

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

(21) **PI 0621895-4 A2**

BRPI0621895A2

(22) Data de Depósito: 28/07/2006

(43) **Data da Publicação:** 20/12/2011
(RPI 2137)

(51) **Int.Cl.:**

G01F 1/84

G01F 25/00

(54) **Título:** MEDIDOR DE FLUXO COM TRÊS
SENSORES DE DESVIO

(73) **Titular(es):** Micro Motion, Inc.

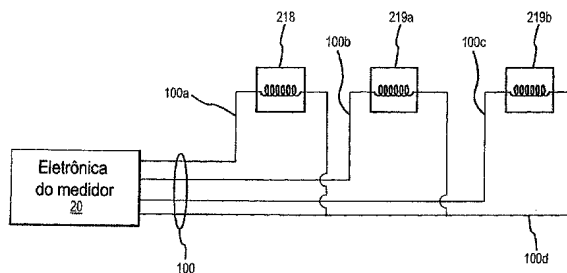
(72) **Inventor(es):** Craig Mcanally, James Mark Bell, Treat
Gregory Lanham

(74) **Procurador(es):** Custódio de Almeida & Cia.

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006029735 de
28/07/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/013545de
31/01/2008

(57) **Resumo:** MEDIDOR DE FLUXO COM TRÊS SENSORES DE
DESVIO Um medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) é
provido de acordo com a invenção. O medidor de fluxo com três
sensores de desvio (200) inclui um primeiro conduto de fluxo (210a)
conduzindo uma primeira corrente de fluxo, um segundo conduto de
fluxo (210b) que é independente da primeira corrente de fluxo, e um
acionador comum (216) configurado para vibrar o primeiro conduto de
fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b). O medidor de fluxo
com três sensores de desvio (200) ainda inclui três sensores de desvio
(218, 219a, 219b), configurados para prover primeiro e segundo
valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) par o primeiro conduto de
fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b).



"MEDIDOR DE FLUXO COM TRÊS SENSORES DE DESVIO"

1. CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um medidor de fluxo e, mais particularmente, a um medidor de fluxo com sensor de desvio.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Os sensores de condutos vibratórios, como os medidores de fluxo de massa de tipo Coriolis e densitômetros vibratórios, tipicamente operam por detecção do movimento de um conduto vibratório que contém um material fluindo. As propriedades associadas com o material no conduto, como fluxo de massa, densidade, e outros, podem ser determinadas por processamento dos sinais de medição recebidos de transdutores de movimento associados com o conduto. Os modos de vibração do sistema cheio com material vibrando geralmente são afetados pelas características combinadas de massa, rigidez e umidade do conduto contendor e o material contido no mesmo.

Um medidor de fluxo de massa tipo Coriolis típico inclui um ou mais condutos que são conectados em linha em um duto ou outro sistema de transporte e transportam materiais, por exemplo, fluidos, lamas e outros, no sistema. Cada conduto pode ser visto como tendo um conjunto de modos de vibração naturais incluindo, por exemplo, modos de dobra simples, torção, radial e acoplados. Em uma aplicação de medida de fluxo de massa tipo Coriolis típica, um conduto é excitado em um ou mais modos de vibração à medida que um material flui através do conduto, e movimento do conduto é medido em pontos espaçados ao longo do conduto. A excitação é tipicamente provida por um acionador, por exemplo, um dispositivo eletromecânico, como um acionador do tipo de bobina de voz, que perturba o conduto em um modo periódico. A taxa de fluxo de massa pode ser determinada por medida do atraso de tempo ou diferenças de fase entre movimentos nos locais do transdutor. Dois de tais transdutores (ou sensores de desvio) são tipicamente

empregados a fim de medir uma resposta vibracional do conduto ou condutos de fluxo, e estão tipicamente localizados em posições a montante e a jusante do acionador. Os dois sensores de desvio são conectados a instrumentação eletrônica por cabos, como por dois pares independentes de fios. A instrumentação recebe sinais dos dois sensores de desvio e processa os sinais a fim de derivar uma medida da taxa de fluxo de massa.

Os medidores de fluxo são usados para realizar medidas da taxa de fluxo de massa por uma ampla variedade de fluidos de fluxo. Uma área em que os medidores de fluxo tipo Coriolis podem ser potencialmente usados é na medição e distribuição de combustíveis, incluindo combustíveis alternativos. O mercado de combustíveis alternativos continua a se expandir em resposta às preocupações crescentes com relação à poluição e ainda em resposta às preocupações crescentes sobre o custo e disponibilidade de gasolina sem chumbo e outros combustíveis tradicionais. De fato, muitos governos estão se tornando envolvidos por decretação de legislação promovendo o uso de combustíveis alternativos.

Uma oportunidade para o uso de medidores tipo Coriolis no mercado de combustíveis alternativos é no abastecimento de veículos, como carros, ônibus, etc. Na técnica anterior, o abastecimento de veículos individuais tem sido realizado nos postos de abastecimento usando bombas de gasolina tradicionais ou usando distribuidores de gás natural comprimido (CNG) para combustíveis alternativos. Os distribuidores de combustível gasolina tradicionais requerem dois medidores individuais e independentes de modo que dois veículos podem ser abastecidos simultaneamente. Um distribuidor de combustível de medidor duplo pode fornecer duas correntes de fluxo medidas. As duas correntes de fluxo podem fluir em taxas diferentes. As duas correntes de fluxo podem ser de diferentes materiais de fluxo, (isto é, dois combustíveis diferentes, por exemplo) e podem ter densidades diferentes.

No entanto, o custo e tamanho globais de uma bomba de combustível para combustíveis alternativos devem ser minimizados a fim de que a fabricação da bomba seja competitiva em tal indústria em crescimento. Assim, existe um desafio ao ser capaz de desenvolver um medidor de combustível de custo-efetivo, que possa fornecer duas medidas de fluxo de combustível simultâneas em duas correntes de fluxo independentes.

Uma abordagem da técnica anterior consiste em instalar dois medidores de fluxo separados em tal distribuidor de combustível. Apesar da abordagem ser possível, ela apresenta inconvenientes. Dois dispositivos de medição ocupam o dobro do espaço no distribuidor do combustível como um dispositivo medidor único. Dois dispositivos de medição podem dobrar os gastos com medidores de um distribuidor de combustível. Dois dispositivos de medição podem requerer o dobro da energia elétrica. Dois dispositivos de medição podem requerer o dobro do número dos componentes do distribuidor, como válvulas solenóides, reguladores, válvulas de controle, dutos, etc.

SUMÁRIO DA SOLUÇÃO

Um medidor de fluxo com três sensores de desvio é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo com três sensores de desvio compreende um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo, um segundo conduto de fluxo que é independente da primeira corrente de fluxo, e um acionador comum configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo. O medidor de fluxo com três sensores de desvio ainda compreende três sensores de desvio configurados para prover primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo.

Um medidor de fluxo com três sensores de desvio é provido de

acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo com três sensores de desvio compreende eletrônica de medição configurada para receber sinais de medição, um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo, um segundo conduto de fluxo que é independente da primeira corrente de fluxo, e um acionador comum configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo. O medidor de fluxo com três sensores de desvio ainda compreende três sensores de desvio acoplados à eletrônica de medição por quatro fios.

Um medidor de fluxo com três sensores de desvio é proporcionado de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo com três sensores de desvio compreende um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo, um segundo conduto de fluxo que é independente do primeiro conduto de fluxo, e um acionador comum configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo. O medidor de fluxo com três sensores de desvio ainda compreende um sensor de desvio compartilhado configurado para gerar uma resposta vibracional compartilhada da vibração tanto do primeiro conduto de fluxo como do segundo conduto de fluxo, um primeiro sensor de desvio independente configurado para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do primeiro conduto de fluxo, e um segundo sensor de desvio independente configurado para gerar uma segunda resposta vibracional independente da vibração do segundo conduto de fluxo.

Um método de medição para um medidor de fluxo com três sensores de desvio é proporcionado de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende vibrar um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo e vibrando um segundo conduto de fluxo. A vibração é realizada por um acionador comum. O método ainda compreende receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto

de fluxo. A primeira resposta vibracional é gerada de um sensor de desvio compartilhado e de primeiro sensor de desvio independente. O método ainda compreende receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo. A segunda resposta vibracional é gerada a partir do sensor de desvio compartilhado e do segundo sensor de desvio independente. O método ainda compreende determinar um primeiro conduto de fluxo característico da primeira resposta vibracional e a segunda resposta vibracional.

Um método de calibração para um medidor de fluxo com três sensores de desvio é proporcionado de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende zerar o medidor de fluxo com três sensores de desvio e zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo com três sensores de desvio. O método ainda compreende medir um primeiro fluxo através de um primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência. O método ainda compreende medir um segundo fluxo através do segundo conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência. O método ainda compreende determinar dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando primeira medição de fluxo e segunda medição de fluxo.

ASPECTOS DA INVENÇÃO

Em um aspecto do medidor de fluxo, o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo se originam de uma entrada comum.

Em outro aspecto do medidor de fluxo, o primeiro conduto de fluxo se origina de uma primeira entrada e o segundo conduto de fluxo se origina de uma segunda entrada.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo

compreende um medidor de fluxo de tipo Coriolis.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo compreende um densitômetro vibratório.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medição, com os três sensores de desvio sendo acoplados à eletrônica de medição por quatro ou mais fios.

10 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, os três sensores de desvio compreendem um sensor de desvio compartilhado configurado para gerar uma resposta vibracional compartilhada da vibração de ambos o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo, um primeiro sensor de desvio independente configurado para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do primeiro conduto de fluxo, e um segundo sensor de desvio independente configurado para gerar uma segunda resposta vibracional independente da vibração do segundo conduto de fluxo.

15 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo com três sensores de desvio é configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo conduzindo a primeira corrente de fluxo e vibrar o segundo conduto de fluxo , com a vibração sendo realizada pelo acionador comum, receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo, com a primeira
20 resposta vibracional sendo gerada a partir de um sensor de desvio compartilhado e de um primeiro sensor de desvio independente, receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo, com a segunda resposta vibracional sendo gerada a partir do sensor de desvio compartilhado e de um segundo sensor de desvio independente, e determinar uma
25 característica da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medição, com três sensores de desvio sendo

configurados para prover primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo.

Em um aspecto do método de medição, o segundo conduto de fluxo tem fluxo zero.

5 Em outro aspecto do método de medição, o segundo conduto de fluxo conduz uma segunda corrente de fluxo.

Em ainda outro aspecto do método de medição, primeiro conduto de fluxo e segundo conduto de fluxo se originam de uma entrada comum.

10 Em ainda outro aspecto do método de medição, o primeiro conduto de fluxo se origina de uma primeira entrada e o segundo conduto de fluxo se origina de uma segunda entrada.

15 Em ainda outro aspecto do método de medição, o segundo conduto de fluxo conduz uma segunda corrente de fluxo que é independente da primeira corrente de fluxo e o método ainda compreende determinar uma característica da segunda corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

Em ainda outro aspecto do método de medição, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a segunda resposta vibracional em equações

$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= FCF_{11}(\Delta t_{11} - \Delta t_{z_{11}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_{12} - \Delta t_{z_{12}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \text{ e} \\ \dot{m}_2 &= FCF_{22}(\Delta t_{22} - \Delta t_{z_{22}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_{21} - \Delta t_{z_{21}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) \end{aligned}$$

a fim de determinar a primeira taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) da primeira corrente de fluxo e uma segunda taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_2$) da segunda corrente de fluxo.

20 Em ainda outro aspecto do método de medição, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a segunda resposta vibracional em equações:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t z_1) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t z_2) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \text{ e}$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t z_2) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t z_1) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1)$$

a fim de determinar a primeira taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) da primeira corrente de fluxo e uma segunda taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_2$) da segunda corrente de fluxo.

5 Em ainda outro aspecto do método de medição, o método de medição ainda compreende zerar o medidor de fluxo com três sensores de desvio para um processo de calibração, zerando um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo com três sensores de desvio, medindo um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do
10 medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência, medindo um segundo fluxo através do segundo conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência, e
15 determinando dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando primeira medição de fluxo e segunda medição de fluxo.

Em ainda outro aspecto do método de medição, a determinação compreende determinar os dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o
20 medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação

$$\begin{Bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix}^{(-1)} \begin{Bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{Bmatrix}.$$

Em ainda outro aspecto do método de medição, a determinação compreende determinar os dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o

medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \end{Bmatrix}.$$

Em um aspeto do método de calibração, a determinação compreende determinar os dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo de conduto de fluxo múltiplo usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix}^{(-1)} \begin{Bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{Bmatrix}.$$

5 Em outro aspecto do método de calibração, a determinação compreende determinar os dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo de conduto de fluxo múltiplo usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \end{Bmatrix}.$$

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

10 A figura 1 ilustra um medidor de fluxo compreendendo um conjunto de medidor de fluxo e eletrônica do medidor.

A figura 2 mostra um medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 3 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção.

15 A figura 4 é um fluxograma de um método de medição para um medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 5 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção;

20 A figura 6 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio em uma configuração de calibração de acordo com uma forma de

realização da invenção.

A figura 7 é um fluxograma do método de calibração para um medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção.

5 A figura 8 é uma configuração de calibração de acordo com uma forma de realização da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Figuras 1-8 e seguinte descrição mostram exemplos específicos para ensinar aos versados na arte como fazer e usar o melhor modo da invenção. Para o fim de ensinar os princípios inventivos, alguns aspectos convencionais foram simplificados ou omitidos. Os versados na arte irão notar variações destes exemplos que estão no escopo da invenção. Os versados na técnica irão notar que os aspectos descritos abaixo podem ser combinados em vários modos para formar variações múltiplas da invenção. Como um resultado, a invenção não é limitada aos exemplos específicos descritos abaixo, mas somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

10 A figura 1 ilustra um medidor de fluxo 5 compreendendo um conjunto de medidor de fluxo 10 e eletrônica do medidor 20. A eletrônica do medidor 20 é conectada a um conjunto de medidor 10 através de fios condutores 100 para prover informação sobre a densidade, taxa de fluxo de massa, taxa de fluxo de volume, fluxo de massa totalizada, temperatura e outras sobre o trajeto 26. Será evidente para os versados na técnica que a presente invenção pode ser usada em qualquer tipo de medidor de fluxo tipo Coriolis sem levar em conta o número de acionadores, sensores de desvio, condutos de fluxo, ou modo de operação de vibração. Além disso, deve ser reconhecido que o medidor de fluxo 5 pode compreender alternativamente um densitômetro vibratório.

O conjunto de medidor de fluxo 10 inclui um par de flanges 101

e 101', tubagens coletoras 102 e 102', acionador 104, sensores de desvio 105-105', e condutos de fluxo 103A e 103B. O acionador 104 e os sensores de desvio 105 e 105' são conectados a condutos de fluxo 103A e 103B.

Os flanges 101 e 101' são fixados a tubagens 102 e 102'. As tubagens 102 e 102' podem ser fixadas em extremidades opostas de um espaçador 106. O espaçador 106 mantém o espaçamento entre as tubagens 102 e 102' para evitar as vibrações indesejadas em condutos de fluxo 103A e 103B. Quando o conjunto do medidor de fluxo 10 é inserido em um sistema de condutos (não mostrado) que transporta o material sendo medido, o material entra no conjunto do medidor de fluxo 10 através do flange 101, passa através da tubagem de entrada 102 onde a quantidade total de material é dirigida para entrar nos condutos de fluxo 103A e 103B, flui através dos condutos de fluxo 103A e 103B e de volta na tubagem de saída 102' onde ela sai do conjunto de medidor 10 através do flange 101'.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são selecionados e montados de modo apropriado para a tubagem de entrada 102 e a tubagem de saída 102' de modo a ter substancialmente a mesma distribuição de massa, momentos de inércia, e módulos elásticos em torno dos eixos de dobra W-W e W'-W', respectivamente. Os condutos de fluxo se estendem voltados para fora a partir das tubagens em um modo essencialmente paralelo.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são acionados por acionador 104 em direções opostas em torno de seus eixos de dobra respectivos W e W' e no que é chamado o primeiro modo de dobra fora de fase do medidor de fluxo. O acionador 104 pode compreender uma dentre muitas disposições bem conhecidas, como um ímã montado no conduto de fluxo 103A e uma bobina oposta montada no conduto de fluxo 103B. Uma corrente alternada é passada através da bobina oposta para levar ambos os condutos a oscilar. Um sinal de acionamento apropriado é aplicado por eletrônica do medidor 20,

através dos fios condutores 110 para o acionador 104.

A eletrônica do medidor 20 recebe sinais do sensor em fios condutores 111 e 111', respectivamente. A eletrônica do medidor 20 produz um sinal de acionamento no fio condutor 110 que leva o acionador 104 a oscilar os condutos de fluxo 103A e 103B. A eletrônica do medidor 20 processa sinais de velocidade à esquerda e direita a partir dos sensores de desvio 105 e 105' a fim de computar a taxa de fluxo de massa. O trajeto 26 provê um meio de entrada e um de saída que permite à eletrônica do medidor 20 fazer interface com um operador ou com outros sistemas eletrônicos. A descrição da figura 1 é apresentada apenas como um exemplo da operação do medidor de fluxo tipo Coriolis e não se destina a limitar os ensinamentos da presente invenção.

A figura 2 mostra um medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 inclui um primeiro conduto de fluxo 210a e um segundo conduto de fluxo 210b. O primeiro conduto de fluxo 210a e o segundo conduto de fluxo 210b nesta forma de realização se originam de uma entrada comum 212 e tem primeira e segunda saídas independentes 213a e 213b. Os dois condutos de fluxo 210a e 210b podem incluir flanges (não mostradas) nas extremidades de admissão e de saída.

Um acionador comum 216 está localizado entre o primeiro conduto de fluxo 210a e o segundo conduto de fluxo 210b. O acionador comum 216 é configurado para vibrar simultaneamente tanto o primeiro como o segundo condutos de fluxo 210a e 210b.

Um sensor de desvio compartilhado 218 está localizado entre o primeiro conduto de fluxo 210a e o segundo conduto de fluxo 210b. O sensor de desvio compartilhado 218 é configurado para gerar uma resposta vibracional compartilhada de vibração de tanto o primeiro conduto de fluxo

210a como do segundo conduto de fluxo 210b. O sensor de desvio compartilhado 218 pode compreender ou um sensor de desvio a montante ou um sensor de desvio a jusante.

Um primeiro sensor de desvio independente 219a é acoplado ao primeiro conduto de fluxo 210a e é configurado para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do primeiro conduto de fluxo 210a. Segundo sensor de desvio independente 219b é acoplado ao segundo conduto de fluxo 210b e é configurado para gerar uma segunda resposta vibracional independente de vibração do segundo conduto de fluxo 210b.

O primeiro e segundo sensores de desvio independentes 219a e 219b podem ser suportados por qualquer modo de estrutura de suporte rígida (não mostrada), em que o primeiro e o segundo sensores de desvio independentes 219a e 219b são mantidos em uma posição fixa pela estrutura de suporte e medem o movimento relativo da vibração dos condutos de fluxo correspondentes. Cada um dentre os sensores de desvio independentes 219a e 219b gera, assim, uma resposta vibracional para um conduto de fluxo único, independente do outro conduto de fluxo (e independente da outra corrente de fluxo).

O sensor de desvio compartilhado 218 e o primeiro e segundo sensores de desvio independentes 219a e 219b são acoplados à eletrônica do medidor 20 por quatro fios condutores 100 (ver também figura 3 e a discussão que acompanha abaixo). Conseqüentemente, a resposta vibracional do sensor de desvio compartilhado 218 e as respostas vibracionais do primeiro e segundo sensores de desvio independentes 219a e 219b são recebidas e processadas pela eletrônica do medidor 20 (ver figura 1).

A eletrônica do medidor 20 em uma forma de realização é configurada para vibrar o primeiro conduto de fluxo 210a conduzindo uma primeira corrente de fluxo e vibrar um segundo conduto de fluxo 210b, com a

vibração sendo realizada pelo acionador comum 216. Deve ser entendido que o segundo conduto de fluxo 210b não precisa estar conduzindo uma corrente de fluxo. A eletrônica do medidor 20 é ainda configurada para receber uma primeira resposta vibracional ao primeiro conduto de fluxo 210a, com a primeira resposta vibracional sendo gerada a partir do sensor de desvio compartilhado 218 e do primeiro sensor de desvio independente 219a, recebem uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo 210b, com a segunda resposta vibracional sendo gerada a partir do sensor de desvio compartilhado 218 e do segundo sensor de desvio independente 219b, e determinar uma característica da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

A primeira resposta vibracional compreende a resposta vibracional compartilhada do sensor de desvio compartilhado 218 e a primeira resposta vibracional independente do primeiro sensor de desvio independente 219a. Um primeiro retardo de tempo do conduto de fluxo (Δt_1) compreende uma diferença de fase entre a resposta vibracional compartilhada e a primeira resposta vibracional independente.

A segunda resposta vibracional compreende a resposta vibracional compartilhada e a segunda resposta vibracional independente do segundo sensor de desvio independente 219b. Um segundo retardo de tempo de conduto de fluxo (Δt_2) compreende uma diferença de fase entre a resposta vibracional compartilhada e a segunda resposta vibracional independente.

Um retardo de tempo (Δt) assim reflete uma diferença de fase entre uma resposta vibracional a montante e uma resposta vibracional a jusante de um conduto de fluxo. O primeiro retardo de tempo do conduto de fluxo (Δt_1) e o segundo retardo de tempo de conduto de fluxo (Δt_2) podem ser usados pela eletrônica do medidor 20 para determinar várias características de fluxo para o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200.

A eletrônica do medidor 20 pode gerar uma primeira medição de fluxo relacionada com a primeira corrente de fluxo e pode gerar uma segunda medição de fluxo relacionada com a segunda corrente de fluxo. Por exemplo, o primeiro retardo de tempo do conduto de fluxo (Δt_1) e o segundo retardo de tempo do conduto de fluxo (Δt_2) podem ser usados para determinar primeira e segunda taxas de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) e ($\dot{m}_2$). O processamento também pode gerar medidas de densidade.

Outra característica da corrente de fluxo que pode ser gerada pelo processamento é o valor de viscosidade para cada corrente de fluxo. Se dois condutos de fluxo forem de diferentes áreas de fluxo, por exemplo, o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 pode ser configurado para medir a viscosidade dinâmica e o revestimento. Outras características de corrente de fluxo também podem ser geradas pelo processamento e também estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

A primeira corrente de fluxo é independente da segunda corrente de fluxo. Como um resultado a primeira corrente de fluxo não é ligada a ou influenciada pela segunda corrente de fluxo, e vice-versa. Conseqüentemente, o fluxo através de cada conduto de fluxo pode ser medido e controlado independentemente do fluxo através do outro conduto.

Em uma forma de realização, a primeira corrente de fluxo pode ter uma taxa de fluxo diferente do que a segunda corrente de fluxo. Em uma forma de realização, a primeira corrente de fluxo pode compreender um primeiro material de fluxo e a segunda corrente de fluxo pode compreender um segundo material de fluxo (ver figura 5). A primeira corrente de fluxo pode ter uma primeira densidade e a segunda corrente de fluxo pode ter uma segunda densidade. Por exemplo, a primeira corrente de fluxo pode compreender um primeiro combustível e a segunda corrente de fluxo pode compreender um segundo combustível. Os combustíveis podem estar fluindo

em taxas diferentes. Assim, a primeira e segunda medições de fluxo podem ser usadas pela eletrônica do medidor 20 para conduzir duas transações de medição de combustível independentes, por exemplo.

5 O medidor de fluxo 200 em uma forma de realização compreende um medidor de fluxo tipo Coriolis. Alternativamente, o medidor de fluxo 200 compreende um densitômetro vibratório.

10 O medidor de fluxo 200 pode compreender dois condutos de fluxo operáveis, como mostrado. Alternativamente, o medidor de fluxo 200 pode compreender um conduto de fluxo operável para conduzir uma corrente de fluxo e um conduto de fluxo simulado que não conduz uma corrente de fluxo. Em outra alternativa, o medidor de fluxo 200 pode compreender um conduto de fluxo em combinação com uma barra de balança ou haste de balança.

15 Em uma forma de realização, a primeira corrente de fluxo e a segunda corrente de fluxo podem se originar da entrada comum 212, como mostrado. Alternativamente, a primeira corrente de fluxo pode se originar de uma primeira entrada 212a e a segunda corrente de fluxo pode se originar de uma segunda entrada 212b.

20 Em uma forma de realização, os condutos de fluxo 210a e 210b compreendem substancialmente condutos de fluxo em forma de U, como mostrado. Alternativamente, os condutos de fluxo 210a e 210b podem compreender condutos de fluxo substancialmente retos (não mostrados). No entanto, outras formas também podem ser usadas, e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

25 Em uma forma de realização, o primeiro conduto de fluxo 210a tem a mesma área de seção transversal do que o segundo conduto de fluxo 210b. Alternativamente, eles podem ter áreas de seção transversal diferentes.

A figura 3 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. A figura

mostra a eletrônica do medidor 20 conectada aos sensores de desvio 218, 219a e 219b pelos fios condutores 100. Os fios condutores 100 podem compreender uma porção de um cabeamento que conecta o conjunto de medidor de fluxo 10 à eletrônica do medidor 20 (ver figura 1).

5 Os fios condutores 100 incluem um fio condutor 100a conectado ao sensor de desvio compartilhado 218, um fio condutor 100b conectado ao primeiro sensor de desvio independente 219a, um fio condutor 100c conectado ao segundo sensor de desvio independente 219b, e um fio condutor comum 100d conectado a todos os três sensores de desvio 218, 219a e 219b.

10 As medições de terminação única são realizadas entre os fios condutores 100a e 100d, entre os fios condutores 100b e 100d, e entre os fios condutores 100c e 100d. Esta configuração de medição de terminação única reduz o número de fios de desvio requeridos a quatro.

15 A invenção toma vantagem do circuito travado em fase de um algoritmo de acionamento para o medidor de fluxo 200. O algoritmo de acionamento pode travar a fase entre um dos sensores de desvio e o sinal de acionamento, usando a configuração de circuito travado em fase. De modo conveniente, o sensor de desvio compartilhado 218 pode ser travado para o sinal de acionamento por simplificação. Ao tomar vantagem deste aspecto de travamento na disposição do sensor de desvio, é possível ter um sensor de desvio único travado em fase para o sinal de acionamento e ter dois sensores de desvio independentes, permitindo duas respostas vibracionais independentes. O retardo de tempo (Δt) é medido entre o sensor de desvio travado e cada um dos dois sensores de desvio independentes. Além disso, o sensor de desvio travado também pode compreender um sinal de realimentação de referência que é ainda usado para gerar o sinal de acionamento.

A figura 4 é um fluxograma 400 de um método de medição para

um medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção. O método pode ser usado para medir o fluxo através de apenas o primeiro conduto de fluxo 210a, para medir o fluxo através de apenas o segundo conduto de fluxo 210b, ou para medir fluxos simultâneos através de ambos o primeiro e segundo condutos de fluxo 210a e 210b.

Na etapa 401, o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo são vibrados pelo acionador comum 216. O primeiro conduto de fluxo 210a pode conduzir uma primeira corrente de fluxo e o segundo conduto de fluxo 210b pode conduzir uma segunda corrente de fluxo.

Na etapa 402, uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo 210a é recebida. A primeira resposta vibracional compreende um sinal elétrico gerado pelo sensor de desvio compartilhado 218 e um sinal elétrico gerado pelo primeiro sensor de desvio independente 219a. O primeiro material de fluxo está fluindo no primeiro conduto de fluxo 210a. A primeira resposta vibracional assim pode incluir uma resposta vibracional de um material de fluxo no primeiro conduto de fluxo 210a.

Na etapa 403, uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo 210b é recebida. A segunda resposta vibracional compreende um sinal elétrico gerado pelo sensor de desvio compartilhado 218 e um sinal elétrico gerado pelo segundo sensor de desvio independente 219b. A segunda resposta vibracional assim pode incluir uma resposta vibracional de um material de fluxo no segundo conduto de fluxo 210b, pode incluir uma resposta vibracional não fluxo, ou pode incluir uma resposta vibracional do segundo conduto de fluxo vazio 210b.

Na etapa 404, uma característica da primeira corrente de fluxo é determinada. Deve ser entendido que mais de uma característica da primeira corrente de fluxo pode ser determinada nesta etapa. A característica da

primeira corrente de fluxo é determinada a partir da primeira e da segunda respostas vibracionais. A característica da primeira corrente de fluxo pode compreender uma taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) do primeiro material de fluxo. Além disso, a densidade, viscosidade, etc., do primeiro material de fluxo podem ser determinadas a partir da primeira e da segunda respostas vibracionais.

Na etapa 405, uma característica da segunda corrente de fluxo é determinada. Deve ser entendido que mais de uma característica de corrente de fluxo para a segunda corrente de fluxo pode ser determinada nesta etapa. A característica da segunda corrente de fluxo é determinada a partir da primeira e segunda respostas vibracionais. A característica da segunda corrente de fluxo pode compreender uma taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_2$) do segundo material de fluxo. Além disso, a densidade, viscosidade, etc, do segundo material de fluxo podem ser determinadas a partir da primeira e segunda respostas vibracionais.

Apesar do fluxo através de cada conduto de fluxo ser independente, a medição do fluxo de massa em um conduto de fluxo não é independente do fluxo através do outro conduto. Um fluxo através de um conduto induz uma fase no outro conduto. Devido a esta ligação, uma equação de fluxo de massa nova é usada para os dois condutos de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 de acordo com a invenção. As equações de conduto de fluxo duplo novas são baseadas no retardo de tempo experimentado por ambos os condutos de fluxo 210a e 210b (isto é, $(\Delta t_1$ e (Δt_2)).

Em um medidor de fluxo tipo Coriolis duplo tradicional, uma fase é medida entre dois condutos de fluxo e uma diferença de fase é calculada entre os desvios laterais de entrada e os desvios laterais de saída do medidor. Esta diferença de fase é convertida em um retardo de tempo único

(Δt) e é usada para determinar uma quantidade de fluxo (como uma taxa de fluxo e massa $\dot{m}$, por exemplo), por exemplo empregando a equação:

$$\dot{m} = FCF \times (\Delta t - \Delta t_z) * (1 - T_c \times T) \quad (1)$$

Nesta equação, uma medição única do retardo de tempo (Δt) pode ser usada para medir o fluxo. O retardo de tempo (Δt) é ajustado por um retardo de tempo em zero (Δt_z). O retardo de tempo em zero (Δt_z) compreende um fator de calibração que é determinado sob condições sem fluxo.

No entanto, esta equação de taxa de fluxo de massa tradicional não é adequada para os dois condutos de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio 200. A razão é que, nos condutos de fluxo duplo da invenção, o fluxo induz alguma fase em ambos os condutos de fluxo. Isto é verdadeiro mesmo quando se tem fluxo em apenas um dos dois condutos de fluxo. No medidor de fluxo tradicional, porque um fluxo comum passa através de ambos os condutos de fluxo, a fase induzida é idêntica em cada conduto. Como um resultado, a fase induzida não aparece como uma diferença de fase entre os dois condutos e não é um fator no cálculo de um resultado. Assim, um retardo de tempo único pode ser usado na técnica anterior a fim de determinar uma taxa de fluxo em um medidor de fluxo tradicional.

Em contraste, na invenção, a primeira e segunda correntes de fluxo são independentes. Como uma consequência, a fase induzida pelos dois fluxos pode diferir entre os dois condutos de fluxo. Assim, uma equação da taxa de fluxo de massa com base em um retardo de tempo único não pode ser empregada.

O fluxo no medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 induz fase em ambos os condutos de fluxo 210a e 210b, mesmo se o fluxo

puder somente existir em um dos condutos de fluxo. As duas fases induzidas podem diferir. Como um resultado, duas medidas de retardo de tempo são requeridas de cada conduto de fluxo a fim de medir o fluxo. A medição do fluxo pode ser para um ou dois fluxos. Uma ilustração deste esquema de medição pode ser ilustrada com as seguintes equações:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_{11} - \Delta t_{z_{11}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_{12} - \Delta t_{z_{12}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \quad (2)$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_{22} - \Delta t_{z_{22}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_{21} - \Delta t_{z_{21}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) \quad (3)$$

onde o subscrito 1 refere-se ao primeiro conduto de fluxo 210a e o subscrito 2 refere-se ao segundo conduto de fluxo 210b. O segundo termo nas equações (2) e (3), (isto é, para o "2" do termo FCF_{12} , por exemplo) é requerido devido ao fato de que o fluxo através de um tubo de fluxo induz uma fase no outro tubo. As equações (2) e (3) podem ser usadas na eletrônica do medidor 20 para determinar as taxas de fluxo de massa em ambos os condutos de fluxo 210a e 210b.

A seguir, para valores de retardo de tempo da forma (Δt_B^A) , o sobrescrito A denota qual conduto de fluxo está conduzindo fluxo. Se o fluxo estiver sendo conduzido através do segundo conduto de fluxo 210b, então o valor de retardo de tempo será da forma (Δt_B^2) . O subscrito B denota ao conduto de fluxo que uma resposta vibracional está sendo recebida daí. Assim, o valor (Δt_2^1) é o retardo de tempo medido para o segundo conduto de fluxo em que o fluxo é através do primeiro conduto de fluxo 210a. Alternativamente, o valor (Δt_1^2) é o retardo de tempo medido para o primeiro conduto de fluxo 210a em que o fluxo é através do segundo conduto de fluxo 210b. Um sobrescrito de zero denota uma condição não fluxo, em que o valor (Δt_1^0) denota um retardo de tempo medido para o primeiro conduto de fluxo 210a em que o primeiro conduto de fluxo é vibrado por acionador comum 220 sob uma condição zero ou não fluxo.

No entanto, uma forma mais simples de equações (2) e (3) pode

ser usada para determinar as características da corrente de fluxo. As equações (2) e (3) não se aproveitam de qualquer simetria. Uma forma possível de simetria é no retardo de tempo. Se o retardo de tempo for simétrico, isto é, se:

$$\Delta t_{11} \cong \Delta t_1 \quad (4a)$$

$$\Delta t_{12} \cong \Delta t_2 \quad (4b)$$

$$\Delta t_{21} \cong \Delta t_1' \quad (4c)$$

$$\Delta t_{22} \cong \Delta t_2' \quad (4d)$$

então as equações (2) e (3) se tornam:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t_{z1}) \times (1 - T_{c1} \times T_{m1}) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t_{z2}) \times (1 - T_{c2} \times T_{m2}) \quad (5)$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t_{z2}) \times (1 - T_{c2} \times T_{m2}) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t_{z1}) \times (1 - T_{c1} \times T_{m1}) \quad (6)$$

Os termos T representam medidas de temperatura. O termo T_{c1} é a temperatura do primeiro conduto de fluxo 210a e o termo T_{m1} é a temperatura do primeiro fluido de fluxo. Do mesmo modo, o termo T_{c2} é a temperatura do segundo conduto de fluxo 210b e o termo T_{m2} é a temperatura do segundo fluido de fluxo. O valor (Δt_{z1}) é o valor de calibração de fluxo zero para o primeiro conduto de fluxo 210a e o valor (Δt_{z2}) é o valor de calibração de fluxo zero para o segundo conduto de fluxo 210b. Os fatores de calibração de fluxo FCF_{11} , FCF_{12} , FCF_{21} , e FCF_{22} são os coeficientes de calibração que são determinados por testes de fluxo e subsequentemente são usados em calibrações de características de corrente de fluxo.

Além disso, os fatores de calibração de fluxo também podem ser simétricos. Neste caso, equações (5) e (6) devem ser ainda simplificadas pelo fato de que os fatores de calibração de fluxo podem ser aproximadamente simétricos, isto é, $FCF_{12} \approx FCF_{21}$. A simetria das equações deve influenciar o processo de calibração.

A capacidade para medir duas taxas de fluxo de massa pode tornar possível medir variáveis de processo adicionais além apenas das duas taxas de fluxo de massa. Por exemplo, se os dois condutos de fluxo forem de

diferentes áreas de fluxo de seção transversal, a relação das duas taxas de fluxo pode estar relacionada com a viscosidade dinâmica. Outra aplicação potencial pode ser a medida do revestimento sobre as superfícies interiores dos condutos de fluxo. Este revestimento do conduto de fluxo irá induzir uma
5 massa não equilibrada no sistema e esta massa não equilibrada pode ser detectável através de uma relação de amplitudes das duas respostas vibracionais do conduto de fluxo resultantes. Estes são apenas dois exemplos que podem ser possíveis com um medidor de fluxo que mede duas correntes de fluxo independentes.

10 A figura 5 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta forma de realização, a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada 212a e passa através do primeiro conduto de fluxo 210a. Do mesmo modo, a segunda corrente de fluxo se origina de uma segunda entrada 212b e passa
15 através do segundo conduto de fluxo 210b. De outra forma, a operação do medidor de fluxo 200 desta forma de realização é igual que o medidor de fluxo da figura 2.

A figura 6 mostra o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 em uma configuração de calibração 300 de acordo com uma forma
20 de realização da invenção. Nesta forma de realização, onde o medidor de fluxo 200 tem uma entrada comum 212, primeiro e segundo medidores de referência 391 e 392 são conectados às saídas respectivas 213a e 213b do primeiro e segundo condutos de fluxo 210a e 210b. O fluxo através do primeiro e segundo condutos de fluxo 210a e 210b pode ser controlado por
25 válvulas a jusante ou outros dispositivos (não mostrados) que estão em comunicação com as duas saídas 213a e 213b.

O procedimento de calibração para um medidor tipo Coriolis e fluxo único representado pela equação (1) é bastante simples. O retardo de

tempo em zero (Δt_z) é determinado sob condições de fluxo zero no medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 e o valor FCF é determinado com um teste em uma taxa de fluxo único. No entanto, pode ser notado, a partir das equações (2) e (3) e (5) e (6), que uma estratégia similar (medir Δt_z) a zero e testar em uma taxa de fluxo por tubo) não iria trabalhar para um medidor de fluxo com três sensores de desvio tendo dois condutos de fluxo independentes.

As medições obtidas da configuração de calibração 300 podem ser usadas para calibrar o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 de acordo com as várias formas de realização. As operações de calibração possíveis são discutidas abaixo, como em conjunto com a figura 7. No entanto, outras técnicas de calibração são contempladas e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

O primeiro medidor de referência 391 mede a primeira corrente de fluxo fluindo através do primeiro conduto de fluxo 210a e gera um valor de medição ($\dot{m}_1$). O segundo medidor de referência 392 mede a segunda corrente de fluxo fluindo através do segunda corrente de fluxo 210b e gera um valor de medição ($\dot{m}_2$). Assim, o fluxo através de cada conduto de fluxo e medidor de referência associado é separado de e independente do fluxo através do outro conduto de fluxo. Além disso, outras medições de fluxo podem ser obtidas.

Além disso, a configuração de calibração 300 pode incluir um medidor de referência 393 que mede uma taxa de fluxo de massa total ($\dot{m}$) entrando no medidor de fluxo com três sensores de desvio 200. A forma de realização de duas entradas da figura 5 pode incluir os medidores de referência 391 e 392 mas não o medidor de referência 393.

Figura 7 é um fluxograma 700 de um método de calibração para um medidor de fluxo com três sensores de desvio de acordo com uma forma de realização da invenção. Uma equação básica para calibração compreende:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \end{Bmatrix} \quad (7)$$

Na etapa 701, o medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) (isto é o dispositivo sob teste, ver figura 6) é zerado. Nesta etapa, ambos os condutos de fluxo 210a e 210b do medidor de fluxo 200 são cheios com material de fluxo, apesar de nenhum fluxo ser permitido através do medidor de fluxo 200. Os condutos de fluxo 210a e 210b são vibrados sob condição sem fluxo e uma ou mais características de corrente de fluxo são determinadas.

Para etapa 701, onde o fluxo é zero (taxa de fluxo de massa $\dot{m} = 0$) e uma operação para zerar está sendo realizada, a equação (7) se torna:

$$\begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1^0 - z_1 \\ \Delta t_2^0 - z_2 \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \Delta t_1^0 \\ \Delta t_2^0 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

Na etapa 702, os medidores de referência 391 e 392 são zerados, como descrito imediatamente acima (isto é, usando uma condição de fluxo zero). Deve ser entendido que esta etapa pode ser realizada antes ou após a etapa 701.

Na etapa 703, o fluxo é gerado somente através do primeiro conduto de fluxo 210a. Durante o fluxo, tanto o medidor de fluxo 200 como o primeiro medidor de referência 391 medem as características da primeira corrente de fluxo no primeiro conduto de fluxo 210a. Por exemplo, o medidor de fluxo 200 pode registrar um retardo de tempo a montante - a jusante (Δt_1^1) para o primeiro conduto de fluxo 210a, com o fluxo sendo através do primeiro conduto de fluxo 210a. O medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_2^1) para o segundo conduto de fluxo 210b durante o fluxo através do primeiro conduto de fluxo 210a mas onde não se tem fluxo através do segundo conduto de fluxo 210b. Além disso, o primeiro medidor de referência

391 mede a taxa de fluxo de massa do fluxo através do primeiro conduto de fluxo 210a (isto é, ele gera o valor REF_1).

Para etapa 703, onde o fluxo é gerado no primeiro conduto de fluxo 210a, então a equação (7) se torna:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 \\ \Delta t_2^1 - z_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} REF_1 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (9)$$

5 Na etapa 704, o fluxo é gerado através do segundo conduto de fluxo 210b. Durante o fluxo, tanto o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 como o segundo medidor de referência 392 medem as características da segunda corrente de fluxo no segundo conduto de fluxo 210b. Por exemplo, o medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_2^2) para o segundo conduto de fluxo 210b com o fluxo sendo através do segundo conduto de fluxo 210b. O medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_2^1) para o primeiro conduto de fluxo 210a durante o fluxo através do segundo conduto de fluxo 210b mas onde não se encontra fluxo através do primeiro conduto de fluxo 210a. Além disso, o segundo medidor de referência 392 mede a taxa de fluxo de massa do fluxo através do segundo conduto de fluxo 210b (isto é, ele gera o valor REF_2). Alternativamente, para a configuração de calibração 800 mostrada na figura 8, as válvulas 394a e 394b podem ser usadas para dirigir fluxo através do segundo conduto de fluxo 210b. Assim, somente o único medidor de referência 393 é requerido na configuração de calibração 800.

Para etapa 704, onde o fluxo é gerado no segundo conduto de fluxo 210b, então a equação (7) se torna:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1^2 - z_1 \\ \Delta t_2^2 - z_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ REF_2 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

Na etapa 705, as medições de característica de corrente de fluxo obtidas acima são inseridas em uma matriz (4 X 4) (ver equação (13) abaixo).

Uma inversão da matriz é resolvida a fim de gerar os fatores de calibração de fluxo FCF_{11} , FCF_{21} , e FCF_{22} . Estes fatores de calibração de fluxo são usados para subseqüentes computações da característica de corrente de fluxo, incluindo determinações operacionais normais de taxa de fluxo de massa, densidade, viscosidade, etc.

Existem agora 4 equações e 4 desconhecidas. As quantidades conhecidas (isto é, medidas) são REF_1 , REF_2 , Δt_1^1 , Δt_2^1 , Δt_1^2 , Δt_2^2 , Δt_1^0 , e Δt_2^0 . Deve ser lembrado que, por etapa de zerar:

$$z_1 = \Delta t_1^0 \quad (11a)$$

$$z_2 = \Delta t_2^0 \quad (11b)$$

As quantidades desconhecidas são os fatores de calibração de fluxo FCF_{11} , FCF_{12} , FCF_{21} , e FCF_{22} . Estes FCFs são os valores que devem ser determinados no processo de calibração.

Isto pode ser montado em uma equação de matriz 4X4:

$$\begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Então resolvida com um inverso de matriz 4X4:

$$\begin{bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix}^{(-1)} \begin{bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

A figura 8 mostra uma configuração de calibração 800 de acordo com uma forma de realização da invenção. A configuração da calibração 800 pode incluir primeira e segunda válvulas 394a e 394b e um único medidor de referência 393. A primeira e a segunda válvulas 394a e 394b podem ser controladas para conduzir uma primeira corrente de fluxo através do primeiro conduto de fluxo 210a, para conduzir uma segunda corrente de fluxo através

do segundo conduto de fluxo 210b, ou para conduzir uma corrente de fluxo combinada através de ambos os condutos de fluxo 210a e 210b.

O medidor de referência 393 é mostrado localizado após o medidor de fluxo com três sensores de desvio 200 e após as válvulas 394a e 394b. No entanto, como mostrado pelas linhas tracejadas, o medidor de referência 393 (e/ou as válvulas 394a e 394b) podem estar localizados a montante do medidor de fluxo 200.

Deve ser entendido que para a configuração de calibração 800, os valores REF_1 e REF_2 são gerados pelo medidor de referência 393 em tempos diferentes. Por exemplo, durante um processo de calibração, a primeira corrente de fluxo através do primeiro conduto de fluxo 210a é gerada pela abertura da primeira válvula 394a e fechamento da segunda válvula 394b. A medição de referência subsequentemente gerada pelo medidor de referência 393 é o valor REF_1 . Então, a primeira válvula 394a é fechada e a segunda válvula 394b é aberta a fim de criar o segundo fluxo através do segundo conduto de fluxo 210b. A medição de referência subsequentemente gerada pelo medidor de referência 393 é o valor REF_2 .

Diferente da técnica anterior, o medidor de fluxo com três sensores de desvio pode compartilhar um sensor de desvio a montante ou a jusante. Diferente da técnica anterior, os sensores de desvio do medidor de fluxo com três sensores de desvio requerem somente quatro fios. Como um resultado, o medidor de fluxo com três sensores de desvio pode empregar um cabeamento de nove fios comum atualmente usado por medidores de fluxo convencionais. Isto permite o uso de técnicas de fiação de medidor de fluxo convencionais, travessas de fiação, conexões elétricas, e alojamento elétrico. O uso de três sensores de desvio em vez de quatro sensores de desvio assim economiza fiação, espaço, equipamento, e tempo de montagem.

Na invenção, as medições da característica de corrente de fluxo

são obtidas substancialmente simultaneamente para duas correntes de fluxo independentes. Diferente da técnica anterior, um acionador comum vibra os dois condutos de fluxo que estão conduzindo duas correntes de fluxo independentes. Diferente da técnica anterior, as correntes de fluxo podem fluir em taxas de fluxo diferentes. Diferente da técnica anterior, as correntes de fluxo podem ter diferentes densidades. Diferente da técnica anterior, os condutos de fluxo podem ter diferentes áreas de seção transversal. Diferente da técnica anterior, o medidor de fluxo pode compartilhar acionadores, eliminando pelo menos um acionador.

Com vantagem, o custo do medidor de fluxo será menor devido ao compartilhamento dos componentes. Além disso, o tamanho global do medidor de fluxo (e um sistema de medição/distribuição completo) pode ser reduzido. Além disso, um acionador comum e um sensor de desvio compartilhado reduzem o consumo de energia e permitem a utilização de uma fonte de energia eletrônica menor e única.

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor de fluxo com três sensores de desvio (200),
caracterizado pelo fato de compreender:

um primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo uma primeira
5 corrente de fluxo;

um segundo conduto de fluxo (210b) que é independente da
primeira corrente de fluxo;

um acionador comum (216) configurado para vibrar o primeiro
conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b); e

10 três sensores de desvio (218, 219a) configurados para prover
primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro
conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b).

2. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo
15 conduto de fluxo (210b) se originam de uma entrada comum (212).

3. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo se originam de
uma primeira entrada (212a) e com a segunda corrente de fluxo se originam
de uma segunda entrada (212b).

20 4. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um
medidor de fluxo tipo Coriolis.

5. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um
25 densitômetro vibratório.

6. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20), com
os três sensores de desvio (218, 219a, 219b) sendo acoplados à eletrônica do

medidor (20) por quatro ou mais fios (100).

7. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os três sensores de desvio (218, 219a, 291b) compreendem:

5 um sensor de desvio compartilhado (218) configurado para gerar uma resposta vibracional compartilhada da vibração de tanto o primeiro conduto de fluxo (210a) como o segundo conduto de fluxo (210b);

 um primeiro sensor de desvio independente (219a) configurado para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do
10 primeiro conduto de fluxo (210a); e

 um segundo sensor de desvio independente (219b) configurado para gerar uma segunda resposta vibracional independente de vibração do segundo conduto de fluxo (210b).

8. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
15 caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) é configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo a primeira corrente de fluxo e vibrar o segundo conduto de fluxo (210b) com a vibração sendo realizada pelo acionador comum (216), receber a primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo (210a), com a
20 primeira resposta vibracional sendo gerada a partir de um sensor de desvio compartilhado (218) e de um primeiro sensor de desvio independente (219a), receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo (210b), com a segunda resposta vibracional sendo gerada do sensor de desvio compartilhado (218) e do segundo sensor de desvio independente (219b) e
25 determinar uma característica da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

9. Medidor de fluxo com três sensores de desvio (200), caracterizado pelo fato de compreender:

eletrônica do medidor (20) configurada para receber sinais de medição;

um primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo uma primeira corrente de fluxo;

5 um segundo conduto de fluxo (210b) que é independente da primeira corrente de fluxo;

um acionador comum (216) configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b); e

10 três sensores de desvio (218, 219a, 219b) acoplados à eletrônica do medidor (20) por quatro fios (100).

10. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b) se originam de uma entrada comum (212).

15 11. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo (210a) se origina de uma primeira entrada (212a) e com o segundo conduto de fluxo (210b) se originando de uma segunda entrada (212b).

20 12. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um medidor de fluxo tipo Coriolis.

13. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um densitômetro vibratório.

25 14. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20), com os três sensores de desvio (218, 219a, 219b) sendo configurados para prover primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b).

15. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os três sensores de desvio (218, 219a, 219b) compreendem:

um sensor de desvio compartilhado (218) configurado para gerar
5 uma resposta vibracional compartilhada da vibração de ambos o primeiro
conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b);

um primeiro sensor de desvio independente (219a) configurado
para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do
primeiro conduto de fluxo (210a); e

10 um segundo sensor de desvio independente (219b) configurado
para gerar uma segunda resposta vibracional independente da vibração do
segundo conduto de fluxo (210b).

16. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo com três sensores de desvio
15 (200) é configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a)
conduzindo a primeira corrente de fluxo e vibrar o segundo conduto de fluxo
(210b) com a vibração sendo realizada por acionador comum (216), receber
uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo (210a), com a
primeira resposta vibracional sendo gerada de um sensor de desvio
20 compartilhado (218) e de um primeiro sensor de desvio independente (219a),
receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo
(210b), com a segunda resposta vibracional sendo gerada do sensor de desvio
compartilhado (218) e de um segundo sensor de desvio independente (219a),
e determinar uma característica da primeira corrente de fluxo a partir da
25 primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

17. Medidor de fluxo com três sensores de desvio (200), caracterizado pelo fato de compreender:

um primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo uma primeira

corrente de fluxo;

um segundo conduto de fluxo (210b) que é independente da primeira corrente de fluxo;

5 um acionador comum (216) configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b);

um sensor de desvio compartilhado (218) configurado para gerar uma resposta vibracional compartilhada da vibração de tanto o primeiro conduto de fluxo (210a) como do segundo conduto de fluxo (210b);

10 um primeiro sensor de desvio independente (219a) configurado para gerar uma primeira resposta vibracional independente da vibração do primeiro conduto de fluxo (210a); e

um segundo sensor de desvio independente (219b) configurado para gerar uma segunda resposta vibracional independente da vibração do segundo conduto de fluxo (210b).

15 18. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b) se originam de uma entrada comum (212).

20 19. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo (210a) se origina de uma primeira entrada (212a) e com o segundo conduto de fluxo (210b) se originando de uma segunda entrada (212b).

20. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um medidor de fluxo tipo Coriolis.

25 21. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um densitômetro vibratório.

22. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17,

caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20), com o sensor de desvio compartilhado (218), o primeiro sensor de desvio independente (219a), e o segundo sensor de desvio independente (219b) sendo acoplados à eletrônica do medidor (20) por quatro ou mais fios (100).

5 23. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que os três sensores de desvio (218, 219a, 219b) são configurados para prover primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b).

10 24. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) é configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo a primeira corrente de fluxo e vibrar o segundo conduto de fluxo (210b) com a vibração sendo realizada pelo acionador comum (216), receber
15 uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo (210a), com a primeira resposta vibracional sendo gerada do sensor de desvio compartilhado (218) e do primeiro sensor de desvio independente (219a), receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo (210b), com a segunda resposta vibracional sendo gerada a partir do sensor de desvio
20 compartilhado (218) e do segundo sensor de desvio independente (219b) e determinar uma característica da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

25 25. Método de medição para um medidor de fluxo com três sensores de desvio, caracterizado pelo fato de compreender:

25 vibrar um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo e vibrar um segundo conduto de fluxo, com a vibração sendo realizada por um acionador comum;

 receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto

de fluxo, com a primeira resposta vibracional sendo gerada de um sensor de desvio compartilhado e de um primeiro sensor de desvio independente;

receber uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo, com a segunda resposta vibracional sendo gerada do sensor de desvio compartilhado e de um segundo sensor de desvio independente; e

determinar uma característica do primeiro conduto de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

26. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o segundo conduto de fluxo tem um fluxo zero.

27. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o segundo conduto de fluxo conduz uma segunda corrente de fluxo.

28. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo se originam de uma entrada comum.

29. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o primeiro conduto de fluxo se origina de uma primeira entrada e com o segundo conduto de fluxo se originando de uma segunda entrada.

30. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o segundo conduto de fluxo conduz uma segunda corrente de fluxo que é independente da primeira corrente de fluxo e com o método ainda compreendendo determinar uma característica da segunda corrente de fluxo da a partir primeira resposta vibracional e da segunda resposta vibracional.

31. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a segunda resposta vibracional em equações:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_{11} - \Delta t_{z_{11}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_{12} - \Delta t_{z_{12}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \text{ e}$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_{22} - \Delta t_{z_{22}}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_{21} - \Delta t_{z_{21}}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1)$$

a fim de determinar uma primeira taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) da primeira corrente de fluxo e uma segunda taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_2$) da segunda corrente de fluxo.

32. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a segunda resposta vibracional em equações:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \text{ e}$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1)$$

a fim de determinar uma primeira taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_1$) da primeira corrente de fluxo e uma segunda taxa de fluxo de massa ($\dot{m}_2$) da segunda corrente de fluxo.

33. Método de medição de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de ainda compreender:

10 zerar o medidor de fluxo com três sensores de desvio para um processo de calibração;

zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo com três sensores de desvio;

15 medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando o um ou mais medidores de referência;

medir um segundo fluxo através do segundo conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando o um ou mais medidores de referência; e

20 determinar dois fatores de calibração (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando uma primeira medição de fluxo e uma segunda medição de fluxo.

34. Método de medição de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende determinar os dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação

$$\begin{Bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix}^{(-1)} \begin{Bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{Bmatrix}.$$

35. Método de medição de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende a determinação dos dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \end{Bmatrix}.$$

36. Método de calibração para um medidor de fluxo com três sensores de desvio, o método caracterizado pelo fato de compreender:

zerar o medidor de fluxo com três sensores de desvio;

zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo com três sensores de desvio;

medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência;

medir um segundo fluxo através de um segundo conduto de fluxo do medidor de fluxo com três sensores de desvio usando o medidor de fluxo com três sensores de desvio e usando um ou mais medidores de referência; e

determinar dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando uma primeira medição de fluxo e uma segunda medição de fluxo.

37. Método de calibração de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende a determinação de dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} FCF_{11} \\ FCF_{12} \\ FCF_{21} \\ FCF_{22} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^1 - z_1 & \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta t_1^2 - z_1 & \Delta t_2^2 - z_2 \end{bmatrix}^{(-1)} \begin{Bmatrix} REF_1 \\ 0 \\ 0 \\ REF_2 \end{Bmatrix}.$$

5

38. Método de calibração de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende a determinação dos dois fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo com três sensores de desvio usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} \\ FCF_{21} & FCF_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \end{Bmatrix}.$$

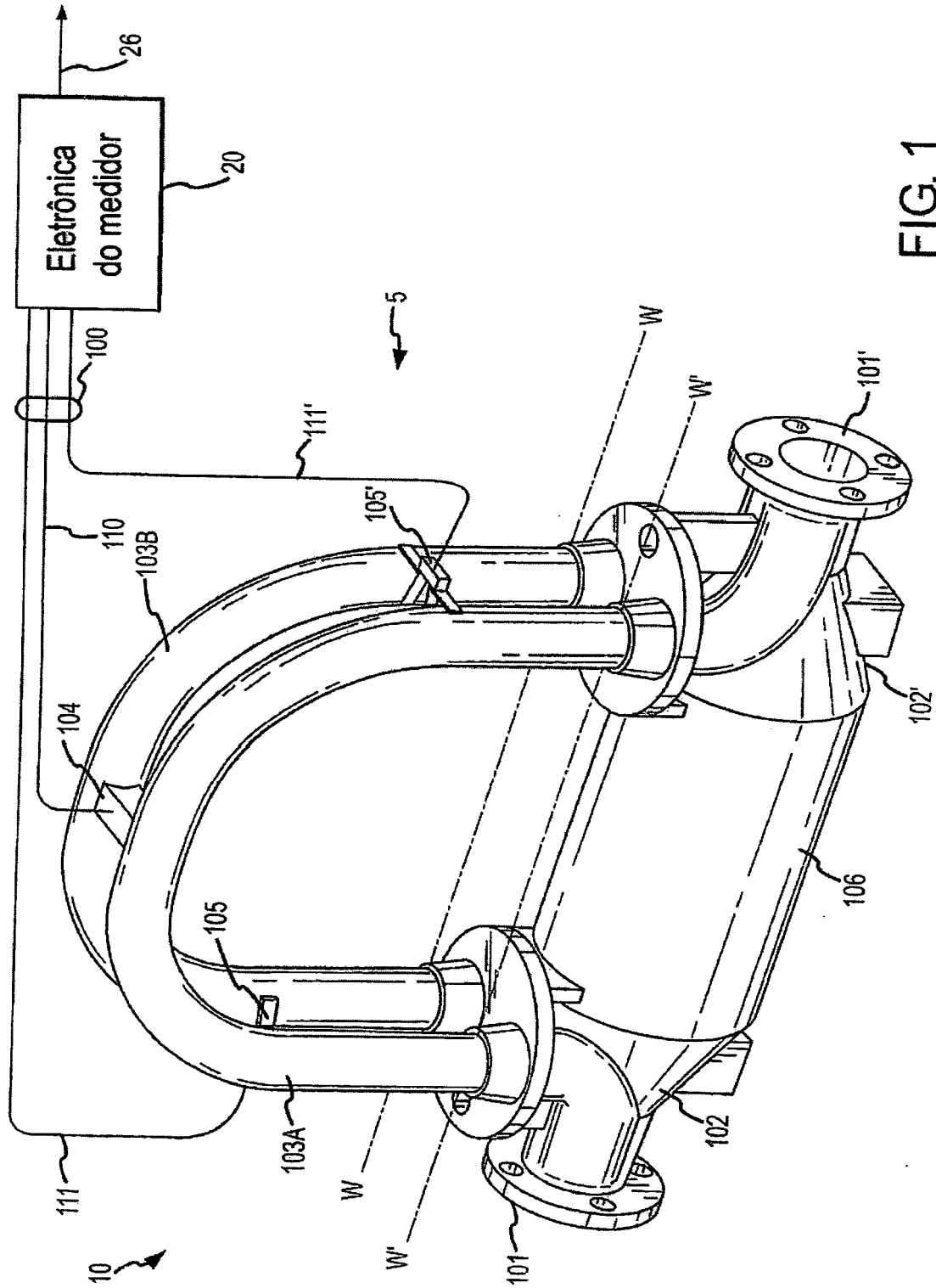


FIG. 1

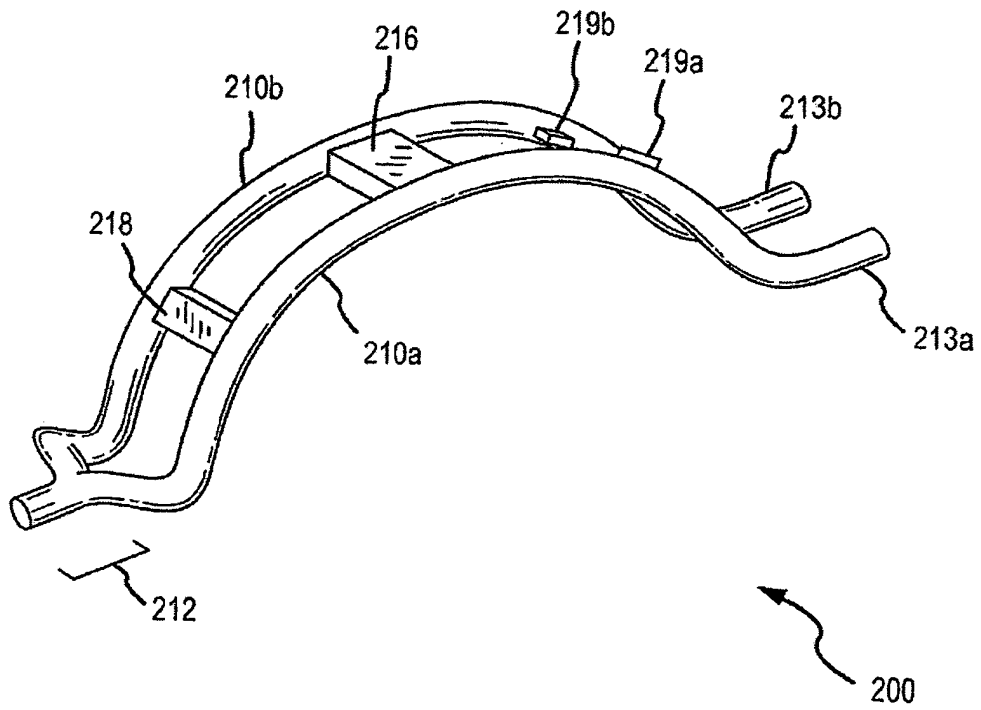


FIG. 2

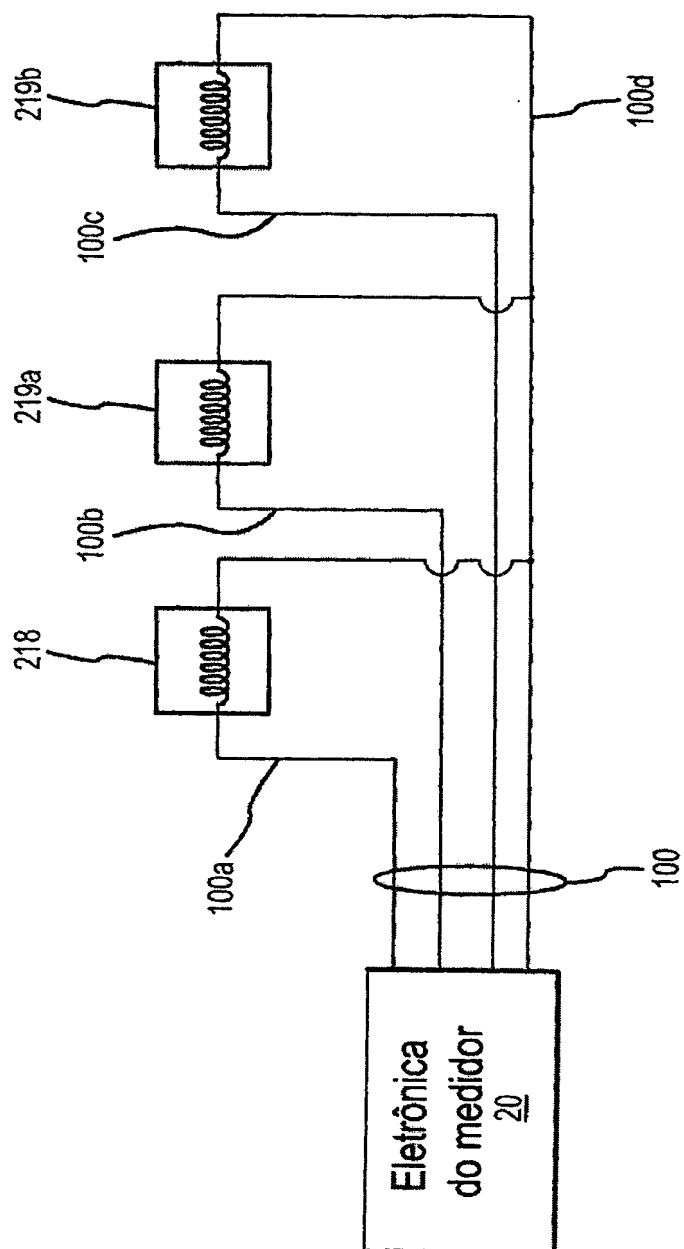


FIG. 3

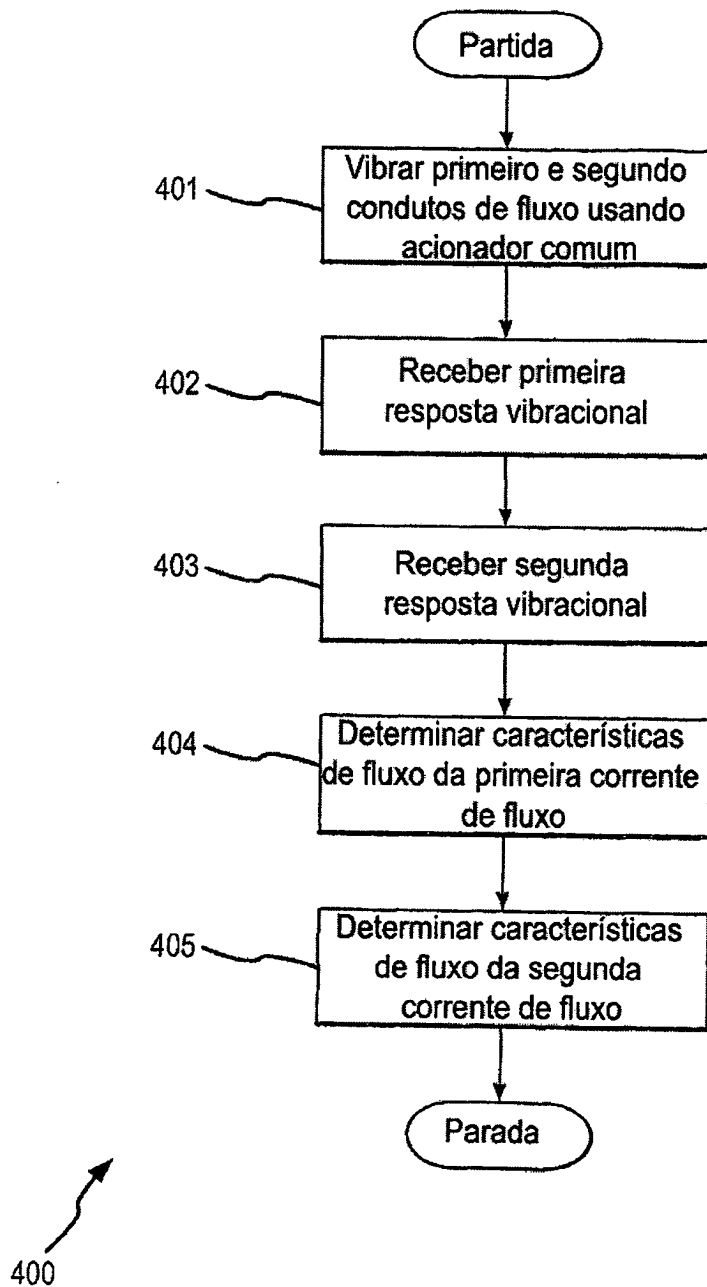


FIG. 4

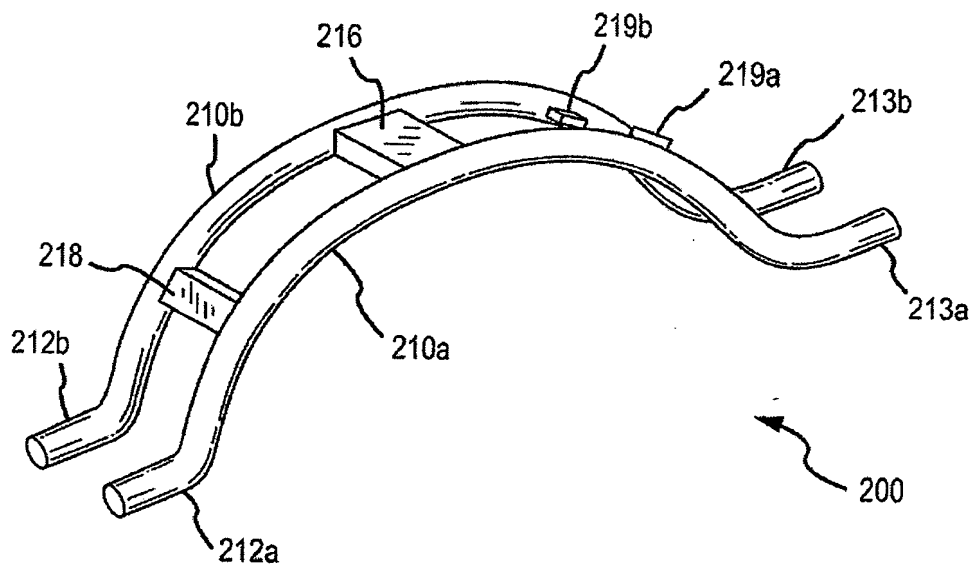


FIG. 5

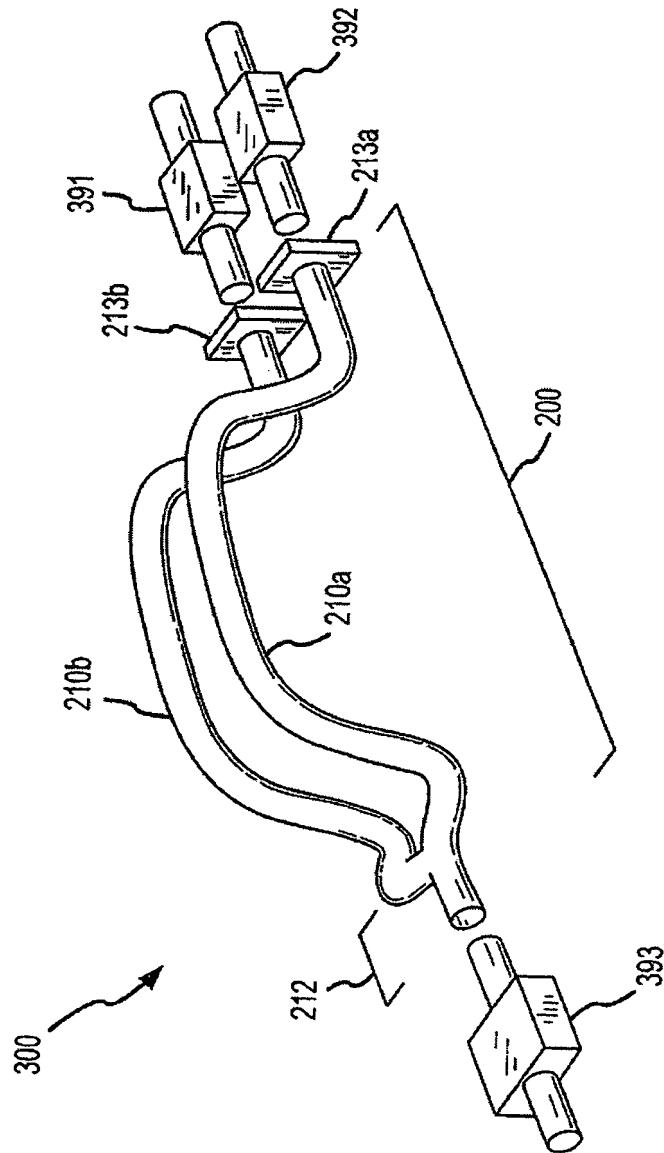


FIG. 6

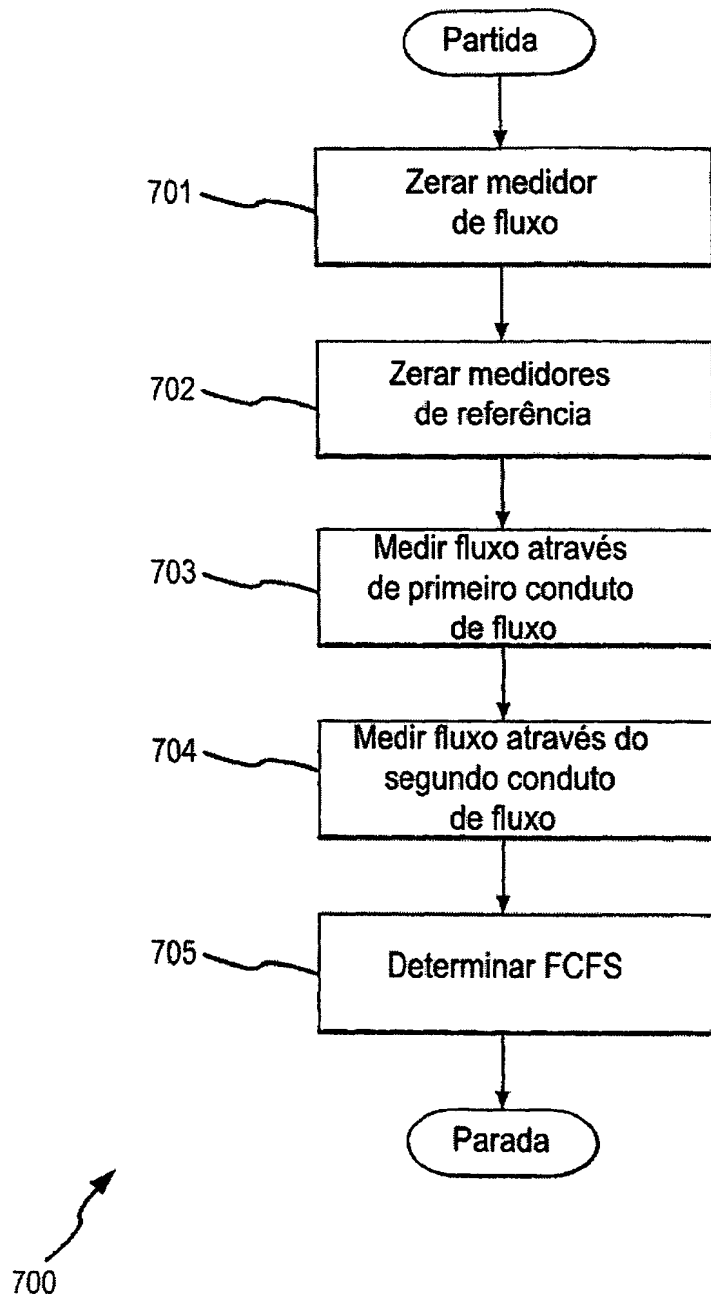


FIG. 7

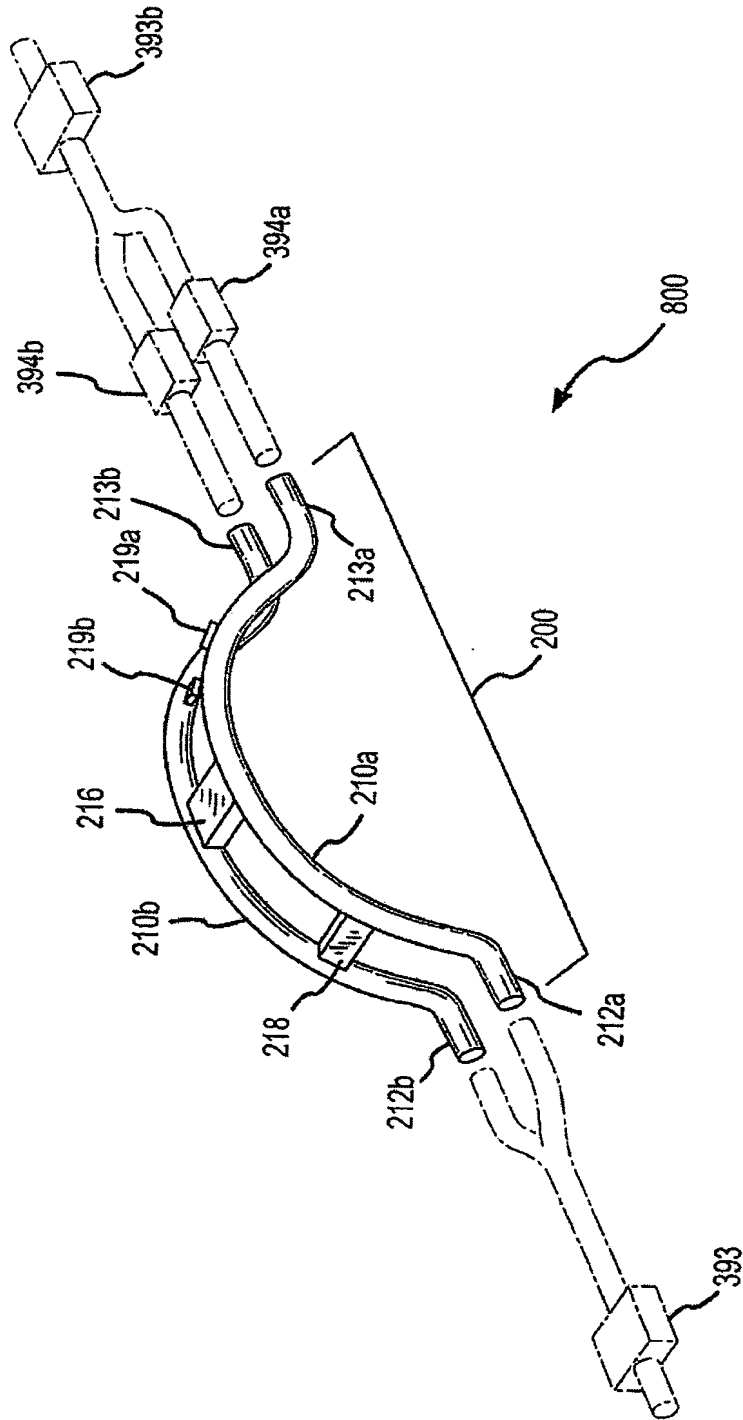


FIG. 8

RESUMO**"MEDIDOR DE FLUXO COM TRÊS SENSORES DE DESVIO"**

Um medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) é provido de acordo com a invenção. O medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) inclui um primeiro conduto de fluxo (210a) conduzindo uma primeira corrente de fluxo, um segundo conduto de fluxo (210b) que é independente da primeira corrente de fluxo, e um acionador comum (216) configurado para vibrar o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b). O medidor de fluxo com três sensores de desvio (200) ainda inclui três sensores de desvio (218, 219a, 219b), configurados para prover primeiro e segundo valores de retardo de tempo (Δt_1) e (Δt_2) para o primeiro conduto de fluxo (210a) e o segundo conduto de fluxo (210b).