



**INPI**  
INSTITUTO NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

## **CARTA PATENTE Nº PI 0318248-7**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** PI 0318248-7

**(22) Data do Depósito:** 17/04/2003

**(43) Data da Publicação do Pedido:** 18/11/2004

**(51) Classificação Internacional:** G01F 1/84.

**(54) Título:** MÉTODO E APARELHO PARA O EQUILÍBRIO DE FORÇAS EM UM MEDIDOR DE VAZÃO DO TIPO CORIOLIS

**(73) Titular:** MICRO MOTION, INC., Sociedade Norte-Americana. Endereço: 7070 Winchester Circle, Boulder, Colorado 80301, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

**(72) Inventor:** CRAIG BRAINERD VAN CLEVE.

**Prazo de Validade:** 10 (dez) anos contados a partir de 11/12/2018, observadas as condições legais

**Expedida em:** 11/12/2018

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

"MÉTODO E APARELHO PARA O EQUILÍBRIO DE FORÇAS EM  
UM MEDIDOR DE VAZÃO DO TIPO CORIOLIS"

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

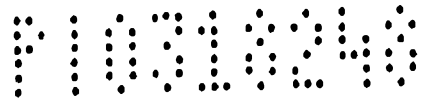
1. Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se ao equilíbrio de forças em um medidor de vazão do tipo Coriolis.

2. Apresentação do Problema

Os sensores de conduto de vibração, como, por exemplo, os medidores de vazão de massa do tipo Coriolis, tipicamente operam por meio da detecção do movimento de um conduto de vibração que contém um material. As propriedades associadas ao material no conduto, como, por exemplo, a vazão de massa, a densidade, ou coisa do gênero no conduto, podem ser determinadas por meio do processamento de sinais dos transdutores de movimento associados ao conduto, uma vez que os modos de vibração do sistema enchido com material de vibração de modo geral são afetados pelas características combinadas de massa, rígido e amortecimento do conduto de contenção e do material contido no mesmo.

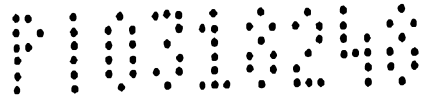
20 Um medidor de vazão de massa do tipo Coriolis típico inclui um ou mais condutos conectados em linha em uma tubulação ou outro sistema de transporte e material de transporte, por exemplo, fluidos, massas fluidas ou coisa do gênero, no sistema. Cada conduto pode ser visto como tendo  
~~25 um conjunto de modos de vibração naturais, incluindo, por~~  
exemplo, modos de curvatura simples, torcionais, radiais e acoplados. Em uma aplicação de medição de vazão de massa do tipo Coriolis típica, um conduto é excitado em um ou mais



modos de vibração conforme um material escoar através do conduto, e o movimento do conduto é medido em pontos espaçados ao longo do conduto. A excitação é tipicamente provida por meio de um atuador, por exemplo, por um dispositivo eletromecânico, tal como um transmissor de voz do tipo bobina, que atrapaia o conduto de uma forma periódica. A proporção de escoamento de massa pode ser determinada ao se medir o atraso de tempo ou as diferenças de fase entre os movimentos nos locais do transdutor.

10 A magnitude do atraso de tempo é muito pequena; com frequência medida em nanossegundos. Sendo assim, é necessário que a saída do transdutor seja muito precisa. A precisão do transdutor pode ser comprometida pelas não linearidades e assimetrias na estrutura do medidor ou pelo movimento que surge a partir de forças externas. Por exemplo, um medidor de vazão de massa do tipo Coriolis tendo componentes desequilibrados pode vibrar a sua caixa, os flanges e a tubulação na frequência de transmissão do medidor. Esta vibração atrapaia o sinal de atraso em uma quantidade que depende da rigidez da montagem. Uma vez que a rigidez da montagem é de modo geral desconhecida e pode mudar com o passar do tempo e com a temperatura, os efeitos dos componentes desequilibrados não podem ser compensados e podem de forma significativa afetar o desempenho do medidor.

25 Os efeitos destas vibrações desequilibradas e variações de montagem são reduzidos ao se usar desenhos de medidor de vazão que sejam equilibrados ou ao se usar técnicas de processamento de sinais a fim de compensar os componentes de



movimento indesejados.

A vibração equilibrada apresentada acima envolve apenas uma única direção da vibração: a direção Z. A direção Z é a direção na qual os condutos se deslocam quando vibram.

5 Outras direções, inclusive a direção X ao longo da tubulação e a direção Y perpendicular às direções em Z e em X, não são equilibradas. Este sistema coordenado de referência é importante, uma vez que os medidores de vazão do tipo Coriolis produzem uma força senoidal secundária na direção

10 Y. Esta força cria uma vibração de medidor na direção Y não equilibrada, resultando em um erro do medidor.

Uma fonte desta força secundária é a localização da massa na montagem de transmissor do medidor. Uma montagem de transmissor típica consiste de um ímã preso em um conduto

15 e uma bobina de fio condutivo preso em um outro conduto. A vibração Y é provocada pelo centro da massa do ímã do transmissor e pelo centro da massa da bobina do transmissor que não se assentam sobre os respectivos planos X - Y das linhas de centro dos condutos de vazão. Os planos X - Y

20 ficam necessariamente espaçados entre si de modo a impedir que os condutos se interfiram uns com os outros. Os centros de massa do ímã e/ou da bobina são deslocados de seus planos, uma vez que a bobina precisa ficar concêntrica com a extremidade do ímã a fim de ficar na posição ótima no campo

25 magnético.

Um conduto de vazão, quando acionado de modo a vibrar, não translada de fato, mas sim se curva em ciclos sobre os locais nos quais é fixado. Esta curvatura pode ser

P 10318248

11

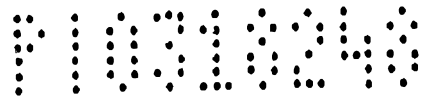
aproximada por meio de rotação em torno dos pontos fixos. A vibração é em seguida observada como sendo uma rotação cíclica através de um ângulo pequeno sobre o seu centro de rotação. A amplitude da vibração angular é determinada a partir da amplitude da vibração desejada na direção Z e na distância d a partir do centro de rotação do centro do conduto no local do transmissor. A amplitude angular de vibração  $\Delta\theta$  é determinada a partir da seguinte relação:

$$\Delta\theta = \text{tangente do arco } (\Delta Z/d) \quad (1)$$

O desvio do centro da massa do componente transmissor (ímã ou montagem de bobina) da linha de centro do conduto faz com que o centro da massa do componente transmissor apresente um componente Y de sua vibração. A massa do componente transmissor geralmente tem um desvio na direção Z pelo menos igual ao radio do conduto. O desvio angular  $\Phi$  a partir da linha de centro do conduto não é, portanto, insignificante. A massa do componente transmissor oscila sobre a sua posição de desvio com a mesma amplitude angular que a do conduto  $\Delta\theta$ . Aproximando o movimento da massa do transmissor perpendicular à linha que liga o centro de massa do transmissor ao centro de rotação CR, o movimento na direção Y da massa do transmissor  $\Delta Y_m$  pode ser solucionado a partir da seguinte equação:

$$\Delta Y_m = \Delta Z \text{ seno } (\Phi) \quad (2)$$

25 O movimento na direção Y da massa do componente transmissor faz com que todo o medidor vibre na direção Y. A conservação do momento requer que, para um medidor livremente suspenso, a vibração na direção Y de todo o



medidor é igual à amplitude de vibração na direção Y da massa do transmissor vezes a razão da massa do transmissor dividida pela massa do medidor. Esta vibração Y de todo o medidor é um resultado direto da vibração de conduto desejada em Z m conjunto com o desvio angular dos centros de massa dos componentes de transmissor. Este acoplamento entre a vibração de conduto desejada e a vibração Y de todo o medidor significa que o amortecimento da vibração Y do medidor amortece a vibração de conduto de vazão em Z, e que uma montagem de medidor rígida eleva a frequência do conduto enquanto uma montagem de medidor macio diminui a frequência do conduto. A mudança na frequência do conduto com a rigidez da montagem foi observada experimentalmente nos medidores com alta amplitude de vibração Y. Isto é um problema, uma vez que a frequência do conduto é usada para determinar a densidade do fluido e a frequência é também uma indicação da rigidez de conduto. As mudanças na rigidez de conduto devido à rigidez de montagem modificam o fator de calibração do medidor. O acoplamento direto entre a vibração de transmissão e o ambiente local também resulta em um zero instável (um sinal de vazão quando nenhuma vazão se encontra presente) do medidor.

#### Sumário da Solução

A presente invenção ajuda a solucionar os problemas associados às forças vibracionais desequilibradas usando um sistema de balanças dimensionado e localizado de modo a equilibrar o sistema de transmissão. Alguns exemplos de um sistema de balanças incluem uma massa de equilíbrio Y

posicionada no lado oposto de um conduto de vazão como um componente transmissor. A massa de equilíbrio é dimensionada e localizada de tal modo que o centro de massa de transmissor e da massa de equilíbrio Y, combinadas, se  
5 assente sobre o plano X - Y da linha de centro de conduto.

Em alguns exemplos, um dispositivo de balança, chamado uma balança y ativa, pode ser configurado sobre os condutos de vazão. A balança y ativa consiste de uma massa conectada a uma extremidade de uma mola em folha com a outra  
10 extremidade fixada ao conduto de vazão próximo do transmissor. As balanças y ativas podem ser usadas em um ou em ambos os condutos dependendo dos locais dos centros de massa do ímã e da bobina e do tipo de configuração de  
medidor de vazão (isto é, condutos únicos ou duplos).

15 O equilíbrio y ativo funciona ao se usar o movimento de conduto na direção Z de modo a movimentar a massa de equilíbrio y ativa. O momento de direção Y da balança y ativa pode ser desenhado de modo a equilibrar o momento de direção Y dos componentes transmissores e, assim,  
20 impedir que a caixa e o ambiente balancem. Pelo princípio de equivalência, isto também torna o medidor imune às vibrações ambientais e amortecimento.

#### ASPECTOS DA INVENÇÃO

Um aspecto da presente invenção é um medidor de  
25 vazão do tipo Coriolis, compreendendo:

pelo menos um conduto de vazão;

um sistema de transmissão acoplado ao pelo menos um conduto de vazão;

um sistema de balanças acoplado ao pelo menos um  
conduto de vazão; no qual o sistema de balanças é  
dimensionado e se localiza de tal modo que o momento do  
sistema de balanças seja igual e fique oposta ao momento do  
5 sistema de transmissão.

De preferência, o dito sistema de balanças  
compreende uma massa de equilíbrio.

De preferência, o dito sistema de balanças é  
dimensionado e se localiza de tal modo que o centro de massa  
10 do sistema de transmissão e do sistema de balanças,  
combinados, se assente próximo a um plano da linha de centro  
do pelo menos um conduto de vazão.

De preferência, o dito sistema de balanças  
compreende uma massa de equilíbrio acoplada ao pelo menos um  
15 conduto de vazão usando uma mola em folha.

De preferência, a dita rigidez de mola em folha e  
a massa de equilíbrio fazem com que a frequência natural do  
sistema de balanças seja menor do que a frequência de  
transmissão do medidor de vazão.

20 De preferência, o dito sistema de balanças vibra  
fora da fase com o pelo menos um conduto de vazão.

De preferência, o dito sistema de balanças se  
localiza sobre o lado oposto do pelo menos um conduto de  
vazão do componente transmissor e em uma orientação  
25 substancialmente a quarenta e cinco graus com relação a um  
plano do conduto de vazão.

De preferência, o dito sistema de balanças se  
localiza sobre o lado oposto do pelo menos um conduto de

P 10310240

16

vazão a partir do componente transmissor.

De preferência, o dito sistema de balanças é dimensionado e se localiza de tal modo que o momento do sistema de balanças seja igual e oposto ao momento do sistema de transmissão em uma direção perpendicular a um movimento de transmissão.

Um aspecto adicional da presente invenção é um método para equilibrar a força de um medidor de vazão do tipo Coriolis tendo pelo menos um conduto de vazão, o método compreendendo as etapas de:

acoplar um sistema de transmissão ao pelo menos um conduto de vazão;

acoplar um sistema de balanças ao pelo menos um conduto de vazão; e

localizar e dimensionar o sistema de balanças de tal modo que o momento do sistema de balanças seja igual e fique oposto ao momento do sistema de acionamento.

De preferência, o dito método inclui a etapa de formar o sistema de balanças usando uma massa de equilíbrio.

De preferência, o dito método compreende ainda as etapas de localizar e dimensionar o sistema de balanças de tal modo que o centro de massa do sistema de transmissão e do sistema de balanças, combinados, se assente próximo a um plano da linha de centro do pelo menos um conduto de fluxo.

De preferência, a dita etapa de acoplamento de um sistema de balanças ao pelo menos um conduto de vazão compreende as etapas de acoplar uma massa de equilíbrio a pelo menos um conduto de vazão usando uma mola em folha.

P 10310240 17

De preferência, o dito método inclui a etapa de escolher a rigidez da mola em folha e a massa de equilíbrio de tal modo que a frequência natural do sistema de balanças fique abaixo da frequência de transmissão do medidor de vazão.

De preferência, o dito método inclui a etapa de vibrar o sistema de balanças fora de fase com o pelo menos um conduto de vazão.

De preferência, a dita etapa de localizar o sistema de balanças compreende as etapas de:

Localizar o sistema de balanças sobre o lado oposto do pelo menos um conduto de vazão do sistema de transmissão; e

Orientar o sistema de balanças substancialmente a quarenta e cinco graus com relação a um plano do conduto de vazão.

De preferência, o dito método inclui a etapa de localizar o sistema de balanças sobre o lado oposto do pelo menos um conduto de vazão do sistema de transmissão.

De preferência, a dita etapa de localizar e dimensionar o sistema de balanças compreende as etapas de localizar e dimensionar o sistema de balanças de tal modo que o momento do sistema de balanças seja igual e fique oposto ao momento do sistema de transmissão em uma direção perpendicular a um movimento de transmissão.

#### DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 ilustra um medidor de vazão d tipo Coriolis;

A Figura 2 ilustra um transmissor de um medidor de vazão do tipo Coriolis;

A Figura 3 ilustra uma vista em seção de um eixo geométrico X de um conduto de vazão de um medidor de vazão  
5 do tipo Coriolis;

A Figura 4 ilustra um sistema de balanças em um primeiro exemplo da presente invenção;

A Figura 5 ilustra um sistema de balanças em um outro exemplo da presente invenção.

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

As Figuras 1 a 5 e a descrição a seguir ilustram exemplos específicos a fim de ensinar os versados na técnica como fazer e usar o melhor modo da presente invenção. Com a finalidade de ensinar os princípios inventivos, alguns  
15 aspectos convencionais foram simplificados ou omitidos. Os versados na técnica apreciarão variações a partir destes exemplos que recaem no âmbito da presente invenção. Os versados na técnica apreciarão que os aspectos descritos abaixo podem ser combinados de várias maneiras de modo a  
20 formar múltiplas variações da presente invenção. Como um resultado, a presente invenção não se limita aos exemplos específicos descritos abaixo, mas apenas limitada pelas reivindicações e seus equivalentes.

A Figura 1 ilustra um medidor de vazão do tipo  
25 Coriolis 5 compreendendo uma montagem de medidor de vazão 10  
e um equipamento eletrônico medidor 20. O equipamento eletrônico medidor 20 é conectado à montagem de medidor 10 via os fios de ligação 100 a fim de prover a densidade, a

proporção de escoamento de massa, a proporção de escoamento de volume, a vazão de massa totalizada, a temperatura, e outras informações sobre o trajeto 26. Tornar-se-á aparente aos versados na técnica que a presente invenção pode ser usada por qualquer tipo de medidor de vazão do tipo Coriolis independente do número de transmissores, do número de sensores de recuperação, de condutos de vazão ou do modo operacional de vibração.

A montagem de medidor de vazão 10 inclui um par de flanges 101 e 101'; as tubulações 102 e 102'; o transmissor 104; os sensores de recuperação 105 e 105'; e os condutos de vazão 103A e 103B. O transmissor 104 e os sensores de recuperação 105 e 105' são conectados aos condutos de vazão 103A e 103B.

Os flanges 101 e 101' são fixados às tubulações 102 e 102'. As tubulações 102 e 102' são fixadas às extremidades opostas do espaçador 106.

Os flanges 101 e 101' são fixados às tubulações 102 e 102'. As tubulações 102 e 102' são fixadas às extremidades opostas do espaçador 106. O espaçador 106 mantém o espaçamento entre as tubulações 102 e 102' a fim de impedir vibrações indesejadas nos condutos de vazão 103A e 103B. Quando a montagem de medidor de vazão 10 é inserida em um sistema de tubulação (não mostrado) que carrega o material a ser medido, o material entra na montagem de medidor de vazão 10 através do flange 101, passa pela tubulação de entrada 102 na qual a quantidade total do material é direcionada de modo a entrar nos condutos de

fluxo 103A e 103B, flui através dos condutos de vazão 103A e 103B e novamente para a tubulação de saída 102', de onde sai a montagem de medidor 10 através do flange 101'.

Os condutos de vazão 103A e 103B são selecionados e apropriadamente montados na tubulação de entrada 102 e na tubulação de saída 102' de modo a apresentar substancialmente a mesma distribuição de massa, os mesmos momentos de inércia, e os mesmos módulos elásticos sobre os eixos geométricos de curvatura W-W e W'-W', respectivamente.

Os condutos de vazão se estendem para fora a partir das tubulações de uma maneira essencialmente paralela.

Os condutos de vazão 103A e B são acionados pelo transmissor 104 em direções opostas sobre os seus respectivos eixos geométricos de curvatura W e W' e nos quais termina o primeiro modo de curvatura fora de fase do medidor de vazão. O transmissor 104 pode compreender uma dentre muitas disposições bem conhecidas, como, por exemplo, um ímã montado no conduto de vazão 103A e uma bobina oposta montada no conduto de vazão 103B. Uma corrente alternada passa pela bobina oposta de modo a fazer com os dois condutos oscilem. Um sinal de transmissão adequado é aplicado pelo equipamento eletrônico medidor 20, via o fio de ligação 110 ao transmissor 104. A descrição da Figura 1 é provida tão-somente como um exemplo da operação de um medidor de vazão do tipo Coriolis e não pretende limitar o ensinamento da presente invenção.

O equipamento eletrônico medidor 20 transmite os sinais de sensor para os fios de ligação 111 e 111',

respectivamente. O equipamento eletrônico medidor 20 produz um sinal de transmissão para o fio de ligação 110, o que faz com que o transmissor 104 oscile os condutos de vazão 103A e 103B. O equipamento eletrônico medidor 20 processa os sinais de velocidade esquerdo e direito a partir dos sensores de recuperação 105, 105' a fim de computar a proporção de escoamento de massa. O trajeto 26 provê um meio de entrada e um meio de saída que permite ao equipamento eletrônico medidor 20 fazer uma interface com um operador.

10 A Figura 2 ilustra um sistema de transmissão 104 para uma modalidade preferida do medidor de vazão do tipo Coriolis 5. Em uma modalidade exemplar preferida, o transmissor 104 é uma montagem de bobina e ímã. Uma pessoa versada na técnica notará que outros tipos de sistemas de  
15 transmissão podem ser usados.

O transmissor 104 tem uma montagem de ímã 210 e uma montagem de bobina 220. Suportes 211 se estendem para fora em direções opostas a partir da montagem de ímã 210 e da montagem de bobina 220. Os suportes 211 são abas que se  
20 estendem para fora da base plana e possuem uma borda substancialmente curvada 290 sobre um lado de fundo que é formado de modo a receber um conduto de vazão 103 ou 103B. A borda curvada 290 dos suportes 211 é em seguida soldada ou de alguma outra maneira fixada aos condutos de vazão 103A e  
25 103B de modo a fixar o transmissor 104 ao medidor de vazão  
do tipo Coriolis 5.

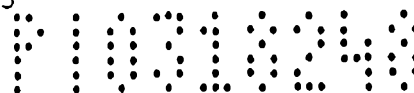
A montagem de ímã 210 tem um prendedor de ímã 202 como uma base. Os suportes 211 se estendem a partir de um

primeiro lado do prendedor de ímã 202. As paredes 213 e 214 se estendem para fora das bordas externas de um segundo lado do prendedor de ímã 202. As paredes 213 e 214 controlam a direção do campo magnético do ímã 203 perpendicular aos enrolamentos da bobina 204.

O ímã 203 é um ímã substancialmente cilíndrico tendo uma primeira e uma segunda extremidade. O ímã 203 é encaixado em uma luva de ímã (não mostrada). A luva de ímã e o ímã 203 são fixados a uma segunda superfície de um prendedor de ímã 202 de modo a prender o ímã 203 em uma montagem de ímã 210. O ímã 203 tipicamente possui um pólo (não mostrado) fixado ao seu segundo lado. O pólo de ímã (não mostrado) é uma tampa que se encaixa na segunda extremidade do ímã 203 a fim de direcionar os campos magnéticos para a bobina 204.

A montagem de bobina 220 inclui uma bobina 204, e uma bobina em espiral 205. A bobina em espiral 205 é fixada a um suporte 211. A bobina em espiral 205 possui um carretel que se projeta a partir de uma primeira superfície em torno da qual a bobina 204 é enrolada. A bobina 204 é montada sobre a bobina em espiral 205 oposta ao ímã 203. A bobina 204 é conectada ao fio de ligação 110 que aplica uma corrente alternada à bobina 204. A corrente alternada faz com que a bobina 204 e o ímã 203 se atraiam e se repilam um do outro, o que, por sua vez, faz com que os condutos de vazão 103A e 103B oscilem em oposição um ao outro.

A Figura 3 ilustra uma vista em seção de eixo geométrico X simplificada do conduto de vazão 103. O conduto



de vazão 103 tem um transmissor 104 montado no mesmo. O transmissor 104 se desloca do conduto de vazão 103 em  $\Phi$ . O conduto de vazão 103 se movimenta na direção Z com uma amplitude  $\Delta Z$ . Quando o conduto de vazão 103 translada na  
 5 direção Z, sua localização fixada faz com que o mesmo gire em torno do seu centro de rotação CR, resultando em uma amplitude angular  $\Delta\Phi$ . O transmissor 104 e seu centro de massa associado CM giram na mesma amplitude angular  $\Delta\Phi$  que o conduto de vazão 103. No entanto, em função do ângulo de  
 10 desvio  $\Phi$ , o centro de massa CM do componente transmissor oscila para cima e para baixo da linha L. Isto dá ao centro de massa CM do componente transmissor um movimento vertical  $\Delta Y_m$ .

A Figura 4 ilustra um sistema de balanças 400 em um primeiro exemplo da presente invenção. O sistema de  
 15 balanças 400 inclui os pesos de balança 401 e 402 acoplados aos condutos de vazão 103A e B. O acoplamento dos pesos de balança 401 e 402 pode ser feito usando-se vários métodos, inclusive uma fixação mecânica, solda forte ou colagem. O peso de balança 401 tem um centro de massa  $CM_{b1}$ . O peso de  
 20 balança 401 é dimensionado e se localiza de tal modo que o seu centro de massa  $CM_{b1}$  combinado com o centro de massa da montagem de bobina  $CM_c$  resulte em um centro de massa combinado  $CCM_1$  que se localiza sobre o plano X-Y do conduto 103A. Ainda, o peso de balança 402 tem um centro de massa  
 25  $CM_{b2}$ . O peso de balança 402 é dimensionado e se localiza de tal modo que o seu centro de massa  $CM_{b2}$  combinado com o centro de massa da montagem de ímã  $CM_m$  resulta em um centro de massa combinado  $CCM_2$  que se localiza sobre o plano X - Y

do conduto 103B. Os atributos particulares dos pesos de  
 balança são tais que a massa vezes a velocidade do peso de  
 balança é igual e oposta à massa vezes velocidade da  
 montagem de transmissor na direção Y para cada conduto de  
 5 vazão, conforme mostrado pela equação:

$$(M * V_Y)_{BW} + (M * V_Y)_{DA} = 0 \quad (3)$$

em outras palavras, o momento do peso de balança  
 encontra o momento da montagem de transmissor fixada a um  
 conduto em particular, conforme apresentado na equação:

$$10 \quad (M_{BW})_Y + (M_{DA})_Y = 0 \quad (4)$$

A Figura 5 ilustra o sistema de balanças 500 em um  
 outro exemplo da presente invenção. O sistema de balanças  
 500 inclui os pesos de balanço 501 e 502 acoplados aos  
 condutos de fluxo 103A e B usando as molas em folha 504 e  
 15 505. A mola em folha 504 é orientada em aproximadamente 45  
 graus ao plano X - Y e é conectada ao lado oposto do conduto  
 de vazão como a montagem de bobina 220. A rigidez da mola em  
 folha 504 e a massa do peso de balança 501 são escolhidas de  
 modo que a frequência natural da balança y ativa em seu  
 20 primeiro modo de vibração (o modo de placa de transmissão)  
 fique abaixo da frequência de transmissão do medidor. Com a  
 frequência natural abaixo da frequência de excitação  
 (transmissor), o peso 501 tendo a se movimentar para fora de  
 fase com o conduto 103A. Sendo assim, quando o conduto 103A  
 25 ~~se movimenta para a esquerda (direção -Z), o peso de balança~~  
 y ativo 501 se move para a direita (+Z) com relação ao  
 conduto. Porém, em função do ângulo da mola em folha 504 com  
 relação ao plano X - Y, o peso 501 fica impedido pela mola

em folha 504 de se mover para a direita e para baixo (+Z e - Y). Isto vem a ser uma vantagem, uma vez que, quando o conduto 103A se move para a esquerda, a montagem de bobina de desvio 220 se movimenta para a esquerda e para cima (+Z e +Y). Ao se desenhar uma massa e uma velocidade de mola de tal modo que o momento de direção Y (massa vezes velocidade) da balança y ativa seja igual e oposto ao momento de direção Y dos componentes de transmissor de desvio, a vibração da direção Y externa de todo o medidor pode ser quase eliminada. Os mesmos princípios de desenho se aplicam ao tubo 103B.

Este segundo exemplo tem uma vantagem adicional. Tendo em vista que os pesos 501 e 502 ficam suspensos a partir dos condutos 103A e B pelas molas em folha 504 e 505, os mesmos vibram para fora de fase com os condutos de vazão 103 A e B, resultando em que uma massa muito pequena dos mesmos seja acoplada aos condutos de vazão 103A e B.

Os exemplos acima não se limitam à compensação do desvio de massa de transmissor. Por exemplo, a deformação das fundições da tubulação por meio de forças de conduto pode fazer com que os flanges do medidor vibrem na direção Y. Se esta vibração de flange estiver em fase com a provocada pelo desvio de massa de transmissor, a massa de equilíbrio poderá ser aumentada de modo a compensar a vibração adicional devida à deformação da tubulação. Da mesma forma, se a vibração de flange devido à deformação de tubulação estiver fora de fase com a provocada pelo desvio de massa de transmissor, a massa de equilíbrio poderá ser menor.

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor de vazão do tipo Coriolis (10), compreendendo:

pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B);

um sistema de transmissão (104) acoplado ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B);

compreender um sistema de balanças (400, 500) acoplado ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B); em que o sistema de balanças (400, 500) é dimensionado e se localiza de tal modo que o momento do sistema de balanças (400, 500) seja igual e oposto ao momento do sistema de transmissão (104),

**CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) se localiza no lado oposto do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) a partir do componente de transmissão.

2. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) compreende uma massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502).

3. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) é dimensionado e se localiza de tal modo que o centro de massa do sistema de transmissão (104) e do sistema de balanças (400, 500), combinados, se situe próximo a um plano da linha de centro do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B).

4. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) compreende uma massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502) acoplada ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) usando uma mola em folha (504, 505).

5. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a rigidez da mola em folha (504, 505) e a massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502) fazem com que a frequência natural do sistema de balanças (400, 500) seja menor do que a frequência de transmissão do medidor de vazão (10).

6. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) vibra fora de fase com o pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B).

7. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) se localiza em uma orientação substancialmente a quarenta e cinco graus com relação a um plano do conduto de vazão (103A, 103B).

8. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de balanças (400, 500) se localiza no lado oposto do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) a partir do componente transmissor.

9. Medidor de vazão do tipo Coriolis, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o

sistema de balanças (400, 500) é dimensionado e se localiza de tal modo que o momento do sistema de balanças (400, 500) seja igual e oposto ao momento do sistema de transmissão (104) em uma direção perpendicular a um movimento de transmissão.

10. Método para o equilíbrio de forças em um medidor de vazão do tipo Coriolis (10) tendo pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B), o método compreendendo a etapa de:

acoplar um sistema de transmissão (104) ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B);

compreender adicionalmente as etapas de:

acoplar um sistema de balanças (400, 500) ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B); e

localizar e dimensionar o sistema de balanças (400, 500) de tal modo que o momento do sistema de balanças (400, 500) seja igual e oposto ao momento do sistema de transmissão (104);

**CARACTERIZADO** pelo fato de localizar o sistema de balanças (400, 500) no lado oposto do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) a partir do sistema de transmissão (104).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de incluir a etapa de formar o sistema de balanças (400, 500) usando uma massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502).

12. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda as etapas de

localizar e dimensionar o sistema de balanças (400, 500) de tal modo que o centro de massa do sistema de transmissão (104) e do sistema de balanças (400, 500), combinados, se situe próximo de um plano da linha de centro do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B).

13. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de acoplar um sistema de balanças (400, 500) ao pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) compreende as etapas de acoplar uma massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502) a pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) usando uma mola em folha (504, 505).

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de incluir a etapa de escolher a rigidez da mola em folha (504, 505) e a massa de equilíbrio (401, 402, 501, 502), de tal modo que a frequência natural do sistema de balanças (400, 500) fique abaixo da frequência de transmissão do medidor de vazão (10).

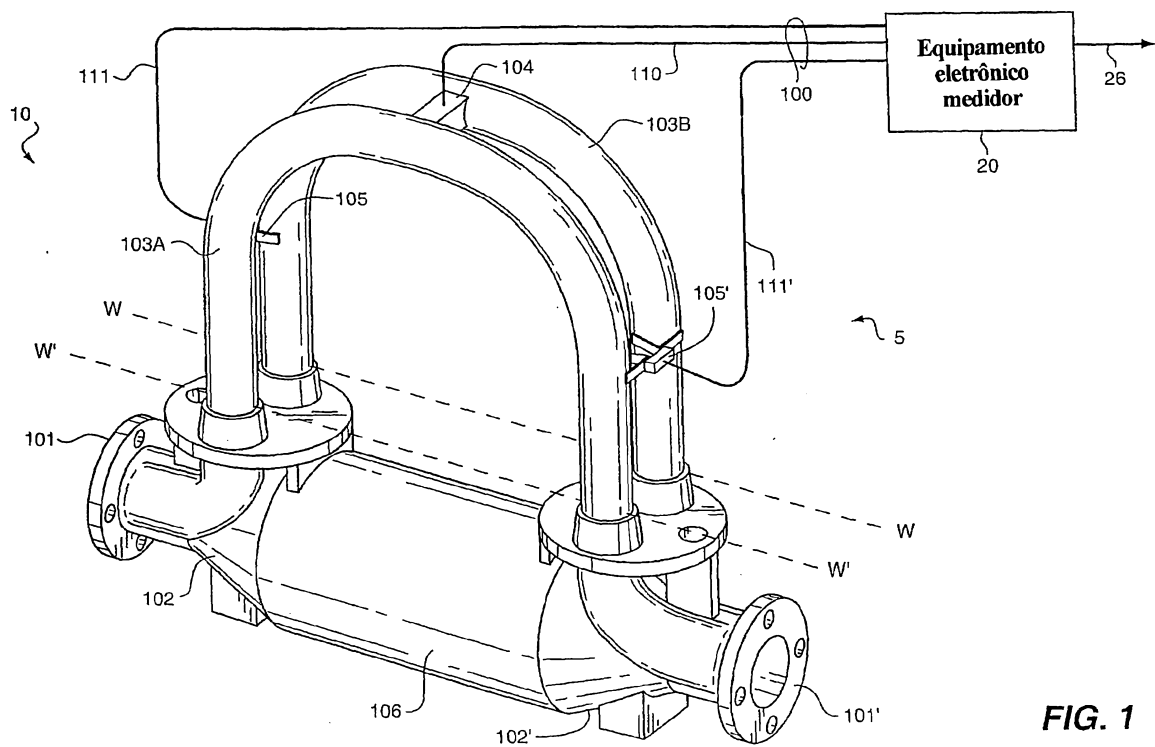
15. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de incluir a etapa de vibrar o sistema de balanças (400, 500) fora de fase com o pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B).

16. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de localizar o sistema de balanças (400, 500) compreende a etapa de:

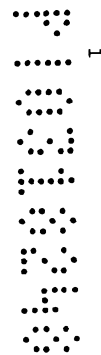
orientar o sistema de balanças (400, 500) substancialmente a quarenta e cinco graus com relação a um plano do conduto de vazão (103A, 103B).

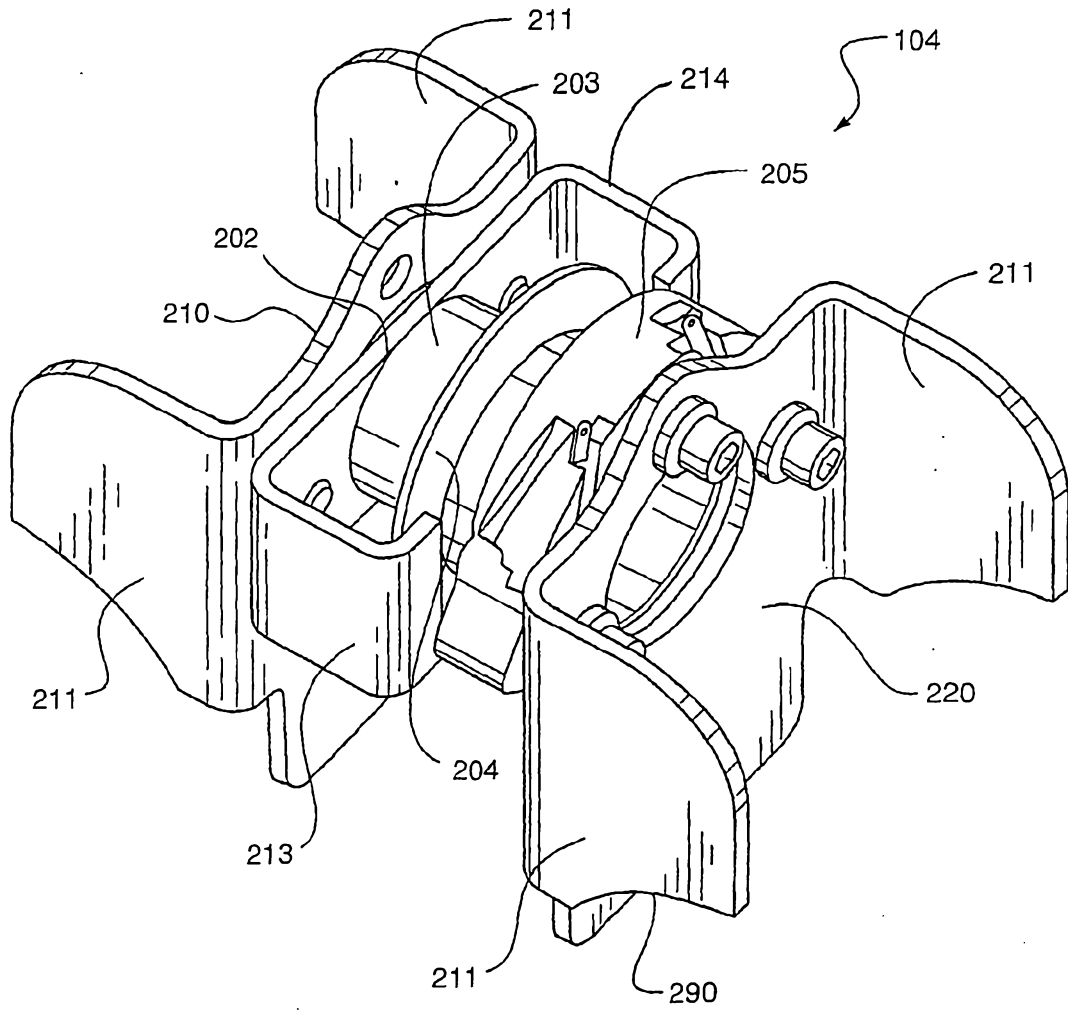
17. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de incluir a etapa de localizar o sistema de balanças (400, 500) no lado oposto do pelo menos um conduto de vazão (103A, 103B) do sistema de transmissão (104).

18. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de localizar e dimensionar o sistema de balanças (400, 500) compreende as etapas de localizar e dimensionar o sistema de balanças (400, 500) de tal modo que o momento do sistema de balanças (400, 500) seja igual e oposto ao momento do sistema de transmissão (104) em uma direção perpendicular a um movimento de transmissão.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



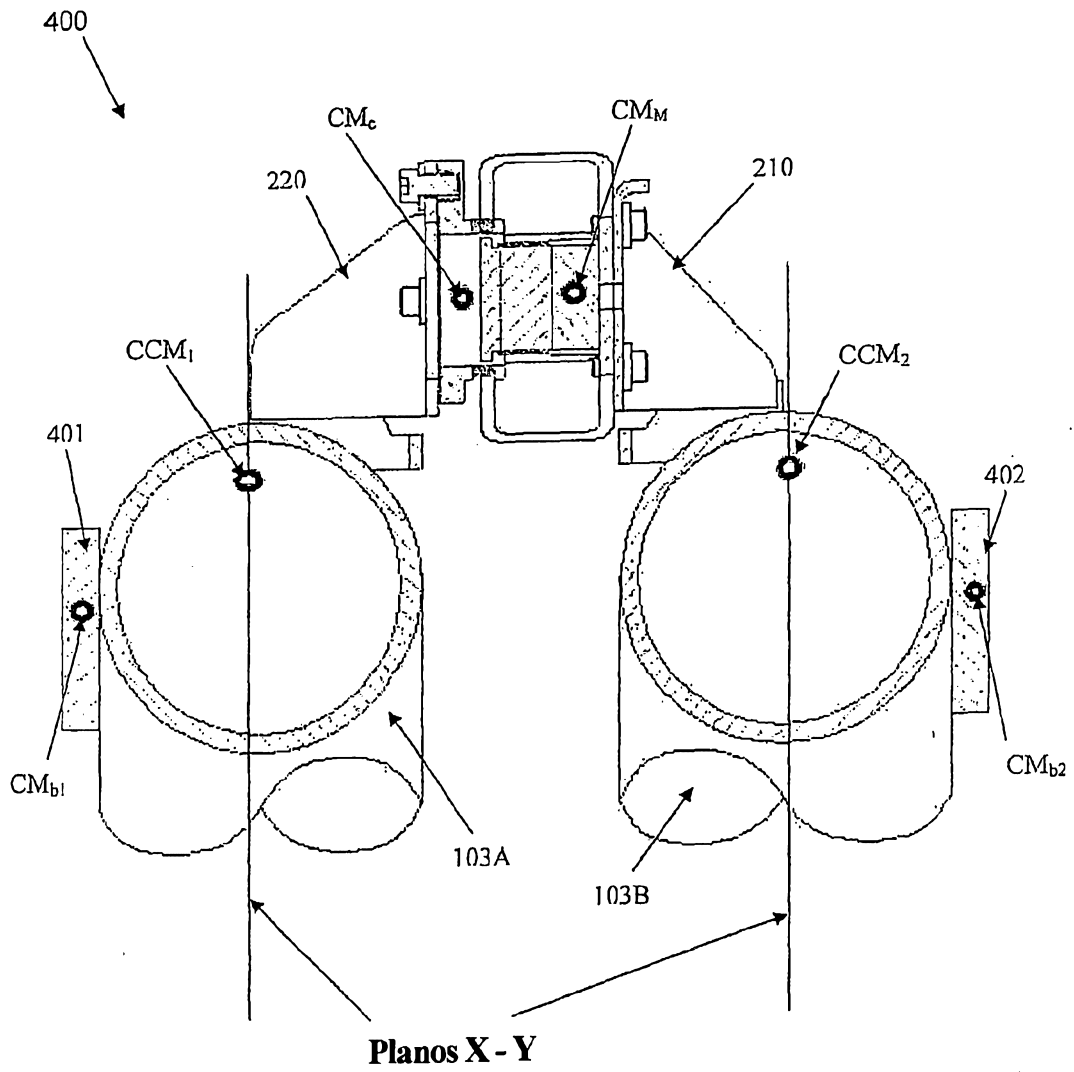


FIG. 4

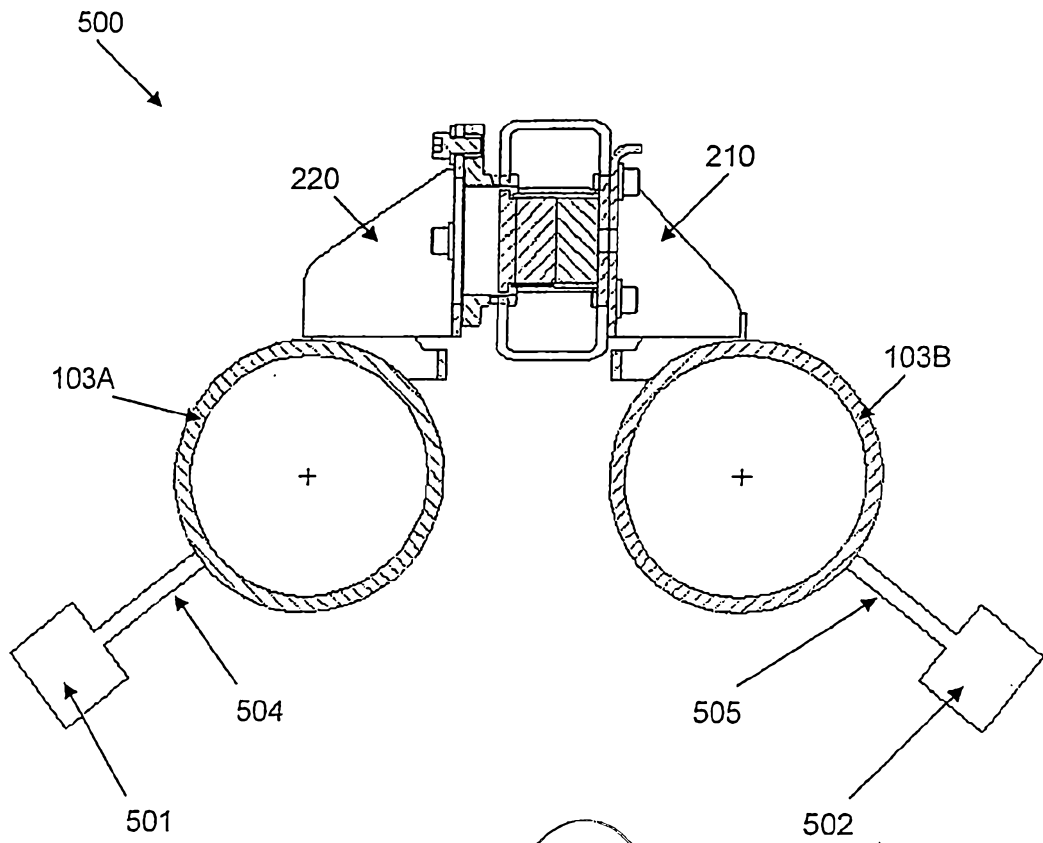


FIG. 5