



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

(11) PI 0610904-7 B1

(22) Data do Depósito: 16/05/2006

(45) Data de Concessão: 30/01/2018



(54) Título: MEDIDOR ULTRASSÔNICO, MÉTODO E MÍDIA LEGÍVEL POR COMPUTADOR

(51) Int.Cl.: G01N 29/00

(30) Prioridade Unionista: 01/06/2005 US 60/686,249, 08/05/2006 US 11/382,160

(73) Titular(es): DANIEL MEASUREMENT AND CONTROL, INC.

(72) Inventor(es): KLAUS J. ZANKER; JOHN R. LANSING

“MEDIDOR ULTRASSÔNICO, MÉTODO E MÍDIA LEGÍVEL POR COMPUTADOR”

DECLARAÇÃO CONSIDERANDO PESQUISA OU
DESENVOLVIMENTO COM PATROCÍNIO FEDERAL

5 Não aplicável.

FUNDAMENTO

Medições de taxas de fluxo de massa e volume de fluido por um canal são uma parte de operações na indústria de petróleo e gás. Uma das ferramentas usadas para realizar uma tal medição é um medidor de fluxo ultrassônico. Medidores de fluxo ultrassônicos são uma classe de medidores de fluxo que determina fluxo volumétrico de um fluido dentro de um conduto usando sinais ultrassônicos propagados pelo fluido.

Medidores de fluxo ultrassônicos oferecem uma vantagem de gerar uma abundância de dados de diagnóstico que podem revelar problemas potenciais no desempenho do medidor. Porém, trocas nos dados de diagnóstico tem sido difícil de interpretar porque os dados são revisados freqüentemente depois de qualquer nova calibração de medidor ou falhas de campo do medidor. Prática de indústria pede manutenção rotineira fixa e intervalos de recalibração obrigatórios de medidores de fluxo. Tal programação de manutenção e recalibração pode ser cara e demorada. Além disso, se for executada em um intervalo fixo, é incerto se o medidor na verdade requer tal trabalho ser executado. Assim, a abundância de dados de diagnóstico provida pelo medidor de fluxo não está sendo usada eficientemente.

25 Houve alguma prática de negociar uma quantidade limitada de parâmetros de diagnóstico com tempo a fim de compilar informação adicional. Porém, metodologias atuais são incompletas e falta otimização. Estas metodologias carecem de prover dados significantes bastante para restringir a necessidade por manutenção fixa e intervalos de calibração.

Adicionalmente, métodos atuais não podem prever desempenho de sistema além do medidor de fluxo tal como uma condição de tubo a montante.

SUMÁRIO

Os problemas notados acima são resolvidos em grande parte por um método e sistema de medidor ultrassônico para determinar aspereza de tubo. Pelo menos algumas das concretizações ilustrativas são medidores ultrassônicos incluindo uma peça de carretel que acopla dentro de um fluxo de fluidos, e um primeiro par de transdutores montado mecanicamente a peça de carretel e acoplado acusticamente ao fluxo de fluidos (em que o primeiro par de transdutores inclui um transdutor a montante e um transdutor a jusante em relação operacional ao transdutor a montante e define uma primeira corda entre eles). O medidor ultrassônico é configurado para determinar dados de diagnóstico baseado em sinais acústicos entre o primeiro par de transdutores (em que os dados de diagnóstico incluem uma assimetria do fluxo de fluidos na peça de carretel, um fluxo transversal do fluxo de fluidos na peça de carretel, e um fator de perfil do fluxo de fluidos na peça de carretel). O medidor ultrassônico é configurado para determinar mudanças na aspereza de um tubo acoplado mecanicamente ao medidor ultrassônico baseado em uma tendência dos dados de diagnóstico (em que a tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade pela ambos a assimetria e o fluxo transversal e um valor substancialmente variável pelo fator de perfil).

Outras concretizações ilustrativas são métodos incluindo determinar dados de diagnóstico baseados em sinais acústicos transmitidos entre um primeiro par de transdutores de um medidor ultrassônico (em que o dados de diagnóstico incluem uma assimetria de um fluxo de fluidos que acopla dentro de uma peça de carretel, um fluxo transversal do fluxo de fluidos na peça de carretel, e um fator de perfil do fluxo de fluidos na peça de carretel), negociar os dados de diagnóstico com tempo, e determinar mudanças na aspereza de um tubo baseado na tendência dos dados de

diagnóstico (em que a tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade para ambos a assimetria e o fluxo transversal e um valor substancialmente variável para o fator de perfil).

5 Ainda outras concretizações ilustrativas são meios legíveis por computador incluindo uma pluralidade instruções que, quando executadas por um processador, executam métodos incluindo determinar mudanças na aspereza de um tubo baseado em uma tendência de dados de diagnóstico com tempo (em que os dados de diagnóstico são baseados em sinais acústicos transmitidos entre um primeiro par de transdutores e inclui: assimetria de um
10 fluxo de fluidos que acopla dentro de uma peça de carretel; fluxo transversal do fluxo de fluidos na peça de carretel; e fator de perfil do fluxo de fluidos na peça de carretel). A tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade para ambos a assimetria e o fluxo transversal e um valor substancialmente variável para o fator de perfil.

15 Os dispositivos e métodos expostos incluem uma combinação de características e vantagens que os permitem a superar as deficiências dos dispositivos da arte anterior. As várias características descritas acima, como também outras características, serão prontamente aparentes àqueles qualificados na arte ao ler a descrição detalhada seguinte, e se referindo aos
20 desenhos acompanhantes.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para uma descrição detalhada das várias concretizações da invenção, referência será feita agora aos desenhos acompanhantes, em que:

Figura 1 ilustra uma vista de topo cortada fora de um medidor
25 de fluxo de gás ultrassônico;

Figura 2 ilustra uma vista de extremidade de um medidor de fluxo ultrassônico de acordo com concretizações da invenção incluindo um peça de carretel e caminhos de corda A-D;

Figura 3 ilustra uma vista de topo de um medidor de fluxo

ultrassônico de acordo com concretizações da invenção incluindo um peça de carretel alojando pares de transdutores;

Figura 4 ilustra uma tendência de dados de diagnóstico com tempo de acordo com concretizações da invenção incluindo assimetria, fluxo transversal e dados de fator de perfil;

Figura 5 ilustra dados de diagnóstico de acordo com concretizações da invenção incluindo dados de perfil de velocidade para oleodutos lisos e ásperos;

Figura 6 ilustra uma tendência de dados de diagnóstico com tempo de acordo com concretizações da invenção incluindo dados de perfil de velocidade;

Figura 7 ilustra uma tendência de dados de diagnóstico com tempo de acordo com concretizações da invenção incluindo dados de turbulência; e

Figura 8 mostra um fluxograma exemplar para determinar aspereza de tubo.

NOTAÇÃO E NOMENCLATURA

Certos termos são usados ao longo da descrição reivindicações seguintes se referem a componentes de sistema particulares. Este documento não pretende distinguir entre componentes que diferem em nome, mas não função.

Na discussão e nas reivindicações seguintes, o termo "inclui" e "incluindo" são usados de um modo em aberto, e assim deveria ser interpretado significar "incluindo, mas não limitado a...". Também, o termo "acoplar" ou "acopla" é pretendido significar tanto uma conexão indireta ou direta. Assim, se um primeiro dispositivo acoplar a um segundo dispositivo, qual conexão pode ser por uma conexão direta, ou por uma conexão indireta por outros dispositivos e conexões. Ademais, que o termo "montado" é pretendido significar tanto uma conexão indireta ou direta. Assim, se um

primeiro dispositivo for montado a um segundo dispositivo, essa conexão pode ser por uma conexão direta, ou por uma conexão indireta por outros dispositivos e conexões.

DESCRIÇÃO DETALHADA

5 Figura 1 ilustra um medidor ultrassônico adequado para medir fluxo fluido, tais como líquidos ou gases, de acordo com concretizações da invenção. Peça de carretel 100, adequada para colocação entre seções de um oleoduto, tem um tamanho predeterminado e define uma seção de medição. Um par de transdutores 120 e 130, e seus alojamentos respectivos 125 e 135, 10 estão localizados ao longo do comprimento de peça de carretel 100. Transdutores 120 e 130 são transceptores ultrassônicos, significando que eles ambos geram e recebem sinais ultrassônicos. "Ultrassônico" neste contexto se refere a sinais acústicos, em algumas concretizações tendo frequências acima de cerca de 20 kHz. Em algumas concretizações, os sinais ultrassônicos 15 podem ter uma frequência de aproximadamente 125 kHz (para medidores de gás), e 1 MHz (para medidores de líquido). Indiferente da frequência, estes sinais podem ser gerados e recebidos por um elemento piezelétrico em cada transdutor. Para gerar um sinal ultrassônico, o elemento piezelétrico é estimulado eletricamente, e responde vibrando. A vibração do elemento 20 piezelétrico gera um sinal ultrassônico que viaja pela peça de carretel 100 pelo fluido ao transdutor correspondente do par de transdutores. Ao ser incidido por um sinal ultrassônico, o elemento piezelétrico receptor vibra e gera um sinal elétrico que é detectado, digitalizado e analisado por eletrônica associada com o medidor.

25 Um caminho 110, às vezes chamado uma "corda", existe entre transdutores 120 e 130 a um ângulo θ a uma linha de centro 105. O comprimento de "corda" 110 é a distância entre a face de transdutor 120 à face de transdutor 130. Pontos 140 e 145 definem os locais onde sinais acústicos gerados por transdutores 120 e 130 entram e deixam fluido fluindo

pela peça de carretel 100. A posição de transdutores 120 e 130 pode ser definida pelo ângulo θ , por um primeiro comprimento L medido entre transdutores 120 e 130, um segundo comprimento X correspondendo à distância axial entre em pontos 140 e 145, e um terceiro comprimento D correspondendo ao tubo ou diâmetro de peça de carretel. Na maioria dos casos, distâncias D , X e L são determinadas precisamente durante fabricação de medidor. Ademais, transdutores 120 e 130 são normalmente colocados uma distância específica de pontos 140 e 145, respectivamente, indiferente tamanho de medidor (isto é, diâmetro de peça de carretel).

Inicialmente, o transdutor a jusante 120 gera um sinal ultrassônico que se propaga e incide no transdutor a montante 130. Algum tempo mais tarde, o transdutor a montante 130 gera um sinal ultrassônico de retorno que se propaga e incide no transdutor a jusante 120. Assim, os transdutores 120 e 130 desempenham "lance e pega" com sinais ultrassônicos 115 ao longo de caminho de corda 110. Durante operação, esta sucessão pode ocorrer milhares de vezes por minuto para cada par de transdutores.

Um fluxo de fluido no peça de carretel 100 em uma direção com um perfil de velocidade 152. Vetores de velocidade 153-158 ilustram que a velocidade por peça de carretel 100 aumenta para linha de centro 105. O tempo de trânsito do sinal ultrassônico 115 entre transdutores 120 e 130 depende em parte de se o sinal ultrassônico 115 está viajando a montante ou a jusante com respeito ao fluxo de fluido. Um tempo de trânsito para um sinal ultrassônico 115 viajando a jusante (isto é, na mesma direção como o fluxo) é menos que o tempo de trânsito ao viajar a montante (isto é, contra o fluxo). Os tempos de trânsito a montante e a jusante podem ser usados para calcular a velocidade média ao longo do caminho de corda 110, e também podem ser usados para calcular a velocidade do som no fluxo de fluido. Dadas as medições de seção transversal do medidor levando o fluido e a velocidade média, o volume de fluido fluindo pela peça de carretel 100 pode

ser calculado.

Para determinar mais precisamente a velocidade média através da seção transversal de medidor, medidores de fluxo ultrassônicos incluem uma pluralidade de caminhos. Figura 2 ilustra um medidor de fluxo ultrassônico de múltiplos caminhos. Nestas concretizações, peça de carretel 100 inclui um caminho de corda A 225, um caminho de corda B 230, um caminho de corda C 235, e um caminho de corda D 240, a níveis variados pelo fluxo de fluido. Em concretizações alternativas, o medidor de fluxo de múltiplos caminhos pode incluir um número diferente de caminhos de corda. Cada caminho de corda A-D corresponde a dois transdutores se comportando alternadamente como um transmissor e um receptor. Também mostrada é eletrônica de controle 160, que adquire e processa os dados dos quatro caminhos de corda A-D. Escondidos de vista na Figura 2 estão os quatro pares de transdutores que correspondem a caminhos de corda A-D.

O arranjo dos quatro pares de transdutores pode ser mais facilmente entendido por referência à Figura 3. Quatro pares de orifícios de transdutor estão montados em peça de carretel 100. Cada par de orifícios de transdutor corresponde a um único caminho de corda 110 da Figura 2. A peça de carretel 100 tem montado nela um primeiro par de orifícios de transdutor 125 e 135 como também transdutores associados. Outro par de orifícios de transdutor incluindo orifícios 165 e 175 (só parcialmente em vista) como também transdutores associados estão montados livremente de forma que seu caminho de corda forme frouxamente um "X" com respeito ao caminho de corda 110 de orifícios de transdutor 125 e 135. Semelhantemente, orifícios de transdutor 185 e 195 são colocados paralelos a orifícios de transdutor 165 e 175, mas a um "nível" diferente (isto é, uma posição radial diferente no tubo ou peça de carretel de medidor). Não explicitamente mostrado na Figura 3 é um quarto par de transdutores e orifícios de transdutor. Tomando Figuras 2 e 3 juntas, os pares de transdutores são arranjados tal que os dois pares

superiores de transdutores correspondendo a cordas A e B formem um X, e os dois pares inferiores de transdutores correspondendo a cordas C e D também formem um X. Baseado nos tempos de trânsito, a velocidade fluxo do fluido pode ser determinada a cada corda A-D para obter velocidades de fluxo de corda, e as velocidades de fluxo de corda podem ser combinadas para determinar uma velocidade fluxo média através do tubo inteiro ou peça de carretel de medidor 100.

As velocidades de fluxo de corda são baseadas em um grupo de tempos de trânsito recebidos dos quatro pares de transdutores. O grupo de tempos de trânsito inclui um grupo de uma diferença em tempo de trânsito (' Δt ') entre em um tempo de trânsito a jusante ' t_1 ' e um tempo de trânsito a montante ' t_2 ' gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (1)$$

Um grupo de 20 valores de Δt pode ser usado para determinar um valor médio de Δt . Em concretizações alternativas, um número diferente de valores de Δt pode ser usado.

Baseado no valor médio de Δt , uma velocidade fluxo de corda média pode ser determinada como definido substancialmente pela equação seguinte:

$$V_i = \frac{L^2}{2X} \frac{\Delta t}{t_1 t_2}, \quad (2)$$

em que 'i' é indicativo da velocidade fluxo de corda particular sendo determinada (isto é, ' V_A ', ' V_B ', ' V_C ' ou ' V_D ' correspondendo a cordas A-D, respectivamente), L é a distância entre os transdutores, e X é a distância axial no fluxo. Ademais, baseado nas velocidades de corda médias, uma velocidade fluxo média (' V_{AVG} ') do fluxo de fluidos pelo tubo ou peça de carretel de medidor 100 pode ser determinada substancialmente pela equação seguinte:

$$V_{AVG} = W_A V_A + W_B V_B + W_C V_C + W_D V_D \quad (3),$$

em que ' W_A ', ' W_B ', ' W_C ' e ' W_D ' são fatores de ponderação dependentes de corda.

Quando combinados de vários modos, as velocidades de corda provêm uma indicação sobre condições variáveis tal como aspereza de tubo do trabalho de tubo montante do medidor ou aspereza dentro do próprio medidor. Especificamente, de acordo com algumas concretizações, a
 5 assimetria, fluxo transversal, e fator de perfil do fluxo de fluidos pelo tubo ou peça de carretel de medidor 100 são usados para determinar aspereza de tubo. Cada um destes é discutido por sua vez.

Assimetria compara o fluxo na metade de topo do tubo ou medidor (V_A , V_B) com aquele na metade de fundo da do tubo ou medidor (V_C ,
 10 V_D) e pode ser gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Assimetria} = \frac{V_A + V_B}{V_C + V_D}. \quad (4)$$

O fluxo transversal compara o fluxo em um plano vertical (por exemplo, um plano definido por caminho de corda A 225 e caminho de corda C 235, com velocidades de corda correspondentes V_A e V_C) ao fluxo em outro plano vertical (por exemplo, um plano definido por caminho de corda B 230 e
 15 caminho de corda D 240, com velocidades de corda correspondentes V_B e V_D) que pode ser orientado substancialmente a um ângulo reto com respeito um ao outro e pode ser gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Fluxo transversal} = \frac{V_A + V_C}{V_B + V_D}. \quad (5)$$

Fator de perfil compara o fluxo perto do centro do tubo ou medidor (V_B , V_C) ao fluxo perto do tubo ou parede medidor (V_A , V_D) e pode
 20 ser gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Fator de perfil} = \frac{V_B + V_C}{V_A + V_D}. \quad (6)$$

O fator de perfil também provê uma indicação sobre redemoinho do fluxo devido ambos a posições radiais variadas e planos dos caminhos de corda A-D. Sob condições operacionais ótimas, o valor de assimetria deveria ser cerca de unidade, o valor de fluxo transversal deveria
 25 ser cerca de unidade, e o valor de fator de perfil deveria ser cerca de 1,17.

Se referindo agora à ilustração da Figura 4, a assimetria 200, fluxo transversal 205, e fator de perfil 210 são desenhados como uma função de tempo. Tempo está desenhado ao longo do eixo x, e a assimetria 200, fluxo transversal 205, e fator de perfil 210 estão desenhados ao longo do eixo y. A
5 tendência destes dados de diagnóstico com tempo ilustra um valor substancialmente constante de cerca de unidade (o valor operacional ótimo) para ambos a assimetria 200 e o fluxo transversal 205 e um valor substancialmente crescente longe de cerca de 1,17 (o valor operacional ótimo) para o fator de perfil 210 do fluxo de fluidos pelo tubo ou medidor. Esta
10 tendência nos dados indica que fluxo permanece simétrico e não há substancialmente nenhum fluxo transversal, enquanto as velocidades de fluxo perto do centro do tubo ou medidor (caminhos de corda B 230 e C 235) são crescentes quando comparadas a velocidades de fluxo perto do tubo ou parede de medidor (caminhos de corda AN 225 e D 240).

15 Os dados de diagnóstico ilustrados na Figura 4 são ilustrativos de uma indicação sobre condições variáveis tais como aspereza de tubo ou medidor. Mais especificamente, a tendência dos dados como mostrado na Figura 4 provê uma indicação de um aumento em aspereza da tubulação a montante ou um aumento em aspereza da peça de carretel de medidor 100.

20 Retornando à Figura 1, o perfil de velocidade 152 é estabelecido pela condição de tubo a montante do medidor ou a montante dos transdutores. Por exemplo, se o tubo e acessórios a montante forem fixos, alguém não esperaria uma mudança na perfil de velocidade 152. Porém, há condições sob as quais o perfil de velocidade 152 pode mudar tal como: uma
25 válvula de controle de fluxo a montante sendo ajustada; um fluxo ramificado a montante de proporção variada para o fluxo medido; um condicionador de fluxo aprisionando detritos; ou erosão, corrosão, ou deposição mudando a aspereza de tubo ou medidor a montante.

A mudança em perfil de velocidade 152 devido a um dos



fatores acima mencionados pode ser entendida mais facilmente com referência à Figura 5. Figura 5 ilustra o perfil de velocidade 152 como uma função do local das cordas A-D para ambas as condições a montante lisa 215 (curva sólida) e áspera 220 (curva tracejada). O local de corda está desenhado ao longo do eixo x com a posição correspondendo a caminho de corda A 225, caminho de corda B 230, caminho de corda C 235, e caminho de corda D 240 também notado. O perfil de velocidade 152 (que é um número adimensional) está desenhado ao longo do eixo y, em que o perfil de velocidade 152 está definido substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Perfil de velocidade} = \frac{V_{\text{CHORD}}}{V_{\text{AVG}}}, \quad (7)$$

em que V_{CHORD} é a velocidade de fluxo de corda de uma das cordas A-D e V_{AVG} é a velocidade média do fluxo de fluidos na peça de carretel como definido acima.

Para condições ásperas a montante (curva 220), a velocidade perto de um tubo ou parede de medidor (V_A , V_D baseada em caminho de corda A 225 e caminho de corda D 240) é reduzida por causa de resistência aumentada devido à aspereza de tubo ou medidor. Simultaneamente, a velocidade perto do centro do tubo ou medidor (V_B , V_C baseada em caminho de corda B 230 e caminho de corda C 235) é aumentada por que o mesmo fluxo de massa viajará pelo medidor de fluxo devido ao princípio de continuidade. Assim, o perfil de velocidade 152 assume uma forma mais aguda para o caso condições ásperas a montante (novamente, curva 220) quando comparado ao caso de condições lisas a montante (curva 215).

Figura 6 ilustra o perfil de velocidade 152 como uma função de tempo para os locais variados das cordas A-D. Tempo está desenhado ao longo do eixo x, e o perfil de velocidade 152 correspondendo a caminhos de corda A-D está desenhado ao longo do eixo y. Como semelhantemente ilustrado na Figura 5, Figura 6 mostra uma diminuição em velocidade perto do tubo ou parede de medidor (perfil de velocidade 152 correspondendo a

caminho de corda A 225 e caminho de corda D 240) e um aumento simultâneo em velocidade perto do centro do tubo ou medidor (perfil de velocidade 152 correspondendo a caminho de corda B 230 e caminho de corda C 235). Além disso, Figura 6 mostra esta mudança como uma função de tempo. Assim, o componente de perfil de velocidade 152 dos dados de diagnóstico como ilustrado na Figura 6 provê um indicador adicional sobre as condições variáveis do tubo ou medidor com o tempo.

Outro componente dos dados de diagnóstico, um valor de turbulência, pode ser gerado baseado no grupo de valores de Δt . Tomando a média Δt e um desvio-padrão de Δt ($\sigma\Delta t$), turbulência (isto é, flutuação de velocidade) pode ser definida substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Turbulência} = \frac{\sigma\Delta t}{\Delta t} * 100\% . \quad (8)$$

A turbulência pode ser interpretada como uma medida da flutuação de velocidade para cada caminho de corda A-D. Sob condições operacionais ótimas, a turbulência é cerca de 1-2% para caminhos de corda internos B 230 e C 235 e cerca de 3-4% para caminhos de corda externos A 225 e D 240.

Figura 7 é uma ilustração de turbulência 245 como uma função de tempo. Tempo está desenhado ao longo do eixo x, e a porcentagem de turbulência 245 está desenhada ao longo do eixo y. Como mostrado na Figura 7, a porcentagem inicial de turbulência 245 é mais alta para caminhos de corda A 225 e D 240 quando comparada à turbulência 245 para caminhos de corda B 230 e C 235. Com tempo crescente, a turbulência 245 ao longo de todos os caminhos de corda aumenta. Este resultado é indicativo de uma aspereza de tubo ou medidor a montante como tais fatores podem causar turbulência 245 aumentada como também aumentos em perda de fricção e tensão de cisalhamento. Assim, o dados de turbulência também provêem um indicador adicional sobre as condições variáveis da tubulação a montante.

Figura 8 ilustra um fluxograma para um algoritmo usado para

determinar aspereza de tubo de acordo com concretizações da invenção. O processo começa (bloco 300) e procede à determinação de dados de diagnóstico baseado em sinais ultrassônicos (bloco 302) transmitidos entre pares de transdutores. Em algumas concretizações, os dados de diagnóstico

5 incluem a assimetria 200, fluxo transversal 205 e fator de perfil 210 do fluxo de fluidos pelo tubo ou peça de carretel de medidor 100. Outras concretizações podem considerar perfil de velocidade 152 e dados de turbulência 245. O processo então procede à avaliação dos dados de diagnóstico com tempo (bloco 304). A avaliação pode ser executada durante

10 um certo tempo como determinado por um usuário como sendo adequado, e em algumas concretizações pode ser na ordem de meses ou anos. Depois de período de tempo predeterminado alocado para avaliação dos dados de diagnóstico, o processo procede à determinação de mudanças na aspereza do tubo ou medidor baseado na tendência dos dados (bloco 306). Em algumas

15 concretizações, a determinação de aspereza de tubo é feita baseado no subconjunto de dados de diagnóstico incluindo a assimetria 200, fluxo transversal 205 e fator de perfil 210. Em outras concretizações, a determinação de aspereza de tubo ou medidor pode ser suportada igualmente pelo perfil de velocidade 152 e dados de turbulência 245. Depois de

20 determinação da condição de tubo e medidor, o processo então procede à determinação de banco de dados de diagnóstico adicionais em sinais ultrassônicos 115 (bloco 302).

Da descrição provida aqui, aqueles qualificados na arte são capazes de combinar prontamente os métodos como descrito para criar

25 software, que quando combinado com hardware de computador de propósito geral ou de propósito especial apropriado pode ser usado para criar um sistema de computador e/ou sub-componentes concretizando a invenção, criar um sistema de computador e/ou sub-componentes de computador para efetuar o método da invenção e/ou criar uma mídia legível por computador para

armazenar um programa de software para implementar os aspectos de método da invenção.

A discussão anterior é significada ser ilustrativa dos princípios e várias concretizações da presente invenção. Numerosas variações e 5 modificações se tornarão aparentes àqueles qualificados na arte uma vez que a exposição anterior seja apreciada completamente. É planejado que as reivindicações seguintes sejam interpretadas para abranger todas as tais variações e modificações.

REIVINDICAÇÕES

1. Medidor ultrassônico caracterizado por compreender:

um peça de carretel (100) que se acopla dentro de um fluxo de fluidos; e

5 uma pluralidade de pares de transdutores montados mecanicamente na peça de carretel (100) e acusticamente acoplado ao fluxo de fluidos, cada par de transdutores compreendendo um transdutor (130) a montante e um transdutor (120) a jusante em relação operacional com o transdutor à montante e definindo uma corda respectiva (110) entre cada par
10 de transdutores na dita pluralidade de pares de transdutores,

em que cada par de transdutores na dita pluralidade de pares de transdutores é montado em uma posição radial diferente dentro da peça de carretel,

em que o medidor ultrassônico compreende ainda uma
15 eletrônica de análise (160) configurada para determinar dados de diagnóstico com base em sinais acústicos transmitidos entre a pluralidade de pares de transdutores, os dados de diagnóstico incluindo:

assimetria (200) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100);

fluxo transversal (205) do fluxo de fluidos na peça de carretel

20 (100); e

fator de perfil (210) do fluxo de fluidos na peça de carretel

(100); e

em que a eletrônica de análise (160) é configurada para determinar que ocorreram alterações na aspereza de um tubo acoplado
25 mecanicamente ao medidor ultrassônico quando uma tendência dos dados de diagnóstico em relação ao tempo compreende um valor substancialmente constante de uma unidade tanto para a assimetria (200) como para o fluxo transversal (205) e um valor substancialmente variável para o fator de perfil (210).

2. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma eletrônica de análise (160) configurada para determinar o perfil de velocidade (152) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100), em que o perfil de velocidade provê uma indicação adicional de mudanças na aspereza do tubo.

3. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os dados de diagnóstico ademais incluem uma turbulência do fluxo de fluidos na peça de carretel (100), e em que a turbulência provê uma indicação adicional de mudanças na aspereza do tubo.

4. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a turbulência do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) é gerada substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Turbulência} = \frac{\sigma \Delta t}{\Delta t} * 100\% ,$$

em que ' Δt ' é uma diferença entre um tempo de trânsito ' t_1 ' e um tempo de trânsito ' t_2 ' gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\Delta t = t_2 - t_1, \text{ e}$$

em que ' $\sigma \Delta t$ ' é um desvio-padrão de ' Δt '.

5. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

um segundo par de transdutores montado mecanicamente à peça de carretel (100) e acoplado acusticamente ao fluxo de fluidos, o segundo par de transdutores incluindo um transdutor a montante e um transdutor a jusante em relação operacional ao transdutor a montante e definindo uma segunda corda entre eles;

um terceiro par de transdutores montado mecanicamente à peça de carretel (100) e acoplado acusticamente ao fluxo de fluidos, o terceiro par de transdutores incluindo um transdutor a montante e um transdutor a jusante em relação operacional ao transdutor a montante e definindo uma terceira corda entre eles; e

um quarto par de transdutores montado mecanicamente à peça de carretel (100) e acoplado acusticamente ao fluxo de fluidos, o quarto par de transdutores incluindo um transdutor a montante e um transdutor a jusante em relação operacional ao transdutor a montante e definindo uma quarta corda entre eles;

em que o medidor ultrassônico é configurado para determinar dados de diagnóstico baseado em sinais acústicos transmitidos entre cada do segundo, terceiro e quarto pares de transdutores.

6. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que cada uma da primeira, segunda, terceira e quarta cordas são definidas a posições radiais variadas dentro da peça de carretel (100).

7. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que os dados de diagnóstico ademais incluem um perfil de velocidade (152) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) baseado nas posições radiais variadas das cordas, e em que o perfil de velocidade (152) provê uma indicação adicional de mudanças na aspereza do tubo.

8. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de ser configurado para determinar uma velocidade 'V_A' associada com o primeiro par de transdutores, uma velocidade 'V_B' associada com o segundo par de transdutores, uma velocidade 'V_C' associada com o terceiro par de transdutores, e uma velocidade 'V_D' associada com o quarto par de transdutores.

9. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a assimetria (200) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) é gerada substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Assimetria} = \frac{V_A + V_B}{V_C + V_D}.$$

10. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 8,

caracterizado pelo fato de que o fluxo transversal (205) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) é gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Fluxo transversal} = \frac{V_A + V_C}{V_B + V_D}.$$

11. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o fator de perfil (210) do fluxo de fluido na
5 peça de carretel (100) é gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Fator de perfil} = \frac{V_B + V_C}{V_A + V_D}.$$

12. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que um perfil de velocidade (152) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) é gerado substancialmente pela equação seguinte:

$$\text{Perfil de velocidade} = \frac{V_{CHORD}}{V_{AVG}},$$

10 em que 'V_{CHORD}' inclui 'V_A', 'V_B', 'V_C' e 'V_D', e em que 'V_{AVG}' é uma velocidade média do fluxo de fluidos na peça de carretel (100) e é gerada substancialmente pela equação seguinte:

$$V_{AVG} = W_A V_A + W_B V_B + W_C V_C + W_D V_D, \text{ e}$$

em que 'W_A', 'W_B', 'W_C' e 'W_D' são fatores de ponderação dependentes de corda.

15 13. Medidor ultrassônico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os dados de diagnóstico são usados para monitoração baseada em condição do medidor ultrassônico.

14. Método para determinar aspereza de tubos utilizando um medidor ultrassônico conforme definido na reivindicação 1, caracterizado
20 pelo fato de compreender:

determinar banco de dados de diagnóstico baseado em sinais acústicos transmitidos entre um primeiro par de transdutores de um medidor ultrassônico, os dados de diagnóstico incluindo:

assimetria (200) de um fluxo de fluidos que acopla dentro de

um peça de carretel (100);

fluxo transversal (205) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100); e

fator de perfil (210) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100);

avaliar os dados de diagnóstico com tempo; e

determinar mudanças na aspereza de um tubo baseado na tendência dos dados de diagnóstico, em que a tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade para ambos assimetria (200) e o fluxo transversal (205) e um valor substancialmente variável para o fator de perfil (210).

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que os dados de diagnóstico ademais incluem um perfil de velocidade (152) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100), e em que o perfil de velocidade (152) provê uma indicação adicional de mudanças na aspereza do tubo.

16. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que os dados de diagnóstico ademais incluem uma turbulência do fluxo de fluidos na peça de carretel (100), e em que a turbulência provê uma indicação adicional de mudanças na aspereza do tubo.

17. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que determinar dados de diagnóstico ademais inclui determinar banco de dados de diagnóstico baseado em sinais acústicos transmitidos entre cada de um segundo, terceiro e quarto par de transdutores.

18. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de compreender ainda usar os dados de diagnóstico para monitoração baseada em condição de um medidor ultrassônico.

19. Mídia legível por computador caracterizada pelo fato de compreender uma pluralidade de instruções que, quando executadas por um

processador, executam um método para determinar a aspereza de tubo conforme definido na reivindicação 14, o método incluindo:

determinar mudanças na aspereza de um tubo baseado em uma tendência de dados de diagnóstico com tempo, em que os dados diagnóstico são baseados em sinais acústicos transmitidos entre um primeiro par de transdutores e inclui:

assimetria (200) de um fluxo de fluidos que acopla dentro de uma peça de carretel (100);

fluxo transversal (205) do fluxo de fluidos na peça de carretel (100); e

fator de perfil (210) do fluxo de fluido na peça de carretel (100); e

em que a tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade para ambos assimetria (200) e o fluxo transversal (205) e um valor substancialmente variável para o fator de perfil (210).

20. Mídia legível por computador, de acordo com a reivindicação 19, caracterizada pelo fato de que os dados de diagnóstico são usados para monitoração baseada em condição de um medidor ultrassônico.

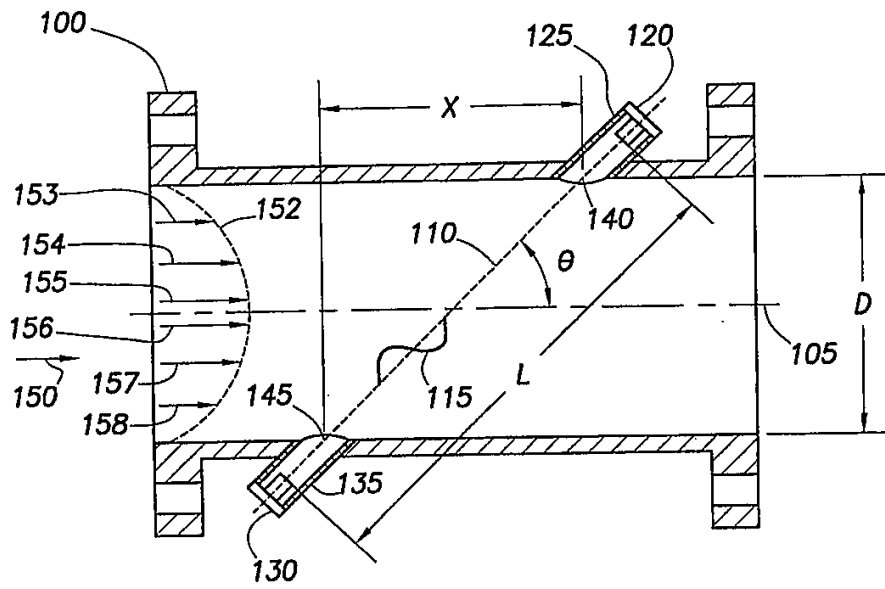


FIG. 1

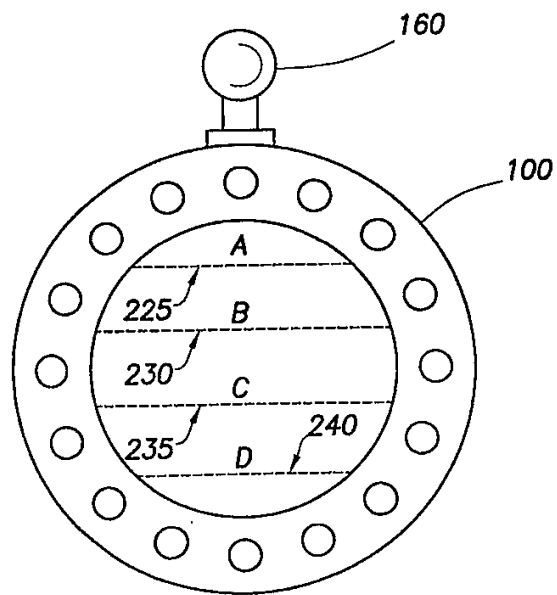


FIG. 2

FIG. 3

FIG. 3 is a perspective view of a cylindrical structure 100. The cylinder is divided into two halves by a vertical dashed line 105. The left half contains a rectangular block 185 and a semi-circular block 135 labeled 'U'. The right half contains a rectangular block 195 and a semi-circular block 125 labeled 'D'. Two dashed lines intersect at a point 110 in the center. One dashed line passes through 185 and 125, the other through 135 and 195. An angle θ is indicated between the vertical line 105 and the dashed line passing through 135 and 195. A vertical arrow 150 points upwards from the bottom center. Small rectangular blocks 165 and 175 are positioned on the left and right surfaces respectively.

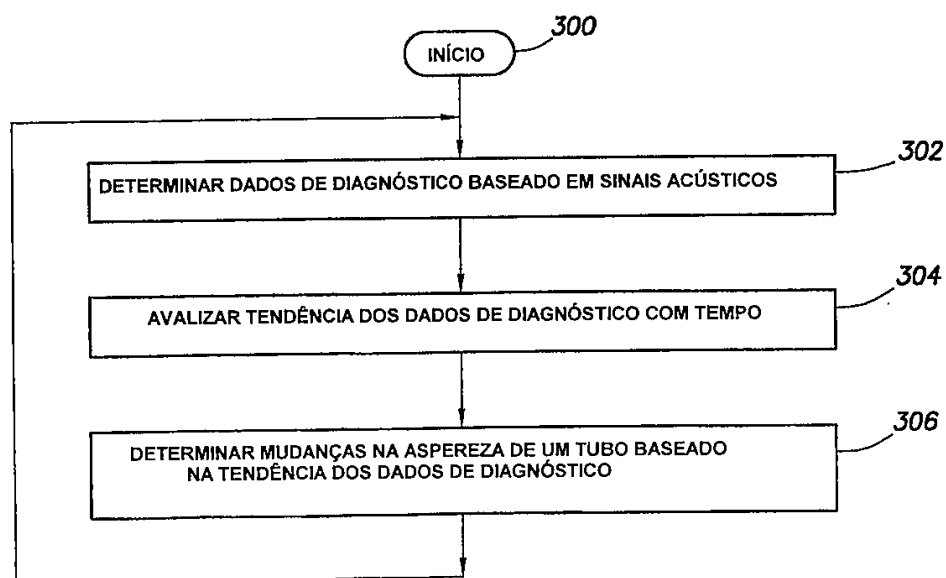
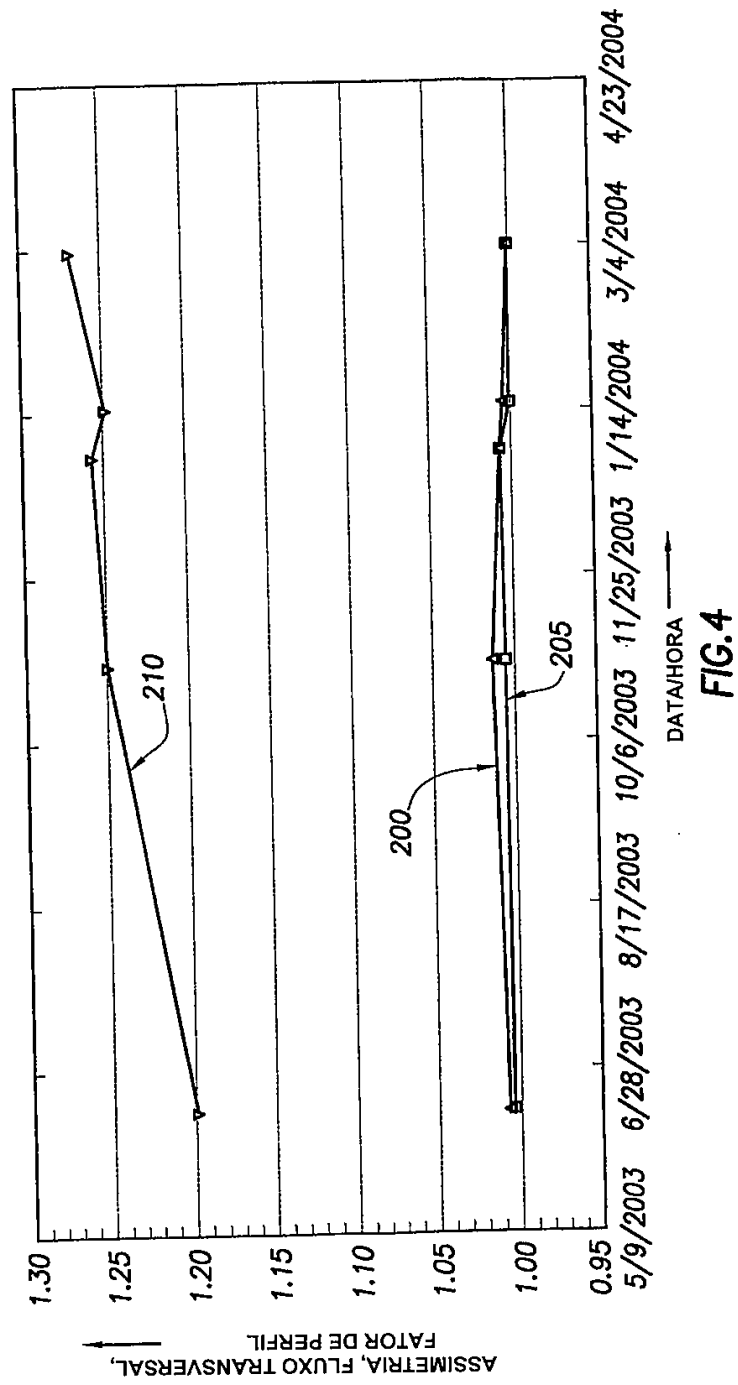


FIG.8



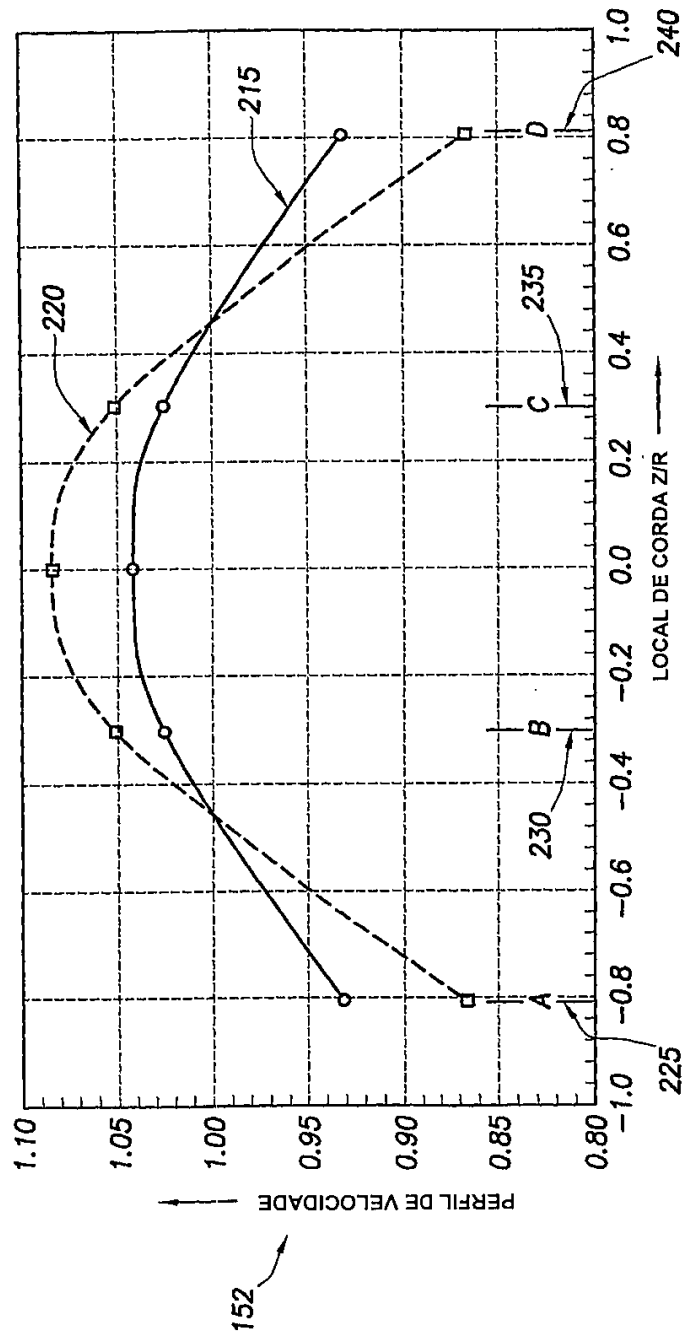


FIG.5

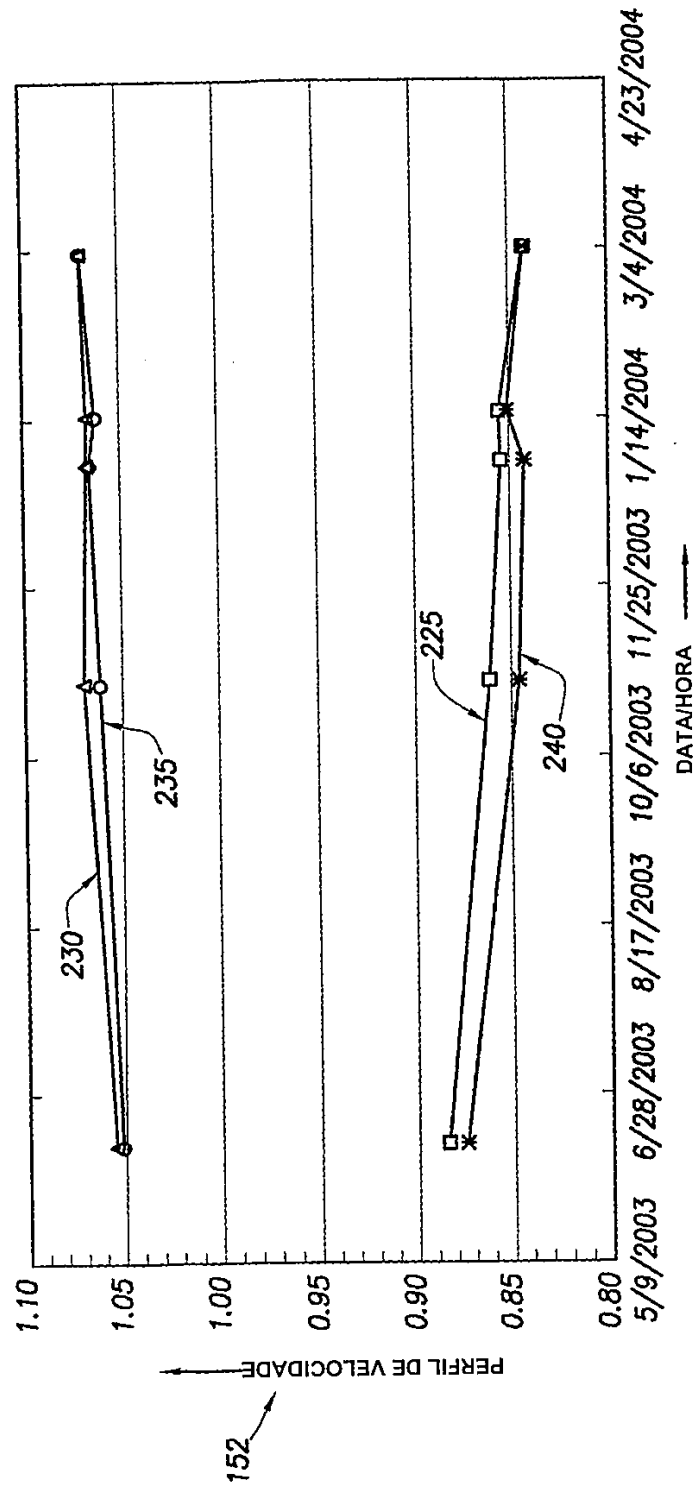
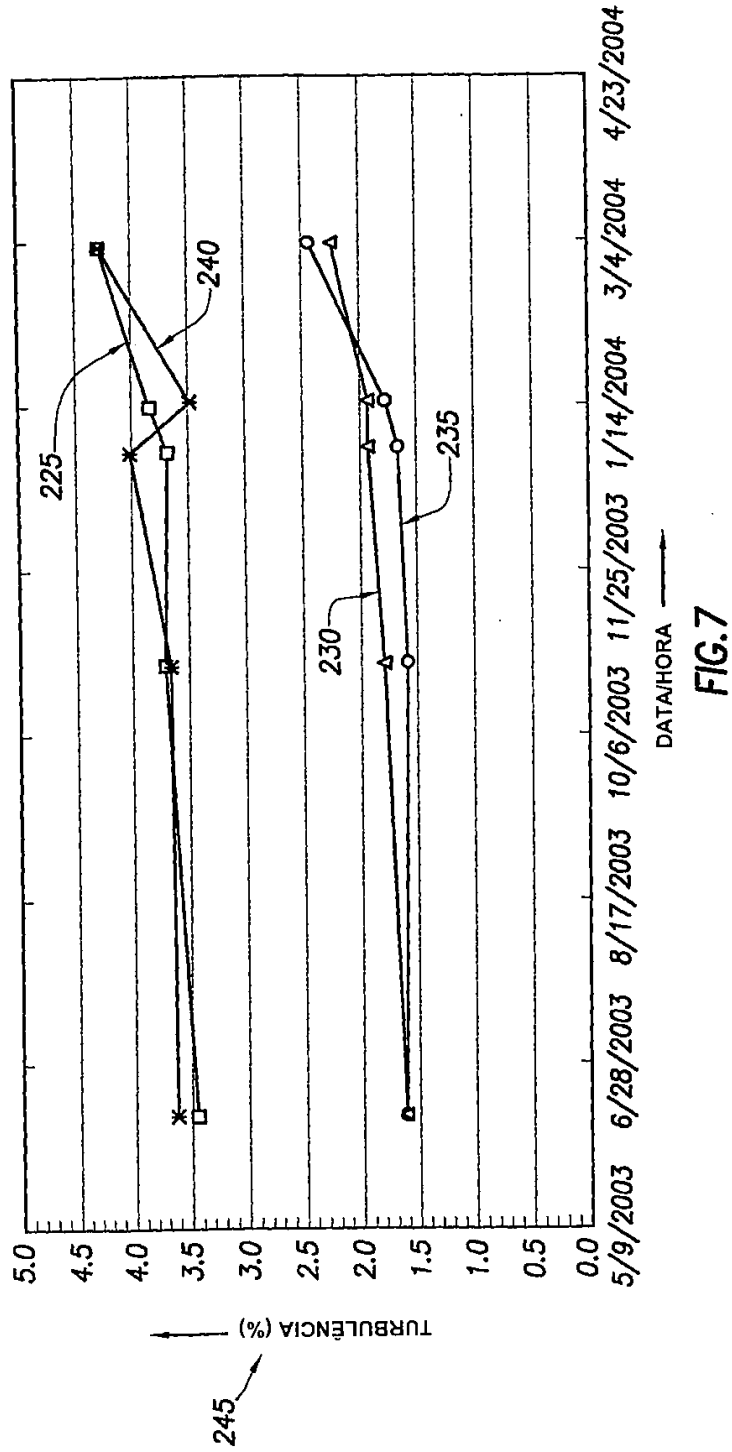


FIG.6



RESUMO

“MEDIDOR ULTRASSÔNICO, MÉTODO E MÍDIA LEGÍVEL POR COMPUTADOR”

Um método e sistema de medidor ultrassônico para determinar aspereza de tubo. Pelo menos algumas das concretizações ilustrativas são medidores ultrassônicos incluindo uma peça de carretel, e um primeiro par de transdutores montado mecanicamente à peça de carretel. O medidor ultrassônico é configurado para determinar dados de diagnóstico baseado em sinais acústicos transmitidos entre o primeiro par de transdutores. O medidor ultrassônico é configurado para determinar mudanças na aspereza de um tubo acoplado mecanicamente ao medidor ultrassônico baseado em uma tendência dos dados de diagnóstico (em que a tendência inclui um valor substancialmente constante de cerca de unidade para ambos assimetria e fluxo transversal e um valor substancialmente variável para fator de perfil).