de 4, com referência à Figura 2A, a lógica de detecção de circuito em anel, em 228, reajusta o contador de relé a zero. Depois, a lógica de detecção de circuito em anel 78, em 230, detecta um estado zero do contador de relé 84, e, em 232, faz com que as E/S 90 apresentem um estado de sinal de saída em circuito em anel para a lógica da falha de fenda 52, pelas E/S de controle de fenda 88, que representa uma ausência de ou um circuito em anel sensor 26 danificado.

Em resposta a um estado de entrada sem circuito em anel, o controle de detecção de fenda 36 opera com o controle do transportador 32 de uma maneira conhecida, para controlar a operação do acionador do transportador 24 e da correia 20, dependendo de um modo de operação conhecido, por exemplo, um modo de tempo, um modo de distância ou um modo de modelo. Nessa modalidade exemplificativa, o controle de detecção de fenda 36 também inclui E/S do sistema 96, que são efetivas em comunicar os dados do circuito em anel sensor a outro visor, computador ou controle.

Além de modo operacional de frequência única, o

82

detector de circuito em anel 38 é operável em um modo operacional de salto de frequência. Uma largura de faixa entre cerca de 45 - 53 kHz é dividida em dez frequências. Em geral, no modo operacional de salto de frequência, com a aplicação de cada cadeia de pulsos de excitação, um valor de magnitude normalizado é determinado para cada uma das dez frequências no espectro de frequências FFT, e a frequência tendo o valor de magnitude normalizado mais baixo é usado como a frequência de excitação seguinte. O controle de circuito em anel é comutável do modo de frequência única para o modo de salto de frequência, por um ajuste de hardware no detector de circuito em anel 38.

Além disso, em ambos os modos operacionais, o detector de circuito em anel 38 ilumina um LED dos visores de LEDs 94, ao detectar que algumas das frequências de não excitação são ruidosas, isto é, têm um valor de magnitude normalizado superior a 15. Desse modo, o usuário é dotado com uma indicação de que há presença de ruído. Os visores de LEDs 94 incluem outros LEDs, que são usados para indicar se um circuito em anel sensor está presente e se o processador digital está energizado. Além disso, há um LED para cada frequência de excitação, que se ilumina quando aquela frequência particular é usada, e outros LEDs podem ser usados para identificar outros estados operacionais, bem como estados de teste e diagnósticos.

Mais especificamente, quando no modo de salto de frequência, como mostrado em 201 na Figura 2, na partida, o processador digital 60 ajusta uma frequência de excitação a

uma frequência padrão. No modo de salto de frequência, uma primeira frequência padrão é cerca de 50,8 kHz, e, como descrito acima com relação às etapas 202 - 232, o gerador de frequências de excitação 66 aplica uma cadeia de pulsos de excitação de duração fixa, na primeira frequência padrão, à cabeça mestre 40. O analisador de sinais recebidos 74 proporciona um espectro de frequências com base em análise FFT de um sinal recebido correspondente, sentido pela cabeça detectora 46. Em 210, a lógica de detecção de circuito em anel 78 determina se o espectro de frequências, na frequência de excitação, tem um valor de magnitude normalizado superior a 15 e um desvio de fase negativo, correspondente a um circuito em anel sensor bom 26; e o contador de relé é incrementado, como descrito acima. No modo de salto de frequência, em 216, antes da aplicação de uma cadeia de pulsos subsequente à cabeça mestre 40, o processador digital 60 tem um seletor de frequência 92, que seleciona uma diferente frequência de excitação, como mostrado na Figura 2A.

No modo de salto de frequência, o detector de circuito em anel 38 tem uma segunda frequência padrão de cerca de 48 kHz. A primeira frequência padrão é a frequência de excitação de momento e, desse modo, a segunda frequência padrão é no momento uma segunda frequência padrão de não excitação. O seletor de frequência 92 determina, em 236, se as frequências de não excitação são silenciosas, isto é, se o maior valor de magnitude normalizado de uma frequência de não excitação é inferior a 15. Sendo assim, o seletor de frequência 92, depois em 238, ajusta a frequência de excita-

ção à segunda frequência padrão, e o gerador de frequências de excitação 66, depois em 202, aplica à cabeça mestre 40 uma cadeia de pulsos de excitação de duração fixa, tendo a segunda frequência padrão. O detector de circuito em anel 38
5 executa de novo as etapas do processo de 203 - 236, como descrito acima. Se em 236, o detector de circuito em anel 38 detecta de novo que as frequências de não excitação estão silenciosas, o seletor de frequência 92, em 238, ajusta a frequência de excitação na primeira frequência padrão. Desse
10 modo, no modo de salto de frequência, se as frequências de não excitação são determinadas para serem silenciosas, isto é, nenhum valor de magnitude normalizado é igual ou superior a 15, a frequência de excitação chaveia ou salta entre das duas frequências padrões, com sucessivos ciclos de excita-
15 ção. Nesse modo operacional, não apenas é uma presença de circuito em anel testada com uma aplicação de um sinal de excitação, mas também, o ruído é examinado em todas as frequências de não excitação. Além disso, por chaveamento entre duas frequências padrões, a amplitude do ruído ambiente para
20 todas as frequências é determinada a cada outro ciclo de excitação. Em vez de salto de frequência, com cada iteração do detector de circuito em anel 38, em uma modalidade alternativa, um sincronizador pode ser usado para determinar quando a frequência é alterada, para detectar as amplitudes do ruído ambiente das frequências de não excitação. O uso das frequências padrões faz com que os LEDs associados com aquelas frequências iluminem de uma forma relativamente constante, permitindo, desse modo que um operador diga, fácil e rapida-

mente, se o sistema está operando em um meio menos ruidoso.

Se em 236, a lógica do seletor de frequência 92 determinar que a frequência padrão de não excitação não está silenciosa, isto é, tem um valor de magnitude normalizado superior a 15, a lógica do seletor de frequência 92 então, em 240, verifica os valores de magnitude normalizados das outras 9 frequências. A frequência de excitação tendo o valor de magnitude normalizado mais baixo é então selecionado como a frequência de excitação seguinte. E em 202, o gerador de frequências de excitação 66 aplica uma cadeia de pulsos, tendo aquela frequência de excitação mais silenciosa, à cabeça mestre 40. Desse modo, no modo de salto de frequência, com cada ciclo ou iteração do detector de circuito em anel 38, pelo processo das Figuras 2 e 2A, se qualquer frequência de não excitação for determinada como tendo amplitude de ruído, que seja superior a 15, o seletor de frequência 92 é operável para selecionar uma frequência de excitação tendo a amplitude de ruído mais baixa. Por excitação contínua da cabeça mestre 40 com uma frequência de excitação, que tem uma amplitude de ruído mais baixa, o detector de circuito em anel 38 proporciona uma detecção mais confiável de se o circuito em anel está ou não presente. Essa confiabilidade aperfeiçoada não apenas reduz as paradas do transportador desautorizadas, mas também resulta em paradas mais precisas do transportador, para minimizar o dano ao correia transportadora, no caso de determinações sem circuito em anel, quando os circuitos em anel são danificados.

O detector de circuito em anel 38, mostrado e des-

crito aqui, proporciona várias vantagens e tem um desempenho substancialmente aperfeiçoado e em ambientes ruidosos. Primeiro, a cabeça mestre 40 é excitada com uma cadeia de pulsos de duração fixa, que é terminada após um sinal recebido correspondente ter sido amostrado e armazenado. A terminação da aplicação dos pulsos de excitação e também a variação das frequências dos sinais reduz-se uma capacidade inerente de acoplamento parasita, que gera ruído. Em segundo lugar, com sucessivas iterações ou ciclos, em um ambiente ruidoso, o detector de circuito em anel 38 pode selecionar as frequências de excitação, que tenham as amplitudes de ruído mais baixas, o que substancialmente aperfeiçoa a imunidade de ruído do detector de circuito em anel 38. Em terceiro lugar, usando-se o processador digital 60, o detector de circuito em anel 38 tem um maior alcance de leitura com relação ao circuito em anel sensor 26 do que os circuitos analógicos anteriores. Esse maior alcance de leitura produz valores de magnitude normalizados geralmente mais altos e, frequentemente, respectivamente, relações de sinal-para-ruído mais altas. O detector de circuito em anel 38 tem a vantagem adicional de ser capaz de detectar um circuito em anel em forma de oito 28, bem como um circuito em anel não invertido 30. Também, o detector de circuito em anel 38 não usa um circuito de controle de ganho automático de grande capacitância, eliminando, desse modo, os requisitos caros de proporcionar blindagem e filtragem elétricas associadas.

Ainda que a presente invenção tenha sido ilustrada por uma descrição de várias modalidades e ainda que essas

modalidades tenham sido descritas em detalhes consideráveis, não é intenção dos requerentes restringir ou de modo algum limitar o âmbito das reivindicações em anexo a esses detalhes. Outras vantagens e modificações vão surgir facilmente para aqueles versados na técnica. Por exemplo, nas modalidades descritas, o valor de magnitude normalizado é usado para testar a presença de ruído ambiente em frequências de não excitação, durante a operação do detector de circuito em anel 38. No entanto, o visor de dois dígitos 82 também pode ser usado durante um ajuste das cabeças mestre e detectora 40, 46. Ainda que as posições das cabeças 40, 46 estão sendo ajustadas, o transportador e o detector de circuito em anel são operados, e o valor de magnitude normalizado no visor 82 é observado. As cabeças 40, 46 são localizadas em posições proporcionando os valores de magnitude normalizados mais alto e, desse modo, o acoplamento eletromagnético mais forte entre as cabeças mestre e detectora 40, 46 e o circuito em anel sensor 26.

Nas modalidades descritas, o valor de magnitude normalizado é usado para determinar um estado qualitativo de circuito em anel sensor de estar presente. No entanto, em uma modalidade alternativa, o valor de magnitude normalizado pode ser usado para determinar outros estados qualitativos do circuito em anel sensor ou da correia transportadora. Por exemplo, após as cabeças 40, 46 terem sido ajustadas, a correia transportadora e o circuito em anel sensor podem ser operados, e os valores de magnitude normalizados armazenados em associação com um respectivo circuito em anel sensor. Es-

ses valores de magnitude normalizados podem ser armazenados, por exemplo, na tabela de calibração 86 do controle de detecção de fenda 36. No processo iterativo do detector de circuito em anel 38, um valor de magnitude normalizado armazenado pode ser uma média de valores de magnitude normalizados para um circuito em anel particular. Após uma revolução da correia transportadora 20, um mapa de valores de magnitude normalizados iniciais ou de referência, para todos os circuitos em anel sensores 26 na correia transportadora, vai ser armazenado. Com operação continuada da correia transportadora, os valores de magnitude normalizados de momento, para os circuitos em anel sensores, podem ser determinados e armazenados, para proporcionar um mapa dos valores de magnitude normalizados de momento. Na medida em que um circuito em anel sensor ou uma correia transportadora em torno do circuito em anel sensor, experimenta mudanças nas suas características físicas, de desgaste normal ou de uma força ou dano inesperado. Por exemplo, se um ou mais condutores em circuitos em anel sensores são danificados ou abertos, uma impedância do circuito em anel sensor vai alterar-se. Essa variação de impedância vai alterar o fluxo de corrente no circuito em anel sensor, e, por conseguinte, o valor de magnitude normalizado, produzido durante um sinal de excitação.

Portanto, a qualquer tempo, um mapa dos valores de magnitude normalizados de cada um dos sensores pode ser comparado a um mapa inicial ou de referência dos valores de magnitude normalizados, e uma determinação feita com relação a uma característica qualitativa de um respectivo circuito

em anel sensor e/ou correia transportadora. Além disso, o controle de detecção de fenda 36 também freqüentemente rastreia falhas, para detectar circuitos em anel e outros dados. Os dados mencionados acima podem ser analisados por um usuário imprimindo os mapas iniciais e de momento, para fins de análise. Em outras modalidades, os valores de magnitude normalizados podem ser comparados automaticamente em um circuito em anel sensor, com base no circuito em anel sensor, pelo controle de detecção de fenda 36 ou outro controle, e uma magnitude de variação, uma taxa de variação ou outra variação nos valores de magnitude normalizados determinada. Desse modo, sob algumas circunstâncias, uma deterioração ou outra variação qualitativa no circuito em anel sensor 26 e, possivelmente, na correia transportadora 20 pode ser observada por rastreamento dos valores de magnitude normalizados por um período de tempo. Uma saída pode ser então proporcionada com base nessas variações e em outros dados disponíveis no controle de detecção de fenda 36. A saída pode variar de uma simples luz de aviso a um visor de uma identidade de um circuito em anel sensor relacionado, e, em outras modalidades, a operação da correia transportadora pode ser automaticamente alterada ou interrompida de uma maneira controlada.

Além disso, nas modalidades descritas, o sinal de excitação é um sinal de excitação de duração fixa, que é terminado após um sinal recebido correspondente ter sido amostrado e armazenado. Ainda que se acredite que esse sinal de excitação de duração fixa reduza o ruído no processo de detecção de circuito em anel, em uma modalidade alternativa,

um sinal de excitação pode ser continuamente aplicado à cabeça mestre 40, e o detector de circuito em anel 38 vai operar aqui com relação às Figuras 1, 2 e 2A. No entanto, nessa modalidade alternativa, pode haver ambientes mais ruidosos, nos quais a qualidade da detecção de circuito em anel pode ser menos confiável do que se um sinal de excitação de duração fixa fosse usado.

Na modalidade descrita, a lógica de detecção de circuito em anel 78 requer a ocorrência de quatro detecções de circuito em anel presente ou não presente, antes que um sinal de circuito em anel bom ou sem circuito em anel seja enviado para as E/S do detector de circuito em anel 90. Isso é feito para filtrar falas detecções do sistema, que podem ser o resultado de ruído ou de outros eventos espúrios. No entanto, o requisito de quatro detecções de circuito em anel presente ou não presente pode ser diferente, e, dependendo da aplicação, em outras modalidades, sinais de circuito em anel bom ou sem circuito em anel podem ser gerados, em resposta a um número dos respectivos sinais de circuito em anel presente e circuito em anel não presente, que é inferior a quatro ou superior quatro.

No modo de salto de frequência, uma largura de faixa de frequências entre cerca de 45 - 53 kHz é dividida em dez frequências. Desse modo, cada uma das dez frequências tem uma separação inferior a um kHz. A largura de faixa total varrendo as dez frequências, a largura de faixa separando as frequências e o número de frequências não são considerados importantes na prática da invenção reivindicada. No

entanto, a utilização de frequências de excitação geralmente em torno de 50 kHz é considerada como proporcionando melhor desempenho, e, em modalidades alternativas, mais ou menos de dez frequências, que são separadas por larguras de faixa fixas ou diferentes, podem ser usadas.

Portanto, a invenção, nos seus aspectos mais genéricos, não é limitada aos detalhes específicos mostrados e descritos. Conseqüentemente, podem acontecer desvios dos detalhes aqui descritos, sem que se afaste do espírito e âmbito das reivindicações apresentadas a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para uso em um detector de fenda (18) de correia transportadora (20), que acopla sinais de excitação em uma primeira frequência aos circuitos em
5 anel sensores (26), conduzidos por uma correia transportadora (20), e, depois, detecta os sinais recebidos correspondentes dos respectivos circuitos em anel sensores (26), o aparelho sendo **CARACTERIZADO** por:

um conversor analógico para digital (72), para
10 detectar os sinais recebidos correspondentes dos circuitos em anel sensores (26);

um analisador (76) de transformação rápida de Fourier, para executar transformações de Fourier rápidas nos sinais recebidos correspondentes, para proporcionar
15 os respectivos espectros de frequências de sinais recebidos;

uma lógica do estado do circuito em anel determinando os valores de magnitude e fase, para a primeira frequência nos respectivos espectros de frequência de sinais recebidos, e determinando os estados de circuito em
20 anel (26) presente e circuito em anel (26) não presente dos circuitos em anel sensores, em resposta à determinação dos valores de magnitude e fase; e

um gerador de frequências de excitação (66),
25 gerando sinais de excitação, cada sinal de excitação sendo uma cadeia de pulsos de uma duração fixa em uma frequência, a duração fixa terminando a geração de um respectivo sinal de excitação, antes de uma determinação dos

valores de magnitude e fase, para reduzir um acoplamento parasita capacitivo inerente que gera ruído.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente por:

5 um seletor de frequência (92) responsivo ao analisador de transformação rápida de Fourier, para selecionar uma frequência diferente para cada sinal de excitação sucessivo;

 um controle de frequência de excitação respon-
10 sivo ao seletor de frequência (92); e

 um modulador de amplitude de pulso (62) responsivo ao controle da frequência de excitação, para produzir cadeias de pulsos de sinais de excitação de respectivas frequências desejadas.

15 3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente por cabeças mestre (46) e detectora, para acoplamento de sinais de excitação nos circuitos em anel sensores (26), e em que cada um dos valores de magnitude é representado por um valor de magnitude normalizado do sinal recebido, na primeira frequência, o valor de magnitude normalizado tendo um valor máximo representando uma magnitude de sinal, que seria esperada se as cabeças mestre (46) e detectora estivessem
20 quase que em contato direto com a correia transportadora
 (20), dentro do circuito em anel sensor (26), e um valor mínimo, representando uma ausência de um circuito em anel sensor (26) ou a presença de um circuito em anel sensor
25 (26) aberto, e determinar um estado qualitativo do cir-

cuito em anel sensor (26), em resposta à determinação do valor de magnitude normalizado.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente por cabeças mestre (46) e
5 detectora, para acoplamento de sinais de excitação nos circuitos em anel sensores (26), e em que os valores de magnitude são representados por valores de magnitude normalizados do sinal recebido, em outras frequências diferentes, os valores de magnitude normalizados representando
10 do ruído ambiental nas outras diferentes frequências, e o gerador de frequências de excitação (66) proporcionando um sinal de excitação subsequente, em uma das outras diferentes frequências de excitação, tendo um valor de magnitude normalizado mais baixo.

15 5. Método de determinar um estado qualitativo de uma correia transportadora, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

aplicar um primeiro sinal de excitação, tendo uma primeira frequência, a um primeiro circuito em anel
20 sensor (26) conduzido por uma correia transportadora (20);

detectar um primeiro sinal recebido do primeiro circuito em anel sensor (26), correspondente ao primeiro sinal de excitação;

25 executar uma transformação rápida de Fourier (206) no primeiro sinal recebido, para proporcionar um espectro de frequências do primeiro sinal recebido; e

determinar um estado qualitativo do primeiro

circuito em anel sensor, em resposta aos valores de magnitude e fase.

6. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

5 identificar uma segunda frequência, na primeira frequência do sinal recebido, tendo uma amplitude de ruído inferior à amplitude de ruído da primeira frequência; e

10 iterar com relação ao primeiro circuito em anel sensor, as etapas de aplicação, detecção, execução, identificação e determinação, usando um segundo sinal de excitação tendo a segunda frequência.

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro sinal de excitação tem uma duração fixa, e o método compreende ainda permitir que a duração fixa do primeiro sinal de excitação expire antes da geração dos valores de magnitude e fase para o primeiro sinal recebido correspondente.

8. Método, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

20 determinar um valor de magnitude normalizado do sinal recebido na primeira frequência, o valor de magnitude normalizado tendo um valor máximo representando uma magnitude de sinal, que seria esperada se as cabeças mestre (46) e detectora estivessem quase em contato direto com a correia transportadora (20), dentro do circuito em anel sensor (26), e um valor mínimo, representando uma ausência de um circuito em anel sensor (26) ou a presença

de um circuito em anel sensor (26) aberto; e

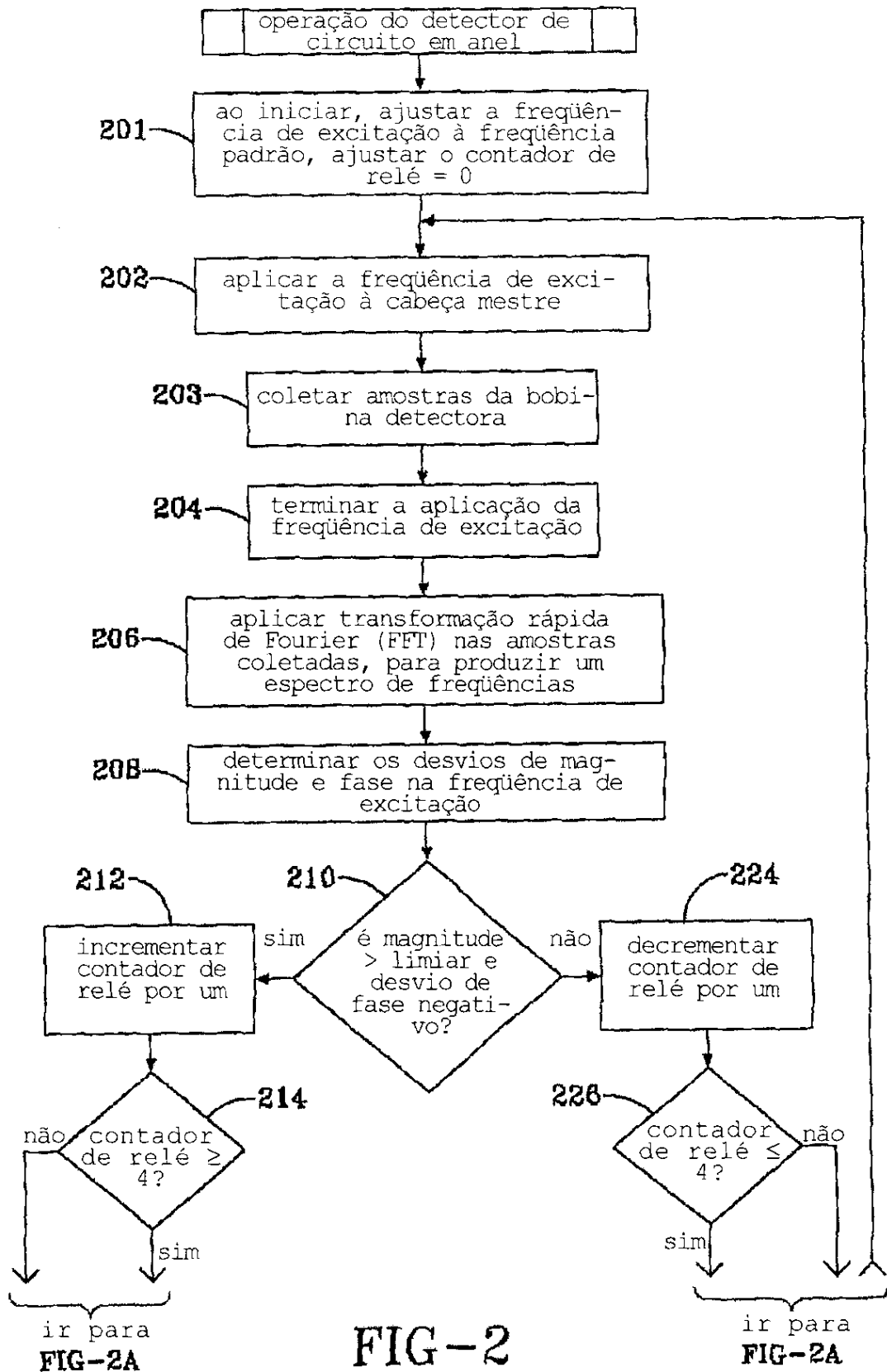
determinar um estado qualitativo do circuito em anel sensor, em resposta à determinação do valor de magnitude normalizado.

5 9. Método, de acordo com a reivindicação, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

 determinar um valor de magnitude normalizado do sinal recebido em outras diferentes frequências tendo um valor de magnitude normalizado mais baixo, em que os valores de magnitude normalizados tendo um valor máximo, representando uma magnitude de sinal que seria esperada se as cabeças mestre (46) e detectora estivessem quase em contato direto com a correia transportadora (20), dentro do circuito em anel sensor (26), e um valor mínimo, representando uma ausência de um circuito em anel sensor (26) ou a presença de um circuito em anel sensor (26) aberto.

10

15



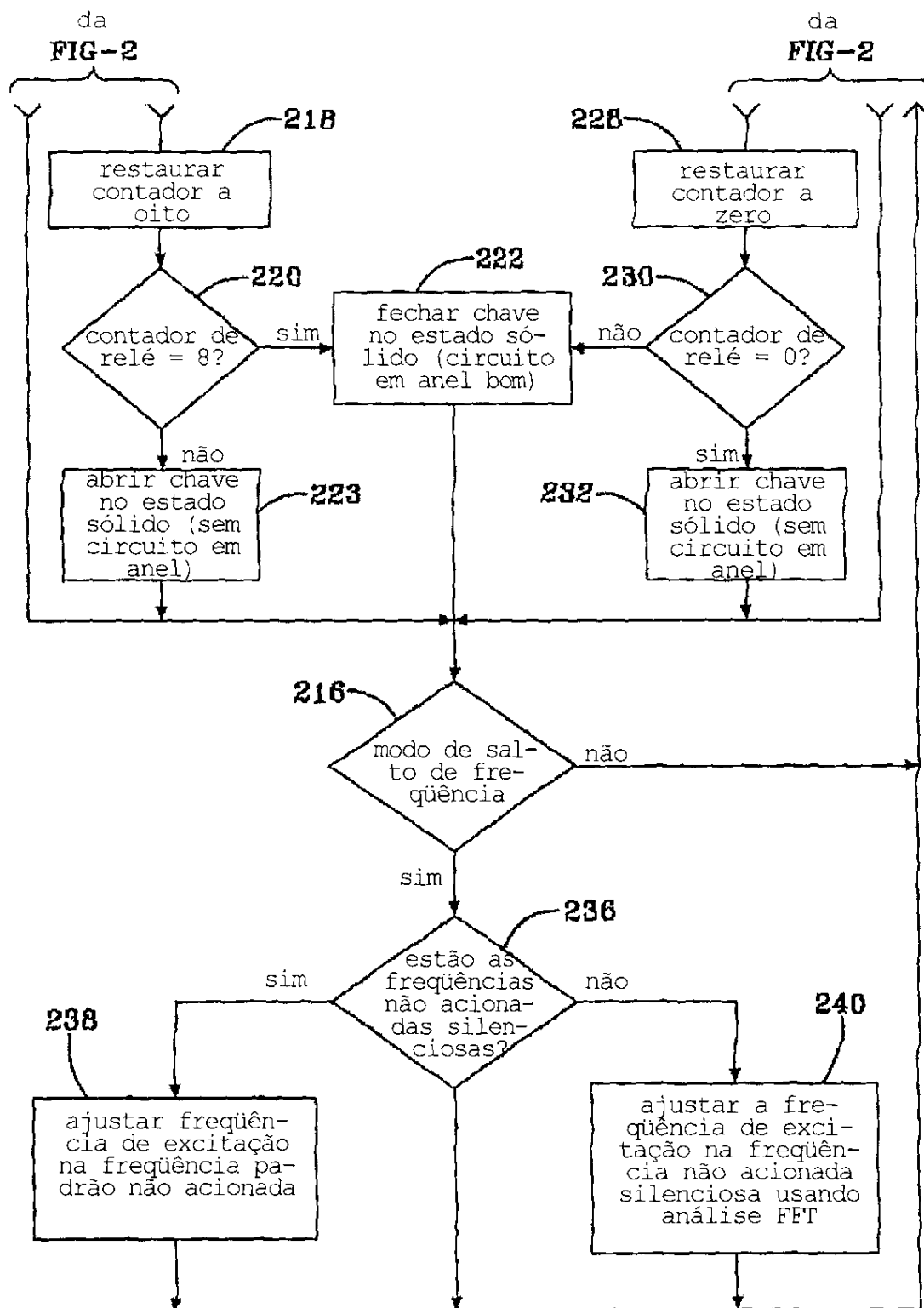


FIG-2A