



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

(21) **PI 0721623-8 A2**

(22) Data de Depósito: 03/05/2007
(43) Data da Publicação: 22/01/2013
(RPI 2194)



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

(54) Título: MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORRIGIR UMA FASE ARRASTADA EM UM FLUXO EM DUAS FASES DE DUAS FASES DE UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO

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

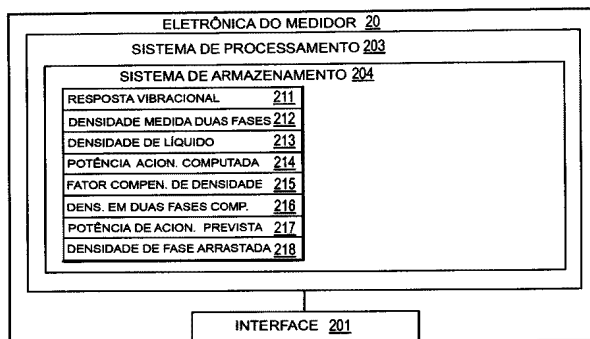
(72) Inventor(es): Craig Brainerd Van Cleve, Joel Weinstein

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2007068187 de 03/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/136825de 13/11/2008

(57) Resumo: MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORRIGIR UMA FASE ARRASTADA EM UM FLUXO EM DUAS FASES DE UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO. Descreve-se um medidor de fluxo vibratório (100) para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido. O medidor de fluxo vibratório (100) inclui um conjunto de medidor de fluxo (10) incluindo um acionador (104) e com o medidor de fluxo vibratório (100) sendo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido. O medidor de fluxo vibratório (100) ainda inclui eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e recebendo a resposta vibracional. A eletrônica do medidor (20) é configurada para gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases usando a resposta vibracional, para determinar a potência de acionamento computada necessária por um acionador (104) do conjunto de medidor de fluxo (10), e para calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente de fase arrastada, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.



"MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORRIGIR
UMA FASE ARRASTADA EM UM FLUXO EM DUAS FASES DE UM
MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO"

Antecedentes da Invenção

1. Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um medidor de fluxo vibratório e a um método e, mais particularmente, a um medidor de fluxo vibratório e a um método para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido.

2. Descrição do problema

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

Um medidor de fluxo de massa Coriolis típico inclui um ou mais condutos que são conectados em linha em um duto ou outro sistema de transporte e transportam o material, por exemplo, fluidos, suspensões, emulsões e semelhantes, no sistema. Cada conduto pode ser visto como tendo um conjunto de modos de vibração natural, incluindo por exemplo, modos simples de curvatura, de torção, radiais e acoplados simples. Em uma aplicação de medição de fluxo de massa Coriolis típico, um conduto é excitado em um ou mais modos de vibração à medida que o material flui

através do conduto, e o movimento do conduto é medido em pontos espaçados ao longo do conduto. A excitação é tipicamente suprida por um acionador, por exemplo, um dispositivo eletromecânico, como um acionador de tipo de bobina de voz que perturba o conduto em um modo periódico. A taxa de fluxo de massa pode ser determinada por medição do retardo de tempo ou diferenças de fase entre os movimentos nos locais do transdutor. Dois destes 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 em uma 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 medição da taxa de fluxo de massa.

Os medidores de fluxo são usados para realizar as medidas de taxa de fluxo de massa para uma ampla variedade de fluxos de fluido. Uma área em que os medidores de fluxo Coriolis podem ser usados potencialmente é na medição de poços de petróleo e gás. O produto de tais poços pode compreender um fluxo em múltiplas fases, incluindo o petróleo ou gás, mas também incluindo outros componentes, incluindo água e ar, por exemplo, e/ou sólidos. É altamente desejável que a medição resultante seja tão precisa quanto possível, mesmo para estes fluxos de múltiplas fases.

Os medidores Coriolis oferecem uma precisão elevada para fluxos de fase única. No entanto, quando um medidor de fluxo Coriolis é usado para medir os fluidos aerados ou fluidos incluindo ar arrastado (emulsões), uma precisão do medidor pode ser degradada de modo significativo. Isto é similarmente verdadeiro para os sólidos arrastados (suspensões).

O ar arrastado está comumente presente como bolhas no material

fluido. O tamanho das bolhas pode variar, dependendo da quantidade de ar presente, a pressão do material fluido, e a temperatura. A extensão da diminuição no desempenho não está somente relacionada com qual quantidade de gás total está presente, mas também ao tamanho das bolhas de gás individuais no fluxo. O tamanho das bolhas afeta a precisão da medição.

Uma fonte de erro significativa é o desacoplamento do fluido. O desacoplamento do fluido resulta do movimento das bolhas de gás com relação do líquido como um resultado da vibração do tubo. O movimento relativo das bolhas de gás com relação ao líquido é acionado por uma força de flutuabilidade que é similar à força que leva as bolhas a se elevar para a superfície sob a influência da gravidade. No entanto, em um tubo vibratório, é a aceleração do tubo vibratório que leva as bolhas a se movimentar e não a aceleração de gravidade. Porque o fluido denso resiste à aceleração mais fortemente do que as bolhas leves, as bolhas são aceleradas na mesma direção que a aceleração do tubo. As bolhas assim se movimentam mais rápido e mais longe do que o tubo de fluxo e o movimento das bolhas leva alguma parte do fluido a se movimentar mais lentamente do que o tubo de fluxo. Esta é a base do problema de desacoplamento. Como um resultado, o fluido que tem uma amplitude vibracional menor sofre uma menor aceleração de Coriolis e ocasiona uma menor força Coriolis sobre o tubo de fluxo do que ocasionaria na ausência de bolhas. Isto resulta em características de densidade e taxa de fluxo que são subinformadas (erros de densidade e fluxo negativos) quando ar arrastado está presente.

As suspensões apresentam um problema similar ao desacoplamento. No caso de suspensões, no entanto, as partículas sólidas são, com frequência, mais pesadas do que o líquido. Sob a aceleração do tubo vibratório, as partículas mais pesadas se movimentam menos do que o líquido. Isto leva alguma parte do líquido a se movimentar mais do que o tubo

vibratório. O resultado é que o líquido é super-informado (erros de densidade e fluxo positivos) quando partículas mais pesadas do que o líquido estão presentes. Em ambos os casos, o movimento diferencial de fase arrastada é acionado pela diferença em densidade entre a fase arrastada e o líquido. Se a compressibilidade dos gases for negligenciada, então as mesmas equações podem ser usadas para descrever o comportamento ambos o ar arrastado e as partículas. A subtração da densidade de fase arrastada da densidade de líquido dá números positivos para gases e número negativos para sólidos. O desacoplamento de suspensões é simplesmente negativo. Por esta razão, o termo desacoplamento será usado de modo interpermutável para tanto emulsões como suspensões.

A compensação para o desacoplamento de fluido tem sido difícil porque existem vários fatores que determinam quanto as bolhas se movimentam com relação ao fluido. A viscosidade de fluido é um fator óbvio. Em um fluido muito viscoso, bolhas (ou partículas) são efetivamente congeladas no local no fluido e resulta um erro de fluxo pequeno.

Outra influência sobre a mobilidade das folhas é o tamanho das bolhas. O arrasto sobre uma bolha é proporcional à área de superfície, enquanto a força de flutuabilidade é proporcional ao volume. Assim, bolhas muito pequenas têm uma relação de arrasto para flutuabilidade elevada e tendem a se movimentar com o fluido. Bolhas pequenas subsequentemente causam erros pequenos. Inversamente, bolhas grandes tendem a não se movimentar com o fluido e resultam em erros grandes. O mesmo é verdadeiro para partículas. As partículas pequenas tendem a se movimentar com o fluido e causar erros pequenos.

A diferença de densidade entre um fluido e o gás é outro fator. A força de flutuabilidade é proporcional à diferença em densidade entre o fluido e o gás. Um gás em pressão elevada pode ter uma densidade alta o suficiente

para afetar a força de flutuabilidade e reduzir o efeito de desacoplamento. Além disso, bolhas grandes ocupam mais volume, levando às flutuações verdadeiras na densidade do material fluido. Devido à compressibilidade de um gás, as bolhas podem mudar em quantidade de gás e ainda não necessariamente mudar em tamanho. Inversamente, se a pressão mudar, o tamanho da bolha pode mudar correspondentemente, expandindo à medida que a pressão cai ou encolhendo à medida que a pressão aumenta. Isto também pode causar variações na frequência natural ou ressonante do medidor de fluxo e assim variações na densidade de duas fases real.

Os fatores de segunda ordem também podem ter um efeito sobre a mobilidade da partícula e bolhas. A turbulência em um fluido com taxa de fluxo elevada rompe as bolhas e partículas grandes em menores, assim reduzindo o erro de desacoplamento. Os tensoativos reduzem a tensão superficial de bolhas e diminuem sua tendência a coalescer. Válvulas podem diminuir o tamanho das bolhas através de uma turbulência aumentada enquanto os cotovelos dos dutos podem aumentar o tamanho das bolhas ao forçarem as mesmas juntas através de força centrífuga.

Permanece uma necessidade na técnica para um medidor de fluxo vibratório que detecta os níveis problemáticos dos materiais de segunda fase arrastados. Permanece uma necessidade na técnica para um medidor de fluxo vibratório que possa medir com precisão as características de fluxo com pressão na presença de materiais de segunda fase arrastados. Permanece a necessidade na técnica para medidor de fluxo vibratório que possa medir com precisão as características de fluxo em níveis variados de materiais de segunda fase arrastados.

Sumário da Invenção

Um medidor de fluxo vibratório para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido é provido de acordo com

uma forma de realização da invenção. O medidor de fluxo vibratório compreende um conjunto de medidor de fluxo incluindo um acionador e com o medidor de fluxo vibratório sendo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido. O medidor de fluxo vibratório ainda
5 compreende eletrônica do medidor acoplada ao conjunto de medidor de fluxo e recebendo a resposta vibracional. A eletrônica do medidor é configurada para gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases usando a resposta vibracional, determinar a potência de acionamento computada sendo consumida por um acionador do conjunto de medidor de fluxo, e
10 calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.

Um método de corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas
15 fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório é provido de acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases, determinar a potência de acionamento computada sendo consumida por um acionador do medidor de fluxo vibratório, e calcular um fator de compensação de densidade
20 usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.

Um método de corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas
fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório é provido de
25 acordo com uma forma de realização da invenção. O método compreende gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases, determinar a potência de acionamento computada sendo consumida por um acionador do medidor de fluxo vibratório, calcular um fator de compensação de densidade

usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada, e adicionar o fator de compensação de densidade a uma densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada. O método ainda compreende determinar a potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada do componente arrastado, a densidade de duas fases compensada, e uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório. O método ainda compreende determinar uma precisão das medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

Aspectos da Invenção

Em um aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é configurada para multiplicar uma voltagem de acionamento por uma corrente de acionamento a fim de determinar a potência de acionamento computada.

Em outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é configurada para multiplicar uma voltagem de sensor de desvio por uma corrente de acionamento a fim de determinar a potência de acionamento computada.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é configurada para resolver a equação

$$P_{\text{computado}} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

a fim de determinar a potência de acionamento computada, onde K é uma constante de proporcionalidade, I_d é uma corrente de acionamento medida, I_0

é uma corrente de acionamento de fração de volume zero, E_{PO} é uma voltagem de desvio, e E_t é uma voltagem alvo de desvio.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, calcular o fator de compensação de densidade compreende resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{int}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{computado})$$

- 5 com (ρ_l) sendo a densidade de líquido, com (ρ_{int}) sendo a densidade indicada, com (ρ_e) sendo a densidade de fase arrastada, com ($P_{computado}$) sendo a potência de acionamento computada, e com os termos C1 e C2 compreendendo constantes pré-determinadas específicas do medidor.

- 10 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é ainda configurada para adicionar o fator de compensação de densidade a uma densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada.

- 15 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, a eletrônica do medidor é ainda configurada para adicionar o fator de compensação de densidade a uma densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada, determinar uma potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada, a densidade de duas fases compensada, e uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório, e determinar uma precisão das
20 medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, com a eletrônica do medidor sendo ainda configurada para resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right)$$

onde ρ_{comp} é a densidade de duas fases compensada, de modo a obter uma fração de volume compensada para o fluxo de duas fases.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada diferir da potência de acionamento prevista por mais do que uma tolerância pré-determinada.

10 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

15 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um tamanho de bolha de gás excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

20 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada de sólido excessivo e ainda indicando
25 uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

5 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende refinar a densidade de duas fases compensada se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado ou se uma potência de acionamento computada for maior do que
10 a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, refinar a densidade de duas fases compensada compreende reduzir o fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença
15 entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado.

 Em ainda outro aspecto do medidor de fluxo vibratório, determinar a precisão ainda compreende comparar a potência de acionamento prevista com a potência de acionamento computada, gerar uma indicação de
20 alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, e refinar a densidade de duas fases compensada por redução do fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma
25 diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado.

 Em um aspecto do método, determinar a potência de

acionamento computada compreende multiplicar uma voltagem de acionamento por uma corrente de acionamento.

Em outro aspecto do método, determinar a potência de acionamento computada compreende multiplicar uma voltagem de sensor de desvio por uma corrente de acionamento.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a potência de acionamento computada compreende resolver a equação ,

$$P_{computado} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

onde K é uma constante de proporcionalidade, I_d é uma corrente de acionamento medida, I_0 é uma corrente de acionamento de fração de volume zero, E_{PO} é uma voltagem de desvio, e E_t é uma voltagem alvo de desvio.

Em ainda outro aspecto do método, calcular o fator de compensação de densidade compreende resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{uit}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{computado})$$

com (ρ_l) sendo a densidade de líquido, com (ρ_{uit}) sendo a densidade indicada, com $(P_{computado})$ sendo a potência de acionamento computada, com (ρ_e) sendo uma densidade de fase arrastada, e com os termos C1 e C2 compreendendo constantes pré-determinadas específicas do medidor.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende adicionar o fator de compensação de densidade a uma densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende adicionar o fator de compensação de densidade a uma densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada,

determinar a potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada, a densidade de duas fases compensada, e uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório, e determinar uma precisão das medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

Em ainda outro aspecto do método, o método ainda compreende resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right),$$

onde (ρ_{comp}) é a densidade de duas fases compensada, de modo a obter uma fração de volume compensada para o fluxo de duas fases.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada diferir da potência de acionamento prevista por mais do que uma tolerância pré-determinada.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um tamanho de bolha de gás excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de

fluxo no medidor de fluxo vibratório.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase sólida arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende refinar a densidade de duas fases compensada se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado ou se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, refinar a densidade de duas fases compensada compreende reduzir o fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado.

Em ainda outro aspecto do método, determinar a precisão ainda compreende comparar a potência de acionamento prevista com a potência de acionamento computada, gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, e refinar a densidade de duas fases compensada por redução do fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de

acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado.

Descrição dos Desenhos

5 Figura 1 mostra um medidor de fluxo vibratório para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido de acordo com uma forma de realização da invenção.

 Figura 2 mostra a eletrônica do medidor do medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção.

10 Figura 3 é um fluxograma de um método para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção.

 Figura 4 é um fluxograma de um método para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido no medidor de
15 fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção.

 Figura 5 é um gráfico de potência de acionamento versus fração de volume de gás que foram determinados experimentalmente para parâmetros de fluxo múltiplo e sobre uma faixa de frações de volume.

 Figura 6 é um gráfico mostrando a potência de acionamento
20 computada e a potência de acionamento prevista versus a fração de volume da fase arrastada.

 Figura 7 é um gráfico da potência de acionamento computada e a potência de acionamento prevista similar à FIG 6 exceto que a potência de acionamento computada é mostrada como sendo menor do que a potência de
25 acionamento prevista.

Descrição Detalhada da Invenção

 FIGS. 1-7 e descrição seguinte mostram os exemplos específicos para ensinar ao versado na técnica como realizar e usar a melhor forma de

realização da invenção. Para o fim de ensinar os princípios inventivos, alguns aspectos convencionais foram simplificados ou omitidos. O versado na técnica irá apreciar variações destes exemplos que estão dentro do escopo da invenção. O versado na técnica irá apreciar que os aspectos descritos abaixo podem ser combinados em vários modos para formar as variações múltiplas da invenção. Como um resultado, a invenção não é limitada aos exemplos específicos descritos abaixo, mas somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

Figura 1 mostra o medidor de fluxo vibratório 5 para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido de acordo com uma forma de realização da invenção. A fase arrastada pode compreender um gás arrastado. A fase arrastada pode compreender um sólido arrastado. A discussão abaixo centraliza no gás arrastado. No entanto, a discussão também se aplica aos sólidos arrastados.

O medidor de fluxo vibratório 5 compreende um conjunto de medidor de fluxo 10 e eletrônica do medidor 20. A eletrônica do medidor 20 é conectada ao conjunto do medidor 10 via fios condutores 100 e é configurada para prover medições de um ou mais dentre densidade, taxa de fluxo de massa, taxa de fluxo de volume, fluxo de massa totalizado, temperatura, e outra informação sobre um trajeto de comunicação 26. Será evidente para o versado na técnica que a presente invenção pode ser usada em qualquer tipo de medidor de fluxo Coriolis sem levar em conta o números de acionadores, sensores de desvio, condutos de fluxo e o modo de vibração de operação. Além disso, deve ser reconhecido que o medidor de fluxo vibratório 5 pode compreender alternativamente um densitômetro vibratório.

O conjunto de medidor de fluxo 10 inclui um par de flanges 101 e 101', distribuidores 102 e 102', um acionador 104, sensores de desvio 105 e 105', e condutos de fluxo 103A e 103B. O acionador 104 e os sensores de

desvio 105 e 105' são conectados aos condutos de fluxo 103A e 103B.

Os flanges 101 e 101' são fixados aos distribuidores 102 e 102'. Os distribuidores 102 e 102' podem ser fixados em extremidades opostas de um espaçador 106. O espaçador 106 mantém o espaçamento entre os distribuidores 102 e 102' a fim de evitar que forças da tubulação sejam transmitidas aos condutos de fluxo 103A e 103B. Quando o conjunto de medidor de fluxo 10 é inserido em uma tubulação (não mostrada) que transporta o material fluido sendo medido, o material fluido entra no conjunto de medidor de fluxo 10 através do flange 101, passa através do distribuidor de entrada 102 onde a quantidade total do material fluido é dirigida para entrar nos condutos de fluxo 103A e 103B, flui através dos condutos de fluxo 103A e 103B e de volta para o distribuidor de saída 102', onde ela sai do conjunto do medidor 10 através do flange 101'.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são selecionados e montados de modo apropriado no distribuidor de entrada 102 e para o distribuidor de saída 102' de modo a ter substancialmente a mesma distribuição de massa, momentos de inércia e módulos elásticos em torno dos eixos de curvatura W--W e W'--W' respectivamente. Os condutos de fluxo 103A e 103B se estendem voltados para fora a partir dos distribuidores 102 e 102' em um modo essencialmente paralelo.

Os condutos de fluxo 103A e 103B são acionados pelo acionador 104 em direções opostas em tornos dos eixos de curvatura respectivos W e W' e em que é chamado o primeiro dentre o modo de curvatura de fase do medidor de fluxo vibratório 5. O acionador 104 pode compreender uma de 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 pela

eletrônica do medidor 20 para o acionador 104 via o fio condutor 110.

A eletrônica do medidor 20 recebe sinais dos sensores nos 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 os sinais de velocidade à esquerda e à direita a partir dos sensores de desvio 105 e 105' a fim de computar a taxa de fluxo de massa. O trajeto de comunicação 26 provê um meio de entrada e um de saída que permite à eletrônica do medidor 20 fazer interface com um operador ou outro sistema eletrônico. A descrição da Figura 1 é dada apenas como um exemplo da operação de um medidor de fluxo Coriolis e não se destina a limitar os ensinamentos da presente invenção.

O conjunto de medidor de fluxo 10 é configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido. A eletrônica do medidor 20 pode receber e processar a resposta vibracional a fim de gerar uma ou mais medições de fluxo de um material fluido, incluindo a fluxo de duas fases. O fluxo de duas fases pode incluir gás arrastado (incluindo ar arrastado) ou sólidos arrastados. O medidor de fluxo vibratório 5 é configurado para corrigir o gás arrastado e sólidos de modo a produzir medições de fluxo precisas e confiáveis apesar da fase arrastada. Em algumas formas de realização, a eletrônica do medidor 20 pode receber e processar a resposta vibracional a fim de gerar um alarme se um nível de fase arrastada no conjunto de medidor de fluxo 10 exceder um limiar de nível pré-determinado (ver Figura 4 e a discussão conjunta). O alarme pode indicar um nível de fase arrastada excessivo. O alarme pode indicar um tamanho de bolha excessivo, como se o tamanho de bolha exceder um limiar de tamanho pré-determinado, ou volume de gás. O alarme pode indicar um tamanho de partícula ou volume de sólidos excessivo. O alarme assim pode indicar que uma ou mais medições

de fluxo excederam uma tolerância de medição pré-determinada. Em algumas formas de realização, a eletrônica do medidor 20 pode refinar a correção de a(s) resultante(s) medição(ões) de fluxo(s) for(em) insuficientemente precisa(s).

5 Um problema comum na geração de uma ou mais medições de fluxo surge quando se tem ar arrastado (ou qualquer gás) no material fluido. O ar arrastado pode estar presente as bolhas de tamanho variado. Quando as bolhas são relativamente pequenas, elas tem um efeito negligenciável sobre as medições de fluxo. No entanto, à medida que o tamanho da bolha aumenta, o
10 erro na medição de fluxo também aumenta.

A eletrônica do medidor 20 de acordo com algumas formas de realização da invenção gera uma medição de fluxo melhorada. A medição de fluxo é melhorada na presença de uma fase arrastada no material fluido. A medição de fluxo é melhorada na presença de bolhas de ar arrastado no
15 material fluido. A medição de fluxo é melhorada na presença de um sólido arrastado no material fluido. Por exemplo, a eletrônica do medidor 20 pode gerar uma medição de densidade melhorada para um material fluido. A eletrônica do medidor 20 pode além disso proporcionar uma fração de arrastado volume e/ou outras medições da taxa de fluxo do material fluido.
20 Como um resultado, o medidor de fluxo vibratório 5 pode compreender um densitômetro vibratório e/ou um medidor de fluxo Coriolis. Outras medições de fluxo adicionais podem ser geradas e estão dentro do escopo da descrição e reivindicações.

Em uma forma de realização, os tubos de fluxo 103A e 103B
25 compreendem tubos de fluxo substancialmente em formato de U, como mostrado. Alternativamente, em outras formas de realização, os fluxos de tubo podem compreender tubos de fluxo substancialmente retos. No entanto, outros formatos também podem ser usados e estão dentro do escopo da

descrição e reivindicações.

A eletrônica do medidor 20 em uma forma de realização é configurada para vibrar os tubos de fluxo 103A e 103B. A vibração é realizada pelo acionador 104. A eletrônica do medidor 20 ainda recebe sinais vibracionais resultantes dos sensores de desvio 105 e 105'. Os sinais vibracionais compreendem uma resposta vibracional dos tubos de fluxo 103A e 103B. A eletrônica do medidor 20 processa a resposta vibracional e determina uma ou mais medições de fluxo.

Figura 2 mostra a eletrônica do medidor 20 do medidor de fluxo vibratório 5 de acordo com uma forma de realização da invenção. A eletrônica do medidor 20 nesta forma de realização inclui uma interface 201 que pode ser acoplada aos fios condutores 100 (e opcionalmente também ao trajeto de comunicação 26). A eletrônica do medidor 20 ainda inclui um sistema de processamento 203. O sistema de processamento 203 pode compreender qualquer modo de sistema de processamento, incluindo um processador geral ou especializado, circuitagem, etc. O sistema de processamento 203 recebe sinais do conjunto de medidor de fluxo 10 e processa os sinais, como uma resposta vibracional dos sensores de desvio 105 e 105'. O sistema de processamento 203 ainda pode gerar e transferir sinais para o conjunto de medidor de fluxo 10, como um sinal de acionamento que liga o acionador 104.

A eletrônica do medidor 20 pode ainda incluir um sistema de armazenamento 204 que armazena informação. O sistema de armazenamento 204 pode ser integrante ou separado do sistema de processamento 203. O sistema de armazenamento 204 pode armazenar uma resposta vibracional 211, uma densidade de duas fases 212 medida, uma densidade de líquido 2132, uma potência de acionamento computada 214, um fator de compensação de densidade 215, uma densidade de duas fases compensada 216, uma potência

de acionamento prevista 217, e uma densidade de fase arrastada 218, por exemplo. Outra informação pode ser armazenada no sistema de armazenamento 204, incluindo os valores discutidos abaixo.

5 A resposta vibracional 211 pode compreender uma resposta vibracional do conjunto de medidor de fluxo 10. A resposta vibracional 211 pode compreender sinais de desvio que tinham sido processados para obter uma medição de fluxo. A resposta vibracional 211 pode consequentemente compreender uma medição de fluxo, incluindo uma ou mais dentre uma taxa de fluxo de massa e uma taxa de fluxo de volume. A(s) taxa(s) de fluxo
10 pode(m) ser armazenada(s) como parte da resposta vibracional 211 ou pode(m) ser armazenada(s) como valores separados.

A densidade de duas fases medida 212 compreende uma medição de densidade medição obtida a partir dos sensores de desvio 105 e 105'. A densidade de duas fases medida 212 compreende uma medição de densidade
15 de um fluxo de duas fases no conjunto de medidor de fluxo 10, gerada como é bem conhecido na técnica. Como um resultado, à medida que aumenta a quantidade de ar arrastado no fluxo de duas fases, a densidade de duas fases medida 212 se torna menos precisa.

A densidade de líquido 213 compreende uma densidade conhecida do componente líquido do fluxo em duas fases. A densidade de líquido 213 pode compreender um valor armazenado ou constante, com base
20 em componente líquido.

A densidade de fase arrastada 218 compreende uma densidade conhecida (ρ_e) do componente de segunda fase arrastado do fluxo de duas
25 fases. A densidade de fase arrastada 218 pode compreender um valor armazenado ou constante, com base em componente arrastado.

A potência de acionamento computada 214 compreende uma energia elétrica necessária para o acionador 104. O acionador 104 pode ou

não receber toda a energia elétrica necessária, dependendo da quantidade de ar arrastado. A potência de acionamento computada 214 pode compreender um valor calculado ou medido que é armazenado pelo sistema de processamento 203. A potência de acionamento computada 214 pode
5 compreender a corrente de acionamento multiplicada pela voltagem de acionamento (isto é, a corrente elétrica através do acionador 104 multiplicada pela voltagem elétrica no acionador). Alternativamente, onde a voltagem no o acionador 104 não é medida ou de outra forma conhecida, a potência de acionamento computada 214 pode compreender a corrente de acionamento
10 multiplicada pela voltagem de desvio em um dos sensores de desvio. No entanto, esta abordagem também tem inconvenientes, como a corrente de acionamento é tipicamente não limitada e pode aumentar além de um certo nível, apesar disto não ser necessário. Consequentemente, a potência de acionamento computada 214 pode ser calculada de acordo com outros valores
15 (ver etapa 302 da Figura 3 abaixo).

O fator de compensação de densidade 215 compreende um fator de compensação que irá compensar a densidade de duas fases medida 212 para os efeitos de uma fase arrastada, como gás arrastado, por exemplo. No entanto, o gás pode variar e o fator de compensação de densidade 215 pode
20 compensar por qualquer gás ou mistura de gás. O fator de compensação de densidade 215 leva em conta a presença do gás arrastado. O fator de compensação de densidade 215 leva em conta os níveis variados de gás arrastado.

A densidade de duas fases compensada 216 compreende um
25 valor de densidade para o fluxo de duas fases. Em algumas formas de realização, a densidade de duas fases compensada 216 compreende uma densidade de duas fases medida 212 combinada com o fator de compensação de densidade 215.

A potência de acionamento prevista 217 compreende a potência de acionamento esperada a ser absorvida pela densidade de duas fases compensada com um tamanho de bolha médio ou outros parâmetros de fluido esperados, como a viscosidade média, densidade de líquido, etc. A potência de acionamento prevista 217 compreende uma potência de acionamento calculada usando a densidade de duas fases compensada 216.

Em operação e de acordo com uma forma de realização, o sistema de processamento 203 recebe a resposta vibracional 211, gera uma densidade de duas fases medida 212 a partir da resposta vibracional, e corrige pela fase arrastada em pelo menos uma densidade (ver FIGS. 3-4 e a discussão conjunta).

Figura 3 é um fluxograma 300 de um método para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção. Na etapa 301, o medidor de fluxo vibratório mede uma densidade do fluxo de duas fases para obter uma densidade de duas fases medida. Como foi previamente discutido, uma densidade de duas fases medida pode ter um grau variado de erro, dependendo do nível de fase arrastada, taxa de fluxo e outros parâmetros do material fluido.

Na etapa 302, a potência de acionamento computada é determinada. A potência de acionamento computada é a potência elétrica que é necessária pelo acionador do medidor de fluxo vibratório a fim de vibrar o(s) conduto(s) de fluxo. A potência de acionamento computada pode ser determinada multiplicando a corrente de acionamento pela voltagem de acionamento em uma forma de realização. Alternativamente, a potência de acionamento computada pode ser determinada multiplicando a corrente de acionamento pela voltagem de desvio presente em um dos sensores de desvio. A voltagem de sensor de desvio pode compreender um substituto aceitável

para a voltagem de acionamento, como a voltagem de acionamento é tipicamente não medida ou determinada no medidor de fluxo vibratório, enquanto a voltagem de sensor de desvio é medida e conhecida.

No entanto, a potência requerida para acionar o(s) conduto(s) de fluxo é proporcional ao quadrado da amplitude de vibração. Assim, quando a amplitude alvo é dobrada, a potência requerida para alcançar a amplitude vibracional alvo é quadruplicada. Infelizmente, a corrente de acionamento (I_d) não irá exceder uma capacidade de corrente de uma fonte de alimentação associada e o acionador pode não necessariamente receber o nível necessário de corrente de acionamento a fim de acionar de modo apropriado o(s) conduto(s) de fluxo, especialmente quando um grande nível de fases arrastadas existe no fluxo de duas fases. Assim, a potência de acionamento computada pode compreender a potência necessária pelo acionador a fim de completamente vibrar o(s) conduto(s) de fluxo, em vez da potência sendo consumida pelo acionador. Consequentemente, o acionador pode precisar de mais potência do que está sendo alimentada.

A potência de acionamento computada calculada de acordo com esta forma de realização compreende a potência necessária para completamente vibrar o(s) conduto(s), mesmo se a corrente elétrica disponível for insuficiente. A potência de acionamento computada é calculada de acordo com a equação: (1)

$$P_{\text{computado}} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

em que o termo (K) é uma constante de proporcionalidade para o medidor de fluxo vibratório, o termo (I_d) é uma corrente de acionamento medida, o termo (I_0) é a corrente de acionamento para uma fração de volume de zero (como a corrente de calibração), o (E_{PO}) é a voltagem de desvio medida, e o termo

(E_t) é uma voltagem alvo de desvio. A solução da equação (1) determina a potência de acionamento computada devido à presença da fase arrastada.

O termo ($I_d \times E_{PO}$) é um termo de potência que é proporcional à potência de acionamento consumida total. Em termos restritos, a voltagem de acionamento EMF deve ser usada para calcular a potência de acionamento em vez da voltagem de desvio (E_{PO}). No entanto, o acionamento EMF é difícil de medir, enquanto a voltagem de desvio (E_{PO}) facilmente medida é proporcional ao acionamento EMF. Assim, a voltagem de desvio (E_{PO}) pode ser empregada na equação. Este produto da voltagem de desvio (E_{PO}) e a corrente de acionamento (I_d) é proporcional à potência necessária para vibrar o(s) tubo(s) de fluxo. A voltagem alvo de desvio (E_t) corresponde a um alvo de amplitude de vibração especificado. A corrente de acionamento (I_d) é normalmente regulada para manter a voltagem de desvio em sua voltagem alvo e assim a amplitude de vibração em sua amplitude alvo. As bolhas de gás arrastado ou sólidos arrastados se movimentando através de um líquido, no entanto, aplicam forças grandes de amortecimento para o(s) tubo(s) de fluxo vibrando, de modo que com frequência o limite da corrente de acionamento é alcançado antes da voltagem de desvio (E_{PO}) alcançar sua voltagem alvo (E_t). Quando isto acontece, a voltagem de desvio (E_{PO}) é menor do que a voltagem alvo (E_t) e a amplitude de vibração é menor do que seu alvo.

O termo de relação de amplitude,

$$\left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2$$

ajusta a potência de acionamento para a redução na amplitude de vibração devido à corrente de acionamento alcançar seu limite. Em outras palavras, a potência calculada na equação (1) é uma potência que seria necessária para manter a amplitude de vibração em seu alvo, mesmo se esta potência não

estiver disponível. Quando a amplitude de vibração se encontra em seu alvo, então $E_{PO} = E_i$ e o termo da relação de voltagem se igual a 1.

O termo final na equação (1), o termo $(I_o \times E_i)$, é a potência de fração zero-vazia requerida para acionar um medidor de fluxo sem uma segunda fase (gás ou sólido) presente. Este termo pode compreender um valor de potência de calibração de fábrica. É necessário subtrair a potência de fração zero-vazia necessária da potência total porque o líquido puro produz muito pequeno ou nenhum erro de fluxo de massa. Equação (1) assim computa o aumento na potência devido à fase arrastada. Este aumento é grosseiramente proporcional com o erro devido a esta fase. A potência de fração zero-volume pode ser determinada durante a calibração na fábrica.

Na etapa 303, um fator de compensação de densidade é calculado. O fator de compensação de densidade pode ser calculado de acordo com a equação: (2)

fator de compensação de densidade =

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{unt}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{\text{Computado}})$$

em que o termo (ρ_{unt}) é a densidade do medidor não corrigida (isto é, medida ou indicada o (ρ_l) é a densidade do líquido conhecida, o termo $(P_{\text{computado}})$ é a potência de acionamento computada da equação (1). A densidade não corrigida (ρ_{unt}) é corrigida por uma função da fração de volume não corrigida, $\left(\frac{\rho_l - \rho_{unt}}{\rho_l - \rho_e} \right)$, onde (ρ_e) é a densidade de fase arrastada. As constantes (C1) e (C2) podem ser determinadas para um tipo de medidor de fluxo particular. Para um tipo de medidor de fluxo, as constantes foram experimentalmente determinadas como sendo $C1 = 0,66$ e $C2 = 0,0015$. No entanto, deve ser entendido que as duas constantes podem variar de acordo com o tamanho, tipo, etc. de medidor de fluxo.

A equação de compensação de densidade (2) pode ser derivada dos parâmetros de saída do medidor da potência de acionamento computada e fração de volume indicada/ medida. Deve ser notado que a densidade de líquido (ρ_l), e a densidade de componente arrastado ρ_e devem ser conhecidas a fim de alcançar a fração de volume não corrigida de uma densidade de duas fases medida. Nota-se que se o componente arrastado for gás sob pressão baixa, sua densidade pode ser aproximada como zero com pouca ou nenhuma degradação na compensação. Também se deve notar que cada tipo de medidor pode requerer uma única equação de compensação .

Na etapa 304, o fator de compensação de densidade é combinado com a densidade de duas fases medida de etapa 301 a fim de obter a densidade de duas fases compensada (ρ_{comp}). A densidade de duas fases compensada reflete mais precisamente a densidade do fluxo de duas fases do que a densidade de duas fases medida. A densidade de duas fases compensada minimiza o efeito do ar arrastado sobre as medições de característica de fluxo. A densidade de duas fases compensada minimiza o efeito de bolhas maiores sobre as medições de característica de fluxo.

Figura 4 é um fluxograma 400 de um método para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório de acordo com uma forma de realização da invenção. Na etapa 401, o medidor de fluxo vibratório mede uma densidade do fluxo de duas fases para obter uma densidade de duas fases medida, como já discutido.

Na etapa 402, a potência de acionamento computada é determinada, como previamente discutido.

Na etapa 403, um fator de compensação de densidade é calculado, como previamente discutido.

Na etapa 404, o fator de compensação de densidade é combinado com a densidade de duas fases medida de etapa 401 a fim de obter a

densidade de duas fases compensada, como previamente discutido.

Na etapa 405, a potência de acionamento prevista é determinada. A potência de acionamento prevista utiliza a densidade de duas fases compensada para gerar uma previsão de potência de acionamento. A potência de acionamento prevista (Y) pode ser gerada usando a densidade de duas fases compensada e de acordo com a equação:

$$Y = [(C3)x^4 + (C4)x^3 - (C5)x^2 + (C6)x] \times (\rho_l - \rho_e)^2 \quad (3)$$

em que x é a fração de volume de gás compensada,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right),$$

ρ_{comp} é a densidade compensada, e (ρ_e) é a densidade de fase arrastada.

Figura 5 é um gráfico de potência de acionamento versus fração de volume de gás que foi determinado experimentalmente para parâmetros de fluido múltiplos sobre uma faixa de frações de volume. O gráfico reflete a equação (3) acima. O gráfico/equação podem ser usados para derivar uma potência de acionamento prevista com base na compensação que já tinha sido realizada. As linhas inferiores no gráfico são curvas da potência real de acionamento computada para vários tamanhos de bolhas de gás menores e as linhas superiores são para vários tamanhos de bolhas de gás maiores. Pode ser notado a partir do gráfico que as bolhas de gás maiores requerem maior potência de acionamento para a mesma fração de vazio de gás. Pode ser também visto a partir do gráfico que a curva de potência característica pode ser experimentalmente determinada para um modelo particular de medidor de fluxo. A curva característica pode ser usada para derivar uma potência de acionamento prevista, usando um valor de fração de volume de gás produzido a partir do processo de compensação de densidade anterior.

A potência de acionamento prevista (o termo Y no gráfico) pode ser obtida através da equação (3) por inserção de um valor de fração de

volume compensada ($VF_{\text{compensado}}$) (o termo x no gráfico). A fração de volume compensada pode compreender uma fração de volume de ou uma fase gás ou uma fase sólida com relação à fase líquida. A fração de volume compensada ($VF_{\text{compensada}}$) é representada como

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{\text{comp}}}{\rho_l - \rho_e} \right).$$

Assim, a equação (3) fornece a potência de acionamento prevista (Y) usando o fator de compensação de densidade na forma de fração de volume compensado. Além disso, a potência de acionamento prevista é derivada usando uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório (isto é, as constantes C3 a C6). A característica de potência pode ser armazenada na eletrônica do medidor ou pode ser provida externamente. A característica de potência pode precisar ser independentemente derivada para cada modelo de medidor de fluxo vibratório.

Com referência novamente à Figura 4, na etapa 406 a potência de acionamento prevista é comparada com a potência de acionamento computada. Isto é feito a fim de determinar uma precisão das medições de fluxo. Se a potência de acionamento computada estiver dentro de uma tolerância pré-determinada de uma potência de acionamento prevista, então as medições de fluxo podem ser determinadas para serem precisas de modo aceitável. Se não, então, uma indicação de alarme pode ser gerada.

A condição de bolhas grandes de gás arrastado e uma taxa de fluxo baixo sofre de erros de desacoplamento, mas também de um erro além do de desacoplamento. Esta condição é chamada de assimetria de fluxo e é um resultado da resposta das bolhas à gravidade. Se a velocidade de elevação das com relação ao fluido for comparável com a velocidade do fluido, então o gás retarda e se acumula em quaisquer regiões de tubo de fluxo fluindo

descendentemente e corre através de quaisquer regiões de tubo de fluxo fluindo ascendentemente. Esta assimetria na distribuição do gás resulta em uma fração de volume de gás não representativa no medidor e ainda resulta em um amortecimento no tubo excessivo nas regiões de tubo de fluxo fluindo descendente. Como um resultado, a compensação para o desacoplamento sob estas condições não pode ser esperada para eliminar os erros de fluxo e densidade e estas condições precisam ser identificadas para ou um aviso de saída ou outra compensação.

Para condições de bolhas muito pequenas e taxas de fluxo maiores, o erro de assimetria de fluxo diminui porque as bolhas pequenas tendem a ser carregadas com o fluido (relação elevada de arrasto para fluutuabilidade). De modo ideal, este tipo de bolha pode ser identificado de modo a ser compensado de modo diferente.

Uma condição de assimetria de fluxo baixa existe para suspensões. Partículas grandes e baixas taxas de fluxo podem resultar em assentamento das partículas com pontos baixos no medidor. Isto causa uma fração de volume de sólidos não representativa no medidor, excessivo amortecimento e erros de fluxo e densidade que não podem ser compensados. Esta condição de assimetria também precisa ser identificada e um aviso precisa ser produzido como saída.

Na etapa 407, se uma potência de acionamento computada está dentro de uma quantidade de tolerância pré-determinada de uma potência de acionamento prevista, então a medição de densidade compensada é considerada como sendo precisa e compensação não prossegue mais. De outra forma, as medições de fluxo tornaram inaceitavelmente imprecisas. Consequentemente, o método prossegue para a etapa 408.

Na etapa 408, se uma potência de acionamento computada exceder a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar

superior pré-determinado, então o método se ramifica para a etapa 409. De outra forma, onde a potência de acionamento computada é menor do que a potência de acionamento prevista em mais do que o limiar inferior pré-determinado, então o método se ramifica para a etapa 410.

5 Figura 6 é um gráfico mostrando a potência de acionamento computada e a potência de acionamento prevista versus a fração de volume da fase arrastada. In Figura 6, a potência de acionamento computada é mostrada como sendo maior do que a potência de acionamento prevista. A potência de acionamento prevista é a potência requerida para o tamanho de bolha
10 arrastada nominal, viscosidade de fluido e outros parâmetros como taxa de fluxo. O fator de compensação de densidade é do mesmo modo determinado para parâmetros de mistura de fluido nominal. Assim, se uma potência de acionamento computada for diferente da potência de acionamento prevista, então a densidade compensada difere da densidade verdadeira da mistura de
15 duas fases. Por exemplo, condições como tamanho de bolha grande e baixa viscosidade consomem mais potência do que a potência prevista e também produzem mais erro do que o fator de compensação corrige. A correlação entre potência e erro de densidade existe porque o mesmo mecanismo que dissipa a energia de vibração, desacoplamento fluido, produz erro de
20 densidade. A diferença entre a potência prevista e a potência computada serve assim como uma verificação de uma precisão da compensação. Neste exemplo, a potência de acionamento computada é maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado (linha tracejada). Consequentemente, as medições de densidade compensada
25 podem ser consideradas como sendo inaceitavelmente imprecisas. Quando isto ocorre, um alarme pode ser disparado significando que as condições de fluxo precisam ser trocadas, como por misturação do fluxo ou aumento da taxa de fluxo ou pressão. Também, até o limite superior, a equação de fator de compensação pode ser alterada para a condição de maior desacoplamento.

Figura 7 é um gráfico de uma potência de acionamento computada e a potência de acionamento prevista similar à Figura 6 exceto que a potência de acionamento computada é mostrada como sendo menor do que a potência de acionamento prevista. Esta condição existe quando a quantidade de desacoplamento de fluido é menor do que as condições nominais usadas para determinar a potência prevista. Neste exemplo, a potência de acionamento computada é menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado (linha tracejada). Assim, a densidade de duas fases compensada não é ainda suficientemente precisa. Consequentemente, a equação de fator de compensação pode ser refinada para refletir a menor quantidade de desacoplamento. O fator de compensação modificado produz uma densidade mais precisa de duas fases compensada e leva a potência de acionamento computada a rastrear mais intimamente a potência de acionamento prevista.

Com referência novamente à Figura 4, na etapa 409, se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista por mais do que o limiar superior pré-determinado, então uma indicação de alarme é gerada. Uma indicação de alarme pode ser gerada a fim de avisar a um operador que condições de fluxo adversas estão ocorrendo. Uma indicação de alarme pode ser gerada a fim de avisar que medições de fluxo se tornaram não confiáveis. Uma indicação de alarme pode ser gerada a fim de advertir sobre um nível de fase arrastada excessivo, como sólidos excessivos ou tamanho de partículas de sólidos excessivo, ou um tamanho de bolhas excessivo no caso de um gás arrastado. Além disso, a indicação de alarme pode ser gerada a fim de sugerir uma mudança nas condições de fluxo. Por exemplo, uma indicação de alarme pode sugerir uma mudança na taxa de fluxo, pressão do fluxo ou outras condições. A condição de alarme pode ser armazenada e/ou transferida em algumas formas de realização, como transferida para um operador ou técnica que muda as

condições de fluxo.

- 5 Na etapa 410, se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista, então a densidade de duas fases compensada pode ser refinada a fim de melhorar a precisão e a confiabilidade das medições de fluxo. Em algumas realizações, a densidade de duas fases compensada é refinada por redução do fator de compensação de densidade. Em algumas realizações, o fator de compensação de densidade é reduzido por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado.

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor de fluxo vibratório (100) para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido, compreendendo um conjunto de medidor de fluxo (10) incluindo um acionador (104) e com o
5 medidor de fluxo vibratório (100) sendo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido e ainda compreendendo eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e recebendo a resposta vibracional com o medidor de fluxo vibratório (100) caracterizado pelo fato de que:

10 a eletrônica do medidor (20) sendo configurada para gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases usando a resposta vibracional, determinar a potência de acionamento computada necessária por um acionador (104) do conjunto de medidor de fluxo (10), e calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um
15 componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.

2. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é
20 configurada para multiplicar uma voltagem de acionamento por uma corrente de acionamento a fim de determinar a potência de acionamento computada.

3. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é
25 configurada para multiplicar uma voltagem de sensor de desvio por uma corrente de acionamento a fim de determinar a potência de acionamento computada.

4. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é

configurada para resolver a equação

$$P_{computado} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

a fim de determinar a potência de acionamento computada, onde K é uma constante de proporcionalidade, I_d é uma corrente de acionamento medida, I_0 é uma corrente de acionamento de fração de volume zero, E_{PO} é uma
5 voltagem de desvio, e E_t é uma voltagem alvo de desvio.

5. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que calcular o fator de compensação de densidade compreende resolver a equação

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{unt}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{computado})$$

com (ρ_l) sendo a densidade de líquido, com (ρ_e) sendo a densidade de fase
10 arrastada, com (ρ_{unt}) sendo a densidade de duas fases medida, com ($P_{computado}$) sendo a potência de acionamento computada, e com os termos C1 e C2 compreendendo constantes pré-determinadas específicas do medidor.

6. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é
15 ainda configurada para combinar o fator de compensação de densidade com a densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada.

7. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é
20 ainda configurada para combinar o fator de compensação de densidade com a densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas

fases compensada, determinar uma potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada, a densidade de duas fases compensada, e uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório (100), e determinar uma precisão das medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório (100) com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

8. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a eletrônica do medidor (20) é ainda configurada para resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right),$$

onde (ρ_{comp}) é a densidade de duas fases compensada, de modo a obter uma fração de volume compensada para o fluxo de duas fases.

9. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada diferir da potência de acionamento prevista por mais do que uma tolerância pré-determinada.

10. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

11. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão

ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um tamanho de bolha de gás excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

12. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada de sólido excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

13. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

14. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a determinação da precisão ainda compreende refinar a densidade de duas fases compensada se a potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado ou se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

15. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que refinar a densidade de duas fases compensada compreende reduzir o fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional entre a potência de acionamento computada

e o limiar inferior pré-determinado.

16. Medidor de fluxo vibratório (100) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende comparar a potência de acionamento prevista com a potência de acionamento computada, gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, e refinar a densidade de duas fases compensada por redução do fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado.

17. Método de corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido em um medidor de fluxo vibratório, o método compreendendo gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases, com o método sendo caracterizado por

determinar a potência de acionamento computada necessária por um acionador do medidor de fluxo vibratório; e

calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende multiplicar uma voltagem de acionamento por uma corrente de acionamento.

19. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende multiplicar uma voltagem de sensor de desvio por uma corrente

de acionamento.

20. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende resolver a equação

$$P_{\text{computado}} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

5 onde K é uma constante de proporcionalidade, I_d é uma corrente de acionamento medida, I_0 é uma corrente de acionamento de fração de volume zero, E_{PO} é uma voltagem de desvio, e E_t é uma voltagem alvo de desvio.

21. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que calcular o fator de compensação de densidade compreende
10 resolver a equação

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{unt}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{\text{computado}})$$

com (ρ_l) sendo a densidade de líquido, com (ρ_{unt}) sendo a densidade de duas fases medida, com (ρ_e) sendo a densidade de fase arrastada, com $(P_{\text{computado}})$ sendo a potência de acionamento computada, e com os termos C1 e C2 compreendendo constantes pré-determinadas específicas do medidor.

15 22. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender combinar o fator de compensação de densidade com a densidade de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada.

20 23. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender:

combinar o fator de compensação de densidade com a densidade

de duas fases medida de modo a prover uma densidade de duas fases compensada;

determinar uma potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada, a densidade de duas fases compensada e uma característica de potência do medidor de fluxo vibratório;
 5 e determinar uma precisão das medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

24. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado
 10 pelo fato de ainda compreender resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right),$$

onde (ρ_{comp}) é a densidade de duas fases compensada, de modo a obter uma fração de volume compensada para o fluxo de duas fases.

25. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo
 15 fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada diferir da potência de acionamento prevista por mais do que uma tolerância pré-determinada.

26. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo
 20 fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

27. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo
 25 fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de

alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um tamanho de bolha de gás excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

28. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada de sólido excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

29. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

30. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende refinar a densidade de duas fases compensada se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado ou se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

31. Método de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que com refinar a densidade de duas fases compensada compreende reduzir o fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o

limiar inferior pré-determinado.

32. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende:

comparar a potência de acionamento prevista com a potência de acionamento computada;

gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada exceder a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado; e

refinar a densidade de duas fases compensada por redução do fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado.

33. Método de corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido no medidor de fluxo vibratório, o método compreendendo gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases, com o método sendo caracterizado por:

determinar a potência de acionamento computada necessária por um acionador do medidor de fluxo vibratório;

calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente arrastado, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada;

combinar o fator de compensação de densidade com a densidade de duas fases medida para prover uma densidade de duas fases compensada;

determinar a potência de acionamento prevista usando a densidade de líquido, a densidade de fase arrastada, a densidade de duas fases

compensada, e característica de potência do medidor de fluxo vibratório; e

determinar uma precisão das medições de fluxo do medidor de fluxo vibratório com base em uma diferença entre o valor da potência de acionamento prevista e a potência de acionamento computada.

5 34. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende multiplicar uma voltagem de acionamento por uma corrente de acionamento.

35. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende
10 multiplicar uma voltagem de sensor de desvio por uma corrente de acionamento.

36. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a potência de acionamento computada compreende resolver a equação ,

$$P_{\text{computado}} = K \times \left[(I_d \times E_{PO}) \times \left(\frac{E_t}{E_{PO}} \right)^2 - (I_0 \times E_t) \right]$$

15 onde K é uma constante de proporcionalidade, I_d é uma corrente de acionamento medida, I_0 é uma corrente de acionamento de fração de volume zero, E_{PO} é uma voltagem de desvio, e E_t é uma voltagem alvo de desvio.

37. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar o fator de compensação de densidade compreende resolver a equação

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{unt}}{\rho_l - \rho_e} \right)^{C1} \times C2(P_{\text{computado}})$$

20 com (ρ_l) sendo a densidade de líquido, com (ρ_e) sendo a densidade de fase arrastada, com (ρ_{unt}) sendo a densidade de duas fases medida, com $(P_{\text{computado}})$ sendo a potência de acionamento computada, e com os termos C1 e C2

compreendendo constantes pré-determinadas específicas do medidor.

38. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de ainda compreender resolver a equação,

$$\left(\frac{\rho_l - \rho_{comp}}{\rho_l - \rho_e} \right),$$

5 onde (ρ_{comp}) é a densidade de duas fases compensada, de modo a obter uma fração de volume compensada para o fluxo de duas fases.

39. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada diferir da potência de
10 acionamento prevista por mais do que uma tolerância pré-determinada.

40. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a
15 potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

41. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de
20 alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um tamanho de bolha de gás excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

25 42. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de

alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado, indicando um nível de fase arrastada de sólido excessivo e ainda indicando uma mudança necessária nas condições de fluxo no medidor de fluxo vibratório.

43. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

44. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende refinar a densidade de duas fases compensada se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado ou se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do que um limiar superior pré-determinado.

45. Método de acordo com a reivindicação 44, caracterizado pelo fato de que refinar a densidade de duas fases compensada compreende reduzir o fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado.

46. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que determinar a precisão ainda compreende:

comparar a potência de acionamento prevista com a potência de acionamento computada;

gerar uma indicação de alarme se uma potência de acionamento computada for maior do que a potência de acionamento prevista em mais do

que um limiar superior pré-determinado; e

- 5 refinar a densidade de duas fases compensada por redução do fator de compensação de densidade por uma quantidade proporcional a uma diferença entre a potência de acionamento computada e o limiar inferior pré-determinado se uma potência de acionamento computada for menor do que a potência de acionamento prevista por mais do que um limiar inferior pré-determinado.

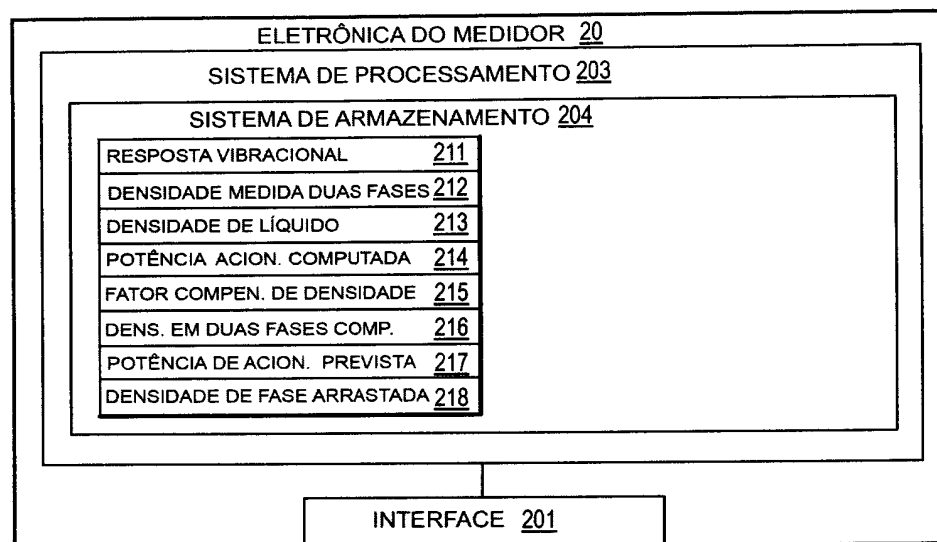


FIG. 2

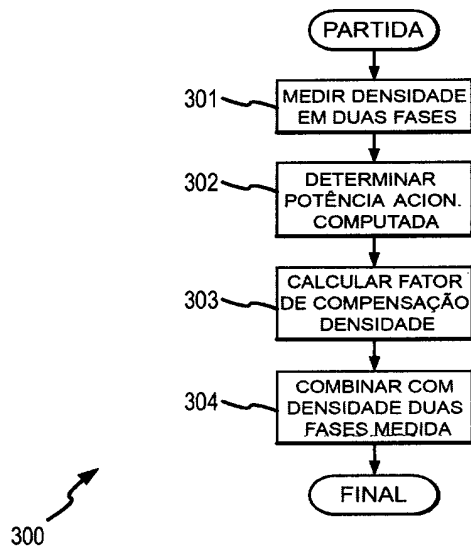


FIG. 3

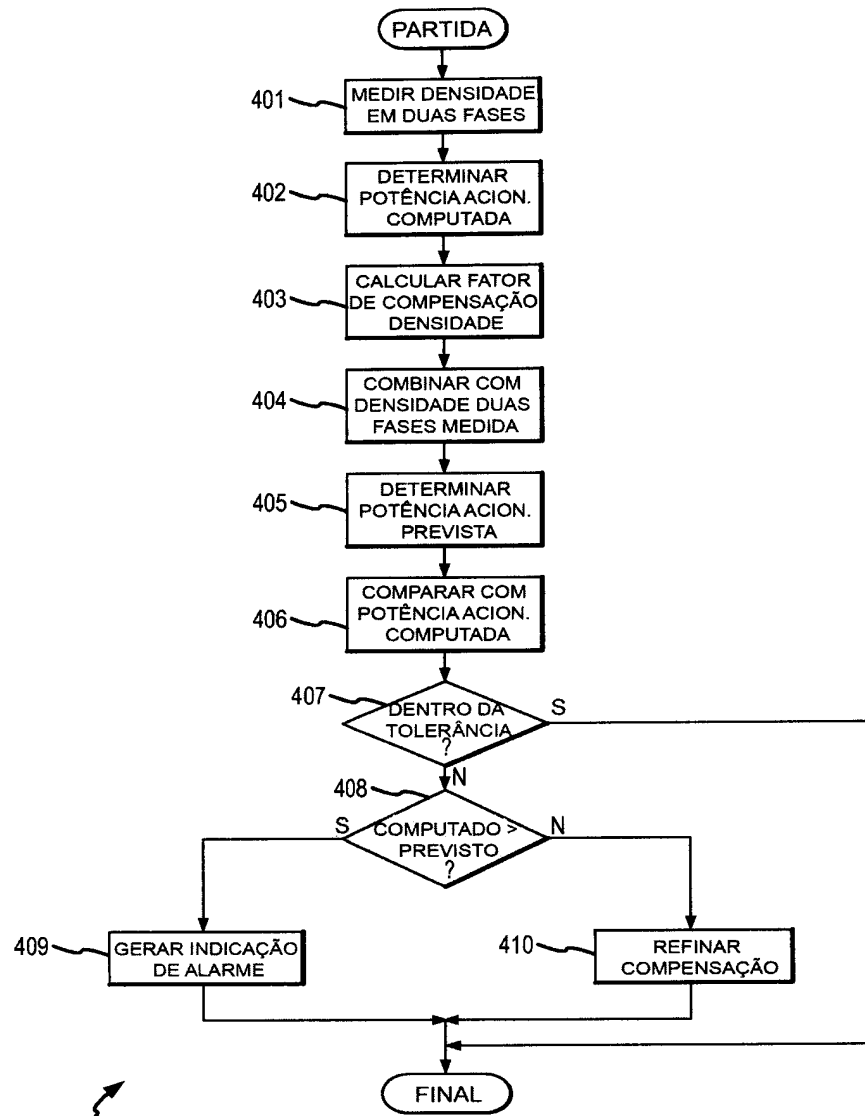


FIG. 4

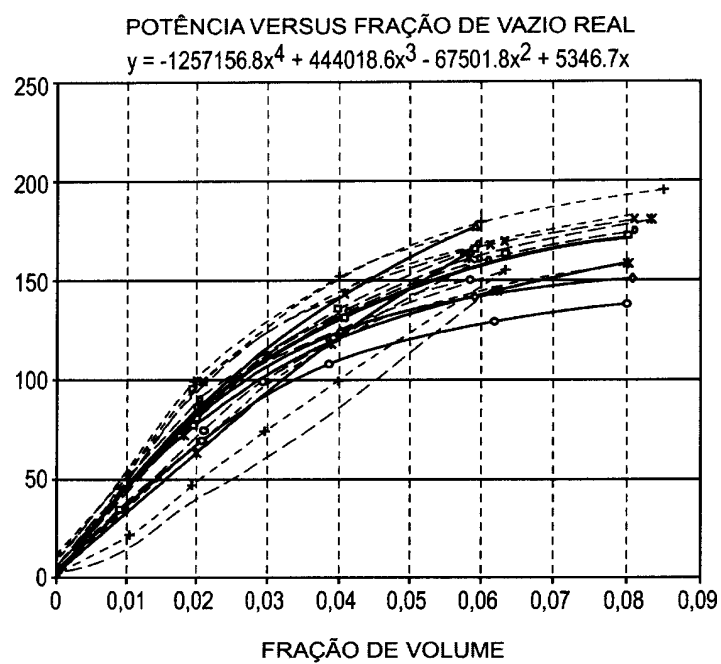


FIG. 5

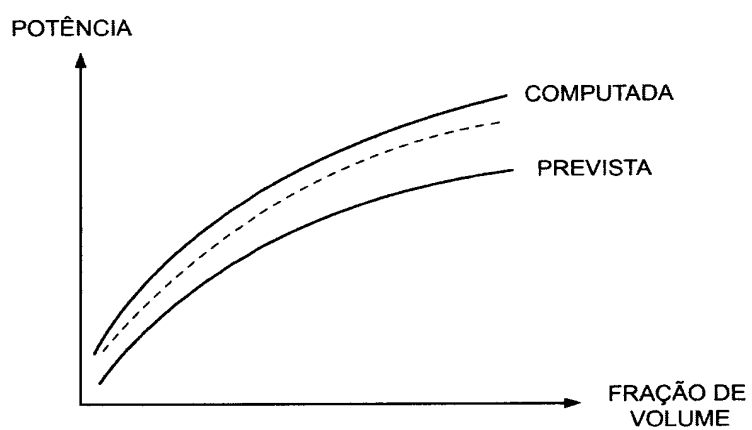


FIG. 6

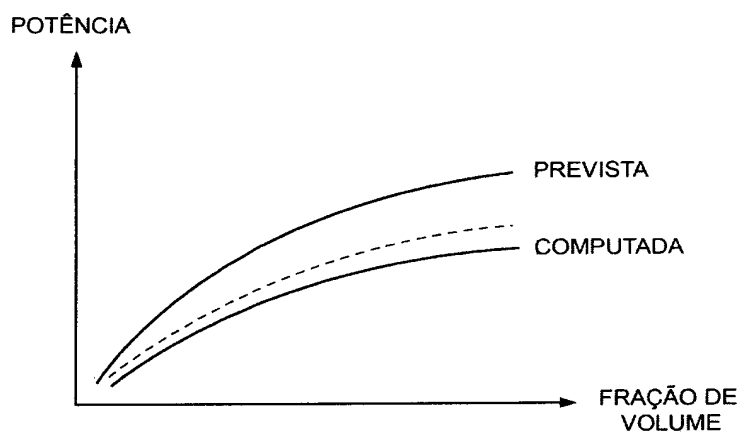


FIG. 7

RESUMO

"MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO, E, MÉTODO DE CORRIGIR UMA FASE ARRASTADA EM UM FLUXO EM DUAS FASES DE UM MATERIAL FLUIDO EM UM MEDIDOR DE FLUXO VIBRATÓRIO"

- 5 Descreve-se um medidor de fluxo vibratório (100) para corrigir uma fase arrastada em um fluxo em duas fases de um material fluido. O medidor de fluxo vibratório (100) inclui um conjunto de medidor de fluxo (10) incluindo um acionador (104) e com o medidor de fluxo vibratório (100) sendo configurado para gerar uma resposta vibracional para o material fluido.
- 10 O medidor de fluxo vibratório (100) ainda inclui eletrônica do medidor (20) acoplada ao conjunto de medidor de fluxo (10) e recebendo a resposta vibracional. A eletrônica do medidor (20) é configurada para gerar uma densidade de duas fases medida do fluxo de duas fases usando a resposta vibracional, para determinar a potência de acionamento computada necessária
- 15 por um acionador (104) do conjunto de medidor de fluxo (10), e para calcular um fator de compensação de densidade usando uma densidade de líquido de um componente líquido do fluxo em duas fases, uma densidade de fase arrastada de um componente de fase arrastada, a densidade de duas fases medida, e a potência de acionamento computada.