



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

(11) PI 0418867-5 B1

(22) Data do Depósito: 14/06/2004

(45) Data de Concessão: 24/01/2017



(54) Título: FLUXÍMETRO DE CORIOLIS E MÉTODO PARA DETERMINAR UMA DIFERENÇA DE SINAL EM CABEAMENTO E PRIMEIRO E SEGUNDO SENSOR DE COLETA DE SINAL

(51) Int.Cl.: G01F 1/84; G01F 25/00

(73) Titular(es): MICRO MOTION, INC.

(72) Inventor(es): BRIAN T. SMITH; CRAIG B. MCANALLY

"FLUXÍMETRO DE CORIOLIS E MÉTODO PARA DETERMINAR
UMA DIFERENÇA DE SINAL EM CABEAMENTO E PRIMEIRO E SEGUNDO
SENSOR DE COLETA DE SINAL"

CAMPO TÉCNICO

5 1. Fundamentos da Invenção

A presente invenção diz respeito a um fluxímetro de Coriolis e método para determinar uma diferença de sinal em cabeamento e primeiro e segundo sensor de coleta de sinal.

10 2. Colocação do Problema

Sensores de condutas vibrantes, tais como fluxímetros de massa de Coriolis, tipicamente operam detectando-se o movimento de um conduta vibrante que contém um material em movimento. Propriedades associadas com o material no
15 conduta, tal como fluxo de massa, densidade e similares, podem ser determinadas processando-se os sinais de medição recebidos de transdutores de movimento associados com o conduta. Os modos de vibração do sistema cheio com material vibrante em geral são afetados pela massa combinada, rigidez
20 e características de amortecimento do conduta de contenção e do material nele contido.

Um fluxímetro de massa de Coriolis típico inclui um ou mais condutas que são conectados em linha em uma tubulação ou outro sistema de transporte e transferem material,
25 al, por exemplo, fluidos, lamas e similares, no sistema. Pode-se considerar que cada conduta tem um conjunto de modos de vibração natural incluindo, por exemplo, modos de curva simples, torsional, radial e acoplados. Em uma aplicação de

ção de fluxo de massa de Coriolis típico, um conduto é excitado em um ou mais modos de vibração à medida que material escoia através do conduto, e o movimento do conduto é medido em pontos espaçados ao longo do conduto. A excitação é tipicamente provida por um atuador, por exemplo, um dispositivo eletromecânico, tal como um excitador tipo bobina de corrente que perturba o conduto de uma maneira periódica. A vazão de massa pode ser determinada medindo-se o atraso de tempo ou diferenças de fase entre movimentos nos locais dos sensores. Dois de tais transdutores (ou sensores de código de sinal) são tipicamente empregados a fim de medir uma vazão vibracional do conduto ou condutos de fluxo, e são tipicamente localizados em posições à montante e à jusante do atuador. Os dois sensores de amostragem de sinal são conectados na instrumentação eletrônica por cabeamento, como dois pares independentes de fios. A instrumentação processa os sinais dos dois sensores de coleta de sinal e processa os sinais a fim de derivar uma medição de vazão de massa.

Quando o conduto ou condutos de fluxo de um fluxímetro de Coriolis estão vazios, então a diferença de fase entre os dois sinais de coleta é idealmente zero. Ao contrário, durante operação normal, o fluxo através do fluxímetro causa um deslocamento de fase entre os dois sinais de coleta devido ao efeito Coriolis. O deslocamento de fase é diretamente proporcional ao fluxo de material através dos condutos. Portanto, fazendo-se uma medição precisa da diferença de fase de sinal, o fluxímetro pode medir precisamente a vazão de

A determinação da diferença de sinal entre sinais de sensores de coleta de sinal é uma operação importante da instrumentação do fluxímetro. Esta determinação de sinal tem que ser feita precisamente, mesmo que o cabeamento entre os 5 sensores e a instrumentação afete os sinais de medição. Todo o cabeamento inclui características de indutância, capacitância e resistência inerente e distribuída. Além do mais, os sensores de coleta de sinal podem ter características inerentes que afetam adicionalmente a diferença de sinal. Cada 10 sinal de coleta tem que deslocar através do cabeamento e, portanto, a precisão do sinal pode ser reduzida antes de o sinal atingir a instrumentação de medição do fluxímetro.

Cabeamento de fluxímetro típico pode variar de comprimento de acordo com o ambiente e instalação. Um cabeamento de fluxímetro pode atingir até 1.000 pés (304,8 metros). Os parâmetros do cabo distribuído, tais como indutância, capacitância e resistência inerentes, introduzirão alguma diferença de sinal em um sinal senoidal que desloca pelo 15 cabeamento. Em decorrência disto, na extremidade do cabo, dois sinais de medição independentes que deslocam pelo cabo podem apresentar uma diferença de sinal introduzida pelo cabo, se os sinais não apresentarem exatamente os mesmos parâmetros de cabo. Uma vez que a instrumentação de medição relaciona a diferença de sinal com o fluxo de massa, o cabeamento e o sistema sensor adicionam um termo de erro indesejado à medição do fluxo. 20

Além da falta de correspondência entre os dois pares de cabo, os parâmetros do cabeamento distribuído e do

sistema de sensor variarão com a temperatura. Esta variação de temperatura pode exigir uma operação de zeragem, tal como quando o fluxímetro é instalado ou quando a temperatura ambiente muda acima de um certo valor. Durante uma operação de 5 zeragem (isto é, sob condições sem fluxo), a instrumentação captura a diferença de sinal gerada pelo sistema (incluindo falta de correspondência de sinal de coleta, falta de correspondência de cabeamento, falta de correspondência de instrumentação) e subtrai este desvio de todas as medições de 10 fase subseqüentes. Entretanto, uma zeragem uma vez não garante a devida operação, já que as características do cabeamento/sistema sensor podem variar, e variam, com o tempo.

Fluxímetros da tecnologia anterior não compensa autônoma e continuamente diferenças de sinal de cabeamento e 15 sensores de coleta de sinal de um fluxímetro. Fluxímetros da tecnologia anterior não fazem compensação fora dos componentes eletrônicos de medição.

SUMÁRIO DA SOLUÇÃO

A presente invenção ajuda solucionar os problemas 20 associados com características inerentes de cabeamento e sensores de coleta de sinal de um fluxímetro.

Um fluxímetro de Coriolis é provido de acordo com uma modalidade da invenção. O fluxímetro de Coriolis compreende primeiro e segundo sensor de coleta de sinal, cabeamen- 25 to acoplado no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal, e um dispositivo de injeção de sinal acoplado no cabeamento. O dispositivo de injeção de sinal é adicionalmente configurado para gerar um ou mais sinais de referência, com um ou

mais sinais de referência sendo substancialmente idênticos em fase. O dispositivo de injeção de sinal é configurado para gerar um ou mais sinais de referência no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal. O fluxímetro
5 de Coriolis compreende adicionalmente um circuito de condicionamento de sinal acoplado no cabeamento. O circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para receber primeiro e segundo sinais de resposta do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em respos-
10 ta a um ou mais sinais de referência e para determinar uma diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de res-
posta.

Um método para determinar uma diferença de sinal em cabeamento e primeiro e segundo sensor de coleta de sinal
15 de um fluxímetro de Coriolis é provido de acordo com uma modalidade da invenção. O método compreende gerar um ou mais sinais de referência, em que um ou mais sinais de referência são substancialmente idênticos em fase, comunicar um ou mais sinais de referência no cabeamento e primeiro e segundo sen-
20 sor de coleta de sinal, e determinar a diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de resposta retornados do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a um ou mais sinais de referência.

ASPECTOS

25 Em um aspecto, o dispositivo de injeção de sinal compreende um conversor analógico digital (D/A) configurado para receber um comando de frequência digital e dar saída a uma entrada de frequência, um gerador de sinal de referência

que recebe a entrada de frequência do conversor D/A e dá saída a um único sinal de referência de uma frequência especificada pela entrada de frequência, e um transformador que converte o único sinal de referência a um ou mais sinais de
5 referência.

Em um outro aspecto, o transformador compreende um transformador de núcleo ferroso.

Também em um outro aspecto, o transformador compreende enrolamentos primários e primeiro e segundo enrolamentos, com uma relação de enrolamentos dos enrolamentos
10 primários para o primeiro e segundo enrolamentos secundários compreendendo uma relação de relacionamentos substancialmente 7:1:1.

Também em um outro aspecto, o conversor D/A recebe
15 o comando de frequência digital do circuito de condicionamento de sinal.

Também em um outro aspecto, um ou mais sinais de referência são substancialmente idênticos em fase e em amplitude.

Também em um outro aspecto, a diferença de sinal é
20 substancialmente removida do primeiro e segundo sinais de medição por um circuito de condicionamento de sinal, com o primeiro e segundo sinais de medição sendo gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta à vibração do conduíte de fluxo.
25

Também em um outro aspecto, o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para fazer compensação do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de

coleta de sinal usando a diferença de sinal.

Também em um outro aspecto, o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para realizar periodicamente compensação do cabeamento e do primeiro e
5 segundo sensor de coleta de sinal usando a diferença de sinal.

Também em um outro aspecto, o primeiro e segundo sinais de resposta são diferentes na frequência do primeiro e segundo sinais de medição, com o primeiro e segundo sinais
10 de medição sendo gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a vibração do condute de fluxo.

Também em um outro aspecto, o primeiro e segundo sinais de resposta são substancialmente idênticos na frequência ao primeiro e segundo sinais de medição, com o primeiro e segundo sinais de medição sendo gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a vibração do condute de fluxo.
15

Também em um outro aspecto o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para usar o
20 primeiro e segundo sinais de resposta para detectar um circuito aberto no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal.

Também em um outro aspecto, o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para usar
25 um primeiro e segundo sinais de resposta para detectar um curto circuito no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal.

Também em um outro aspecto, o circuito de condi-

cionamento de sinal é adicionalmente configurado para usar o primeiro e segundo sinais de resposta para fazer um ajuste de ganho automático.

Também em um outro aspecto, o circuito de condicionamento de sinal recebe um ou mais sinais de referência juntamente com o primeiro e segundo sinais de resposta e em que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para remover um ou mais sinais de referência.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

10 A Figura 1 ilustra um fluxímetro de Coriolis compreendendo um conjunto de fluxímetro e componentes eletrônicos de medição.

A Figura 2 é um diagrama de um fluxímetro de Coriolis de acordo com uma modalidade da invenção.

15 A Figura 3 é um fluxograma de um método para determinar uma diferença de sinal em cabeamento e primeiro e segundo sensor de coleta de sinal do fluxímetro de Coriolis de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 4 ilustra um fluxímetro de Coriolis de 20 acordo com uma outra modalidade da invenção.

A Figura 5 é um fluxograma de um método para determinar uma diferença de sinal de acordo com uma outra modalidade da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

25 As Figuras 1-5 e a descrição seguinte representam exemplos específicos para ensinar aos versados na técnica como fazer e usar o melhor modo da invenção. Com o propósito de ensinar os princípios inventivos, alguns aspectos conven-

cionais foram simplificados ou omitidos. Versados na técnica percebem variações em relação a esses exemplos que se enquadram no escopo da invenção. Versados na técnica perceberão que os recursos descritos a seguir podem ser combinados de várias maneiras para formar múltiplas variações da invenção. Em decorrência disto, a invenção não está limitada aos exemplos específicos descritos a seguir, mas somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

A Figura 1 ilustra um fluxímetro de Coriolis compreendendo um conjunto do fluxímetro 10 e componentes eletrônicos de medição 20. Os componentes eletrônicos de medição 20 são conectados no conjunto de medição 10 por meio de condutores 100 para fornecer informação de densidade, vazão de massa, vazão de volume, fluxo de massa totalizado, temperatura e outras informações pelo caminho 26. Deve ficar claro aos versados na técnica que a presente invenção pode ser usada por qualquer tipo de fluxímetro de Coriolis independente do número de excitadores, sensores de coleta de sinal, conduites de fluxo ou pelo modo operacional de vibração.

O conjunto do fluxímetro 10 inclui um par de flanges 101 e 101', coletores 102 e 102', excitador 104, sensores de coleta de sinal 105-105' e conduites de fluxo 103A e 103B. O excitador 104 e sensores de coleta de sinal 105-105' são conectados nos conduites de fluxo 103A e 103B.

Os flanges 101 e 101' são fixos nos coletores 102 e 102'. Os coletores 102 e 102' são fixos nas extremidades opostas do espaçador 106. O espaçador 106 mantém o espaça-

mento entre os coletores 102 e 102' para impedir vibrações indesejadas nos conduites de fluxo 103A e 103B. Quando o conjunto do fluxímetro 10 é inserido em um sistema de tubulação (não mostrado) que leva o material que está sendo me-
5 dido, o material entra no conjunto do fluxímetro 10 pelo flange 10, passa através do coletor de entrada 103A e 103B, escoo através de conduites de fluxo 103A e 103B e de volta para o coletor de saída 102' onde ele sai do conjunto de medição 10 através do flange 101'.

10 Os conduites de fluxo 103A e 103B são selecionados e devidamente montados no coletor de entrada 102 e no coletor de saída 102' de maneira a ter substancialmente a mesma distribuição de massa, momentos de inércia e módulos elástico em torno dos eixos de dobramento W-W e W'-W', respectiva-
15 mente. Os conduites de fluxo se estendem para fora dos coletores de uma maneira essencialmente paralela.

Conduites de fluxo 103A-B são excitados por excitador 104 em direções opostas em torno de seus respectivos eixos de curvatura W e W' e, no que é denominado primeiro
20 dos modos de curvatura do fluxímetro. O excitador 104 pode compreender um de muitos arranjos bem conhecidos, tais como um ímã montado no condute de fluxo 103A e uma bobina oposta montada no condute de fluxo 103B. Uma corrente alternada passa pela bobina oposta para fazer com que ambos os condui-
25 tes oscilem. Um sinal de excitação adequado é aplicado pelos componentes eletrônicos de medição 20 por meio do condutor 110 no excitador 104.

Os componentes eletrônicos de medição 20 recebem

5 sinais do sensor nos condutores 111 e 111', respectivamente. Os componentes eletrônicos de medição 20 produzem um sinal de excitação no condutor 110 que faz com que o excitador 104 oscile os condutores de fluxo 103A e 103B. Os componentes eletrônicos de medição 20 processam sinais de velocidade da esquerda e da direita provenientes dos sensores de coleta de sinal 105 e 105' a fim de computar uma vazão de massa. O caminho 26 fornece um meio de entrada e saída permitir que os componentes eletrônicos de medição 20 façam interface com um operador. A descrição da Figura 1 é provida meramente como um exemplo da operação de um fluxímetro de Coriolis e não é para limitar os preceitos da presente invenção.

15 A Figura 2 é um diagrama de um fluxímetro de Coriolis 200 de acordo com uma modalidade da invenção. O fluxímetro 200 inclui um primeiro sensor de coleta de sinal 201a, um segundo sensor de coleta de sinal 201b, um circuito de condicionamento de sinal 202 e um dispositivo de injeção de sinal 203. O circuito de condicionamento de sinal 202 é acoplado no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 20 201b pelo cabeamento 205. Além do mais, o dispositivo de injeção de sinal 203 é também acoplado no cabeamento 205. Em uma modalidade, o dispositivo de injeção de sinal 203 e o circuito de condicionamento de sinal 202 compreendem componentes dos componentes eletrônicos de medição 20 (ver Figura 25 1).

O primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b são acoplados no circuito de condicionamento de sinal 202 pelo cabeamento 205. O cabeamento 205 pode compre-

ender qualquer tipo de fio, cabo, fibra, etc., que conecte eletricamente o primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b no circuito de condicionamento de sinal 202. O cabeamento 205 em uma modalidade compreende os condutores 5 100 da Figura 1. Conseqüentemente, o circuito de condicionamento de sinal 202 recebe primeiro e segundo sinais de medição provenientes do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b pelo cabeamento 205 em resposta à vibração de um condute de fluxo ou condutes de fluxo do fluxímetro 10 5.

O dispositivo de injeção de sinal 203 gera primeiro e segundo sinais de referência. O primeiro e segundo sinais de referência são substancialmente idênticos em fase. Alternativamente, o primeiro e segundo sinais de referência 15 podem ser substancialmente idênticos tanto em fase como amplitude. Deve-se entender que o dispositivo de injeção de sinal 203 pode criar um sinal de referência, onde o sinal de referência é comunicado tanto ao primeiro como o segundo sensores de coleta de sinal 201a e 201b, tal como pelo dispositivo de injeção de sinal 203 da Figura 4. O dispositivo 20 de injeção de sinal 203 comunica adicionalmente o primeiro e segundo sinais de referência no cabeamento 205 e ao primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b. Portanto, o dispositivo de injeção de sinal 203 pode comunicar o primeiro 25 ro e segundo sinais de referência no cabeamento 205 e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b. Conseqüentemente, o primeiro e segundo sinais de resposta são criados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de si-

nal 201a e 201b em resposta aos sinais de referência. Os sinais de referência compreendem reflexões dos sinais de referência, mas em que os sinais de resposta podem apresentar uma diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de
5 resposta por causa de qualquer característica inerente do cabeamento 205 e dos sensores de coleta de sinal 201. A diferença de sinal pode compreender uma diferença de fase, um atraso de tempo, uma diferença de coleta de sinal induzida por Coriolis, etc. As características inerentes podem incluir, por exemplo, características de indutância, capacitância
10 e resistência distribuída do cabeamento 205 e dos sensores de coleta de sinal 201. A diferença de sinal pode ser recebida, detectada e medida pelo circuito de condicionamento de sinal 202. Deve-se entender que a diferença de sinal pode
15 compreender qualquer valor, incluindo zero, se o sistema sensor estiver perfeitamente em equilíbrio. A diferença de sinal gerada pelo cabeamento 205 e pelos sensores de coleta de sinal 201 pode portanto ser determinada e medida.

O circuito de condicionamento de sinal 202 processa o primeiro e segundo sinais de medição a fim de gerar medições de vazão de massa. Além do mais, o circuito de condicionamento de sinal 202 determina a diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de resposta que são retornados do cabeamento 205 e do primeiro e segundo sensor de coleta
20 de sinal 201a e 201b em resposta ao primeiro e segundo sinais de referência. O circuito de condicionamento de sinal 202 pode remover primeiro e segundo sinais de referência do primeiro e segundo sinais de resposta a fim de processar

subseqüentemente o primeiro e segundo sinais de resposta. O circuito de condicionamento de sinal 202 em uma modalidade filtra o primeiro e segundo sinais de referência do primeiro e segundo sinais de resposta, tal como usando filtros digitais, por exemplo. A remoção do sinal de referência está discutida com mais detalhes em conjunto com a Figura 5 e o texto anexo.

A diferença de sinal em uma modalidade é usada para fazer compensação do fluxímetro 5. A diferença de sinal pode ser subtraída ou de outra forma removida dos sinais de medição no circuito de condicionamento de sinal 202. Desta maneira, o fluxímetro 5 pode zerar efeitos no fluxímetro 5 criados pelo tipo de cabeamento e sensores, pelo comprimento do cabeamento, efeitos de temperatura no cabeamento e sensores, pode detectar rupturas e/ou falhas de fabricação no cabeamento e sensores, etc.

Em virtude de os sinais de referência terem uma diferença de fase zero entre si, qualquer diferença de sinal medida pelo circuito de condicionamento de sinal 202 é atribuída a falta de correspondências entre os dois caminhos de sinal, incluindo efeitos induzidos pela temperatura. Uma vez que o sinal de compensação é injetado na fiação, qualquer deslocamento induzido pelo cabo é também medido. Portanto, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode ajustar a real medição do sensor de coleta de sinal com relação a qualquer diferença de sinal medida no sinal de compensação do sistema. O resultado final é uma medição de fluxo compensada pelo sistema, incluindo medição de fluxo compensada pela fase.

Em uma modalidade, a diferença de sinal é subtraída dos sinais de medição. Em uma outra modalidade, o valor da diferença de sinal compreende um multiplicador ou relação. Conseqüentemente, os sinais de medição podem ser multiplicados pelo multiplicador de diferença de sinal ou relação de diferença de sinal a afim de fazer a compensação. Deve-se entender que outros métodos de compensação podem ser empregados, e se enquadram no escopo da descrição e reivindicações.

Deve-se entender que o primeiro e segundo sinais de referência podem compreender uma freqüência maior ou menor que os sinais de medição (a freqüência do sinal de medição depende da freqüência de vibração do condute ou condutites de fluxo e da resposta do fluxímetro ao fluxo de material). Alternativamente, o primeiro e segundo sinais de referência podem compreender uma mesma freqüência dos sinais de medição.

O primeiro e segundo sinais de referência podem ser gerados de forma essencialmente contínua e o circuito de condicionamento de sinal portanto pode receber de forma essencialmente contínua os sinais de resposta e fazer a compensação. Alternativamente, o primeiro e segundo sinais de referência podem ser periodicamente gerados e usados para fazer a compensação em intervalos de tempo predeterminados.

O circuito de condicionamento de sinal pode incluir um processador (não mostrado) e uma rotina de suporte lógico de determinação e compensação de diferença de sinal. Conseqüentemente, o processador pode executar a rotina,

pode controlar a geração do primeiro e segundo sinais de referência, pode receber o primeiro e segundo sinais de resposta e pode determinar a diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de resposta. Alternativamente, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode incluir conjunto de circuitos equivalente e/ou componentes de circuito especializados que realizam as operações referidas.

A Figura 3 é um fluxograma 300 de um método para determinar uma diferença de sinal no cabeamento 205 e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b de acordo com uma modalidade da invenção. Na etapa 301, o dispositivo de injeção de sinal 203 gera o primeiro e segundo sinais de referência. O primeiro e segundo sinais de referência são substancialmente idênticos em fase. O primeiro e segundo sinais de referência em uma modalidade são substancialmente idênticos em fase e em amplitude. Entretanto, deve-se entender que as amplitudes do primeiro e segundo sinais de referência não têm que corresponder.

Na etapa 302, o primeiro e segundo sinais de referência são injetados no cabeamento 205 e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b pelo dispositivo de injeção de sinal 203. O primeiro e segundo sinais de referência injetados gerarão primeiro e segundo sinais de resposta. O primeiro e segundo sinais de resposta podem ser recebidos pelo circuito de condicionamento de sinal 202.

Na etapa 303, uma diferença de sinal é determinada no primeiro e segundo sinais de resposta. A determinação da diferença de sinal pode ser feita pelo circuito de condicio-

namento de sinal 202, por exemplo. A diferença de sinal pode ser um efeito das características do sistema sensor, tais como indutância, capacitância e resistência presentes no cabeamento 205 e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b, por exemplo. A diferença de sinal pode compreender uma diferença de fase, um atraso de tempo, uma diferença de coleta de sinal induzida por Coriolis, etc.

Na etapa 304, é feita a compensação usando a diferença de sinal determinada. A compensação pode ser feita pelo circuito de condicionamento de sinal 202, por exemplo. A compensação pode ser feita a fim de remover substancialmente a diferença de sinal atribuída ao cabeamento 205 e aos primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b. A compensação pode compreender compensação de fase, por exemplo.

Além do mais, a injeção de sinal de referência pode também ser usada com outros propósitos. Em uma modalidade, o primeiro e segundo sinais de resposta podem ser usados para fazer ajuste automático de ganho no fluxímetro 5. Conseqüentemente, o primeiro e segundo sinais de referência podem ser usados para determinar as amplitudes do primeiro e segundo sinais de referência, a fim de gerar primeiro e segundo sinais de referência substancialmente da mesma amplitude.

Em uma modalidade, o primeiro e segundo sinais de referência podem ser usados para detectar condições de circuito aberto e/ou fechado nos sensores de coleta de sinal 201. Nesta modalidade, se um primeiro ou segundo sinal de

resposta não for recebido, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode determinar que o sensor de coleta de sinal e/ou parte do cabeamento correspondente está em curto circuito. Alternativamente, se um primeiro ou segundo sinal de resposta for completamente refletido de forma imediata e substancial, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode determinar que o sensor de coleta de sinal e/ou parte de cabeamento correspondente compreende um circuito aberto. De qualquer maneira, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode determinar uma condição de erro e tomar uma ação apropriada, tal como gerar um alarme ou transmitir uma mensagem de erro, por exemplo. Além do mais, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode opcionalmente medir o sincronismo de reflexão e determinar uma extensão do cabeamento 205. Além disso, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode opcionalmente determinar o local de uma ruptura ou falha no cabeamento 205, determinando uma distância de reflexão que é menor que o comprimento do cabeamento 205. Além disso, o primeiro e segundo sinais de resposta podem ser usados para detectar falta de fiação ou falta de instalação do cliente do fluxímetro 5.

Em uma modalidade, o primeiro e segundo sinais de resposta podem ser usados para detectar erros dos componentes eletrônicos. Por exemplo, o primeiro e segundo sinais de referência podem ser usados para detectar problemas de comunicação entre o dispositivo de injeção de sinal 203 e o circuito de condicionamento de sinal 202.

A Figura 4 ilustra um fluxímetro de Coriolis 400

de acordo com uma outra modalidade da invenção. Componentes comuns à Figura 2 compartilham os mesmos números de referência. O fluxímetro 400 inclui um primeiro sensor de coleta de sinal 201a, o segundo sensor de coleta de sinal 201b e o
5 circuito de condicionamento de sinal 202. Nesta modalidade, o dispositivo de injeção de sinal 203 compreende um conversor analógico digital (D/A) 408, um gerador de sinal de referência 406 e um transformador 407. O D/A 408 é conectado no circuito de condicionamento de sinal 202 e no gerador de
10 sinal de referência 406. O gerador de sinal de referência 406 é adicionalmente conectado no transformador 407.

O D/A 408 recebe um comando de frequência digital do circuito de condicionamento de sinal 202. O D/A 408 converte o comando de frequência digital em uma entrada de frequência no gerador de sinal de referência 406, em que a entrada de frequência especifica a frequência de um (único)
15 sinal de referência a ser gerado. O gerador de sinal de referência 406 gera o sinal de referência e transmite o sinal de referência aos enrolamentos primários 410 do transformador
20 dor 407.

O transformador 407 cria o primeiro e segundo sinais de referência pelo uso de um transformador divisor secundário, em que os enrolamentos secundários 411 e o transformador 407 compreendem pares substancialmente iguais de
25 enrolamentos secundários. Desta maneira, o sinal de referência nos enrolamentos primários 410 do transformador 407 é convertido no primeiro e segundo sinais de referência nos enrolamentos secundários 411. O transformador 407 preferi-

velmente é especialmente construído para fornecer correspondência de fase precisa, com a temperatura, entre o primeiro e segundo enrolamentos secundários 411. Os dois enrolamentos secundários 411 são conectados no cabeamento 205 e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b, em que o primeiro e segundo sinais de referência são injetados nos sensores de coleta de sinal. Como antes, o circuito de condicionamento de sinal 202 recebe primeiro e segundo sinais de resposta que são criados em decorrência da injeção do primeiro e segundo sinais de referência. Em uma modalidade, uma relação de enrolamentos dos enrolamentos primários para o primeiro e segundo enrolamentos secundários compreende uma relação de enrolamentos substancialmente 7:1:1. Em decorrência disto, nesta modalidade, os enrolamentos primários podem compreender 140 voltas, enquanto que o primeiro e segundo enrolamentos secundários podem compreender 20 voltas. Deve-se entender que outras relações de enrolamentos podem ser empregadas, se desejado. Em uma modalidade, os enrolamentos são construídos de arame #36 AWG.

Em uma modalidade, o transformador 407 compreende um transformador de núcleo ferroso 407. O núcleo ferroso pode compreender ferro, um material de ferrita, ou qualquer tipo de liga de ferro ou composto de ferro. Em uma modalidade, o transformador inclui um núcleo de ferrita de cerca de 7 milímetros de diâmetro. Entretanto, deve-se notar que qualquer configuração de transformador pode ser empregada, e todas configurações e construções de transformador se enquadram no escopo da especificação e reivindicações.

Em uma modalidade, os enrolamentos primários são
construídos para ter uma indutância de cerca de 25 mili-
Henry (mH), ao passo que o primeiro e segundo enrolamentos
secundários são construídos para ter uma indutância de cerca
5 de 500 micro-Henry (μ H). A indutância pode ser escolhida pa-
ra ser relativamente baixa se o fluxímetro 5 for destinado a
uma aplicação de medição de fluxo "intrinsecamente segura".
O transformador 407 pode adicionalmente ser projetado para
ter isolamento RMS (raiz quadrada média) de cerca de 50
10 volts entre os enrolamentos secundários, isolamento de cerca
de RMS de cerca de 100 volts entre os enrolamentos primários
e os enrolamentos secundários.

A Figura 5 é um fluxograma 500 de um método para
determinar uma diferença de sinal de acordo com uma outra
15 modalidade da invenção. Na etapa 501, o dispositivo de inje-
ção de sinal 203 gera primeiro e segundo sinais de referên-
cia, conforme previamente discutido.

Na etapa 502, o primeiro e segundo sinais de refe-
rência são injetados no cabeamento 205 e no primeiro e se-
20 gundo sensor de coleta de sinal 201a e 201b, conforme previ-
amente discutido.

Na etapa 503, o primeiro e segundo sinais de refe-
rência e o primeiro e segundo sinais de resposta são detec-
tados pelo circuito de condicionamento de sinal 202. Deve-se
25 entender que o primeiro e segundo sinais de referência são
injetados simultaneamente nos sinais de coleta 105 e 105' e
comunicados com o circuito de condicionamento de sinal 202.

Na etapa 504, o circuito de condicionamento de si-

nal 202 remove o primeiro e segundo sinais de referência. O primeiro e segundo sinais de referência não são necessários pelo circuito de condicionamento de sinal 202, e são necessários somente a fim de gerar o primeiro e segundo sinais de resposta. O circuito de condicionamento de sinal 202 pode filtrar o primeiro e segundo sinais de referência. O circuito de condicionamento de sinal 202 pode usar qualquer tipo de filtro ou filtro para remover o primeiro e segundo sinais de referência. Em uma modalidade, o circuito de condicionamento de sinal 202 usa filtragem digital para remover o primeiro e segundo sinais de referência. Em uma modalidade, o circuito de condicionamento de sinal 202 pode incluir um processador de sinal especializado para esta filtração digital, tal como um Processador de Sinal Digital (DSP).

15 Na etapa 505, é determinado um sinal de referência no primeiro e segundo sinais de resposta, conforme previamente discutido.

 Na etapa 506, é feita compensação, incluindo compensação de fase, conforme previamente discutido.

20 O fluxímetro de Coriolis e método de acordo com a invenção podem ser empregados de acordo com qualquer uma das modalidades a fim de proporcionar diversas vantagens, se desejado. A invenção fornece um fluxímetro que realiza zeragem automática e autônoma do sistema sensor. A invenção pode zerrar autonomamente as características de variação do cabeamento e dos sensores de coleta de sinal. A invenção pode zerrar efeitos no fluxímetro criados pelo tipo de cabeamento e sensores, o comprimento do cabeamento, efeitos de temperatu-

ras no cabeamento e sensores, defeitos de fabricação no cabeamento e sensores, etc. A invenção pode detectar as características de cada medidor individual e pode fazer detecção e compensação para o fluxímetro particular. A invenção pode
5 fazer compensação de acordo com a necessidade por causa de mudanças ambientais, incluindo compensação de fase e compensação variada com o tempo.

A invenção pode realizar diagnóstico de sistema avançado. A invenção pode usar sinal de referência conhecido
10 aplicado nos sensores de coleta de sinal a fim de fazer ajuste de ganho automático para detectar condições abertas ou fechadas nos sensores de coleta de sinal e no cabeamento, realizar detecção de erro nos componentes eletrônicos e detectar falta de fiação do cliente ou da instalação.

15 A invenção pode reduzir o custo do sistema de fluxímetro geral. A invenção elimina a necessidade de cabeamento caro com tolerâncias precisas. A invenção elimina a necessidade de componentes passivos de precisão no circuito de condicionamento de sinal. A invenção pode reduzir o custo do
20 fluxímetro, permitindo o uso de componentes com menor tolerância e menos caros.

REIVINDICAÇÕES

1. Fluxímetro de Coriolis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

primeiro e segundo sensor de coleta de sinal;

5 cabeamento acoplado no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal;

 um dispositivo de injeção de sinal acoplado no cabeamento, com o dispositivo de injeção de sinal sendo configurado para gerar um ou mais sinais de referência, com o um
10 ou mais sinais de referência sendo substancialmente idênticos em fase, e com o dispositivo de injeção de sinal sendo adicionalmente configurado para comunicar o um ou mais sinais de referência no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal; e

15 um circuito de condicionamento de sinal acoplado no cabeamento, com o circuito de condicionamento de sinal sendo configurado para receber primeiro e segundo sinais de resposta do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta ao um ou mais sinais de referência
20 e determinar uma diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de resposta.

2. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de injeção de sinal compreende:

25 um conversor analógico digital (D/A) configurado para receber um comando de frequência digital e dar saída a uma entrada de frequência;

 um gerador de sinal de referência que recebe a en-

trada de freqüência do conversor D/A e dá saída a um único sinal de referência de uma freqüência especificada pela entrada de freqüência; e

um transformador que converte o único sinal de referência em um ou mais sinais de referência.

3. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 2, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o transformador compreende um transformador de núcleo ferroso.

4. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 2, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o transformador compreende enrolamentos primários e primeiro e segundo enrolamentos secundários, com uma relação de enrolamentos dos enrolamentos primários para o primeiro e segundo enrolamentos secundários compreendendo uma relação de enrolamentos substancialmente 7:1:1.

5. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 2, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o conversor D/A recebe o comando de freqüência digital do circuito de condicionamento de sinal.

6. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o um ou mais sinais de referência são substancialmente idênticos em fase e em amplitude.

7. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a diferença de sinal é substancialmente removida do primeiro e segundo sinais de medição por um circuito de condicionamento de sinal, com o primeiro e segundo sinais de medição sendo gerados pelo

primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta à vibração do conduto de fluxo.

8. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para fazer compensação do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal usando a diferença de sinal.

9. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para realizar periodicamente compensação do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal usando a diferença de sinal.

10. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são diferentes na frequência do primeiro e segundo sinais de medição, com o primeiro e segundo sinais de medição sendo gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a vibração do conduto de fluxo.

11. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são substancialmente idênticos na frequência ao primeiro e segundo sinais de medição, com o primeiro e segundo sinais de medição sendo gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a vibração do conduto de fluxo.

12. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a rei-

vindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para usar o primeiro e segundo sinais de resposta para detectar um circuito aberto no cabeamento e no primeiro e segundo
5 sensor de coleta de sinal.

13. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para usar um primeiro e segundo sinais de resposta para detectar
10 um curto circuito no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal.

14. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para
15 usar o primeiro e segundo sinais de resposta para fazer um ajuste de ganho automático.

15. Fluxímetro de Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal recebe um ou mais sinais de referência juntamente com o primeiro e segundo sinais de resposta e em que o circuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para remover um ou mais sinais de referência.
20

16. Método para determinar diferença de sinal em
25 cabeamento e primeiro e segundo sensor de coleta de sinal de um fluxímetro de Coriolis, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

gerar um ou mais sinais de referência, em que o um

ou mais sinais de referência são substancialmente idênticos em fase;

comunicar o um ou mais sinais de referência no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de coleta de sinal;

5 e

determinar a diferença de sinal entre o primeiro e segundo sinais de resposta retornados do cabeamento e do primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a um ou mais sinais de referência.

10 17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o um ou mais sinais de referência são substancialmente idênticos em fase e em amplitude.

15 18. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a diferença de sinal é substancialmente removida do primeiro e segundo sinais de medição gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta à vibração do conduto de fluxo.

20 19. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente compensar o cabeamento e o primeiro e segundo sensor de coleta de sinal usando a diferença de sinal.

25 20. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente compensar periodicamente o cabeamento e o primeiro e segundo sensor de coleta de sinal usando a diferença de sinal.

21. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais

de resposta são diferentes na frequência do primeiro e segundo sinais de medição que são gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a vibração do condute de fluxo.

5 22. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são substancialmente idênticos na frequência ao primeiro e segundo sinais de medição que são gerados pelo primeiro e segundo sensor de coleta de sinal em resposta a
10 vibração do condute de fluxo.

 23. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são adicionalmente usados para detectar um circuito aberto no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de
15 coleta de sinal.

 24. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são adicionalmente usados para detectar um curto circuito no cabeamento e no primeiro e segundo sensor de co-
20 leta de sinal.

 25. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e segundo sinais de resposta são adicionalmente usados para fazer um ajuste de ganho automático.

25 26. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o circuito de condicionamento de sinal recebe um ou mais sinais de referência juntamente com o primeiro e segundo sinais de resposta e em que o cir-

cuito de condicionamento de sinal é adicionalmente configurado para remover um ou mais sinais de referência.

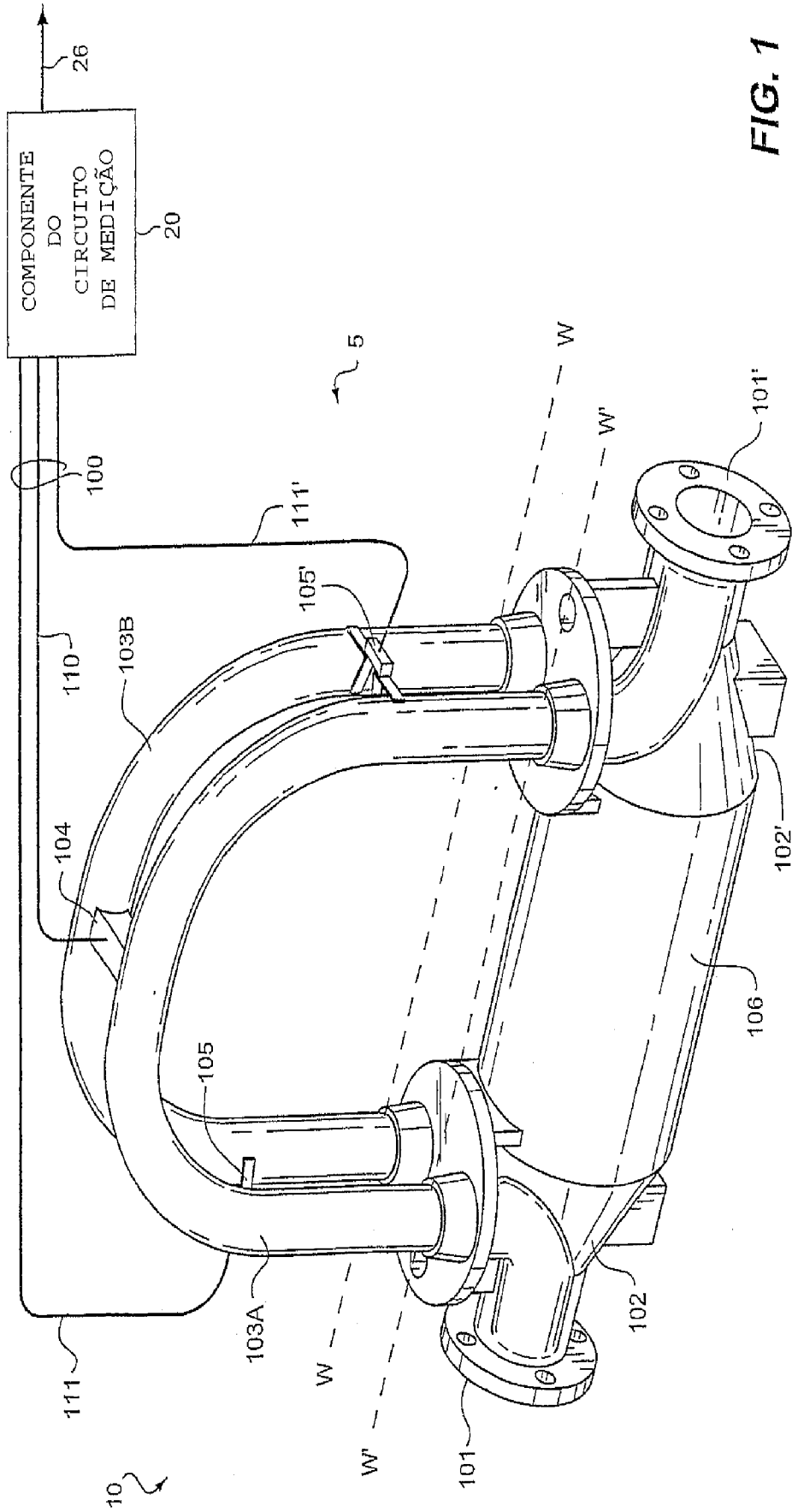


FIG. 1

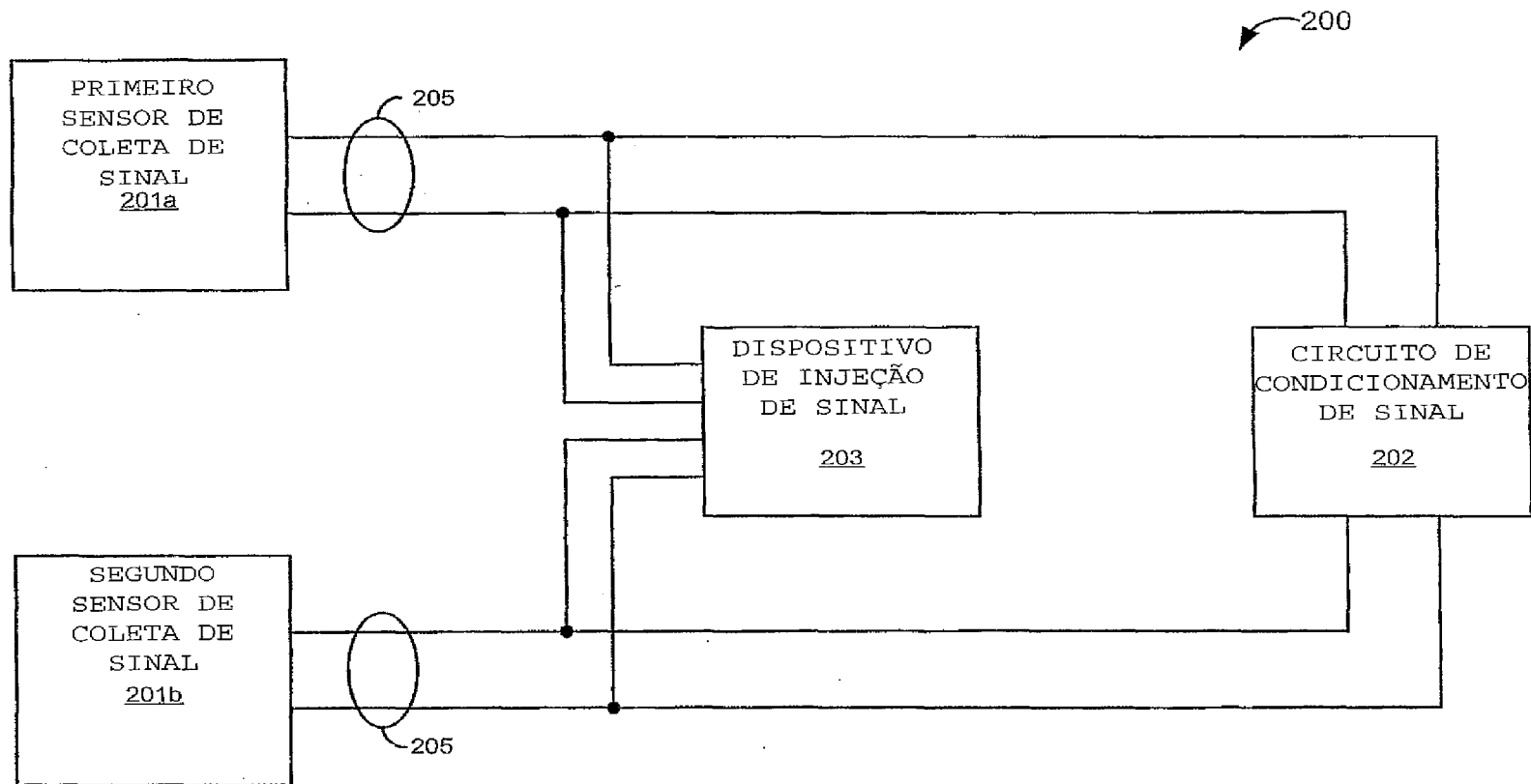


FIG. 2

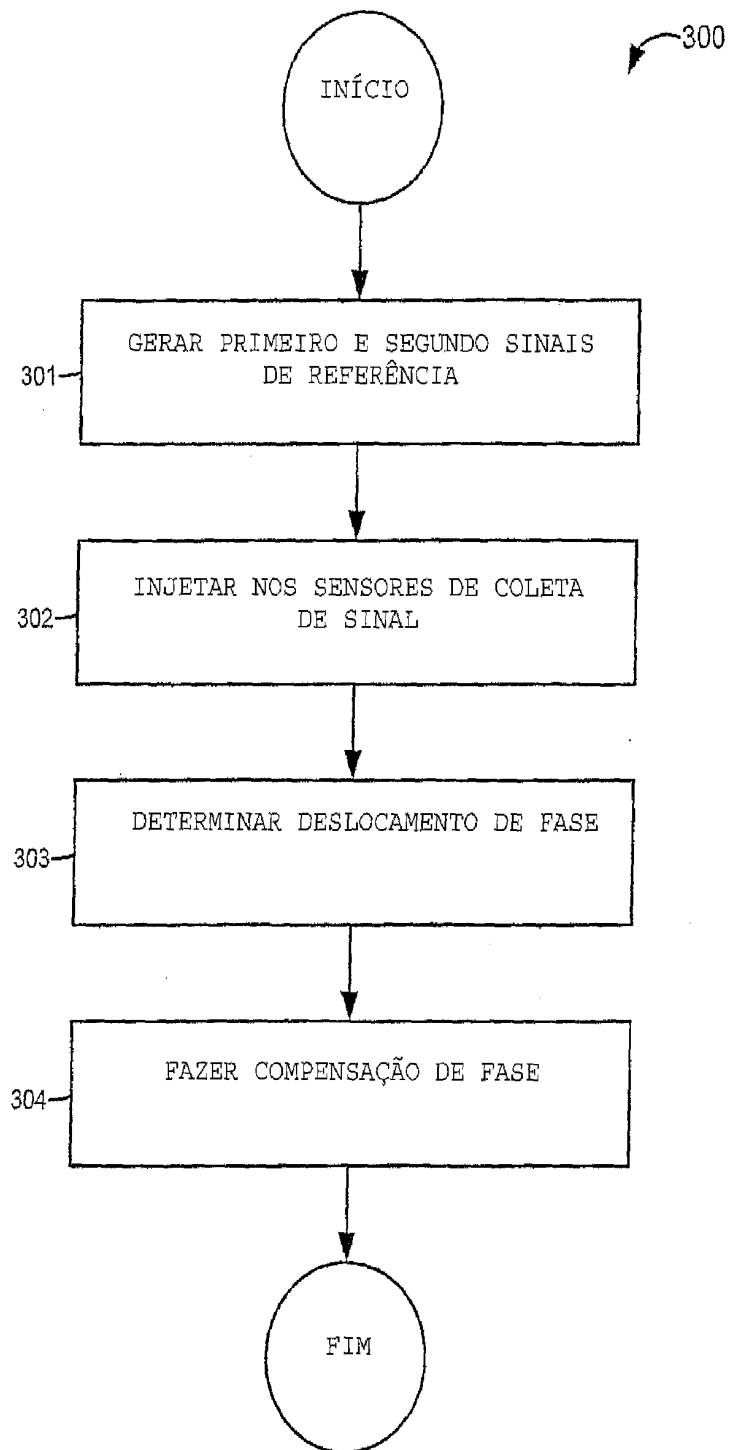


FIG. 3

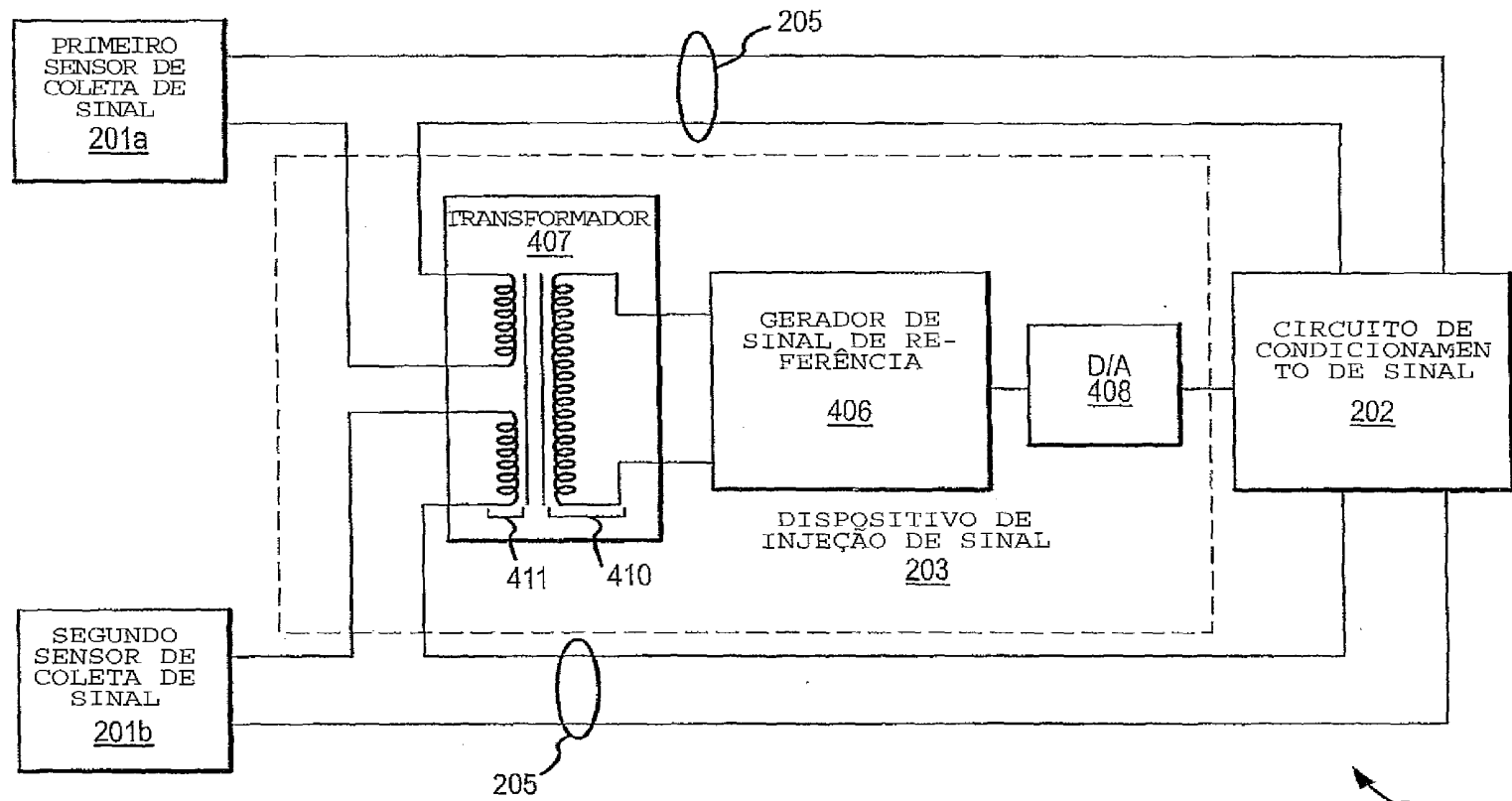


FIG.4

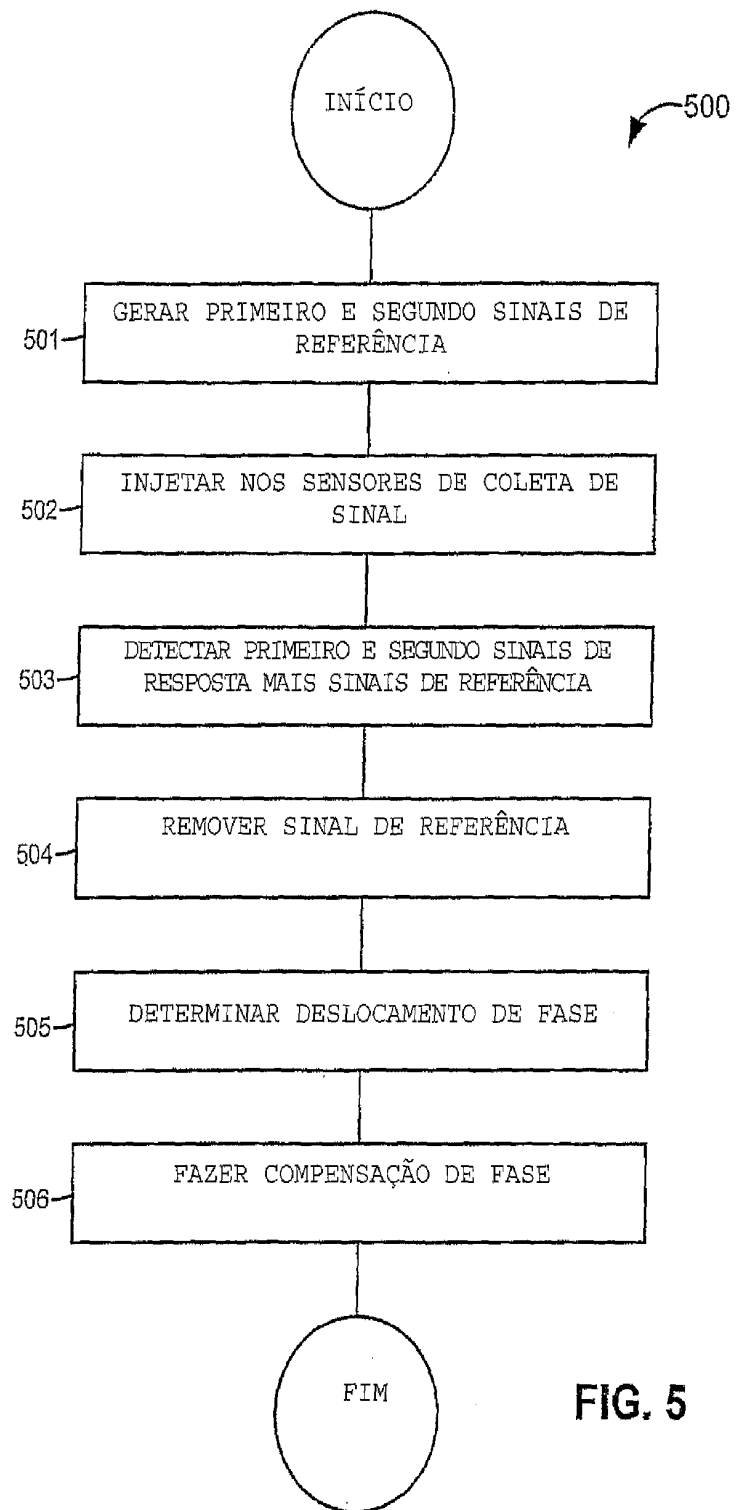


FIG. 5