



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

(21) **PI 0621956-0 A2**

(22) Data de Depósito: 24/08/2006
(43) Data da Publicação: 16/10/2012
(RPI 2180)



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

(54) Título: MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS, MÉTODOS DE MEDIÇÃO, E, DE CALIBRAÇÃO PARA UM MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS

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

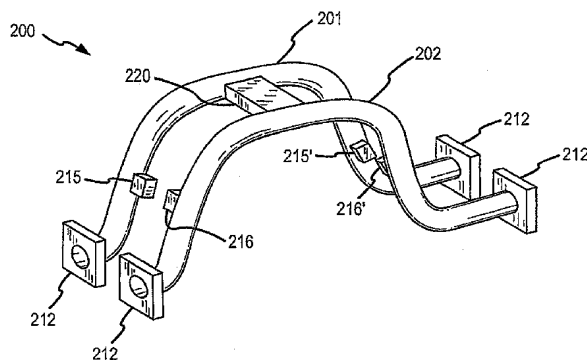
(72) Inventor(es): Bell, Mark, James, Lanham, Gregory, Treat, Patten, Andrew, Timothy, Stack, Charles, Paul

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2006033024 de 24/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2008/024112 de 28/02/2008

(57) Resumo: MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS, MÉTODOS DE MEDIÇÃO, E, DE CALIBRAÇÃO PARA UM MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS. Um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) inclui um primeiro conduto de fluxo (201) conduzindo uma primeira corrente de fluxo e um par de primeiros sensores de desvio (215, 215') fixados ao primeiro conduto de fluxo (201). O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) ainda inclui pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional e pelo menos um par de sensores de desvio adicionais (216, 216') fixados a pelo menos um conduto de fluxo adicional (202). A pelo menos uma corrente de fluxo adicional é independente da primeira corrente de fluxo. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) ainda inclui um acionador comum (220) configurado para vibrar tanto o primeiro conduto de fluxo (201) como o pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) a fim de gerar uma primeira resposta vibracional e pelo menos uma resposta vibracional adicional.



"MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS, MÉTODOS DE MEDIÇÃO, E, DE CALIBRAÇÃO PARA UM MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS"

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5

1. CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um medidor de fluxo e, mais particularmente, a um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

10

Os sensores de condutos vibratórios, como os medidores de fluxo de massa de tipo Coriolis e densitômetros vibratórios, operam tipicamente por detecção do movimento de um conduto vibratório que contém um material fluído. As propriedades associadas com o material no conduto, como fluxo de massa, densidade, e outros, podem ser determinadas por processamento de 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.

20

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

25

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 escoamentos de fluidos. 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 de a 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.

SUMÁRIO DA SOLUÇÃO

Um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos compreende um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo e um par de primeiros sensores de desvio fixados ao primeiro conduto de fluxo. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos ainda compreende pelo menos um conduto de fluxo adicional conduzindo, pelo menos, uma corrente de fluxo adicional e pelo menos um par de sensores de desvio adicionais fixados em pelo menos um conduto de fluxo adicional. A pelo menos uma corrente de fluxo adicional é independente da primeira corrente de fluxo. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos ainda compreende um acionador comum

configurado para vibrar tanto o primeiro conduto de fluxo como o pelo menos um conduto de fluxo adicional a fim de gerar uma primeira resposta vibracional e pelo menos uma resposta vibracional adicional.

5 Um método de medição para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos é provido 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 pelo menos um conduto de fluxo adicional. A vibração é realizada por um acionador comum. O método ainda compreende receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo, receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do pelo menos um conduto de fluxo adicional, e determinar uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e de pelo menos uma resposta vibracional adicional.

15 Um método de medição para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos é provido 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 pelo menos um conduto de fluxo adicional conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional. A vibração é realizada por um acionador comum. A pelo menos uma corrente de fluxo adicional é independente da primeira corrente de fluxo. O método ainda compreende receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo e receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do pelo menos um conduto de fluxo adicional. O método ainda
25 compreende determinar uma primeira característica de corrente de fluxo da primeira resposta vibracional e de pelo menos uma resposta vibracional adicional e determinar pelo menos uma característica da corrente de fluxo adicional da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta

vibracional adicional.

Um método de calibração para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos. O método ainda compreende medir um primeiro fluxo através de um primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência e medindo pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o um ou mais medidores de referência. O método ainda compreende determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

ASPECTOS DA INVENÇÃO

Em um aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo compreende um medidor de fluxo tipo Coriolis.

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

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, a primeira corrente de fluxo e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se origina de uma segunda entrada.

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

ainda compreende eletrônica de medidor configurada para vibrar o primeiro conduto de fluxo e vibrar o pelo menos um conduto de fluxo adicional, com a vibração sendo realizada pelo acionador comum, receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo, receber pelo menos uma
 5 resposta vibracional adicional do, pelo menos, um conduto de fluxo adicional e determinar uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo
 10 ainda compreende eletrônica de medidor configurada para vibrar o primeiro conduto de fluxo e vibrar o pelo menos um conduto de fluxo adicional, com o pelo menos um conduto de fluxo adicional conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional, com a vibração sendo realizada pelo acionador comum e com a pelo menos uma corrente de fluxo adicional sendo
 15 independente da primeira corrente de fluxo, receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo, receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do, pelo menos, um conduto de fluxo adicional, determinar uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta
 20 vibracional adicional, e determinar uma segunda característica de fluxo da pelo menos uma corrente de fluxo adicional a partir da primeira resposta vibracional e da pelo menos uma resposta vibracional adicional.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medidor configurada para determinar uma
 25 primeira característica de fluxo e pelo menos uma característica de fluxo adicional usando a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica do medidor para determinar uma primeira característica de fluxo e pelo menos uma característica de fluxo adicional usando a primeira resposta vibracional e pelo menos uma resposta vibracional adicional em equações:

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

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

10 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.

15 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medidor configurada para zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para um processo de calibração, zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo de condutos de fluxo múltiplos, medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, e determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma
25 medição de fluxo adicional.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medição configurada para determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 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 ainda outro aspecto do medidor de fluxo, o medidor de fluxo ainda compreende eletrônica de medidor configurada para determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}$$

10

Em um aspeto do método, o pelo menos um conduto de fluxo adicional tem fluxo zero.

Em um aspeto do método, o pelo menos um conduto de fluxo adicional está conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional.

15

Em ainda outro aspecto do método, a primeira corrente de fluxo e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

Em ainda outro aspecto do método, a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se origina de uma segunda entrada.

20

Em ainda outro aspecto do método, o pelo menos um conduto de fluxo adicional conduz pelo menos uma corrente de fluxo adicional que é independente da primeira corrente de fluxo e o método ainda compreende determinar pelo menos uma característica de fluxo adicional da pelo menos

uma corrente de fluxo adicional da primeira resposta vibracional e da pelo menos uma resposta vibracional adicional.

Em ainda outro aspecto do método, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional em equações

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

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

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.

Em ainda outro aspecto do método, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional em equações

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

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

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.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para um processo de calibração, zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos, medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, e

determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

- 5 Em ainda outro aspecto do método, a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 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 outro aspecto do método de calibração, a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

- 10 Em um aspecto do método, a primeira corrente de fluxo e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

Em outro aspecto do método, a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se origina de uma segunda entrada.

- 15 Em ainda outro aspecto do método, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos um resposta vibracional adicional em equações

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

a fim de determinar 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.

Em ainda outro aspecto do método, a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional em equações

$$\begin{aligned}\dot{m}_1 &= FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t z_1) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t z_2) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \quad e \\ \dot{m}_2 &= FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t z_2) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t z_1) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1)\end{aligned}$$

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.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para um processo de calibração, zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos, medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, e determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e pelo menos uma medição de fluxo adicional.

Em ainda outro aspecto do método, a determinação compreende determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 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, a determinação de dois ou

mais FCFs compreende determinar os dois ou mais FCFs usando a equação

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

Em um aspecto do método de calibração, a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 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 um aspecto do método de calibração, a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

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 é um diagrama de um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

15

A figura 3 é um fluxograma de um método de medição para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para uma forma de realização da invenção.

A figura 4 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 5 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de tubo reto de acordo com uma forma de realização da invenção.

20

A figura 6 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo

múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 7 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

5 A figura 8 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos em uma configuração de calibração de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 9 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos em uma configuração de calibração de acordo com uma forma de realização da invenção.

10 A figura 10 é um fluxograma para um método de calibração de medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

A figura 11 mostra uma configuração de calibração de acordo com uma forma de realização da invenção.

15 A figura 12 mostra o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 Figuras 1-12 e a 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.

25 Como um resultado, a invenção não é limitada aos exemplos específicos descritos abaixo, mas somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

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.

10

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.

15

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'.

25

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 do fio condutor 110 para o acionador 104.

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 é um diagrama de um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo 200 inclui um primeiro conduto de fluxo 201 e pelo menos um conduto de fluxo adicional 202. Os dois condutos de fluxo 201 e 202 incluem flanges 212 nas extremidades de entrada e saída. Deve-se entender que o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 pode

incluir mais do que dois condutos de fluxo. No entanto, somente dois são mostrados e discutidos para fins de clareza. O medidor de fluxo 200 pode conduzir um material de fluxo, incluindo uma primeira corrente de fluxo e pelo menos uma corrente de fluxo adicional que é independente da primeira corrente de fluxo.

Um acionador comum 220 está localizado entre o primeiro conduto de fluxo 201 e o segundo conduto de fluxo 202, em que ambos os condutos de fluxo 201 e 202 são vibrados por acionador comum 220. Onde o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 inclui mais do que dois condutos de fluxo, o número de acionador será um menor do que o número de condutos de fluxo, devido ao uso de um acionador para vibrar pelo menos dois condutos de fluxo.

O primeiro conduto de fluxo 201 inclui um par de primeiros sensores de desvio 215 e 215' posicionado para detectar vibração do primeiro conduto de fluxo 201. Os primeiros sensores de desvio 215 e 215' podem ser suportado por qualquer modo de estrutura de suporte rígida (não mostrada) em que o sensor de desvio é mantido em uma posição fixa pela estrutura de suporte e mede movimento relativo da vibração do conduto de fluxo correspondente. O segundo conduto de fluxo 202 inclui um par de segundos sensores de desvio 216 e 216' posicionados para detectar vibração do segundo conduto de fluxo 202 e também fixado a uma estrutura de suporte (não mostrada). A estrutura de suporte para os sensores de desvio 215 e 215' podem ser iguais ou diferentes do que a estrutura de suporte empregada para os sensores de desvio 216 e 216'. Quando da vibração dos condutos de fluxo 201 e 202, o par de primeiros sensores de desvio 215 e 215' gera uma característica de medição de fluxo para o primeiro conduto de fluxo 201 e o par de segundos sensores de desvio 216 e 216' gera uma característica de medição de fluxo para o segundo conduto de fluxo 202.

As características de medição de fluxo a partir do par dos primeiros sensores de desvio 215 e 215' e do par de segundos sensores de desvio 216 e 216' são recebidas e processadas pela eletrônica do medidor 20 (ver figura 1). A eletrônica do medidor 20 pode gerar uma primeira medição de fluxo relacionada com a primeira corrente de fluxo e pode gerar uma
5 segunda medição de fluxo relacionada com a segunda corrente de fluxo. O processamento pode gerar medições da taxa de fluxo de massa e/ou densidade, por exemplo.

10 Outra característica de fluxo que pode ser gerada pelo processamento é o valor de viscosidade para cada corrente de fluxo. Se os dois condutos de fluxo forem de diferentes áreas de fluxo, por exemplo, o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 pode ser configurado para medir a viscosidade dinâmica e revestimento. Outras características de corrente de fluxo também podem ser geradas pelo processamento e também
15 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
20 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
25 um segundo material de fluxo. 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 a segunda medições de fluxo podem ser usadas pela eletrônica do medidor 20 para conduzir duas transações de medição de combustível independentes, por exemplo.

5 Em uma forma de realização, os condutos de fluxo 201 e 202 compreende condutos de fluxo substancialmente em forma de U, como mostrado. Alternativamente, em uma forma de realização mostrada na figura 5 e discutida abaixo, os condutos de fluxo 201 e 202 podem compreender condutos de fluxo substancialmente retos. No entanto, outras formas também
10 podem ser usadas, e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

Em uma forma de realização, o primeiro conduto de fluxo 201 tem a mesma área de seção transversal que o segundo conduto de fluxo 202. alternativamente, eles podem ter diferentes áreas de seção transversal.

A figura 3 é um fluxograma 300 de um método de medição para
15 um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de acordo com uma forma de realização da invenção. O método pode ser usado para medir fluxo através de apenas o primeiro conduto de fluxo, para medir fluxo através de apenas o segundo conduto de fluxo, ou para medir fluxo simultaneamente
20 através de ambos o primeiro e segundo condutos de fluxo.

20 Na etapa 301, o primeiro conduto de fluxo e o segundo conduto de fluxo são vibrados por um acionador comum 220. O primeiro conduto de fluxo pode conduzir uma primeira corrente de fluxo e o segundo conduto de fluxo pode conduzir uma segunda corrente de fluxo. Os condutos de fluxo, em uma forma de realização, podem ter conjuntos separados de sensores de desvio (ver figura 2). Alternativamente, em outra forma de realização, os
25 condutos de fluxo compartilham um conjunto de sensores de desvio (ver figura 4).

Na etapa 302, uma primeira resposta vibracional do primeiro

conduto de fluxo é recebida. A primeira resposta vibracional pode compreender um sinal elétrico gerado por um conjunto de sensores de desvio, em que o sinal elétrico está relacionado com a primeira resposta vibracional. O primeiro material de fluxo está fluindo no primeiro conduto de fluxo. A primeira resposta vibracional pode incluir, assim, uma resposta vibracional de um material de fluxo do primeiro conduto de fluxo.

Na etapa 303, uma segunda resposta vibracional do segundo conduto de fluxo é recebida. A segunda resposta vibracional pode compreender um sinal elétrico gerado por um conjunto de sensores de desvio, em que o sinal elétrico está relacionado com a segunda resposta vibracional. A segunda resposta vibracional assim pode incluir uma resposta vibracional de um material de fluxo no segundo conduto de fluxo, pode incluir uma resposta vibracional não fluxo, ou pode incluir uma resposta vibracional do segundo conduto de fluxo vazio.

Na etapa 304, uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo é determinada. Deve ser entendido que mais de uma primeira característica de fluxo pode ser determinada nesta etapa. A primeira característica de fluxo é determinada a partir da primeira e de pelo menos uma resposta vibracional adicional. A primeira característica 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 pelo menos uma resposta vibracional adicional.

Na etapa 305, uma segunda característica de fluxo da pelo menos uma corrente de fluxo adicional é determinada. Deve ser entendido que mais do que uma característica de fluxo para a pelo menos uma corrente de fluxo adicional pode ser determinada nesta etapa. A segunda característica de fluxo é determinada a partir da primeira e da pelo menos uma resposta vibracional

adicional. A segunda característica 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 de pelo menos uma resposta vibracional adicional.

5 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 no medidor de fluxo em condutos de
10 fluxo múltiplos 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 201 e 202 (isto é, (Δt_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
15 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)
20 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
25 não é adequada para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos. 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.

Fluxo no medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos induz fase em ambos os condutos de fluxo 201 e 202, 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 tubo de fluxo e o subscrito 2 refere-se ao segundo tubo de fluxo. 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 para determinar as taxas de fluxo de massa em ambos os condutos de fluxo 201 e 202.

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 202, 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. Alternativamente, o valor (Δt_1^2) é o retardo de tempo medido para o primeiro conduto de fluxo em que o fluxo é através do segundo conduto de fluxo. 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 201 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 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:

$$\dot{m}_1 = FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - T_{c_1} \times T_{m_1}) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - T_{c_2} \times T_{m_2}) \quad (5)$$

$$\dot{m}_2 = FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - T_{c_2} \times T_{m_2}) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - T_{c_1} \times T_{m_1}) \quad (6)$$

Os termos T representam medições de temperatura. O termo T_{C1} é a temperatura do primeiro conduto de fluxo e o termo T_{m_1} é a temperatura do primeiro fluido de fluxo. Do mesmo modo, o termo T_{C2} é a temperatura do segundo conduto de fluxo e o termo T_{m_2} 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 e o valor (Δt_{z2}) é o valor de calibração de fluxo zero para o segundo conduto de fluxo. 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 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 também 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 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 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.

O procedimento de calibração para um medidor tipo Coriolis de fluxo único da técnica anterior representado por equação (1) é bastante simples. O retardo de tempo em zero (Δt_z) é determinado sob condições de fluxo zero no medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 e o valor FCF é determinado com um teste em uma taxa de fluxo único.

Pode-se notar, 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 em condutos de fluxo múltiplos.

5 A figura 4 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. Os componentes em comum com outras figuras compartilham os números de referência. Nesta forma de realização, somente um par de sensores de desvio 215 e 215' está posicionado entre o primeiro e segundo condutos de fluxo 201 e 202. O par de sensores de desvio 215 e 215' mede as vibrações em ambos os
10 condutos de fluxo e cada sensor de desvio 215 e 215' provê um sinal relacionado com o retardo de tempo entre os dois condutos de fluxo.

A figura 5 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos de tubo reto 200, de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta forma de realização, os condutos de fluxo 201 e 202 são
15 substancialmente retos. Deve ser entendido que o medidor de fluxo 200 desta forma de realização pode incluir dois conjuntos de desvios, como na figura 2, ou pode incluir um conjunto de desvios, como na figura 4.

● A figura 6 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta
20 forma de realização, o medidor de fluxo 200 inclui uma entrada comum na forma de um divisor de fluxo 203. O divisor de fluxo 203 é acoplado a tanto o primeiro conduto de fluxo 201 como ao segundo conduto de fluxo 202. Nesta forma de realização, cada conduto de fluxo tem um par de sensores de desvio associados 215 e 215' e sensores de desvio 216 e 216', como previamente
25 discutido. Os dispositivos a jusante (não mostrados) podem prover regulação de fluxo ou controle de fluxo.

A figura 7 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. Esta

forma de realização inclui um divisor de fluxo 203, como na figura 6. No entanto, somente um par de sensores de desvio 215 e 215' são incluídos nesta forma de realização. Como na figura 4, o par de sensores de desvio 215 e 215' mede as vibrações simultâneas de ambos os condutos de fluxo 201 e 202.

5 A figura 8 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 em uma configuração de calibração 260, de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta forma de realização, onde o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 tem entradas separadas e saídas separadas, primeiro e segundo medidores de referência 291 e 292 são
10 empregados para o processo de calibração. Os medidores de referência 291 e 292 são medidores de fluxo que são usados para medir com precisão as condições de fluxo, em que o medidor sob teste é calibrado usando medições obtidas dos medidores de referência 291 e 292.

O primeiro medidor de referência 291 mede a primeira corrente
15 de fluxo fluindo através do primeiro conduto de fluxo 201 e gera um valor de medição ($\dot{m}_1$). O segundo medidor de referência 292 mede a segunda corrente de fluxo fluindo através do segundo conduto de fluxo 202 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
20 conduto de fluxo. Além disso, outras medições de fluxo podem ser obtidas.

As medições obtidas podem ser usadas para calibrar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com as várias formas de realização. As operações de calibração possíveis são discutidas abaixo, como em conjunto com a figura 10. No entanto, outras técnicas de calibração
25 são contempladas e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

A figura 9 mostra um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 em uma configuração de calibração 260 de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta forma de realização, onde o medidor

de fluxo 200 tem uma entrada única, o primeiro e segundo medidores de referência 291 e 292 são conectados às saídas respectivas do primeiro e segundo condutos de fluxo 201 e 202. O fluxo através do primeiro e segundo condutos de fluxo 201 e 202 pode ser controlado por válvulas a jusante ou outros dispositivos (não mostrados) que estão em comunicação com as duas saídas. Como acima, o primeiro medidor de referência 291 mede a primeira corrente de fluxo fluindo através do primeiro conduto de fluxo 201 e gera um valor de medição ($\dot{m}_1$). O segundo medidor de referência 292 mede a segunda corrente de fluxo fluindo através do segundo conduto de fluxo 202 e gera um valor de medição ($\dot{m}_2$). Além disso, a configuração de calibração 260 pode incluir um medidor de referência 293 que mede uma taxa de fluxo de massa total ($\dot{m}$) indo para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200.

A figura 10 é um fluxograma 1000 para um método de calibração do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 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 1001, o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 (isto é o dispositivo sob teste, ver figuras 8 e 9) é zerado. Nesta etapa, ambos os condutos de fluxo 201 e 202 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 201 e 202 são vibrados sob condição sem fluxo e uma ou mais características de corrente de fluxo são determinadas, como os valores de retardo de tempo Δt_1^0 e Δt_2^0 para o primeiro e segundo condutos de fluxo, por exemplo.

Para etapa 1001, 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 1002, os medidores de referência 291 e 292 são zerados sob condições de fluxo, como descrito imediatamente acima. Deve ser entendido que esta etapa pode ser realizada antes ou após a etapa 1001.

Na etapa 1003, o fluxo é gerado somente através do primeiro conduto de fluxo 201. Durante o fluxo, tanto o medidor de fluxo 200 como o primeiro medidor de referência 291 medem as primeiras características de fluxo. Por exemplo, o medidor de fluxo 200 pode registrar um retardo de tempo (Δt_1^1) para o primeiro conduto de fluxo 201, com o fluxo sendo através do primeiro conduto de fluxo 201. O medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_2^1) para o segundo conduto de fluxo 202 durante o fluxo através do primeiro conduto de fluxo 201, mas onde não se tem fluxo através do segundo conduto de fluxo 202. Além disso, o primeiro medidor de referência 291 mede a taxa de fluxo de massa do fluxo através do primeiro conduto de fluxo 201 (isto é, ele gera o valor REF_1). Para etapa 1003, onde o fluxo é gerado no primeiro conduto de fluxo 201, então a equação (7) se torna:

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

Na etapa 1004, fluxo é gerado através do segundo conduto de fluxo 202. Durante o fluxo, tanto o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 como o segundo medidor de referência 292 medem as segundas características de fluxo. Por exemplo, o medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_2^2) para o segundo conduto de fluxo 202 com o fluxo sendo através do segundo conduto de fluxo 202. O medidor de fluxo 200 mede um retardo de tempo (Δt_1^2) para o primeiro conduto de fluxo 201 durante o fluxo através do segundo conduto de fluxo 202, mas onde não se encontra fluxo através do primeiro conduto de fluxo 201. Além disso, o

segundo medidor de referência 292 mede a taxa de fluxo de massa do fluxo através do segundo conduto de fluxo 202 (isto é, gera o valor REF_2). Para etapa 1004, onde o fluxo é gerado no segundo conduto de fluxo 202, então a equação (7) se torna:

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

5 Deve ser notado que os valores de REF_1 e REF_2 pode ser gerados por dois medidores de referência diferentes (ver figura 9). Alternativamente, os valores REF_1 e REF_2 podem ser gerados em tempos diferentes por um único medidor de referência (ver figura 11).

10 Na etapa 1005, as várias características de medição de fluxo obtidas acima são inseridas em uma matriz (4 X 4) (ver equação (13) abaixo). Uma inversão de matriz é resolvida a fim de gerar os fatores de calibração de fluxo FCF_{11} , FCF_{12} , FCF_{21} , e FCF_{22} . Estes fatores de calibração de fluxo são usados para computações das características de fluxo subseqüentes, incluindo determinações operacionais normais de taxa de fluxo de massa, densidade, 15 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, pela etapa de zerar:

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

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

20 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 então reunido 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 resolvido com um inverso de matriz 4X4:

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

Em outra forma de realização, o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com a invenção pode incluir mais do que dois condutos de fluxo. Por exemplo, o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 pode incluir N condutos de fluxo. Uma consideração de partida é que os condutos de fluxo múltiplos se comportam substancialmente idênticos a um medidor tendo dois condutos de fluxo. Com três condutos de

10 fluxo, a equação da matriz se torna:

$$\begin{bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \\ \dot{m}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} & FCF_{13} \\ FCF_{21} & FCF_{22} & FCF_{23} \\ FCF_{31} & FCF_{32} & FCF_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \Delta t_2 - z_2 \\ \Delta t_3 - z_3 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Usando a mesma nomenclatura para este exemplo de três condutos de fluxo, o resultado são nove desconhecidas (isto é, a matriz FCF em equação 14 acima) requerendo três diferentes pontos de calibração de

15 fluxo. Em cada ponto de calibração dos três pontos de calibração, as medidas (Δt) são registradas, junto com as três taxas de referência zero (Z). O ponto de calibração 1 compreende:

$$\begin{bmatrix} REF_{11} \\ REF_{12} \\ REF_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} & FCF_{13} \\ FCF_{21} & FCF_{22} & FCF_{23} \\ FCF_{31} & FCF_{32} & FCF_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta t_1^1 - z_1 \\ \Delta t_2^1 - z_2 \\ \Delta t_3^1 - z_3 \end{bmatrix} \quad (15)$$

O ponto de calibração 2 compreende:

$$\begin{Bmatrix} REF_{21} \\ REF_{22} \\ REF_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} & FCF_{13} \\ FCF_{21} & FCF_{22} & FCF_{23} \\ FCF_{31} & FCF_{32} & FCF_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1^2 - z_1 \\ \Delta t_2^2 - z_2 \\ \Delta t_3^2 - z_3 \end{Bmatrix} \quad (16)$$

O ponto de calibração 3 compreende:

$$\begin{Bmatrix} REF_{31} \\ REF_{32} \\ REF_{33} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} FCF_{11} & FCF_{12} & FCF_{13} \\ FCF_{21} & FCF_{22} & FCF_{23} \\ FCF_{31} & FCF_{32} & FCF_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1^3 - z_1 \\ \Delta t_2^3 - z_2 \\ \Delta t_3^3 - z_3 \end{Bmatrix} \quad (17)$$

Supondo que todos os pontos de calibração de referência são diferentes, poderia ser suposto, por exemplo, que $REF_{ij} = 0$ para (i) não igual a (j) e poderia ser suposto que $REF_{ij} = REF$ para (i) = (j). Por exemplo, isto poderia levar à suposição que $REF_{12} = 0$ e que REF_{22} (etc.) = C_{REF} . Isto produz nove equações e nove fatores de calibração desconhecidos. Estes valores podem ser reunidos em uma equação de matriz [9 X 9] que pode ser resolvida usando um inverso de matriz, como mostrado abaixo.

$$\{\overrightarrow{FCF}\} = [\Delta T]^{(-1)} \{\overrightarrow{REF}\} \quad (18)$$

onde o termo $\{\overrightarrow{FCF}\}$ é uma matriz [9 X 1],

onde o termo $[\Delta T]^{(-1)}$ é uma matriz [9 X 9],

e onde o termo $\{\overrightarrow{REF}\}$ é uma matriz [9 X 1].

Em termos mais gerais, para N trajetos de fluxo, equação básica é:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix} \quad (19)$$

Isto requer N pontos de calibração, resultando em N^2 equações e N^2 desconhecidas, que podem ser resolvidas com o inverso da matriz:

$$\{\overrightarrow{FCF}\} = [\Delta T]^{(-1)} \{\overrightarrow{REF}\} \quad (20)$$

onde o termo $\{\overrightarrow{FCF}\}$ é uma matriz [N^2 X 1]

onde o termo $[\Delta T]^{(-1)}$ é uma matriz [N^2 X N^2],

e onde o termo $\{\overrightarrow{REF}\}$ é uma matriz [N^2 X 1].

A figura 11 mostra uma configuração de calibração 1100 de acordo com uma forma de realização da invenção. A configuração da

calibração 1100 pode incluir primeira e segunda válvulas 294a e 294b e um único medidor de referência 293. A primeira e a segunda válvulas 294a e 294b 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.

10 O medidor de referência 293 é mostrado localizado após o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 e após as válvulas 294a e 294b. No entanto, como mostrado pelas linhas tracejadas, o medidor de referência 293 (e/ou as válvulas 294a e 294b) podem estar localizados a montante do medidor de fluxo 200.

Deve ser entendido que para a configuração de calibração 1100, os valores REF_1 e REF_2 são gerados pelo medidor de referência 293 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 294a e fechamento da segunda válvula 294b. A medição de referência subsequentemente gerada pelo medidor de referência 293 é o valor REF_1 . Então, a primeira válvula 294a é fechada e a segunda válvula 294b 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 293 é o valor REF_2 .

A figura 12 mostra o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 de acordo com uma forma de realização da invenção. Nesta forma de realização, cada conduto de fluxo 210a-210n inclui uma entrada individual 212a-212n. No entanto, todos os condutos de fluxo 210a-210n se unem em uma única saída 213. As válvulas podem ser incluídas a montante das entradas individuais 212a-212n para controlar o fluxo através dos

condutos de fluxo 210a-210n. Como um resultado, o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200 pode misturar correntes de fluxo múltiplas em uma única corrente de fluxo na única saída 213. Os constituintes individuais da corrente de fluxo de saída podem ser medidos pelo medidor de
5 fluxo em condutos de fluxo múltiplos 200.

Na invenção, as medições das características de fluxo são obtidas substancialmente simultaneamente para duas ou mais correntes de fluxo independentes. Diferente da técnica anterior, um acionador vibra os dois ou
10 mais condutos de fluxo que estão conduzindo duas ou mais 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 da invenção pode incluir condutos de
15 fluxo múltiplos. 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
20 reduzido. Além disso, o compartilhamento de um acionador comum pode reduzir o consumo de energia e permitir a utilização de uma fonte de energia eletrônica menor e única.

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200),
caracterizado pelo fato de compreender:

5 um primeiro conduto de fluxo (201) conduzindo uma primeira
corrente de fluxo;

um par de primeiros sensores de desvio (215, 215') fixado no
primeiro conduto de fluxo (201);

10 pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) conduzindo
pelo menos uma corrente de fluxo adicional, com a pelo menos uma corrente
de fluxo adicional sendo independente da primeira corrente de fluxo;

pelo menos um par de sensores de desvio adicionais (216, 216')
fixados no pelo menos um conduto de fluxo adicional (202); e

15 um acionador comum (220) conjugado para vibrar tanto o
primeiro conduto de fluxo (201) como o pelo menos um conduto de fluxo
adicional (202) a fim de gerar uma primeira resposta vibracional e pelo menos
uma resposta vibracional adicional.

2. 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.

20 3. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que o medidor de fluxo (200) compreende um
densitômetro de vibração.

4. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo e pelo menos uma
25 corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

5. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo se origina de uma
primeira entrada e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se origina de

uma segunda entrada.

6. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20) configurada para vibrar o primeiro conduto de fluxo (201) e vibrar o pelo menos um conduto de fluxo adicional (202), com a vibração sendo realizada pelo acionador comum (220), receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo (201), receber pelo menos uma resposta vibracional adicional de pelo menos um conduto de fluxo adicional (202), e determinar uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional.

7. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20) configurada para vibrar o primeiro conduto de fluxo (201) e vibrar o pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) com pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional, com a vibração sendo realizada pelo acionador comum (220) e com a pelo menos uma corrente de fluxo adicional sendo independente da primeira corrente de fluxo, receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo (201), receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do pelo menos um conduto de fluxo adicional (202), determinar a primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional, e determinar uma segunda característica de fluxo da pelo menos uma corrente de fluxo adicional a partir da primeira resposta vibracional e da pelo menos uma resposta vibracional adicional.

8. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20)

configurada para determinar uma primeira característica de fluxo e pelo menos uma característica de fluxo adicional usando a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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.

9. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica do medidor (20) configurada para determinar uma primeira característica de fluxo e pelo menos uma característica de fluxo adicional usando a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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.

10. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica de medidor (20) configurada para zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) para um processo de calibração, zerar um ou mais medidores de referência (291-294) em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200), medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo (201) do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) e usando um ou mais medidores de referência (291-294), medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) do

medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) e usando um ou mais medidores de referência (291-294), e determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

11. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica de medição (20) configurada para determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) usando a equação

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

12. Medidor de fluxo (200) de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de ainda compreender eletrônica de medidor (20) configurada para determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

13. Método de medição para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos, caracterizado pelo fato de compreender:

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

receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto

de fluxo;

receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do pelo menos um conduto de fluxo adicional; e

determinar uma primeira característica de fluxo da primeira corrente de fluxo a partir da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um conduto de fluxo adicional tem fluxo zero.

10 15. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um conduto de fluxo adicional está conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional.

16. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

15 17. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se origina de uma segunda entrada.

18. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que pelo menos um conduto de fluxo adicional conduz pelo menos uma corrente de fluxo adicional que é independente da primeira corrente de fluxo e com o método ainda compreendendo determinar pelo menos uma característica de fluxo adicional da pelo menos uma corrente de fluxo adicional da primeira resposta vibracional e da pelo menos uma resposta vibracional adicional.

19. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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.

20. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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.

21. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de ainda compreender

zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para um processo de calibração,

zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos,

medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência,

medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência, e

determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

22. Método de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação

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

23. Método de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

24. Método de medição para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos, caracterizado pelo fato de compreender:

- vibrar um primeiro conduto de fluxo conduzindo uma primeira corrente de fluxo e vibrar pelo menos um conduto de fluxo adicional conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional, com a vibração sendo realizada por um acionador comum e com a pelo menos uma corrente de fluxo adicional sendo independente da primeira corrente de fluxo;

- receber uma primeira resposta vibracional do primeiro conduto de fluxo;

- receber pelo menos uma resposta vibracional adicional do pelo menos um conduto de fluxo adicional;

determinar uma primeira característica de corrente de fluxo da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional; e

5 determinar pelo menos uma característica da corrente de fluxo adicional da primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional.

25. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo e a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originam de uma entrada comum.

10

26. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a primeira corrente de fluxo se origina de uma primeira entrada e com a pelo menos uma corrente de fluxo adicional se originando de uma segunda entrada.

15

27. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional 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 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.

20

28. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a determinação ainda compreende usar a primeira resposta vibracional e a pelo menos uma resposta vibracional adicional em equações

$$\begin{aligned}\dot{m}_1 &= FCF_{11}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1) + FCF_{12}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) \text{ e} \\ \dot{m}_2 &= FCF_{22}(\Delta t_2 - \Delta t_{z_2}) \times (1 - Tc_2 \times Tm_2) + FCF_{21}(\Delta t_1 - \Delta t_{z_1}) \times (1 - Tc_1 \times Tm_1)\end{aligned}$$

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.

29. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de ainda compreender:

5 zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos para um processo de calibração,

 zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos,

10 medir um primeiro fluxo através do primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando um ou mais medidores de referência,

 medir pelo menos um fluxo adicional através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e
15 usando um ou mais medidores de referência, e

 determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

20 30. Método de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação

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

31. Método de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que os dois ou mais FCFs compreendendo determinar os dois ou mais

FCFs usando a equação

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

32. Método de calibração para um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos, o método caracterizado pelo fato de compreender:

zerar o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos;

5 zerar um ou mais medidores de referência em comunicação com o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos;

● medir um primeiro fluxo através de um primeiro conduto de fluxo do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando o um ou mais medidores de referência;

10 medir um segundo fluxo através de pelo menos um conduto de fluxo adicional do medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos e usando o um ou mais medidores de referência; e

15 determinar dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando uma primeira medição de fluxo e a pelo menos uma medição de fluxo adicional.

33. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de que a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação

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

34. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo

103

fato de que a determinação compreende determinar os dois ou mais fatores de calibração de fluxo (FCFs) para o medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos usando a equação:

$$\begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \vdots \\ \dot{m}_N \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} FCF_{11} & \cdots & FCF_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ FCF_{N1} & \cdots & FCF_{NN} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta t_1 - z_1 \\ \vdots \\ \Delta t_N - z_N \end{Bmatrix}.$$

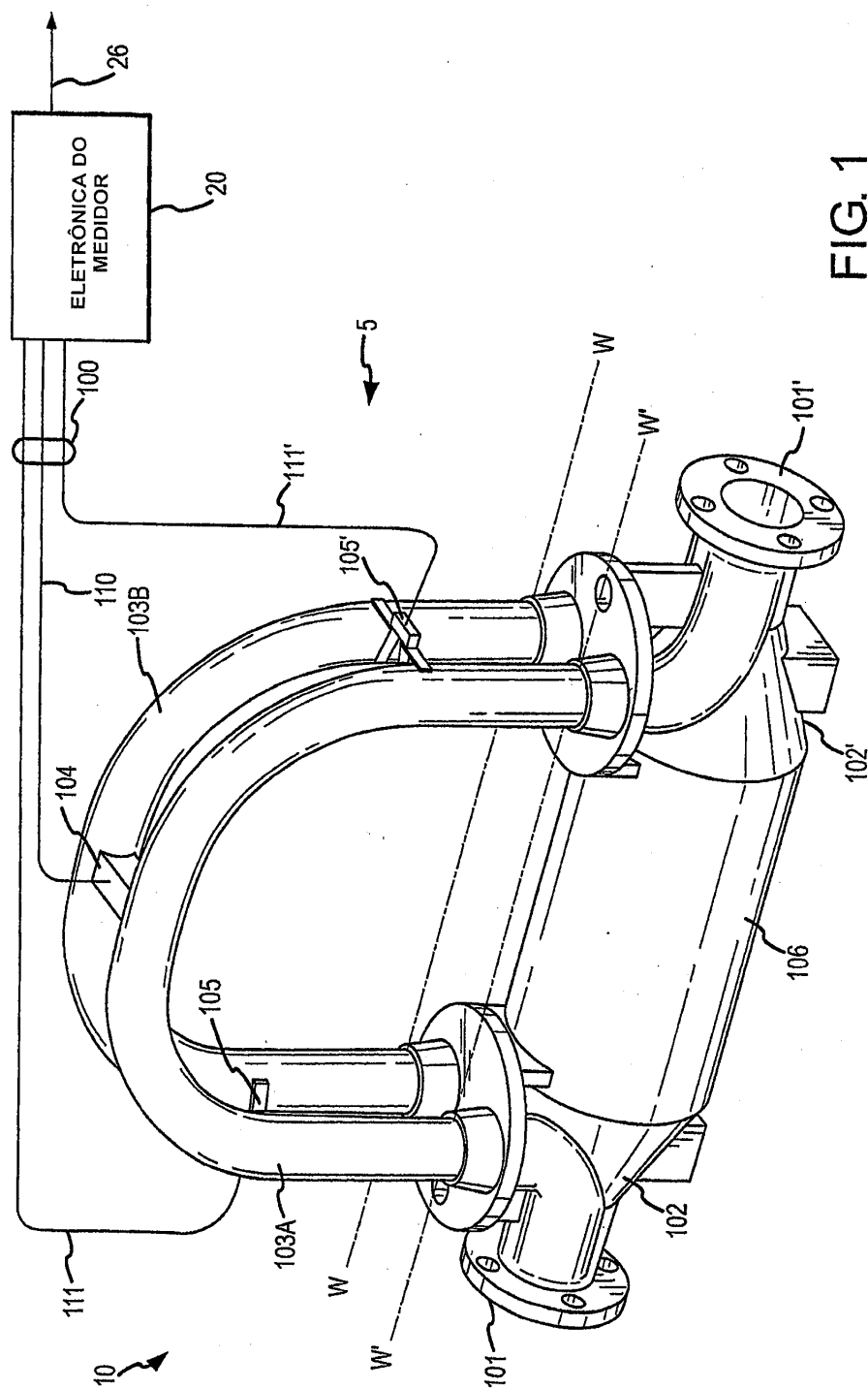


FIG. 1

105
C

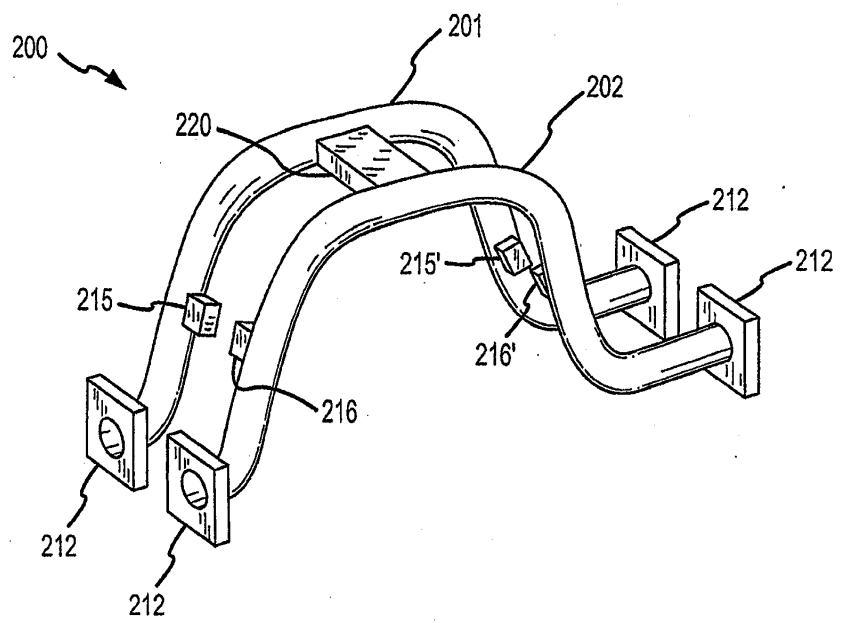


FIG. 2

406

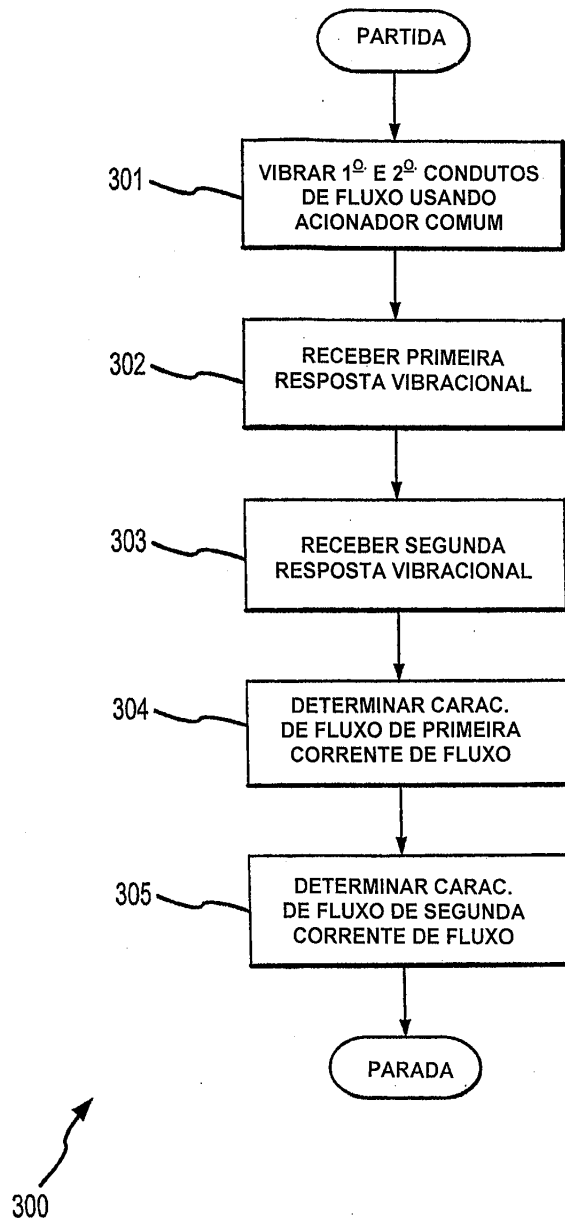


FIG. 3

107

4/12

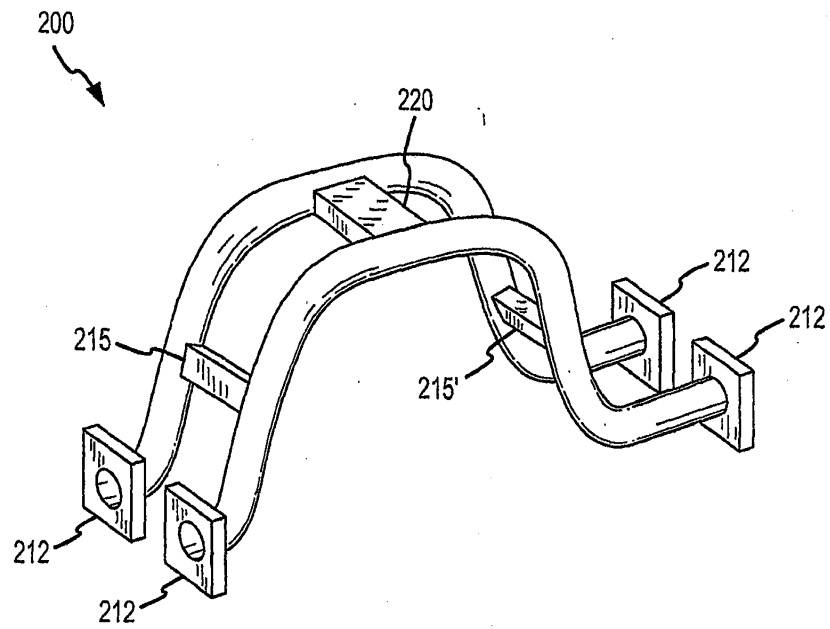


FIG. 4

Jos
c

5/12

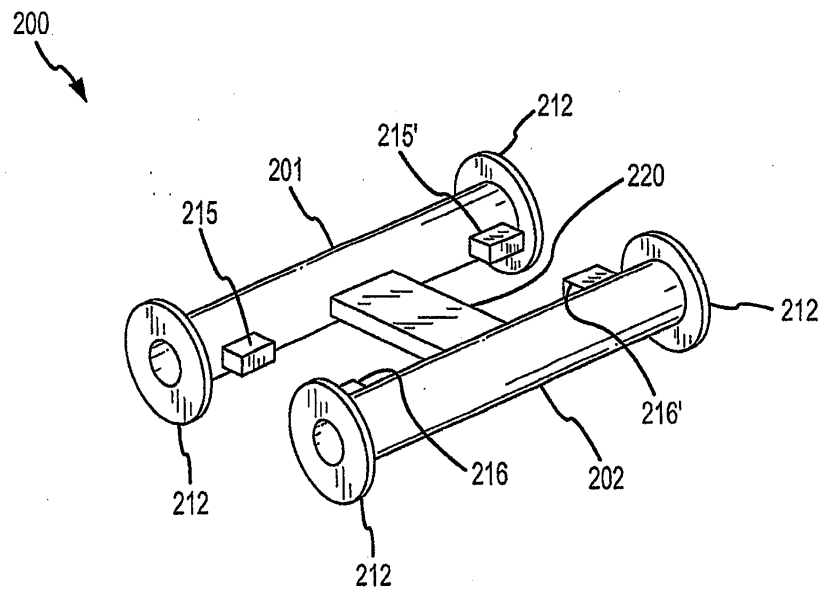


FIG. 5

110

7/12

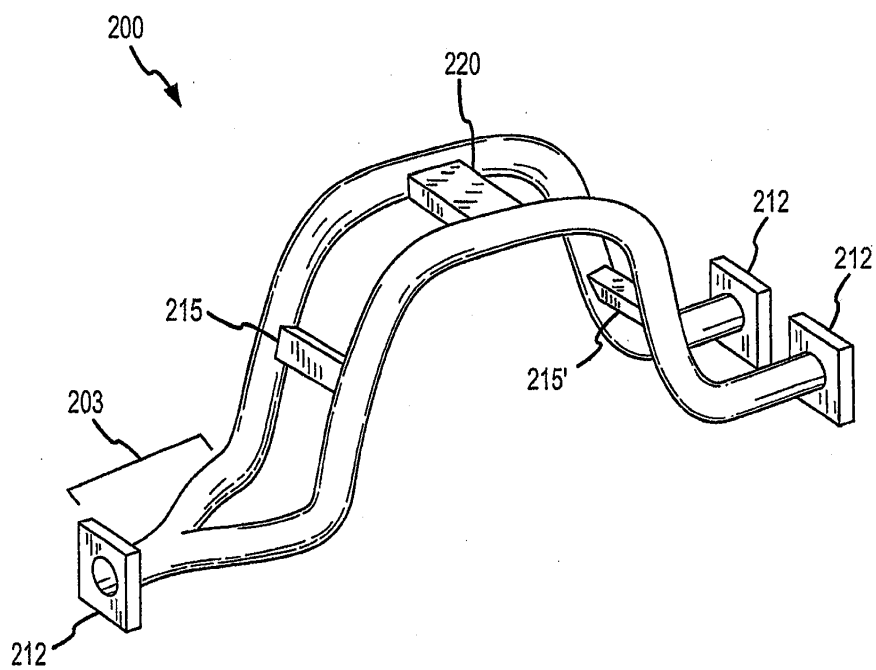
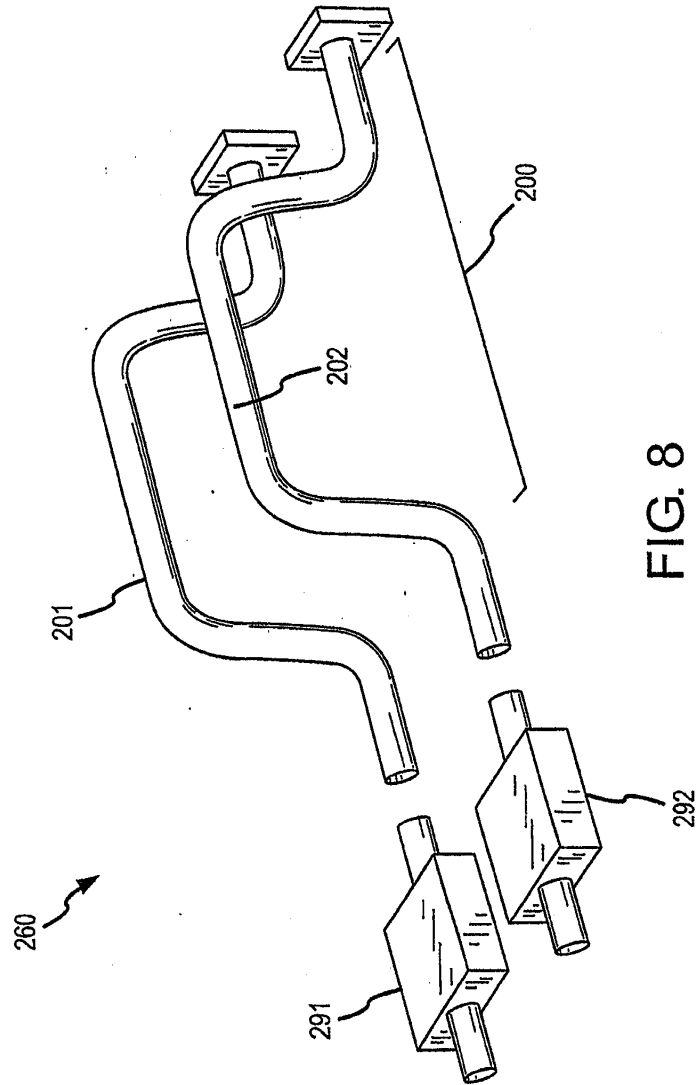


FIG. 7



111
c

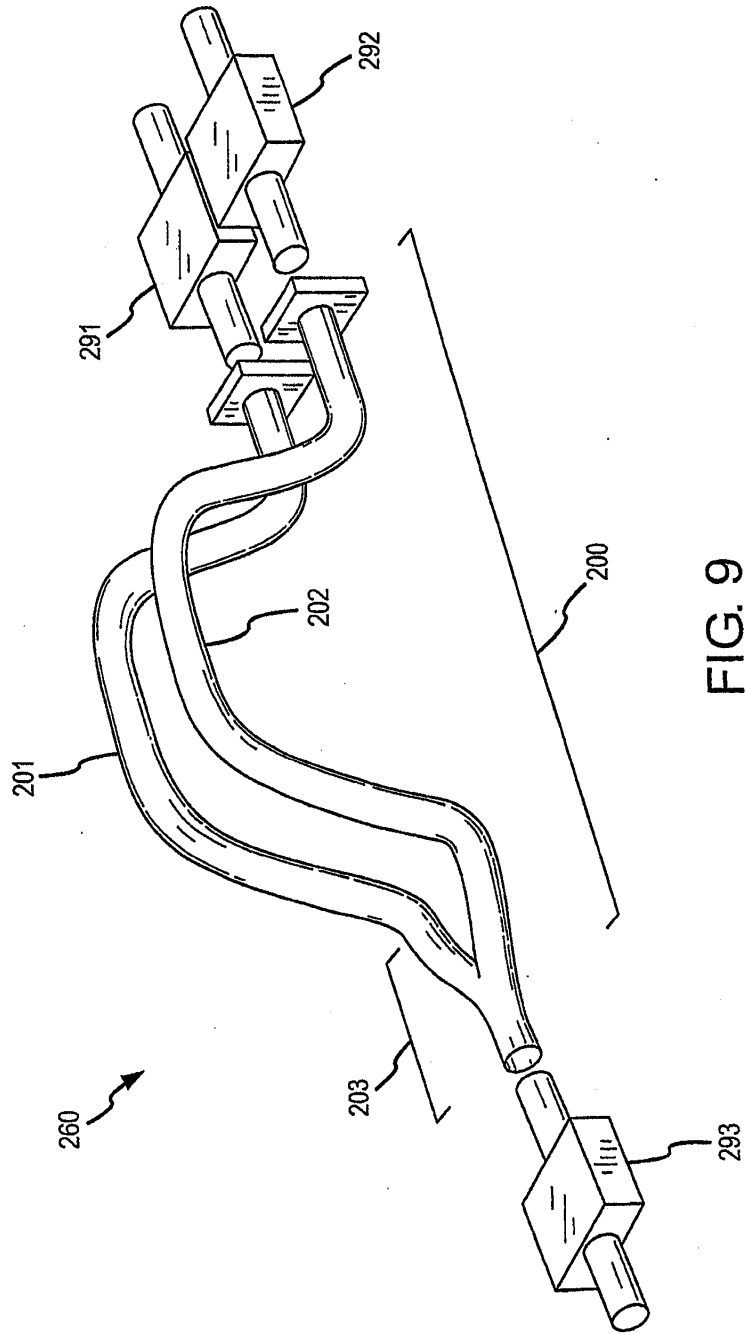


FIG. 9

10/12

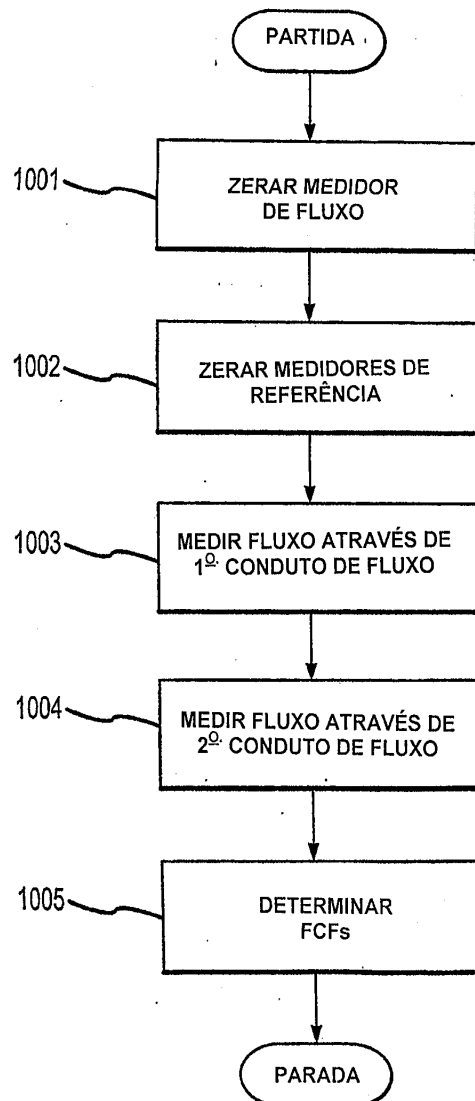


FIG. 10

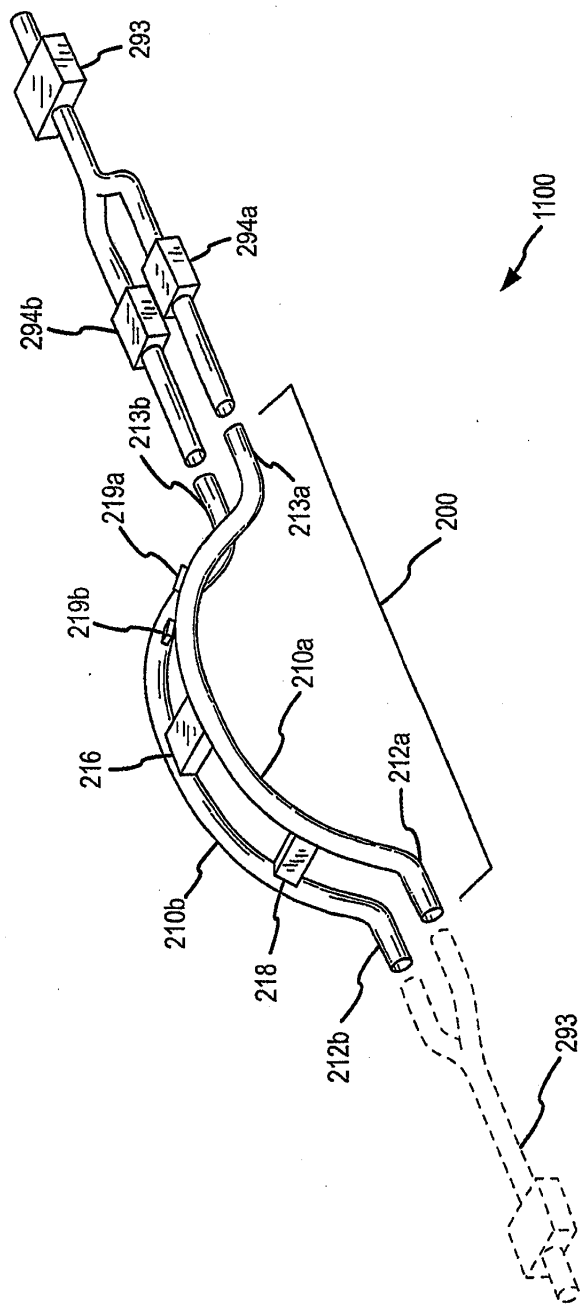


FIG. 11

11/12

115
R

12/12

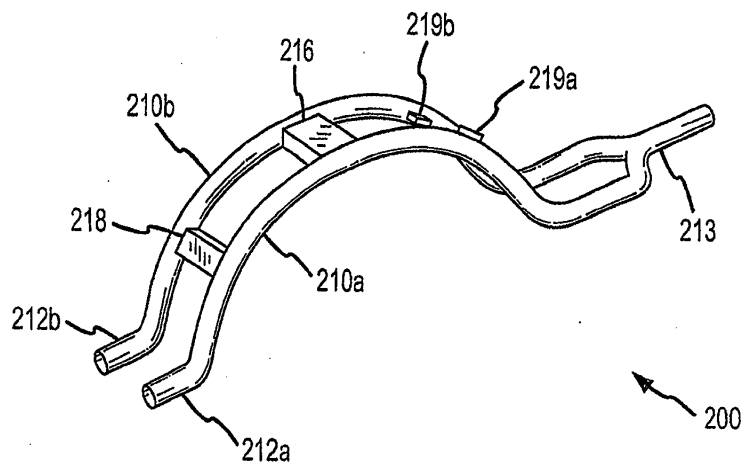


FIG. 12



RESUMO

"MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS, MÉTODOS DE MEDIÇÃO, E, DE CALIBRAÇÃO PARA UM MEDIDOR DE FLUXO EM CONDUTOS DE FLUXO MÚLTIPLOS"

- 5 Um medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) inclui um primeiro conduto de fluxo (201) conduzindo uma primeira corrente de fluxo e um par de primeiros sensores de desvio (215, 215') fixados ao primeiro conduto de fluxo (201). O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) ainda inclui pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) conduzindo pelo menos uma corrente de fluxo adicional e pelo menos um par de sensores de desvio adicionais (216, 216') fixados a pelo menos um conduto de fluxo adicional (202). A pelo menos uma corrente de fluxo adicional é independente da
- 15 primeira corrente de fluxo. O medidor de fluxo em condutos de fluxo múltiplos (200) ainda inclui um acionador comum (220) configurado para vibrar tanto o primeiro conduto de fluxo (201) como o pelo menos um conduto de fluxo adicional (202) a fim de gerar uma primeira resposta vibracional e pelo menos uma resposta vibracional adicional.