



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

(11) PI 0318478-1 B1

(22) Data do Depósito: 29/08/2003

(45) Data de Concessão: 11/10/2016



(54) Título: MÉTODO E APARELHO PARA CORRIGIR INFORMAÇÃO DE SAÍDA DE APARELHO DE MEDIÇÃO DE FLUXO

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

(73) Titular(es): MICRO MOTION, INC.

(72) Inventor(es): CHARLES PAUL STACK, CRAIG B.MCANALLY, GREGORY TREAT LANHAM

"MÉTODO E APARELHO PARA CORRIGIR INFORMAÇÃO DE SAÍDA DE APARELHO DE MEDIÇÃO DE FLUXO"

Campo da Invenção

Essa invenção refere-se geralmente a um método e
5 aparelho para impedir que o aparelho de medição de fluxo gere um sinal de saída que representa um fluxo de material durante um estado de fluxo zero do aparelho. Mais particularmente, essa invenção se refere a um método e aparelho que superam os problemas de "mudança zero" e faz com que um aparelho tal como um fluxômetro Coriolis reporte um sinal de
10 fluxo igual a "0" para um usuário durante um estado de "fluxo zero" do medidor. Essa invenção se refere adicionalmente a um método e aparelho que corrigem a informação de fluxo gerada durante um estado de fluxo baixo do dito aparelho.

15 Problema

Os fluxômetros de massa de efeito Coriolis geram fluxo de massa e outras informações para materiais que fluem através de um conduto no fluxômetro. Fluxômetros Coriolis ilustrativos são descritos nas patentes U.S. Nos. 4.109.524
20 de 29 de agosto de 1978, 4.491.025 de 1 de janeiro de 1985 e Re. 31.450 de 11 de fevereiro de 1982, todas de J. E. Smith et al. Esses fluxômetros possuem um ou mais condutos de configuração reta ou curva. Cada configuração de conduto em um fluxômetro de massa Coriolis possui um conjunto de modos de
25 vibração natural, que pode ser de um tipo simples de dobra, torção ou acoplamento. Cada conduto é acionado de forma a oscilar em um desses modos naturais. O material flui para dentro do fluxômetro a partir de uma tubulação conectada no

lado de entrada do fluxômetro, é direcionado através do conduto ou condutos, e sai do fluxômetro através do lado de saída do fluxômetro. Os modos de vibração natural do sistema de vibração preenchido com material são definidos em parte
5 pela massa de condutos e material contido combinados.

Quando não existe fluxo através do fluxômetro, todos os pontos ao longo do conduto oscilam devido a uma força de acionamento aplicada com fase idêntica ou um pequeno desvio de fase fixa inicial que pode ser corrigido. À medida
10 que o material começa a fluir, as forças Coriolis fazem com que cada ponto ao longo do conduto tenha uma fase diferente. A fase no lado de entrada do conduto retarda o acionador, enquanto a fase no lado de saída do conduto guia o acionador. Sensores de recolhimento acoplados aos condutos para a
15 produção de sinais sinusoidais representam o movimento dos condutos. A saída de sinais dos sensores de recolhimento é processada para se determinar a diferença de fase entre os sensores de recolhimento. A diferença de fase entre dois sinais de sensor de recolhimento é proporcional à taxa de fluxo
20 de massa do material através dos condutos.

Os fluxômetros de massa Coriolis calculam a taxa de fluxo de massa a partir de uma medição de retardo de tempo onde o retardo de tempo surge do efeito Coriolis e é diretamente proporcional à taxa de fluxo de massa. Para um
25 fluxômetro de massa Coriolis ideal (um que seja completamente simétrico a partir de sua entrada para sua saída e não seja amortecido) a medição do retardo de tempo é tudo que se precisa para se determinar com precisão a taxa de fluxo de

massa. No entanto, os fluxômetros de massa Coriolis e são inevitavelmente não simétricos e sujeitos a amortecimento estrutural e viscoso. Como resultado disso, sob nenhuma condição de fluxo uma pequena quantidade de retardo de tempo
5 está presente. Esse retardo de tempo é medido e subtraído do retardo de tempo induzido pelo efeito Coriolis para se obter um retardo de tempo igual a zero.

É um problema que o retardo de tempo de um fluxômetro Coriolis com fluxo zero nunca seja constante. Isso é
10 chamado de "mudança zero". A forma típica de se manusear esse problema de mudança zero é pela utilização de um valor de corte de fluxo baixo que é uma parte arbitrariamente pequena do sinal de saída de fluxo no fluxo de material. Os valores de fluxo de massa abaixo desse valor de fluxo de saída baixo
15 arbitrário são considerados como sendo iguais a zero e um sinal de taxa de fluxo de massa igual a zero é reportado para o usuário para fluxos de massa inferiores a esse valor arbitrário. Um problema surge quando o retardo de tempo com
20 fluxo zero muda acima do valor de corte de fluxo baixo arbitrário. Isso pode resultar em um sinal de saída de taxa de fluxo errôneo sendo reportado para o usuário durante as condições nas quais não existe fluxo de material real.

O mecanismo que causa o valor de fluxo zero para mudar sob condições de fluxo zero também pode ser um problema
25 durante as condições de fluxo. Se o sinal de saída de taxa de fluxo de massa for suficientemente grande, existe um problema menor visto que a contribuição do retardo de tempo com fluxo zero é pequena e não representa um erro significativa-

tivo do fluxo reportado. No entanto, para taxas de fluxo baixas, esse valor de mudança zero especificado de forma arbitrária pode se tornar embutido no fluxo total e ser uma fonte significativa de erro.

5 O uso de um valor de corte de fluxo baixo é satisfatório desde que as condições sob as quais o valor de mudança zero é capturado não variem com o tempo o suficiente de forma que o retardo de tempo detectado pelo recolhimento com fluxo zero permaneça abaixo do valor de corte de fluxo
10 baixo. No entanto, algumas vezes, é um problema o fato de um fluxômetro Coriolis permanecer em um estado de fluxo zero por um período de tempo estendido (onde o período varia dependendo das características do material), o retardo de tempo detectado pelo sensor de recolhimento começa a mudar para
15 longe de zero e pode resultar em uma indicação de fluxo que excede o valor de corte de fluxo baixo durante o estado de fluxo zero do fluxômetro.

Dessa forma, o uso de um valor de corte de fluxo baixo designado para reportar um fluxo igual a zero nem sempre é suficiente para impedir o relato de um fluxo de massa
20 sob condições nas quais existe não existe, na verdade, qualquer fluxo de material presente. Com tempo suficiente, essa mudança de fluxo zero pode se tornar maior do que o ponto de configuração de corte de fluxo baixo. Sob essa condição o
25 fluxômetro começará a reportar o sinal de saída de fluxo apesar de não haver material fluindo através do fluxômetro. Os métodos tradicionais para se solucionar esse problema podem causar erros na medição do fluxo. Uma primeira solução

tradicional é aumentar o ponto de corte do fluxo baixo para um valor mais alto. Essa solução resulta em maiores erros de medição de fluxo visto que maiores níveis de corte de fluxo baixo resultam em dados de fluxo mais verdadeiros sendo ignorados pelo fato de serem forçados a zero. Uma segunda solução tradicional é o cliente recalibrar o fluxômetro. Essa solução é desnecessária visto que a mudança de fluxo zero não é uma função do medidor. É uma função do material contido dentro do medidor com fluxo zero. A recalibragem do medidor só pode criar mais erros na leitura verdadeira de fluxo.

Uma das causas da mudança de fluxo igual a zero é a presença de um material de duas fases e/ou bolhas no material contido. Visto que o acionador de um fluxômetro Coriolis continua a vibrar o tubo de fluxo durante as condições de fluxo zero, uma vibração continuada é impressa ao material contido incluindo as bolhas. Essa vibração continuada durante o estado de fluxo zero faz com que as bolhas migrem. Essa migração simula um fluxo de material verdadeiro que é detectado pelo sensor de recolhimento com uma fase resultante ou diferente de tempo sendo detectada pelo sensor de recolhimento. Isso, por sua vez, faz com que a parte eletrônica do medidor associado responda aos sinais de recolhimento e gere uma saída indicando um fluxo de material. Durante condições estendidas sem fluxo, a migração das bolhas pode gerar uma diferença de fase entre o recolhimento que pode exceder em muito o ponto de corte de fluxo baixo e a abordagem de uma magnitude associada com um fluxo de material significativo.

Solução

Os problemas acima e outros problemas são solucionados pelo método e aparelho da presente invenção de acordo com os quais os problemas de mudança zero são solucionados pela criação de um conjunto de mudança adaptativa de limites de desvio que rastreia um sinal de fluxo espúrio gerado pelo fluxômetro durante seu estado de fluxo zero. O sinal de fluxo espúrio é amostrado pela duração do estado de fluxo igual a zero. Mas não é aplicado à saída do fluxômetro. A operação do fluxômetro é tal que alterne entre uma condição de fluxo de material verdadeiro e um estado de fluxo zero durante o qual o fluxômetro pode gerar sinais de fluxo espúrios devido a anormalidades (tais como bolhas e similares) no material contido apesar de o material não estar fluindo através do fluxômetro. É desejável que essa informação de fluxo espúria não seja aplicável à saída do fluxômetro durante o estado de fluxo zero.

De acordo com uma primeira modalidade possível da presente invenção, um sinal de saída de "zero" que representa a taxa de fluxo de material zero é aplicado à saída do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. A informação de fluxo espúria é bloqueada mas é analisada para determinar o final do estado de fluxo zero no começo de uma condição de fluxo de material verdadeiro.

No começo de cada estado de fluxo zero, esse sinal de taxa de fluxo espúrio é amostrado durante o estado de fluxo zero incluindo suas mudanças no valor através do período de tempo no qual o fluxômetro Coriolis permanece no es-

tado de fluxo zero. De acordo com a invenção, os limites de desvio de sinal de saída especificados pelo usuário são definidos. Esses limites de desvio são redefinidos de forma adaptativa pela duração do estado de fluxo zero. Desde que
5 cada amostra do sinal de fluxo espúrio permaneça dentro dos limites de desvio de mudança de forma adaptativa, o fluxômetro continua a reportar o fluxo de material zero e nenhuma ação corretiva é tomada. Isso é verdadeiro mesmo se a taxa de fluxo espúria representa um valor que excede o valor de
10 corte baixo especificado pelo usuário. Essa operação é prevista mediante o fato de o sinal de taxa de fluxo espúrio não representar um fluxo de material verdadeiro, independentemente de seu valor. Uma condição de fluxo de material verdadeira resultará em um aumento ou diminuição súbitos na saída do fluxômetro que excede os limites de desvio permiti-
15 dos. Em outras palavras, um sinal de taxa de fluxo espúrio de mudança constante durante um fluxo de condição zero, independentemente de sua magnitude, não pode representar um fluxo de material verdadeiro desde que o sinal permaneça entre os limites de desvio.
20

O início de uma condição de fluxo de material verdadeiro resulta em uma mudança na amplitude do sinal de saída que excede em muito os limites especificados pelos limites de desvio definidos de forma adaptativa. Isso representa
25 o encerramento de um estado de fluxo zero e o início de um fluxo de material verdadeiro. Essa mudança na amplitude pode ser um aumento significativo ou uma diminuição significativa da amplitude de sinal gerada durante a condição de fluxo ze-

ro estendida. De acordo com a invenção, o fluxômetro termina a função de amostragem do sinal de fluxo espúrio durante o estado de fluxo zero e reporta a magnitude do fluxo de material verdadeiro quando o encerramento do estado de fluxo zero é detectado.

O fluxômetro Coriolis continua a reportar o fluxo de material verdadeiro até que a magnitude do fluxo de matéria caia abaixo de um ponto de corte de fluxo baixo. O medidor então reverte para o estado de fluxo zero no qual amostra novamente o sinal de fluxo espúrio gerado pelo fluxômetro. A amostragem continua à medida que o sinal de fluxo espúrio gradualmente muda com o tempo e indica um estado de fluxo zero continuado. O estado de amostragem termina quando o sinal muda subitamente de amplitude por uma quantidade que excede os limites de desvio. Essa mudança indica o início de um fluxo de material verdadeiro. O fluxômetro então termina novamente sua função de amostragem e reporta a taxa de fluxo verdadeiro do fluxômetro.

Os problemas expostos acima bem como outros problemas são solucionados pelo método e aparelho de uma segunda modalidade possível da presente invenção de acordo com a qual os problemas de mudança zero são solucionados pela criação de um conjunto de mudança adaptativo dos limites de desvio que rastreia um sinal de fluxo que representa a correspondência entre o retardo de tempo Δt e a potência de entrada. Esse sinal é gerado pelo fluxômetro durante seu estado de fluxo zero e é amostrado e convertido em pontos de dados pela duração do estado de fluxo zero. A operação do flu-

xômetro é tal que alterna entre uma condição de fluxo de material verdadeiro e um estado de fluxo zero durante o qual o fluxômetro pode gerar um sinal de informação de fluxo espúrio devido a anormalidades (tais como bolhas e similares) no material contido apesar de o material não estar fluindo através do fluxômetro. É desejável que essa informação de fluxo espúria não seja aplicada à saída do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. Um sinal de saída igual a "zero" que representa a taxa de fluxo de material zero é aplicado à saída do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. A informação de fluxo espúria é bloqueada mas é analisada para determinar o final do estado de fluxo zero no começo de uma condição de fluxo de material verdadeiro.

O sinal de fluxo espúrio é amostrado e convertido em uma pluralidade de pontos de dados definidos a uma taxa de aproximadamente 20 amostras por segundo. Os primeiros poucos pontos de dados (aproximadamente 20) são processados, e encaixados em curva para converter os mesmos em uma expressão que representa a correlação entre a potência de entrada no fluxômetro e o retardo de tempo Δt entre os sinais gerados pelos recolhedores de fluxômetro. A expressão resultante está na forma de:

$$y = mx + b$$

onde

m = é a inclinação da linha que representa a expressão;

x = o retardo de tempo de cada ponto de dados; e

b = a interceptação da expressão no eixo y que re-

presenta as unidades da potência de entrada.

De acordo com as técnicas de ajuste de curva bem conhecidas, a expressão derivada indica a correlação entre o retardo de tempo e a potência de entrada para os valores
5 desses parâmetros associados com a faixa operacional esperada e as condições do estado de fluxo zero do fluxômetro. Um conjunto de limites de desvio (superior e inferior) também é gerado e rastreia a expressão gerada que representa o retardo de tempo e os parâmetros de potência de entrada.

10 Subseqüentemente à geração da expressão derivada, o restante do sinal de fluxo espúrio gerado durante o estado de fluxo zero é amostrado e utilizado para definir os pontos de dados durante o intervalo de tempo no qual o fluxômetro permanece no estado de fluxo zero. A amostragem do sinal de
15 fluxo espúrio inclui uma determinação do retardo de tempo Δt e potência de entrada associados com o ponto de dados. A amostragem também inclui uma determinação da magnitude de Δt para o local do ponto de dados. Se um ponto de dados se encontrar entre os limites de desvio superior e inferior, o
20 conjunto de circuito de processamento determina que o fluxômetro ainda está no estado de fluxo zero e a amostragem continua. Se um ponto de dados definido não estiver entre os limites de desvio, o conjunto de circuito de processamento da presente invenção determina que o fluxômetro não está
25 mais em um estado de fluxo zero e que o sinal de fluxo amostrado possui uma magnitude que indica um fluxo de material verdadeiro. O conjunto de circuitos de processamento então faz com que o fluxômetro gere um sinal de saída que repre-

senta um fluxo de material verdadeiro.

Desde que cada ponto de dados permaneça dentro dos limites de desvio de mudança adaptativa, o fluxômetro continua a reportar um sinal de fluxo igual a zero e nenhuma ação adicional é tomada. Isso é verdadeiro mesmo se a taxa de 5 fluxo para o ponto de dados representar um valor que excede o valor de corte de fluxo baixo especificado pelo usuário. Isso é previsto mediante o fato de o sinal de taxa de fluxo espúrio sendo amostrado não representar um fluxo de material 10 verdadeiro, independentemente de sua magnitude, visto que uma condição de fluxo de material verdadeiro, como descrito subsequente, resulta em um aumento ou uma diminuição súbita na magnitude do sinal que excede em muito os limites de desvio do sinal de estado de fluxo zero amostrado. Em outras palavras, um sinal de fluxo amostrado espúrio de mudança 15 constante durante um estado de fluxo zero, independentemente de sua magnitude, não pode representar um fluxo de material verdadeiro desde que o sinal amostrado permaneça entre os limites de desvio.

20 O início de um fluxo de material verdadeiro é detectado por uma mudança na amplitude do sinal amostrado que excede os limites de desvio definidos de forma adaptativa. Isso representa o encerramento de um estado de fluxo zero e o início de um fluxo de material verdadeiro. Essa mudança na 25 amplitude do sinal amostrado pode ser um aumento ou uma diminuição significativos na relação de Δt com a potência de entrada durante uma condição de fluxo zero. O fluxômetro encerra a função de amostragem de fluxo zero e reporta a mag-

nitude de um fluxo de material verdadeiro quando o estado de fluxo zero termina.

O fluxômetro Coriolis continua a reportar a magnitude do fluxo de material verdadeiro até que o fluxo de material caia abaixo do ponto de corte de fluxo baixo. O medi-
5 dor então reverte para o estado de fluxo zero no qual amostra novamente o sinal de fluxo detectado pelos recolhedores. A amostragem continua enquanto o sinal de fluxo muda com o tempo e indica um estado de fluxo zero continuado. A amostragem termina quando o sinal muda novamente em amplitude
10 por uma quantia que excede os limites de desvio. Isso indica o início de um fluxo de material verdadeiro. O fluxômetro então encerra novamente sua função de amostragem e reporta a taxa de fluxo verdadeira do fluxômetro.

15 De acordo com outra modalidade, as mesmas anormalidades de material que são responsáveis pela geração de sinais espúrios durante o estado de fluxo zero podem estar presentes na informação de fluxo gerada durante as condições de fluxo de material baixo. Podem causar erros na informação
20 de saída gerada pelo fluxômetro durante as condições de fluxo baixo da mesma forma que no estado de fluxo zero. De acordo com essa modalidade da invenção, esses erros são evitados pelas etapas de:

derivação de uma primeira expressão para a relação
25 entre Δt e a potência de entrada para o estado de fluxo zero;

derivação de uma segunda expressão para a relação entre Δt e a potência de entrada para um estado de fluxo

baixo;

verificação da equivalência entre as duas expressões; e

subtração da primeira expressão da segunda expressão para obter a informação de fluxo corrigida para o estado de fluxo baixo que não contém erros devido à presença de anormalidades no fluxo de material.

A informação de fluxo na primeira expressão se deve apenas às anormalidades no material contido. A informação de fluxo na segunda expressão consiste da mesma informação que está contida na primeira expressão mais a informação que representa o fluxo de material verdadeiro. Dessa forma, a subtração da primeira expressão da segunda cancela efetivamente a informação indesejada e deixa apenas a informação que representa o fluxo de material verdadeiro.

Aspectos

Um aspecto da invenção inclui, uma parte eletrônica de medição para um aparelho de medição de fluxo possuindo um sistema de processamento para corrigir a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo; a dita parte eletrônica do medidor compreendendo:

instruções para direcionar o dito sistema de processamento para:

amostrar uma informação de fluxo que representa o sinal gerado pelo dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo para definir uma pluralidade de pontos de dados que representa o dito sinal;

estabelecer os limites de desvio para pelo menos um dos ditos pontos de dados;

determinar se cada ponto de dados amostrado está dentro dos ditos limites de desvio;

5 amostrar um ponto de dados dentro dos ditos limites de desvio para definir a informação de fluxo espúrio para o dito estado de fluxo zero;

 amostrar um ponto de dados fora dos ditos limites de desvio para definir a informação que representa um fluxo
10 de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo;

 continuar a dita amostragem dos ditos pontos de dados desde que os ditos pontos de dados estejam dentro dos ditos limites de desvio;

 impedir que a dita informação de fluxo espúrio seja aplicada a uma saída do dito aparelho de medição de fluxo
15 durante a amostragem de pontos de dados dentro dos limites de desvio;

 determinar que o ponto de dados amostrado mais recentemente está fora dos ditos limites de desvio e dessa
20 forma representar informação para um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo; e

 gerar um sinal de saída que representa a dita informação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado mais recentemente.

25 Preferivelmente, o dito aparelho de medição de fluxo define um fluxômetro Coriolis.

 Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

especificação de um limite de corte de fluxo baixo representando um fluxo de material abaixo do qual o dito aparelho de medição de fluxo não gerará um sinal de saída que representa um fluxo de material verdadeiro;

5 monitoramento da informação de fluxo de material representada pelo dito sinal de saída;

determinação de que a dita informação de fluxo de material monitorada se torna inferior ao fluxo de material representado pelo dito limite de corte de fluxo baixo;

10 encerramento da geração do dito sinal de saída; e
retomada da amostragem dos ditos pontos de dados para o dito estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é
15 configurado para executar as instruções adicionais de:

determinação de que um ponto de dados recém amostrado representa um fluxo de material que está fora dos ditos limites de desvio; e

20 geração de um sinal de saída para o fluxo de material verdadeiro representado pelo dito ponto de dados recém amostrado.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

25 estabelecimento dos ditos limites de desvio pela etapa de estabelecimento de um limite superior e um limite inferior do desvio associados com cada ponto de dados amostrado;

amostragem dos ditos pontos de dados desde que a

informação de fluxo de material espúria representada pelo dito ponto de dados esteja entre o dito limite de desvio superior e o dito limite de desvio inferior;

determinação de que um ponto de dados recém amostrado se encontra fora dos ditos limites;

determinação da informação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado; e

geração de um sinal de saída que representa a dita informação de fluxo determinada.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

determinação da média μ das taxas de fluxo dos N pontos de dados amostrados anteriormente;

estabelecimento dos ditos limites de desvio padrão dos N pontos de dados pela multiplicação do produto do desvio padrão r por um número especificado pelo usuário de desvios padrão A longe da dita média de desvios; e

adição e subtração do produto de rA com relação a μ .

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

derivação de uma expressão para definir os pontos de dados que caracterizam os parâmetros de retardo de tempo Δt e a potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo baixo do dito aparelho de medição de fluxo;

derivação de uma expressão para definir pontos de

dados que caracterizam os parâmetros de Δt e potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo; e

subtração da dita expressão definida para o dito estado de fluxo zero a partir da dita expressão para o dito estado de fluxo baixo para obter um sinal de saída para o dito aparelho de medição de fluxo que não apresenta erros espúrios induzidos no dito aparelho durante o dito estado de fluxo zero.

10 Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

utilização de uma relação entre o retardo de tempo Δt e potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo para derivar uma expressão que representa uma pluralidade dos ditos pontos de dados que caracterizam a geração da informação de fluxo pelo dito aparelho de medição de fluxo durante o dito estado de fluxo zero.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

20 determinação do desvio entre os pontos de dados amostrados subsequente e a dita expressão; e

utilização da dita determinação de desvio para detectar a extremidade do dito estado de fluxo zero.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

25 derivação da dita expressão pela amostragem dos ditos pontos de dados; e

utilização de "n" dos ditos pontos de dados em uma

operação de ajuste de curva para derivar a dita expressão.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

amostragem do restante "m" dos ditos pontos de da-
5 dos amostrados;

determinação do desvio entre cada um dos "m" pontos de dados amostrados e a dita expressão; e

utilização da dita determinação de desvio para determinar o estado operacional do dito aparelho de medição de
10 fluxo.

Preferivelmente, o dito sistema de processamento é configurado para executar as instruções adicionais de:

derivação de uma pluralidade das ditas expressões para o dito estado de fluxo zero;

15 armazenamento da dita pluralidade de expressões derivadas em uma memória;

definição da informação de consistência;

comparação de uma expressão recém derivada com as ditas expressões armazenadas;

20 determinação de se a dita expressão recém derivada é consistente com as ditas expressões armazenadas;

utilização da dita expressão recém definida se for determinado que a mesma é consistente com as ditas expressões armazenadas; e

25 eliminação do uso da dita expressão recém definida se for determinado que a mesma é consistente com as ditas expressões armazenadas.

Outro aspecto da invenção compreende partes ele-

trônicas de medidor para um aparelho de medição de fluxo possuindo um sistema de processamento para corrigir a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo, a dita parte eletrônica de medição compreendendo:

5 as instruções para o direcionamento do dito sistema de processamento para:

 derivação de uma expressão para definir os pontos de dados para um sinal que caracteriza os parâmetros do retardo de tempo Δt e potência de potência do dito aparelho de
10 medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo;

 derivação de uma expressão para definir pontos de dados que caracterizam os parâmetros de retardo de tempo Δt e potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo
15 durante um estado de fluxo baixo do dito aparelho de medição de fluxo;

 subtração da dita expressão para um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo a partir da dita expressão para o dito estado de fluxo baixo para obter
20 um sinal de saída que não apresenta erros induzidos durante o dito estado de fluxo zero.

 Outro aspecto da invenção compreende um método de operação de um aparelho de medição de fluxo para corrigir a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de
25 fluxo, o dito método compreendendo as etapas de:

 amostragem de um sinal que representa a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de

fluxo para definir uma pluralidade de pontos de dados que representam o dito sinal;

estabelecimento dos limites de desvio para pelo menos alguns dos ditos pontos de dados;

5 determinação de se cada ponto de dados amostrado está dentro dos ditos limites de desvio;

amostragem de um ponto de dados dentro dos ditos limites de desvio para definir informação de fluxo espúrio para o dito estado de fluxo zero;

10 amostragem de um ponto de dados fora dos ditos limites de desvio para definir a informação que representa um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo;

continuação com a dita amostragem dos ditos pontos de dados desde que os ditos pontos de dados amostrados estejam dentro dos ditos limites de desvio;

prevenção da aplicação da dita informação de fluxo espúrio a uma saída do dito aparelho de medição de fluxo durante a amostragem dos pontos de dados dentro dos limites de desvio;

20 determinação de que o ponto de dados amostrado mais recentemente está fora dos ditos limites de desvio e dessa forma representa a informação para um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo; e

25 geração de um sinal de saída que representa a dita informação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado mais recentemente.

Descrição dos Desenhos

Os objetivos acima bem como outros objetivos e características da invenção podem ser mais bem compreendidos a partir de uma leitura da descrição detalhada a seguir tirada em conjunto com os desenhos nos quais:

5 A Figura 1 ilustra um fluxômetro Coriolis incluindo parte eletrônica de dosagem que consubstancia a invenção;

 A Figura 2 é um gráfico ilustrando o sinal de taxa de fluxo espúrio juntamente com os valores designados dos desvios para um estado de mudança zero estendido do fluxôme-
10 tro;

 A Figura 3 é um gráfico que ilustra um sinal de saída para um estado de fluxo verdadeiro breve que é encerrado e seguido por uma condição de fluxo zero que é encerrada por uma condição de fluxo verdadeiro;

15 A Figura 4 é um gráfico ilustrando o sinal de taxa de fluxo espúrio de um fluxômetro durante um estado de fluxo zero estendido juntamente com os limites de desvio associados. O estado de fluxo zero é encerrado por um estado de fluxo verdadeiro que é encerrado por um estado de fluxo zero
20 durante o qual a saída é novamente monitorada;

 A Figura 5 é um diagrama em bloco ilustrando as etapas do processo da presente invenção;

 A Figura 6 é um gráfico ilustrando um sinal de retardo de tempo de mudança zero espúrio Δt gerado durante um
25 estado de fluxo zero do fluxômetro;

 A Figura 7 é um gráfico que ilustra a correspondência entre o retardo de tempo de mudança zero Δt e a potência de entrada durante um estado de fluxo de mudança zero

de um fluxômetro Coriolis;

A Figura 8 é um gráfico ilustrando como as amostras do sinal de retardo de tempo Δt de um fluxômetro durante um estado de fluxo zero podem ser expressas como uma expressão algébrica utilizando técnicas de ajuste de curva para expressar a correspondência entre a potência de entrada e o retardo de tempo Δt detectado pelos recolhedores;

A Figura 9 ilustra a falta de correspondência entre o ganho de acionamento e o retardo de tempo Δt durante um estado de fluxo de material;

A Figura 10 ilustra um gráfico que representa uma operação da invenção;

A Figura 11 ilustra um diagrama de estado ilustrando a operação da invenção;

A Figura 12 é um diagrama em bloco ilustrando as etapas de processo da presente invenção;

A Figura 13 descreve uma modalidade da invenção que fornece o armazenamento de uma pluralidade de expressões derivadas para melhorar o desempenho de um fluxômetro Coriolis que consubstancia a invenção;

A Figura 14 é um fluxograma ilustrando as etapas realizadas pelo sistema da Figura 13;

A Figura 15 ilustra as variações de parâmetro para um fluxômetro consubstanciando a invenção durante um estado do fluxo de material baixo;

A Figura 16 ilustra as expressões utilizadas na compensação da informação de saída dos estados de fluxo baixo;

A Figura 17 ilustra as etapas de processamento que podem ser utilizadas durante as amostras dos sinais de fluxo para aperfeiçoar a precisão dos sinais de saída gerados por um fluxômetro durante uma condição do fluxo de material baixo.

Fluxômetro Coriolis em Geral - Figura 1

A Figura 1 ilustra um fluxômetro Coriolis 5 compreendendo um conjunto medidor 100 e parte eletrônica do medidor 120. O elemento 120 é conectado ao conjunto medidor 100 através de fios 100 para fornecer densidade, taxa de fluxo de massa, taxa de fluxo de volume, temperatura, fluxo de massa totalizada, e densidade melhorada sobre percurso 126. A estrutura do fluxômetro Coriolis é descrita apesar de ser aparente aos versados na técnica que a presente invenção pode ser praticada em conjunto com qualquer aparelho de medição de fluxo possuindo um conduto de vibração para medir as propriedades do material. Um segundo exemplo de tal aparelho é um densitômetro de tubo vibratório que não possui a capacidade de medição fornecida por um fluxômetro de massa Coriolis.

O conjunto de fluxômetro 100 inclui um par de flanges 101 e 101', uma tubulação 102 e condutos 103a e 103b. O acionador 104 e os sensores de recolhimento 105 e 105' são conectados aos condutos 103a-b. As barras tipo bráçadeiras 106 e 106' servem para definir o eixo W e W' em torno do qual cada conduto oscila.

Quando o fluxômetro 100 é inserido em um sistema de tubulação (não ilustrado), que transporta o material de

processo que está sendo medido, o material entra no conjunto de fluxômetro 100 através do flange 101, passa através da tubulação 102 onde o material é direcionado para entrar nos condutos 103a e 103b, flui através dos condutos 103a e 103b e volta para dentro da tubulação 102 de onde sai do conjunto de fluxômetro 100 através do flange 101'.

Os condutos 103a e 103b são selecionados e montados de forma adequada na tubulação 102 de forma a terem substancialmente a mesma distribuição de massa, momentos de inércia e módulos elásticos em torno dos eixos de dobra W-W e W'-W', respectivamente. Os condutos se estendem para fora a partir da tubulação de forma essencialmente paralela.

Os condutos 103a-103b são acionados pelo acionador 104 em direções opostas em torno de seus respectivos eixos de dobra W e W' e no que é chamado de primeiro modo de dobra fora de fase do fluxômetro. O acionador 104 pode compreender qualquer uma dentre as várias disposições bem conhecidas, tal como um ímã montado no conduto 103a e uma bobina oposta montada no conduto 103b e através da qual uma corrente alternada é passada para vibrar ambos os condutos. Um sinal de acionamento adequado é aplicado pela parte eletrônica do medidor 20 através do fio 110, ao acionador 104.

A parte eletrônica do medidor 120 recebe os sinais de velocidade da esquerda e da direita aparecendo nos fios 111 e 111', respectivamente. A parte eletrônica do medidor 120 produz o sinal de acionamento que aparece no fio 110 e faz com que o acionador 104 vibre os tubos 103a e 103b. A parte eletrônica do medidor 120 processa os sinais de velo-

cidade da esquerda e da direita para computar a taxa de fluxo de massa e a densidade do material que passa através do conjunto de fluxômetro 100. A parte eletrônica do medidor 120 da Figura 1 contém um acionador 131, um gerador de informação de fluxo 132, um elemento de correção de fluxo zero 133 e um comutador 134.

O acionador 131 gera os sinais que são aplicados através do percurso 110, ao acionador 104 para acionar os tubos de fluxo 103a e 103b na oposição de fase. O gerador de
10 informação de fluxo recebe sinais através dos percursos 111 e 111' gerados pelo recolhedor 105 e 105'. Esses sinais representam as deformações Coriolis que são induzidas nos tubos de fluxo 103a e 103b à medida que vibram com o fluxo de material. Esses sinais representam uma diferença de tempo ou
15 de fase cuja amplitude é proporcional ao fluxo de material dentro do fluxômetro Coriolis 100. O gerador de informação de fluxo 132 recebe esses sinais de recolhimento e gera a informação pertencente ao fluxo de material. Essa informação pode incluir as taxas de fluxo de massa e a densidade do material. A informação de fluxo gerada é aplicada através do
20 percurso 136 à entrada do elemento de correção de fluxo 133 além de ao terminal de entrada superior 138 do comutador 134. A informação de fluxo sobre o percurso 136 que é aplicada à entrada do elemento de correção de fluxo zero 133 inclui os sinais 201, 301 e 401 ilustrados nas Figuras 2, 3 e
25 4, respectivamente. A informação de fluxo sobre os percursos 201, 301 e 401 é indicativa da informação de saída de fluxo gerada pelos recolhedores. Como descrito subsequente em

detalhes, esse sinal nos percursos 201, 301 e 401 são amostrados repetidamente para impedir a aplicação de informação de saída de fluxo zero errônea ao percurso 126 da Figura 1 durante o estado de fluxo zero do fluxômetro.

5 A posição do comutador 134 é controlada pelos sinais aplicados pelo elemento de correção de fluxo zero 133 através do percurso 137 para a entrada de controle 140 do comutador 134. O comutador 134 está em sua posição superior como ilustrado na Figura 1 quando o fluxômetro está em um
10 estado de fluxo de material. Nesse momento, a saída do gerador de informação de fluxo é aplicada através do percurso 136 à entrada superior 138 do comutador 134 que é então conectada pelo elemento móvel do comutador ao terminal de saída 141 e percurso de saída 126. Durante esse estado, o sinal
15 no percurso de saída 126 representa a informação de fluxo de material enviada pelo gerador de informação de fluxo 133 quando existe um fluxo de material através do fluxômetro 100. O elemento de correção de fluxo zero 133 e o comutador 134 juntos impedem a aplicação de sinais de saída errôneos
20 ao percurso 126 onde existe um fluxo de material zero através do medidor. Como descrito subsequente, durante esse estado o elemento de correção de fluxo zero 133 faz com que um sinal de saída igual a zero que representa um estado de fluxo zero seja aplicado ao percurso de saída 126. Isso é
25 realizado quando o elemento de correção de fluxo zero 133 aplica um sinal através do percurso 137 para o terminal de controle 140 para posicionar o comutador 134 para sua posição inferior ilustrada por linhas pontilhadas conectando os

terminais 139 e 141. Dessa vez, o gerador zero 135 aplica um sinal de amplitude zero ao terminal 139 que é estendido através do contato do comutador móvel com o terminal 141 e daí para o percurso de saída 126. O comutador 134 permanece
 5 nessa posição e faz com que um sinal de amplitude zero seja aplicado ao percurso 126 desde que o elemento de correção de fluxo zero 133 determine que o fluxômetro 100 está em um estado de fluxo zero.

Descrição Detalhada de uma Primeira Possível Modalidade Preferida - Figuras de 2 a 5

Descrição da Figura 2

A Figura 2 é um gráfico ilustrando o sinal de taxa de fluxo espúrio 201 de um fluxômetro durante um estado de fluxo zero. Também ilustrado na Figura 2 encontra-se um li-
 15 mite de desvio superior 202 e um limite de desvio inferior 203. O processo pelo qual esses limites de desvio são gerados é subseqüentemente descrito.

O eixo geométrico horizontal da Figura 2 representa unidades de tempo. Essas unidades podem ser: segundos,
 20 minutos, horas ou até mesmo dias. O eixo geométrico vertical representa as unidades de valor de fluxo. O ponto zero no eixo geométrico vertical representa a saída desejada para um estado de fluxo zero do fluxômetro. A linha escura horizontal 204 representa um valor de corte de fluxo baixo de 5 que
 25 é designado de forma arbitrária pelo usuário. A operação do medidor é tal que qualquer magnitude de fluxo abaixo da linha 204 não será reportada para um usuário e será considerada como representando um estado de fluxo zero.

A saída do fluxômetro na Figura 2 começa antes da localização 208 aproximadamente no momento 10 onde o fluxo verdadeiro é de 50 unidades de fluxo. Esse estado de fluxo verdadeiro termina na localização 208 na qual o fluxo para e
5 desce na linha 209 para a localização 210 onde o fluxo cai para zero. O estado de fluxo zero do fluxômetro começa na localização 210 e o fluxômetro então gera um sinal de fluxo espúrio na linha 201 cuja magnitude representa os sinais gerados pelos recolhedores 105 e 105' durante o estado de flu-
10 xo zero representado na Figura 2. Como pode ser observado, a linha 201 inclina para cima até aproximadamente o momento 280 onde alcança seu ápice em 211. Seguindo o ápice 211, a linha 201 diminui até aproximadamente o momento 720 onde o gráfico da Figura 2 termina.

15 Essa mudança ascendente e descendente da linha 201 representa os sinais gerados pelos recolhedores do fluxômetro 105 e 105' e aplicados à parte eletrônica do medidor durante o estado de fluxo zero representado pela Figura 2. Durante esse tempo o acionador 104 continua a vibrar os tubos
20 de fluxo e agitar o material contido. Como mencionado, esse material pode incluir bolhas e essa agitação faz com que as bolhas migrem além dos recolhedores e gerem sinais de diferença de fase. Esses sinais de diferença de fase são aplicados à parte eletrônica do medidor 120 cujo elemento 132 gera
25 uma taxa de fluxo espúrio representada pela diferença de fase detectada. No entanto, esse sinal de taxa de fluxo espúrio não é aplicado à saída 126 da parte eletrônica do medidor 120. Essa migração aleatória das bolhas gera as taxas de

fluxo espúrio representadas pela linha 201 na Figura 2. Essa taxa de fluxo espúrio pode variar de forma aleatória em qualquer direção.

A inclinação ascendente da parte esquerda da linha 201 representa uma taxa de fluxo espúrio de magnitude crescente até o ápice 211 onde começa a diminuir no momento 280 e continua a diminuir até o encerramento do gráfico no momento 720. A inclinação negativa da parte direita da linha 201 indica uma magnitude de fluxo espúrio decrescente até que cruza o eixo geométrico zero aproximadamente no momento 480. Para a direita desse ponto, a diminuição continuada da linha 201 indica que as bolhas inverteram a direção e estão gerando um sinal de saída que representa um fluxo espúrio invertido através do fluxômetro 100.

O gráfico da Figura 2 representa o sinal de taxa de fluxo espúrio 201 e seus limites de desvio associados 202 e 203 pela duração do estado de fluxo zero representado pela Figura 2. A linha 202 representa um limite de desvio superior e a linha 302 representa um limite de desvio inferior. O fluxômetro e a parte eletrônica do medidor 120 fazem com que o fluxômetro permaneça no estado de amostragem de fluxo zero desde que o valor do sinal 201 não exceda os limites de desvio representados pelas linhas 202 e 203 para o momento que começa na localização 208.

A seguir é descrito como o fluxômetro e a parte eletrônica do medidor 120 encerram seu estado de fluxo zero toda vez que o sinal 201 da Figura 2 assume um valor que excede o limite superior 202 ou é inferior ao limite inferior

203.

Descrição da Figura 3

A Figura 3 ilustra a operação do fluxômetro que consubstancia a presente invenção para uma condição na qual o estado de fluxo zero é encerrado e substituído por um fluxo de material verdadeiro. O gráfico da Figura 3 começa com um fluxo de material verdadeiro de 50 que termina na localização 308 onde o sinal de saída transita descendentemente ao longo da linha vertical 309 para a localização 310. A localização 310 inicia um estado de fluxo zero que se estende ascendentemente ao longo da linha 301 para um ápice em 311 seguindo o que diminui para a localização 313 onde o sinal 301 aumenta drasticamente para a localização 314 para 50 unidades de fluxo. A localização 313 encerra o estado de amostragem de fluxo zero do fluxômetro. Começando na localização 314 o fluxômetro reporta uma saída de fluxo verdadeiro de 50 unidades na linha 315 pela duração de tempo representada pelo gráfico da Figura 3.

De uma forma similar à descrita para a linha 201 na Figura 2, a linha 301 da Figura 3 representa a taxa de fluxo espúrio do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. As linhas 302 e 303 representam os limites de desvio da taxa de fluxo de saída 301.

Descrição da Figura 4

O gráfico da Figura 4 representa um estado de fluxo zero que começa no momento zero na localização 405 e termina na localização 420 quando a taxa de fluxo espúrio diminui subitamente para a localização 421 ao longo da

linha vertical 430. Seguindo a localização 421, o fluxômetro reporta um fluxo de material verdadeiro de aproximadamente 25 unidades de fluxo até a localização 423 onde o fluxo para e cai abaixo do valor de corte de fluxo baixo de 5 na localização 425 e no momento 600. Isso inicia outro estado de amostragem de fluxo zero durante o qual a presente invenção impede a geração de sinais de saída errôneos para o percurso 126. Como antes, a linha 401 representa a taxa de fluxo espúrio do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. A linha 401 é cercada pela linha 402 que representa o limite de desvio superior e a linha 403 que representa o limite de desvio inferior.

Descrição da Figura 5

Como mencionado, o método e aparelho da presente invenção impedem a geração de sinais de saída de fluxômetro errôneos para o percurso 126 durante um estado de fluxo zero pela criação de limites de desvio de mudança adaptativa que rastreiam a taxa de fluxo espúrio do fluxômetro durante o estado de fluxo zero. Desde que o sinal de taxa de fluxo espúrio 201, 301, 401 permaneça entre os limites de desvio 202, 203, 302, 303, 402, 403, o fluxômetro reporta um sinal de saída de fluxo zero para o usuário no percurso 126. Isso é realizado pelo elemento de correção de fluxo zero 133 que incorpora um "filtro de tendência de fluxo zero" que realiza as etapas ilustradas na Figura 5.

A etapa 501 determina as variáveis do limite de controle para o sistema. Isso inclui o momento representado pelo eixo geométrico horizontal das Figuras 2, 3 e 4. Tais

unidades podem ser: segundos, minutos, horas ou dias. Inclui também os valores designados para a magnitude de fluxo representando as linhas verticais das Figuras 2, 3 e 4. O valor de corte de fluxo baixo também é determinado como um valor aleatório, tal como 5, pela etapa 501. A etapa 502 registra a magnitude do sinal de fluxo aplicado ao percurso de saída 126 pela parte eletrônica do medidor 120 na Figura 1. Essa pode ser a magnitude do fluxo de material 208 e 308 nas Figuras 2 e 3, respectivamente. A etapa 503 compara a magnitude do fluxo de material no percurso 126 para determinar se ou não é inferior ao valor de corte do fluxo baixo ilustrado nas linhas 204 e 304 das Figuras 2 e 3, respectivamente. Se o fluxo de material exceder o corte de fluxo baixo, a operação continua e os sinais são aplicados pelo elemento 503 através do percurso 513 ao elemento 511 que continua a reportar a magnitude do fluxo verdadeiro e aplicar uma saída no percurso 512 de volta para a entrada do elemento 503. A operação continua em seu circuito desde que o fluxo monitorado no percurso 126 exceda o valor de corte de fluxo baixo.

Se o elemento 503 determinar que o fluxo de material é inferior ao corte de fluxo baixo, um sinal de "sim" é enviado para o elemento 504 que designa limites de desvio superior e inferior representados pelas linhas 202 e 203 na Figura 2 e 302 e 303 na Figura 3 e 402 e 403 na Figura 4.

A etapa 505 determina se o sinal de estado de fluxo zero espúrio 201, 301, 401 está entre os limites de desvio especificados na etapa 504. Se a resposta da etapa 505 for "sim", um sinal de "sim" é aplicado à etapa 509 para fa-

zer com que o fluxômetro e o elemento de correção de fluxo zero 133 da parte eletrônica do medidor 120 da Figura 1 apliquem um sinal de "0" para um usuário através do percurso 126. A saída da etapa 509 é aplicada à etapa 515 que faz com
 5 que o próximo ponto de dados seja processador e aplicado ao elemento 503. O elemento 515 aplica um sinal ao elemento 504 que processa o próximo ponto de dados.

O fluxômetro da Figura 1 permanece em sua condição de circuito desde que o sinal de taxa de fluxo espúrio 201,
 10 301, 401 permaneça entre os limites de desvio. Essa condição de fluxo zero encerra quando a etapa 505 determina que o fluxo de material não está entre os limites de desvio e aplica um sinal de "não" através do percurso 508 à etapa 511 que determina que o fluxômetro não está mais em um estado de
 15 fluxo zero e reporta a magnitude do fluxo de material verdadeiro através do percurso 126 na Figura 1 para o usuário.

Os limites de desvio superior e inferior das Figuras 2, 3 e 4 são calculados como se segue:

$$\mu_l = \mu + \sigma \times A$$

20 $l_l = \mu - \sigma \times A$

onde:

μ_l e l_l = limites de desvio superior e inferior, respectivamente;

μ = média das N amostras anteriores do sinal de
 25 fluido;

σ = desvio padrão das N amostras anteriores.

A = número de desvios padrão longe da média na qual os limites devem ser usados pelo usuário.

Esse algoritmo atualiza os limites de desvio uma vez a cada N amostras do sinal de fluxo espúrio. Essa duração de N amostras é definida pelo usuário e pode representar uma duração de segundos, minutos ou dias. Com esse algoritmo, o fluxômetro inicia o processo da Figura 5 quando a saída do fluxômetro 126 cai abaixo do ponto de corte de fluxo baixo. Uma vez que o processo de amostragem é ativado, o fluxômetro continua a reportar o fluxo zero para o usuário até que exista uma mudança de etapa no fluxo de material que force os dados atualmente amostrados acima ou abaixo dos limites de desvio. Quando tal mudança de etapa ocorre, o filtro de tendência de fluxo zero da presente invenção não ligará novamente até que a taxa de fluxo de material caia abaixo do nível de corte de fluxo baixo de 5.

15 Descrição de uma Segunda Possível Modalidade Preferida - Figuras de 6 a 14

Descrição da Figura 6

A Figura 6 é um gráfico ilustrando um retardo de tempo entre os sinais de retardo de tempo Δt dos recolhedores 105 e 105' durante um teste de um fluxômetro Coriolis preenchido com água sob condições de fluxo zero. O eixo geométrico horizontal representa os momentos nos quais os dados são gravados. O eixo geométrico vertical representa o retardo de tempo gerado pelos recolhedores durante o teste. Pode ser observado que o retardo de tempo 601 muda de forma significativa com o tempo mesmo apesar de haver uma ausência de fluxo de material. Deve-se notar também que se o valor do corte de fluxo baixo for configurado em 5, haverá momentos

durante esse teste quando o sensor do fluxômetro indicará um fluxo de material apesar de não haver fluxo real.

Descrição da Figura 7

A Figura 7 é um gráfico ilustrando a relação entre a potência de entrada 702 e o retardo de tempo 701 registrado durante o teste da Figura 6. A primeira coisa a se notar é que ambas essas variáveis parecem similares. Isso indica que há uma correlação forte entre a variável de potência de entrada e a variável de retardo de tempo.

10 Descrição da Figura 8

A Figura 8 representa os dados da Figura 6 depois de serem amostrados e encaixados em curva para derivar a expressão ilustrada na Figura 8 utilizando técnicas de ajuste de curva bem conhecidas tais como as fornecidas pelo software Excel, um produto da Microsoft.

A expressão derivada é

$$y = + 1513x + 167.64$$

Onde:

$$r^2 = 0,9957$$

20 A inclinação de 0,1513 é a inclinação da linha 801. O termo 167,64 representa a interceptação no eixo geométrico y que é a potência de entrada em um retardo de tempo Δt de zero.

O fato de a linha 801 ser essencialmente reta e 25 possuir uma inclinação constante de seu início em 801 até seu final em 809 suporta a observação de que existe uma correlação forte entre o retardo de tempo (Δt) e a potência de entrada. Além disso, de acordo com as técnicas de ajuste de

curva bem conhecidas, o fato de o termo quadrado r^2 na Figura 8 possui um valor próximo a "1" indica que a variação na potência de entrada está relacionada com o retardo de tempo de variação Δt ou vice-versa. Como resultado dessa correlação, as variáveis de potência de entrada da Figura 8 podem ser utilizadas como um indicador quanto ao fato de o retardo de tempo Δt obtido a partir dos recolhedores 105 e 105' durante um estado de fluxo zero ser causado pelo fluxo zero ou mudanças no amortecimento do fluxômetro ou impurezas de material tais como bolhas. Se houver uma alta correlação entre as duas variáveis (Δt e potência) o sinal Δt representa as mudanças no amortecimento para um estado de fluxo zero. Se houver uma baixa correlação entre os dois sinais, Δt representa o fluxo de material.

15 Descrição da Figura 9

A Figura 9 ilustra os dados gerados pelo mesmo fluxômetro que a Figura 8 sob as condições de fluxo de material. A expressão derivada gerada pelas técnicas de ajuste de curva Excel para os dados da Figura 8 é $y = 0,0008x + 165,26$ onde $r^2 = 0,0405$.

A expressão para as equações desse tipo é $y = mx$
/ b

onde:

m = igual à inclinação da linha 901 e

25 b = intercepção da linha 901 no eixo geométrico
y.

O termo 0,0008 representa a inclinação quase vertical da linha 501 e que sua intercepção y é 165,26. O va-

lor baixo do termo r^2 (0,0405) indica uma correspondência muito baixa entre a variável de retardo de tempo Δt e a variável de potência de entrada.

Na Figura 9, o termo r^2 de 0,0405 indica que não existe qualquer correlação significativa entre o retardo de tempo Δt e a potência de entrada.

As Figuras 8 e 9 ilustram que nos fluxos baixos, a taxa de fluxo medida pode ser instável mas quando a taxa de fluxo aumenta para o mesmo material, a taxa de fluxo medida se torna estável. Esse fenômeno pode ser atribuído a mudanças no amortecimento sendo mais prevalentes com fluxo zero ou baixo fluxo do que sob condições de fluxo normais e dessa forma causando erros de mudança zero.

Descrição da Figura 10

A Figura 10 ilustra a variação no retardo de tempo Δt com relação ao tempo para o estado de fluxo de material verdadeiro da segunda modalidade além de para o estado de fluxo zero da segunda modalidade. O eixo geométrico y esquerdo na Figura 10 representa as variações no retardo de tempo Δt . O eixo geométrico horizontal representa os intervalos de tempo de 0 a t_3 . Na Figura 10 um estado de fluxo verdadeiro existe do momento 0 para o momento t_1 . O fluxo de material 1002 é então de 50 unidades de Δt . Esse fluxo encerra no momento t_1 onde cai abaixo do corte de fluxo baixo 1003 possuindo um valor de 5. O sistema transita para o estado de fluxo zero no momento t_1 e permanece aí através do início do momento t_3 . Durante esse intervalo de t_1 a t_3 , Δt aumenta gradualmente para um valor de aproximadamente 20. No

momento t_3 , o estado de fluxo zero encerra e um fluxo de material verdadeiro de 50 unidades Δt começa em t_3 e termina no momento t_5 . No momento t_5 o fluxo de material verdadeiro diminui de 50 para 25 e permanece em 25 até o momento t_7 , quando o fluxo de material verdadeiro encerra e cai abaixo do corte de fluxo baixo 1003. Do momento t_7 até o momento t_9 , o sistema reverte para o estado de fluxo zero durante o qual o retardo de tempo Δt 1002 aumenta do momento t_7 até o momento t_9 .

10 Será lembrado a partir da compreensão da Figura 7 que a potência de entrada 702 desvia da mesma forma que Δt 701 durante um estado de fluxo de material. Essa correspondência também é ilustrada na Figura 8 onde a linha 801 que representa a expressão derivada ilustra que ambos o retardo
15 de tempo Δt são representados por uma correspondência que é essencialmente linear. Essa correspondência é representada pela expressão derivada que expressa a relação entre a potência de entrada e Δt para o estado de fluxo zero. Será lembrado também que para um estado de fluxo de material ver-
20 dadeiro que, como ilustrado na Figura 9, não existe qualquer correspondência entre o tempo Δt e a potência de entrada. Em outras palavras, o aumento e a redução no retardo de tempo Δt não tem qualquer relação significativa com a variação na potência de entrada durante o fluxo de material.

25 A Figura 10 valida as relações ilustradas entre a potência de entrada e Δt para o estado de fluxo zero e o estado de fluxo de material das Figuras 8 e 9. Dessa forma, a Figura 10 ilustra que a potência de entrada 1001 permanece

constante a partir do intervalo de tempo t_0 até t_1 quando a linha 1002 que representa Δt permanece em um nível constante de 50. Isso corrobora com a relação ilustrada na Figura 9.

A Figura 10 também ilustra que a potência de entrada 1001 aumenta com um aumento em Δt do momento t_1 para t_3 . Isso corresponde à relação ilustrada na Figura 8. A Figura 10 também ilustra que a potência de entrada 1001 permanece constante à medida que o fluxo de material verdadeiro muda de Δt de 50 no momento t_5 e cai para um Δt de 25 onde permanece até o momento t_7 . Durante o intervalo de tempo t_3 a t_7 , a potência de entrada 1001 permanece constante com os valores mudando de Δt 1002. No momento t_7 o fluxo de material diminui para menos do que o valor de corte de fluxo baixo e o sistema que é determinado para o estado de fluxo zero e permanece nesse local do momento t_7 até o momento t_9 . Durante esse intervalo de fluxo zero, Δt 1002 aumenta juntamente com um aumento na potência de entrada 1001.

Resumindo a Figura 10, pode-se observar que a potência de entrada 1001 permanece essencialmente constante durante os períodos de fluxo de material mesmo apesar de o valor de Δt do fluxo de material mudar. A Figura 10 também ilustra que a potência de entrada 1001 aumenta juntamente com os aumentos no fluxo Δt durante o estado de fluxo zero representado pelo intervalo de tempo t_1 a t_3 e t_7 a t_9 .

25 Descrição da Figura 11

A Figura 11 é um diagrama de estado ilustrando detalhes adicionais da operação de sistema representada na Figura 10. O eixo geométrico vertical da Figura 11 representa

o retardo de tempo Δt ; o eixo geométrico horizontal representa as unidades da potência de entrada. O estado do sistema durante o intervalo de tempo 0 a t_1 é ilustrado na Figura 11 como possuindo um Δt de 50 e uma potência de entrada de 5. Os parâmetros da potência de entrada e Δt são constantes durante esse intervalo de tempo como ilustrado no topo da linha vertical para a potência de entrada 5. Variações menores nesses parâmetros durante esse intervalo de tempo são ilustradas como possuindo variações pequenas devido às variações na potência de entrada medida e Δt medido. Como ilustrado na Figura 10, o estado de fluxo verdadeiro termina no momento t_1 , quando o fluxo cai abaixo do valor de corte de fluxo baixo de 5. O estado de fluxo zero então começa.

A linha diagonal 1106 corresponde à linha 801 da Figura 8 e ilustra um aumento em ambos a potência de entrada e Δt durante o estado de fluxo zero. Esse estado de fluxo zero começa como ilustrado na Figura 10 no momento t_1 e dura até o momento $t_{.3}$. O estado de fluxo zero também começa no momento t_7 e termina no momento t_9 . De acordo, na Figura 11 a linha 1106 sua extremidade inferior designada em t_1 e t_7 , correspondendo ao início nos intervalos de tempo nos quais o sistema está em seu estado de fluxo zero. A linha 1106 também possui sua extremidade superior designada como o momento t_3 e t_9 , correspondendo às designações de intervalo de tempo nas quais o estado de fluxo zero termina como ilustrado na Figura 10. As linhas 1105 e 1107, lados opostos da linha 1106, são os limites de desvio superior e inferior, respectivamente, correspondendo aos limites de desvio 804 e 805 na

Figura 8.

Dessa forma, o intervalo de tempo t_1 a t_3 para o fluxo zero ilustrado na Figura 10 é representado na Figura 11 pela linha 1106 e é adjacente aos limites de desvio 1105 e 1107. Esse intervalo de estado de fluxo zero termina no momento t_3 , e o sistema transita para a Figura 11 ao longo da linha pontilhada até o local do intervalo t_3 a t_5 na linha 1109 que representa um fluxo de material verdadeiro possuindo um valor de 45 unidades Δt e uma potência de entrada de 5 como ilustrado na linha 1001 na Figura 10. Esse sistema permanece nesse estado até o momento t_5 onde o fluxo de material verdadeiro transita para baixo para 25 unidades Δt e permanece aí até o momento t_7 . Essa transição é ilustrada também na Figura 11 e é localizada na linha vertical 1109 representando uma potência de entrada de 5 unidades.

O sistema transita do estado de fluxo de material verdadeiro quando o fluxo verdadeiro cai abaixo do corte de fluxo baixo de 5 no momento t_7 . O sistema então reverte para o estado de fluxo zero no qual ambos o Δt 1002 e a entrada de potência 1101 aumentam de forma correspondente como ilustrado na Figura 10. Isso é mais uma vez representado pela linha 1006 que começa no momento t_7 e termina no momento t_9 .

A Figura 11 ilustra claramente que a potência de entrada da linha 1109 permanece em um valor constante de 5 unidades de potência durante os intervalos de tempo nos quais o sistema está em um estado de fluxo de material verdadeiro. Esses intervalos de tempo são claramente ilustrados na Figura 11 e são $t_0 - t_1$, $t_3 - t_5$ e $t_5 - t_7$. A Figura 11.

também ilustra que a potência de entrada muda com as mudanças em Δt durante os intervalos de tempo nos quais o sistema está no estado de fluxo zero. Isso é representado na Figura 11 pela linha 1106 que aumenta em ambos a potência e Δt do momento t_1 ao momento t_3 , além do momento t_7 ao momento t_9 .

Descrição da Figura 12

O método e o aparelho da presente invenção impedem a aplicação de informação de fluxo errônea ao percurso 126 durante o estado de fluxo zero do fluxômetro. Realiza isso pelo rastreamento da relação da potência de entrada para Δt detectada pelos recolhedores 105 e 105' durante o estado de fluxo zero. Ao mesmo tempo, os limites de desvio de mudança adaptativos 804 e 805 que rastreiam a relação derivada entre a potência de entrada e o retardo de tempo Δt , como amostras 801, são criados. Visto que a potência de entrada é indicativa do retardo de tempo, o retardo de tempo Δt entre os recolhedores durante o estado de fluxo zero é determinado. A amostragem do sinal de potência de entrada é utilizada para criar pontos de dados que são encaixados em curva em uma expressão na forma de $y = mx + b$. Na Figura 8, essa expressão é utilizada como uma referência juntamente com os pontos de dados de potência de entrada amostrados subsequente-mente. Durante a amostragem de cada ponto de dados, uma determinação é feita quando ao fato de a amplitude da amostra estar perto da expressão encaixada em curva derivadas 801 que representa a relação entre a potência de entrada e o retardo de tempo Δt . É determinado também nesse momento se cada amostra está entre os limites de desvio 804 e 805 especifica-

dos pelo usuário. Desde que os pontos de dados amostrados permaneçam dentro dos limites de desvio, o aparelho e o método da presente invenção fazem com que a parte eletrônica do medidor 120 da Figura 1 reporte zero como um sinal de
5 fluxo de saída para o usuário no percurso 126.

O estado de fluxo zero termina quando um ponto de dados é amostrado cuja amplitude está acima do limite de desvio superior 804 ou abaixo do limite de desvio inferior 805. O fluxômetro é então determinado como estando em um es-
10 tado de fluxo de material verdadeiro. Nesse momento, a amostragem dos pontos de dados que representa o sinal de potência de entrada encaixado em curva é encerrada e a parte eletrônica do medidor 120 utiliza os sinais de retardo de tempo gerados pelos recolhedores para aplicar um sinal ao percurso
15 126 que representa o fluxo de material verdadeiro. Esse sinal de saída 136 indica o fluxo de material sob condições nas quais o fluxo permanece constante além de sob condições nas quais a magnitude de fluxo varia. Esse estado de fluxo de material verdadeiro continua até que a magnitude do fluxo
20 caia abaixo da do valor de corte de fluxo baixo especificado pelo usuário. Nesse momento, o fluxômetro para de reportar um sinal que representa um fluxo de material verdadeiro e reverte para sua operação de estado de fluxo zero na qual os sinais que indicam a potência de entrada são amostrados, en-
25 caixados em curva e utilizados como descrito para aplicar um zero à saída do fluxômetro 126 que representa o novo estado de fluxo zero.

A Figura 12 ilustra um possível método ilustrativo

pelo qual o aparelho de fluxômetro é controlado para realizar as funções descritas acima. O elemento 701 configura as variáveis de limite de controle de fluxômetro. As mesmas podem incluir as variáveis associadas com os eixos geométricos horizontal e vertical dos gráficos das Figuras de 6 a 11. A etapa 1202 zera o fluxômetro para determinar o retardo inerente Δt entre os recolhedores 105 e 105' para uma condição de fluxo zero verdadeiro. Isso compensa qualquer não linearidade do medidor. A etapa 1204 determina o valor de corte de fluxo baixo. A etapa 1206 coleta e amostra o retardo de tempo Δt da potência de entrada e converte esses parâmetros em pontos de dados como descrito para as Figuras 10 e 11.

A etapa 1208 recebe cada ponto de dados amostrado e determina se é inferior ao valor de corte de fluxo baixo que é ilustrado como "5" na presente descrição. Se o ponto de dados amostrado não for inferior ao corte de fluxo baixo, um sinal de "não" é aplicado sobre os percursos 1220 e 1230 ao elemento 1232 que determina e reporta a magnitude de fluxo representada pelo ponto de dados amostrado para o percurso de saída 126 da Figura 1.

O processo volta do elemento 1232 através do percurso 1218 de volta para a entrada do elemento 708 que então recebe o próximo ponto de dados do elemento 1206 e processa o mesmo como descrito acima.

Se o ponto de dados amostrado recebido pelo elemento 1208 estiver abaixo do valor de corte de fluxo baixo, um sinal "sim" é aplicado pelo elemento 1208 à entrada do elemento 1210 que prossegue para coletar uma pluralidade de

pontos de dados de fluxo zero que representam a potência de entrada e o retardo de tempo Δt . Os elementos 1206 e 1208 podem operar dessa maneira de forma que o elemento 710 receba e armazene temporariamente uma pluralidade de tais pontos de dados que representam uma magnitude de fluxo inferior ao valor do corte de fluxo baixo especificado pelo elemento 708. Por exemplo, o elemento 1210 pode coletar aproximadamente 20 pontos de dados através de uma duração de tempo de aproximadamente um segundo. A pluralidade de tal ponto de dados recebido pelo elemento 1212 deve ser suficiente para permitir que o elemento 1212, como descrito a seguir, realize sua função de ajuste de curva dos pontos de dados recebidos pelo elemento 1212 em uma expressão que representa a correlação entre a potência de entrada e o retardo de tempo Δt com ilustrado na Figura 4.

O elemento 1212 determina quando recebeu um número suficiente de pontos de dados do elemento 1210 para realizar uma função de ajuste de curva. Em fazendo isso, o elemento 1212 determina a correlação entre a potência de entrada e o retardo de tempo Δt da pluralidade recebida de pontos de dados e quando tiver recebido uma pluralidade suficiente (20 ou mais) de pontos de dados do elemento 710, realiza uma operação de ajuste de curva para converter os pontos de dados em uma expressão da forma representada por $y = mx + b$ onde m é a inclinação da expressão definida e b é a interceptação y da expressão definida. A expressão definida é então aplicada do elemento 1212 através do percurso 1214 ao elemento 1216 que funciona para determinar os limites de desvio superior e

inferior associados com a expressão definida. Esses limites de desvio são determinados pelo usuário e podem ser expressos em termos de desvio percentual da expressão derivada ou podem ser expressos em termos de probabilidade. A Figura 8
5 ilustra uma expressão definida além de um limite de desvio superior 804 e um limite de desvio inferior 805.

A seguir, a saída do elemento 1216 é aplicada à entrada do elemento 1222 que armazena a expressão definida além dos limites de desvio superior e inferior associados
10 com a expressão definida.

O elemento 1222 a seguir recebe pontos de dados amostrados subsequente e das potências de entrada e determina que cada ponto de dados recebidos subsequente está entre os limites de desvio definidos 804 e 805. Se o
15 elemento 1222 determinar que um ponto de dados amostrado está entre os limites de desvio, um sinal "sim" é aplicado através do percurso 1224 para o elemento 1226 que faz com que a parte eletrônica do medidor 120 aplique um zero como um sinal de fluxo ao percurso de saída 126.

20 O processo então se estende através do percurso 1225 para o elemento 1228 que faz com que o próximo ponto de dados amostrado seja recebido pelo elemento 1216 através do percurso 1214. O elemento 1216 então realiza as funções indicadas acima de determinação dos limites de desvio superior e inferior para o próximo ponto de dados amostrado e aplica-
25 ção dessa informação ao elemento 1222. O elemento 1222 então determina se o ponto de dados recém amostrado está dentro dos limites de desvio e aplica um sinal "sim" ao percurso

1224 se o desvio estiver dentro dos limites ou aplica um sinal "não" ao percurso 1230 se o desvio não estiver dentro dos limites do desvio. O sinal "sim" do elemento 1222 é processador como descrito antes e volta do elemento 1226 e elemento 1228 e de volta para o elemento 1216. O circuito sim funciona dessa forma desde que um ponto de dados amostrado recebido esteja dentro dos limites do desvio.

Quando um ponto de dados amostrado é determinado pelo elemento 1222 como estando fora dos limites de desvio, um sinal "não" é gerado e aplicado através do percurso 1230 ao elemento 1232 que determina que o estado de fluxo zero terminou e reporta a magnitude do fluxo representado pelo ponto de dados recém recebido ao percurso 126 da parte eletrônica do medidor 120. O elemento 1232 também aplica um sinal através do percurso 1218 se estendendo de volta para a entrada do elemento 1208. Visto que o fluxômetro está agora em uma condição que representa um fluxo de material verdadeiro, o elemento 1208 recebe o ponto de dados amostrado, e determina que não é inferior ao corte de fluxo baixo e aplica um sinal através do percurso "não" 1220 e 1230 ao elemento 1232 que continua a relatar a magnitude de fluxo para o percurso 126 e para estender um sinal através do percurso 1218 voltando para a entrada do elemento 1208.

O método da Figura 12, continua a relatar um fluxo de material verdadeiro para cada ponto de dados recebido até o momento em que o elemento 1208 recebe um ponto de dados amostrado que seja inferior ao valor baixo do corte de fluxo baixo. O sistema então reverte para o estado de fluxo zero e

funciona como descrito acima para fazer com que um sinal de zero seja estendido do elemento 135 na Figura 1 através dos contatos do comutador 139 para o percurso de saída 126 que reporta um zero para o usuário pela duração do estado de
5 fluxo zero.

Descrição da Figura 13

A Figura 12 ilustra como o fluxômetro da presente invenção alterna entre um estado de fluxo zero e um estado de fluxo de material verdadeiro. É descrito adicionalmente
10 na Figura 12 como o começo de cada estado de fluxo de material é caracterizado por um sinal aplicado ao elemento 1208 que indica que a amostra está abaixo do valor de corte de fluxo baixo. O elemento 1208 então faz com que o elemento 1212 realize uma operação de ajuste de curva na qual os pri-
15 meiros vinte ou mais pontos de dados do estado de fluxo zero recém iniciado são encaixados em curva para derivar uma expressão que representa a correlação entre o fluxo de material, o retardo de tempo e a potência de entrada para o fluxômetro. Foi descrito também com relação à Figura 12 como cada
20 expressão derivada é utilizada para analisar o restante dos pontos de dados do mesmo estado de fluxo zero durante o qual a expressão foi derivada.

A Figura 13 descreve uma modalidade da invenção na qual as expressões derivadas durante cada estado de fluxo zero são armazenadas em locais da memória 1300 possuindo co-
25 lunas 1301, 1302, e 1309 para o armazenamento de várias partes de cada expressão derivada.

A primeira expressão derivada é $y_0 = m_0x + b_0$ e é arma-

zenada no primeiro local da memória. As expressões derivadas sucessivamente para a próxima pluralidade de estados de fluxo zero são armazenadas em locais sucessivos da memória 800. A última expressão é definida como $y_n = m_n x + b_n$.

5 A memória 1300 recebe informação da parte eletrônica do medidor 120 através do percurso 1307 com cada registro recebido sendo direcionado para a seção adequada da memória 800. A memória pode ser do tipo rotativa na qual os primeiros registros derivados são armazenados nos locais in-
10 dicados com registros subseqüentes sendo armazenados na memória de forma circular começando com o primeiro local de memória. A memória está, portanto, sempre cheia e uma expressão recém derivada é armazenada na memória escrevendo-se a mesma em um local vazio da memória, se estiver vazio, ou
15 escrevendo-se em um próximo local sucessivo pela eliminação de um registro existente. Dessa forma, a memória 1300 está sempre cheia depois que as primeiras "n" expressões foram recebidas. O analisador de dados 1306 analisa as expressões armazenadas, calcula a média de cada parâmetro e armazena a
20 média no local inferior escrevendo uma expressão $y_{av} = m_{av} x + b_{av}$. Em se fazendo isso, o local inferior da memória armazena a média das últimas "n" expressões.

 Durante a operação, é desejável que as várias expressões tenham valores consistentes para as variáveis da
25 inclinação m e interceptação b. Uma expressão contendo valores para a inclinação m e interceptação b que diferem muito das outras expressões pode indicar uma condição problemática par a qual a saída do fluxômetro não deve ser utilizada. O

analisador de dados 1306 realiza essas funções e avisa a parte eletrônica do medidor 120 sobre uma inconsistência entre uma expressão recém criada e outras expressões armazenadas na memória.

5 Descrição da Figura 14

A Figura 14 descreve as etapas do método realizadas pelo sistema da Figura 13 quando uma expressão é recebida. O elemento 1401 recebe a expressão e escreve a mesma no próximo local disponível da memória 1300. O elemento 1402 lê
10 a expressão recém recebida e aplica a mesma ao analisador de dados 1406. O analisador de dados 1406 analisa os dados armazenados por consistência entre outros registros de dados na memória 300 que representam as expressões derivadas para amostras sucessivas.

15 O elemento 1402 aplica informação pertencente à sua análise de dados ao elemento 1403 que aplica um sinal ao percurso "sim" 1404 se os dados forem consistente e não contiverem anormalidades. Se os dados forem inconsistentes ou contiverem anormalidades os mesmos devem ser investigados
20 adicionalmente, um sinal é aplicado ao percurso "não" 1406. A aplicação de um sinal ao percurso "sim" 904 faz com que o sistema continue sua operação de sistema normal. Isso incluiria a análise dos registros adicionais à medida que são escritos na memória 1300. A aplicação de um sinal "não" ao
25 percurso 1406 pode iniciar um alarme de sistema 1407, ou, se desejado, pode desligar o sistema encerrando o fluxo de material.

Descrição de Outra Possível Modalidade - Figuras

15 a 17

Descrição da Figura 15

Acima foi descrito como um sistema de fluxômetro Coriolis consubstanciando a presente invenção impede a geração de sinais de fluxômetro espúrios para o percurso 126 durante um estado de fluxo zero no qual não existe fluxo através do fluxômetro. De acordo com o método e aparelho consubstanciando a invenção, o estado de fluxo zero é detectado, uma fonte de potencial zero 135 é aplicada à saída 126 pela duração do estado de fluxo zero, o elemento de correção de fluxo zero 133 e o gerador de informação de fluxo 132 juntos funcionam para analisar os sinais de retardo de tempo entre os recolhedores 105 e 105'. Os sinais de retardo de tempo espúrios são monitorados até que a magnitude dos sinais de fluxo que os mesmos representam exceda um limite de desvio que indica um fluxo de material verdadeiro. Em tais momentos, o conjunto de circuito de correção de fluxo zero 133 e o gerador de informação de fluxo 132 então juntos funcionam para encerrar a amostragem do estado de fluxo zero e aplicam um sinal de saída ao percurso 126 representando um fluxo de material verdadeiro.

As mesmas anormalidades de material que são responsáveis pela geração dos sinais espúrios durante o estado de fluxo zero também podem estar presentes no fluxo de material durante as condições de fluxo de material baixo. Os mesmos podem causar erros na informação de saída gerada pelo fluxômetro durante as condições de fluxo baixo. Isso é ilustrado na Figura 15 que ilustra as características de um flu-

xômetro sob condições de uma taxa de fluxo de material de amplitude baixa. Os parâmetros ilustrados na Figura 15 são medidos com um fluxômetro de referência em série com o fluxômetro sob testes. O fluxo de referência medido é ilustrado como o percurso 1501 na Figura 15. É relativamente constante em termos de magnitude do momento "0" até aproximadamente o momento 5000. O sinal de saída gerado pelo medidor sob teste é ilustrado como o percurso 1503 e varia consideravelmente do momento "0" até aproximadamente o momento 3700. No momento 3700, o medidor foi reconfigurado para zero e recalibrado e daí então o fluxo de teste permaneceu relativamente constante em um nível de 18.

A Figura 15 ilustra o percurso 1502 representando a variação na potência de entrada durante o teste associado com o percurso 1503. A potência de entrada 1502 começa aproximadamente no momento "0" e aumenta para um máximo no momento 1500 seguindo o que diminui até o momento 3700 quando o medidor é reconfigurado.

As variações no fluxo de teste 1503 são opostas e simétricas com os aumentos da potência de entrada 1502 pela duração do teste. Visto que o fluxo de referência medido 1501 é relativamente constante durante esse intervalo de teste, as variações no fluxo de teste 1003 juntamente com as variações na potência de entrada 1502 são devidas às mesmas anormalidades materiais que causam a geração de sinais espúrios para o retardo de tempo durante o estado de fluxo zero descrito previamente do fluxômetro.

A Figura 15 ilustra que esses erros são significa-

tivos durante o estado de fluxo baixo do fluxômetro. Dessa forma, no momento 1500, o fluxo de teste 1503 é ilustrado como "-4" enquanto a potência de entrada 1503 está em um nível máximo ligeiramente acima 460. Visto que o fluxo de referência medido 1501 permanece constante em uma taxa de fluxo de aproximadamente 20 durante os testes, pode-se observar que os erros gerados por essas anormalidades materiais e os sinais espúrios gerados indicam que o fluxo de teste foi -4 ao invés de uma taxa de fluxo positiva de 20 como ilustrado pelo fluxo de referência medido 1501. Dessa forma, o fluxo de teste 1503 foi considerado não confiável pelas anormalidades no material e os sinais espúrios que geraram de forma a tornar a informação gerada pelo fluxômetro nesse momento não confiável.

A Figura 7 ilustra a variação na potência de entrada que representa uma variação correspondente no Δt que, por sua vez, representa uma variação na taxa de fluxo indicada. Em outras palavras, a variação na potência de entrada da Figura 15 para a linha 1502 é diretamente relacionada com as variações no retardo de tempo Δt como ilustrado na Figura 7 que, por sua vez, está relacionada com a taxa de fluxo de massa como ilustrado na Figura 15. Visto que a potência de entrada 1502 varia durante a duração do fluxo de teste, deve-se considerar que a variação na potência de entrada 1502 e a variação correspondente no fluxo de teste 1503 se devem às anormalidades materiais previamente discutidas e os sinais espúrios de retardo de tempo que essas anormalidades geram durante um estado de fluxo zero. As mesmas anormalidades e

sinais espúrios estão presentes na informação gerada pelo fluxômetro durante as condições de fluxo de material de baixa magnitude.

Descrição da Figura 16

5 De acordo com outra possível modalidade ilustrativa da invenção, os problemas associados com a presença de anormalidades materiais e sinais espúrios de retardo de tempo em baixos níveis de fluxo de material são eliminados primeiro pela derivação de uma expressão como descrito anteriormente para a potência de entrada associada com os sinais
10 espúrios de retardo de tempo durante um estado de fluxo zero. Tal expressão é ilustrada como percurso 1602 na Figura 16 quando a expressão derivada é:

$$\Delta t_{0F} = K_{0F}(DI_{0F}) + B_{0F}$$

15 Essa expressão possui uma interceptação no eixo geométrico y no local B_{0F} e possui uma inclinação de K_{0F} . A seguir, o mesmo fluxômetro contendo o mesmo material é operado durante uma condição de fluxo baixo. Uma expressão encaixada em curva é então derivada para esse estado de fluxo
20 baixo do fluxômetro. A expressão é ilustrada para o percurso 1604 e é

$$\Delta t_F = K_F(DI_F) + B_F$$

A inclinação da equação 1604 é K_F enquanto a interceptação no eixo geométrico Δt é B_F . A inclinação das equações 1602 e 1604 é idêntica de forma que K_F seja igual a
25 K_{0F} .

Para a expressão da linha 1602, a distância entre qualquer local na linha 1602 e a linha horizontal 1601, tam-

bém chamada de B_{0F} , é devida aos sinais espúrios gerados pelo fluxômetro durante um estado de fluxo zero. O ângulo entre a linha 1602 e a linha 1601 é igual ao ângulo entre as linhas 1604 e 1603. É, portanto, óbvio que a distância entre qualquer ponto na linha 1604 e na linha 1603 seja similar devido aos sinais espúrios gerados pelas anormalidades no fluxo de material devido a bolhas e similares. Esse sendo o caso, a magnitude do fluxo de material verdadeiro para a linha 1603 é determinado pela distância entre a interceptação y B_F para uma magnitude de fluxo baixa e a interceptação do eixo geométrico y B_{0F} para o estado de fluxo zero do fluxômetro. As expressões ilustradas na Figura 11 e as inter-relações entre as mesmas utilizadas no cálculo do fluxo de material verdadeiro são ilustradas na Figura 17.

15 Descrição da Figura 17

A Figura 17 descreve as etapas do método utilizadas para derivar um fluxo de material corrigido para a magnitude do fluxo de material representado pelos gráficos da Figura 16.

20 O processo 1700 começa com o elemento 1701 que deriva a expressão:

$$\Delta t_{0F} = K_{0F}(\Delta I_M) + B_{0F}$$

Essa expressão é para o estado de fluxo zero do fluxômetro. A seguir, o elemento 1702 deriva uma expressão encaixada em curva Δt_F para o estado de fluxo de material baixo ilustrado na linha 1604. A seguir, o elemento 1703 soluciona a expressão consubstanciando os termos Δt_F e Δt_0 e os limites relevantes. O elemento 1204 então soluciona as ex-

pressões:

$$M' = FCF \times \Delta t_m$$

$$M' = FCF \times \Delta t_F$$

Elementos 1703 verificam o valor de $K_{0F} - K_F$ contra os limites especificados pelo usuário. Se os limites não forem correspondidos, o elemento 1703 aplica um sinal "não" ao elemento 1704 que reporta uma taxa de fluxo não compensada para o elemento 1708 e percurso 126. Se os limites forem correspondidos, o elemento 1703 aplica um sinal "sim" ao elemento 1706 que reporta uma taxa de fluxo compensada M' ao elemento 1708 e percurso 126 e também notifica um usuário no elemento 1707 sobre a condição do processo. O limite utilizado pelo elemento 1703 pode, se desejado, ser o termo $y_{av} = n_{av}x + b_{av}$ armazenado na memória 1300.

O método da Figura 17 deriva um valor corrigido para o estado de fluxo baixo do fluxômetro pela eliminação dos efeitos das anormalidades materiais e dos sinais espúrios que geram.

Deve-se compreender que a invenção reivindicada não está limitada à descrição da modalidade preferida mas engloba outras modificações e alterações. Por exemplo, apesar de a presente invenção ter sido descrita como compreendendo uma parte de um fluxômetro de tubo reto único ou duplo, deve-se compreender que a presente invenção não está limitada e pode ser utilizada com outros tipos de fluxômetros incluindo fluxômetros de tubo único de configuração irregular ou curva além de fluxômetros possuindo uma pluralidade de tubos de fluxo. Além disso o método e aparelho da

presente invenção podem ser utilizados com outros tipos de dispositivos de medição de fluxo em adição a um fluxômetro Coriolis.

REIVINDICAÇÕES

1. Parte eletrônica de medidor para um aparelho de medição de fluxo possuindo um sistema de processamento para corrigir a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de
5 medição de fluxo; a dita parte eletrônica do medidor (120) sendo **CARACTERIZADA** pelo fato de compreender:

instruções para direcionar o dito sistema de processamento para:

amostrar um sinal que representa a informação de
10 fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo para definir uma pluralidade de pontos de dados que representam o dito sinal;

estabelecer os limites de desvio, independente de
15 um limite de corte de fluxo baixo, para pelo menos um dos ditos pontos de dados, com base em uma pluralidade de pontos de dados amostrados anteriormente;

determinar se cada ponto de dados amostrado está dentro dos ditos limites de desvio;

20 amostrar um ponto de dados dentro dos ditos limites de desvio para definir informação de fluxo espúria para o dito estado de fluxo zero;

amostrar um ponto de dados fora dos ditos limites de desvio para definir a informação que representa um fluxo
25 de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo;

continuar a dita amostragem dos ditos pontos de dados desde que os ditos pontos de dados amostrados estejam dentro dos ditos limites de desvio;

impedir que a dita informação de fluxo espúria seja aplicada a uma saída do dito aparelho de medição de fluxo durante a amostragem de pontos de dados dentro dos limites de desvio;

5 determinar que o ponto de dados amostrado mais recentemente está fora dos ditos limites de desvio e dessa forma representar a informação para um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo; e

 gerar um sinal de saída que representa a dita in-
10 formação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado mais recentemente.

2. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito aparelho de medição de fluxo definir um fluxômetro Coriolis.

15 3. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

 especificar um limite de corte de fluxo baixo que
20 representa um fluxo de material abaixo do qual o dito aparelho de medição de fluxo não gerará um sinal de saída que represente um fluxo de material verdadeiro;

 monitorar a informação de fluxo de material representada pelo dito sinal de saída;

25 determinar que a dita informação de fluxo de material monitorada se torne inferior ao fluxo de material representado pelo dito limite de corte de fluxo baixo;

 encerrar a geração do dito sinal de saída; e

retornar à amostragem dos ditos pontos de dados para o dito estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo.

4. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

determinar que um ponto de dados recém amostrado representa um fluxo de material que está fora dos ditos limites de desvio; e

gerar um sinal de saída para o fluxo de material verdadeiro representado pelo dito ponto de dados recém amostrado.

5. Parte eletrônica de medidor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

estabelecer os limites de desvio pela etapa de estabelecimento de um limite superior e um limite inferior do desvio associados com cada ponto de dados amostrado;

amostrar os ditos pontos de dados desde que a informação espúria de fluxo de material representada pelo dito ponto de dados esteja entre o dito limite de desvio superior e o dito limite de desvio inferior;

determinar que um ponto de dados recém amostrado esteja fora dos ditos limites;

determinar a informação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado; e

gerar um sinal de saída representando a dita informação de fluxo determinada.

6. Parte eletrônica do medidor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADA** pelo
5 fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

determinar a média μ de taxas de fluxo dos N pontos de dados amostrados anteriormente;

estabelecer os ditos limites de desvio padrão dos
10 N pontos de dados anteriores pela multiplicação do produto do desvio padrão r por um número especificado pelo usuário de desvios padrão A para longe da dita média de desvios; e

adicionar e subtrair o produto de rA com relação a μ .

15 7. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

20 derivar uma expressão para definir pontos de dados que caracterizam os parâmetros do retardo de tempo Δt e a potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo baixo do dito aparelho de medição de fluxo;

25 derivar uma expressão para definir pontos de dados que caracterizam os parâmetros de Δt e potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo; e

subtrair a dita expressão definida para o dito es-

tado de fluxo zero da dita expressão para o dito estado de fluxo baixo para obter um sinal de saída para o dito aparelho de medição de fluxo que não apresenta erros espúrios induzidos no dito aparelho durante o dito estado de fluxo zero.

8. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

10 utilizar uma relação entre o retardo de tempo Δt e a potência de entrada do dito aparelho de medição de fluxo para derivar uma expressão que representa uma pluralidade dos ditos pontos de dados que caracteriza a geração de informação de fluxo pelo dito aparelho de medição de fluxo durante o dito estado de fluxo zero.

9. Parte eletrônica de medidor, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

20 determinar o desvio entre os pontos de dados amostrados subsequente e a dita expressão; e

utilizar a dita determinação de desvio para detectar o final do dito estado de fluxo zero.

10. Parte eletrônica de medidor, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

derivar a dita expressão pela amostragem dos ditos

pontos de dados; e

utilizar "n" dos ditos pontos de dados em uma operação de ajuste de curva para derivar a dita expressão.

11. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a
5 reivindicação 10, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

amostrar o restante "m" dos ditos pontos de dados amostrados;

10 determinar o desvio entre cada um dos ditos "m" pontos de dados amostrados e a dita expressão; e

utilizar a dita determinação de desvio para determinar o estado operacional do dito aparelho de medição de fluxo.

15 12. Parte eletrônica do medidor, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADA** pelo fato de o dito sistema de processamento ser configurado para executar as instruções adicionais de:

20 derivar uma pluralidade das ditas expressões para o dito estado de fluxo zero;

armazenar a dita pluralidade de expressões derivadas em uma memória;

definir a informação de consistência;

25 comparar uma expressão recém derivada com as ditas expressões armazenadas;

determinar se a dita expressão recém derivada é consistente com as ditas expressões armazenadas;

utilizar a dita expressão recém definida se for

determinado que a mesma é consistente com as ditas expressões armazenadas; e

evitar o uso da dita expressão recém definida se for determinado que a mesma é inconsistente com as ditas expressões armazenadas.

13. Método de operação de um aparelho de medição de fluxo para corrigir a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo, o dito método sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender as etapas de:

10 amostrar um sinal que representa a informação de fluxo gerada pelo dito aparelho de medição de fluxo durante um estado de fluxo zero do dito aparelho de medição de fluxo para definir uma pluralidade de pontos de dados que representam o dito sinal;

15 estabelecer os limites de desvio, independente de um limite de corte de fluxo baixo especificado para pelo menos alguns dos ditos pontos de dados com base em uma pluralidade de pontos de dados amostrados anteriormente;

20 determinar se cada ponto de dados amostrado está dentro dos ditos limites de desvio;

amostrar um ponto de dados dentro dos ditos limites de desvio para definir a informação espúria de fluxo para o dito estado de fluxo zero;

25 amostrar um ponto de dados fora dos ditos limites de desvio para definir informação que representa um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo;

continuar a dita amostragem dos ditos pontos de dados desde que os ditos pontos de dados amostrados estejam

dentro dos ditos limites de desvio;

impedir que a dita informação espúria de fluxo seja aplicada a uma saída do dito aparelho de medição de fluxo durante a amostragem dos pontos de dados dentro dos limites
5 de desvio;

determinar que o ponto de dados amostrado mais recentemente está fora dos ditos limites de desvio e dessa forma representa a informação para um fluxo de material verdadeiro do dito aparelho de medição de fluxo; e

10 gerar um sinal de saída que representa a dita informação de fluxo de material verdadeiro representada pelo dito ponto de dados amostrado mais recentemente.

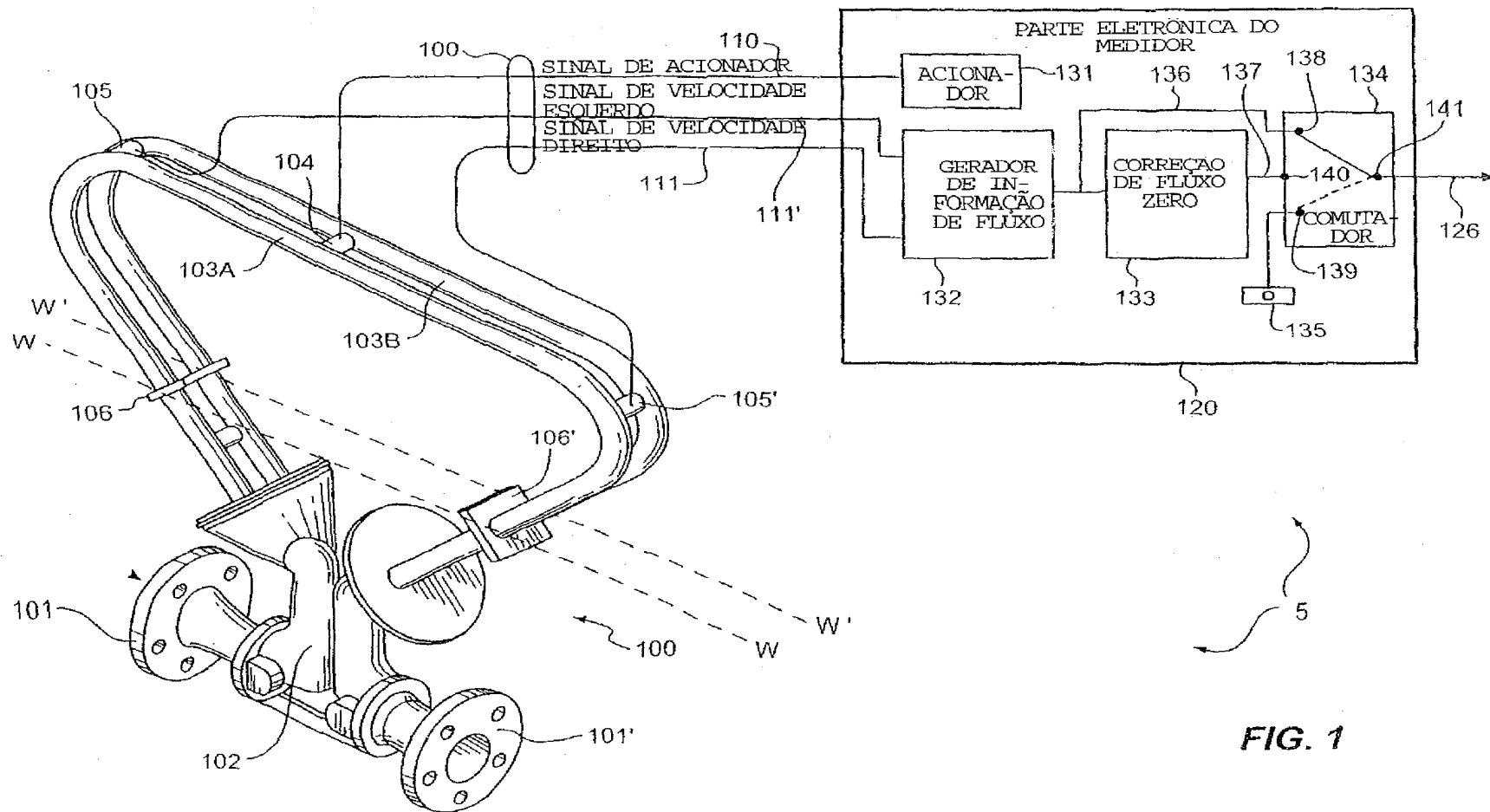


FIG. 1

FIG. 2

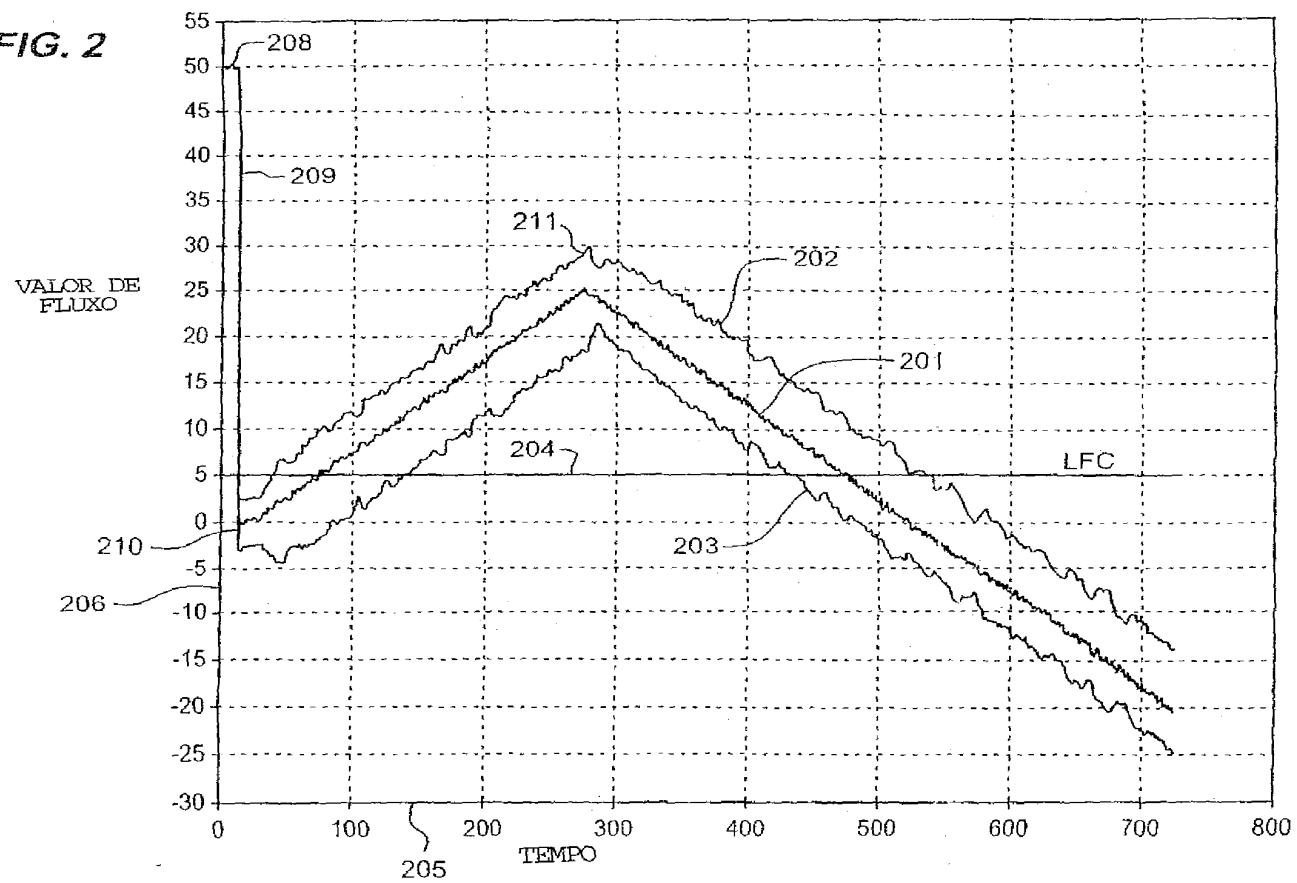


FIG. 3

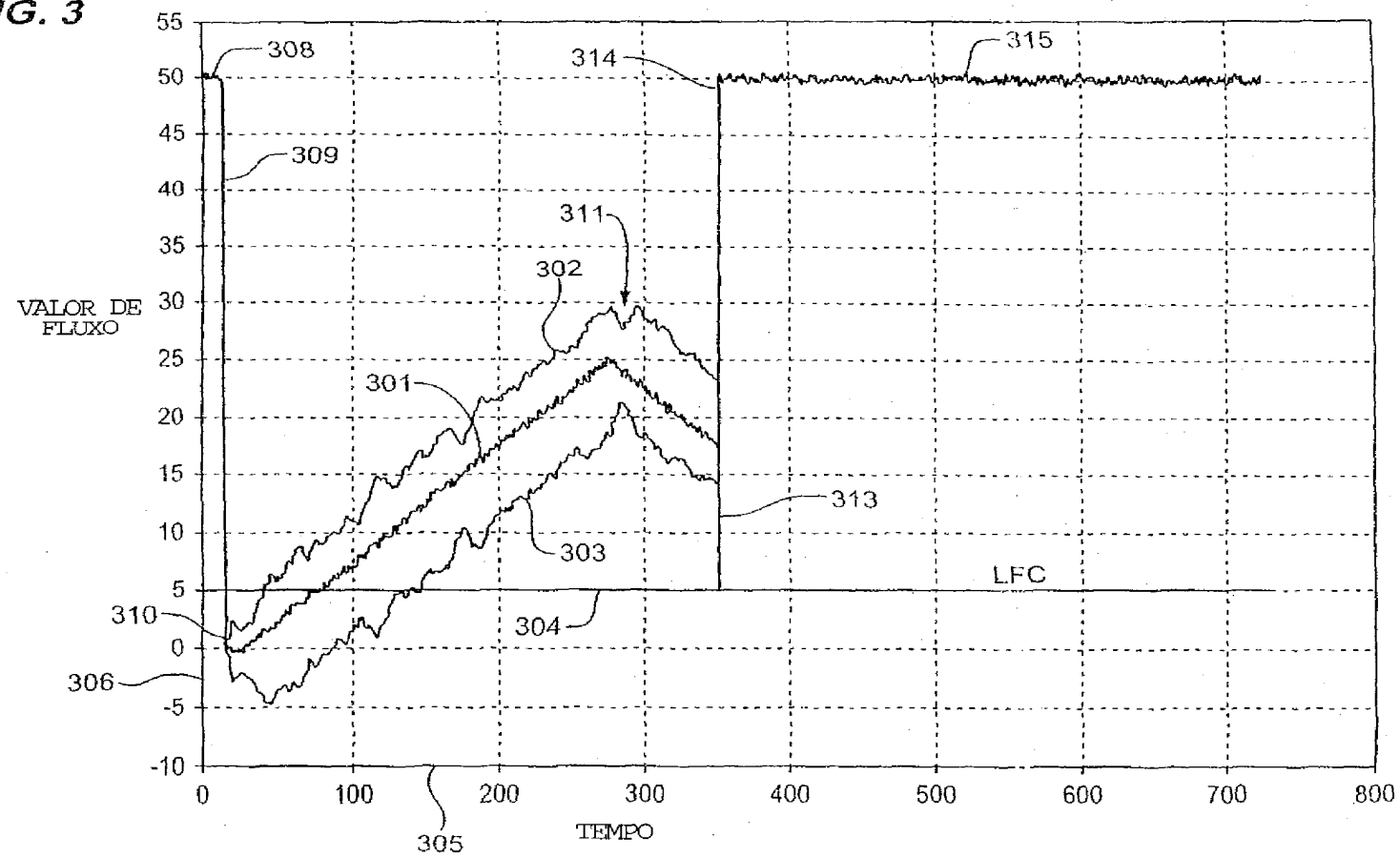


FIG. 4

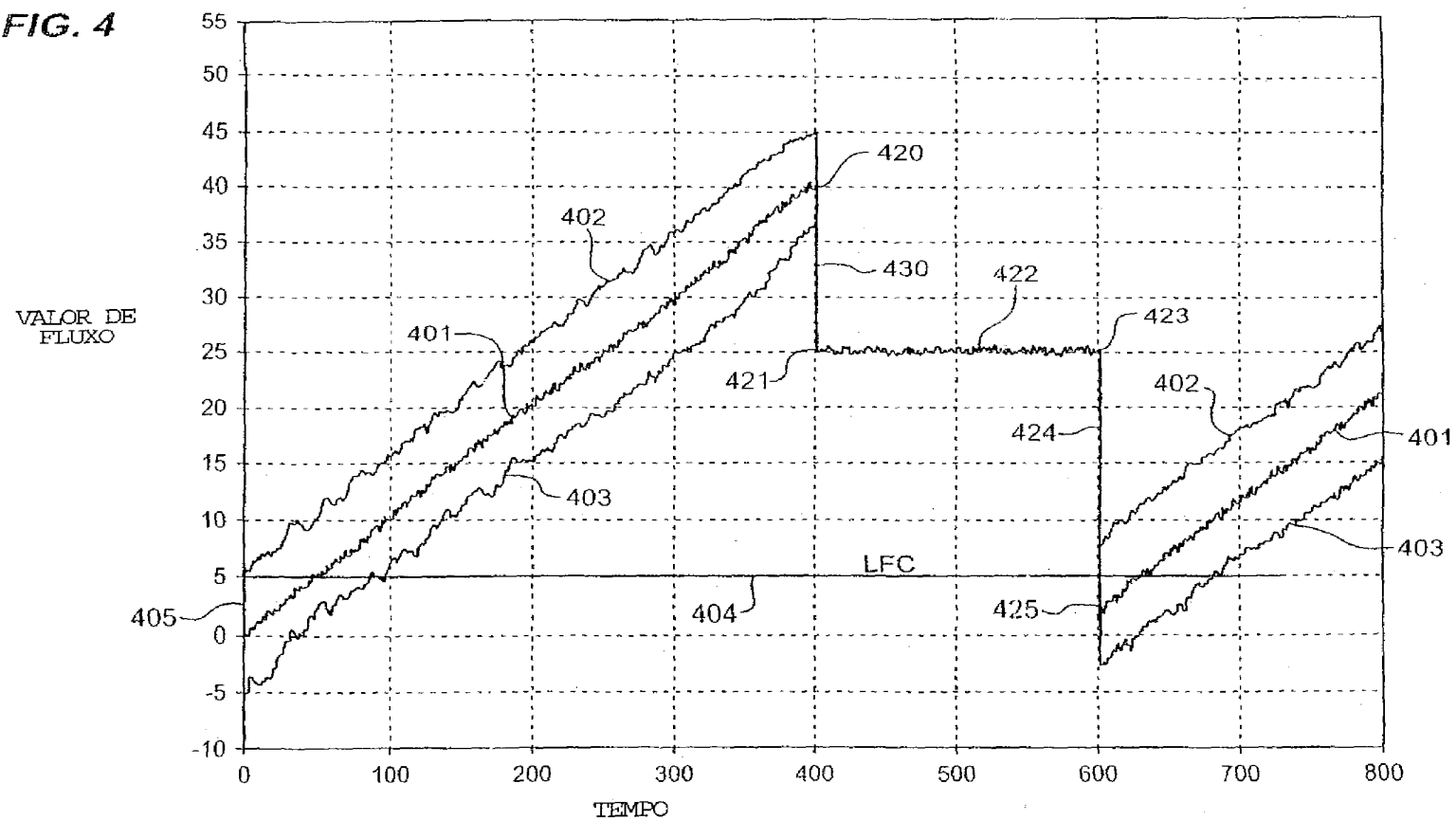
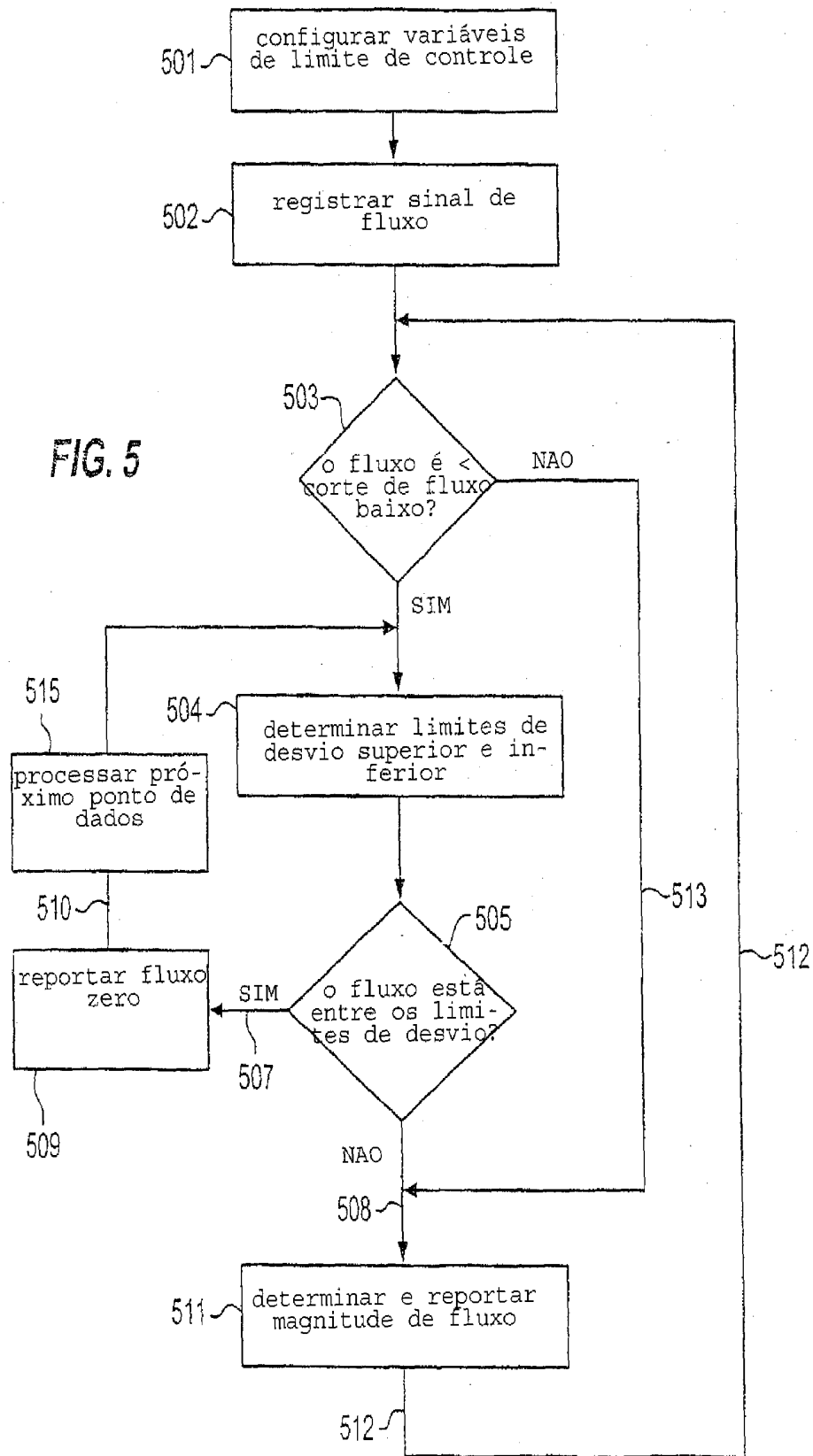


FIG. 5



TAXA DE FLUXO DE MASSA INDICADA COM FLUXO ZERO

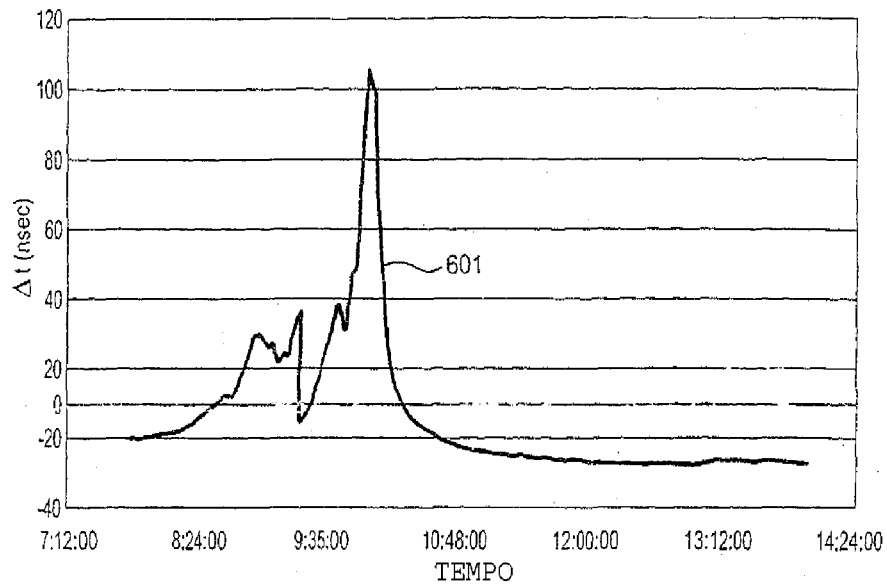


FIG. 6

T150 S/N 901248 6 Hr Zero (água) DSP v2.0

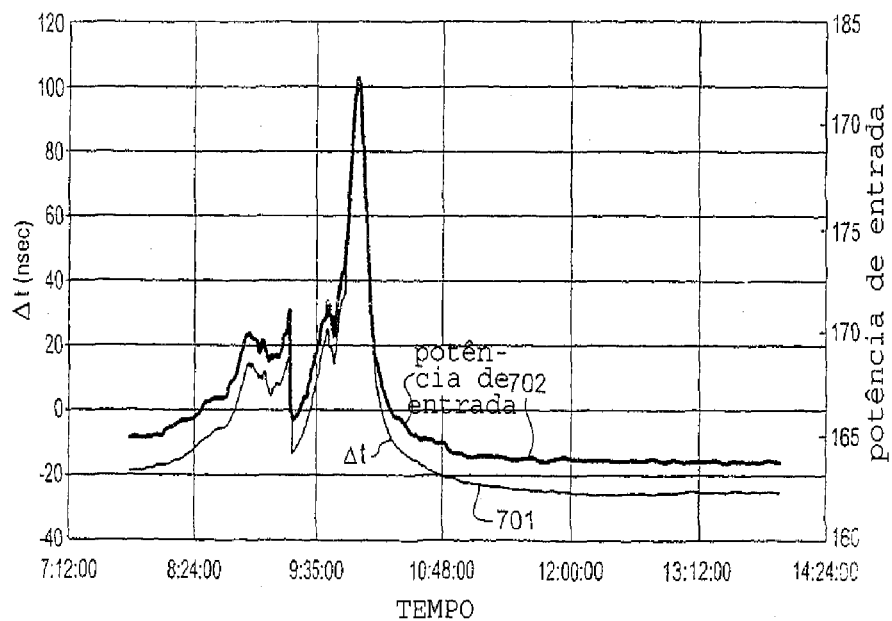


FIG. 7

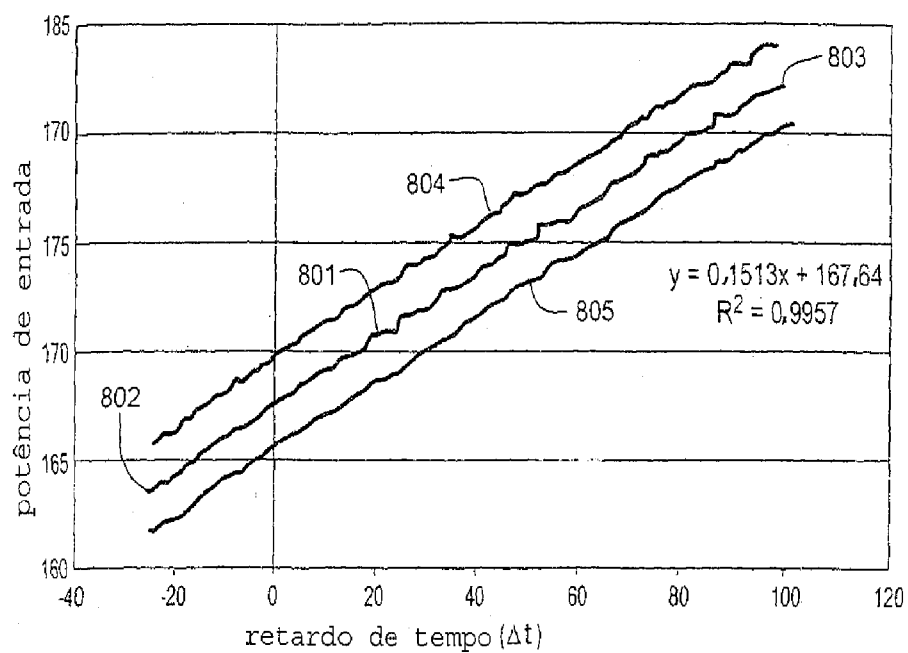


FIG. 8

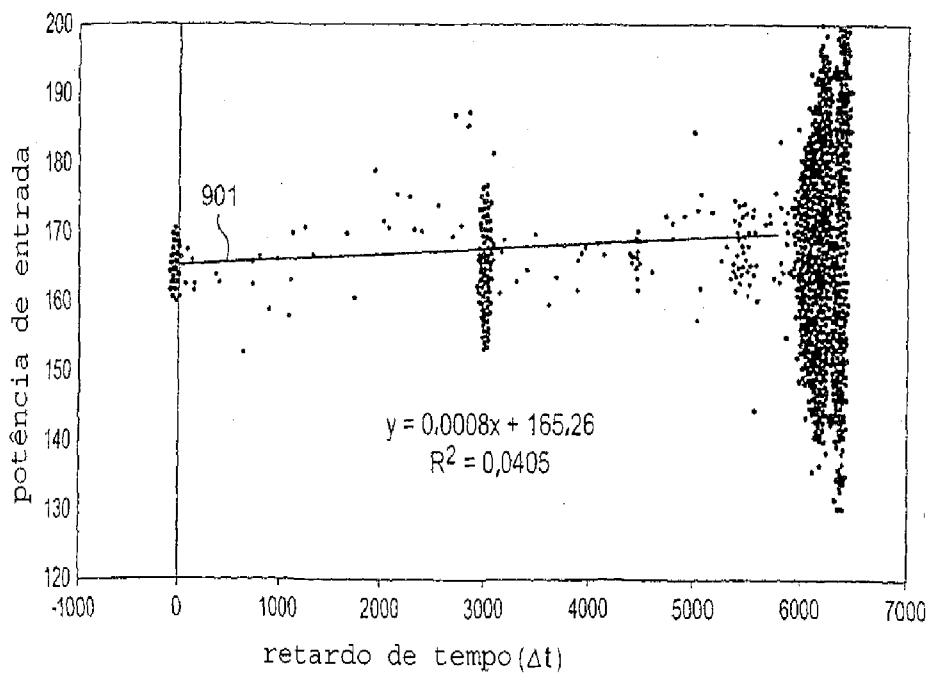


FIG. 9

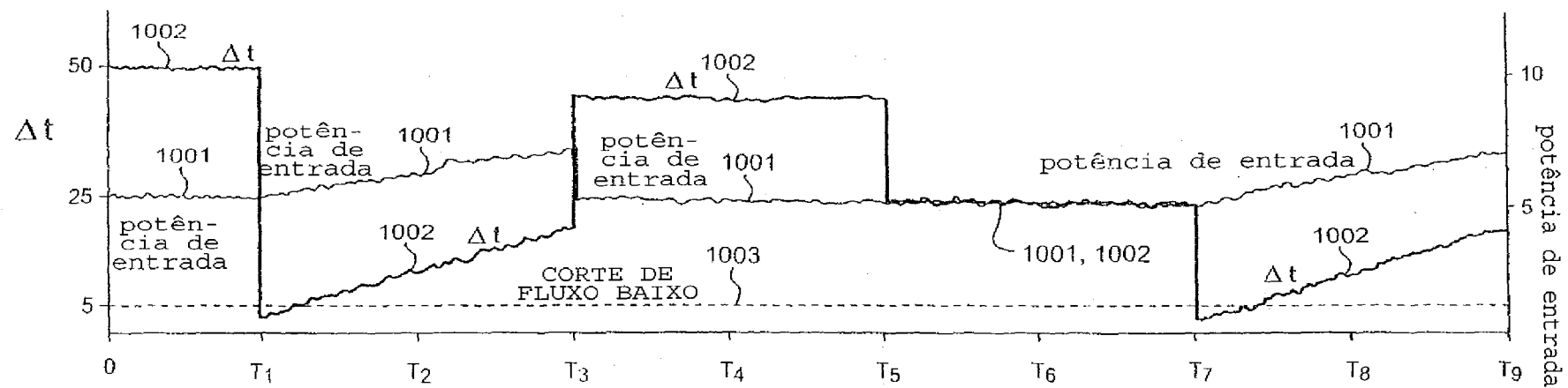


FIG. 10

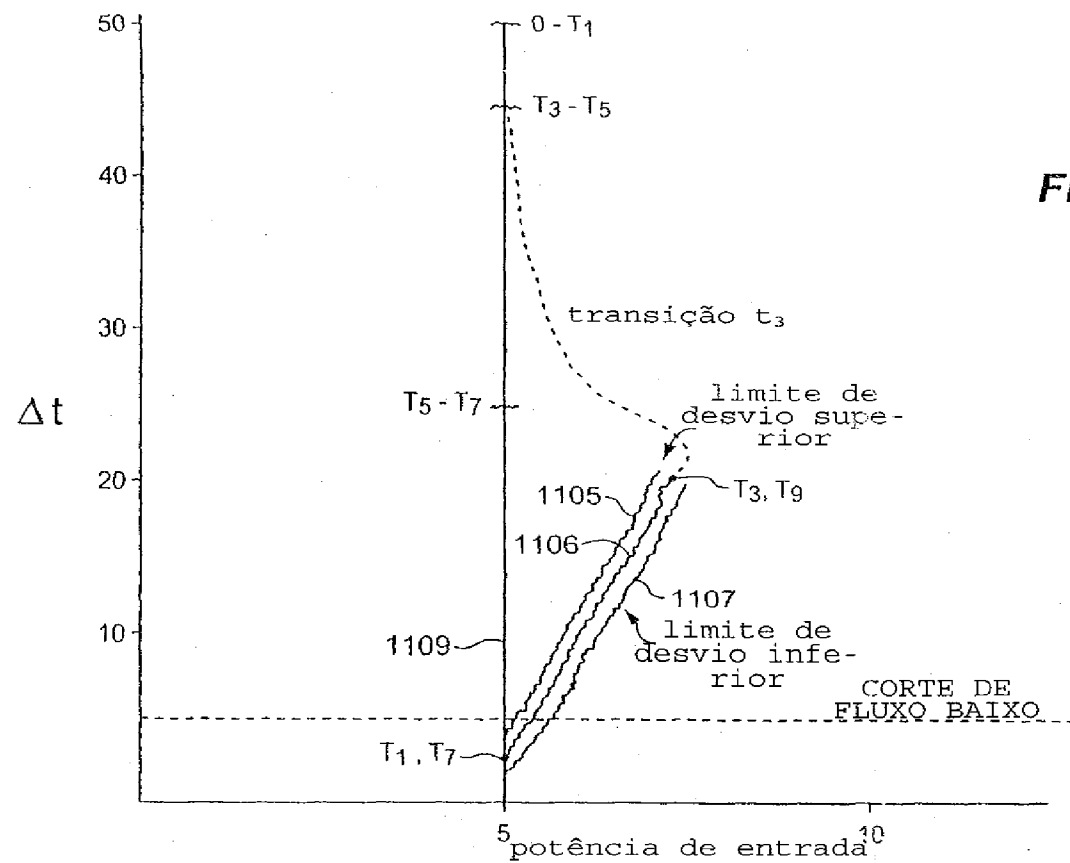
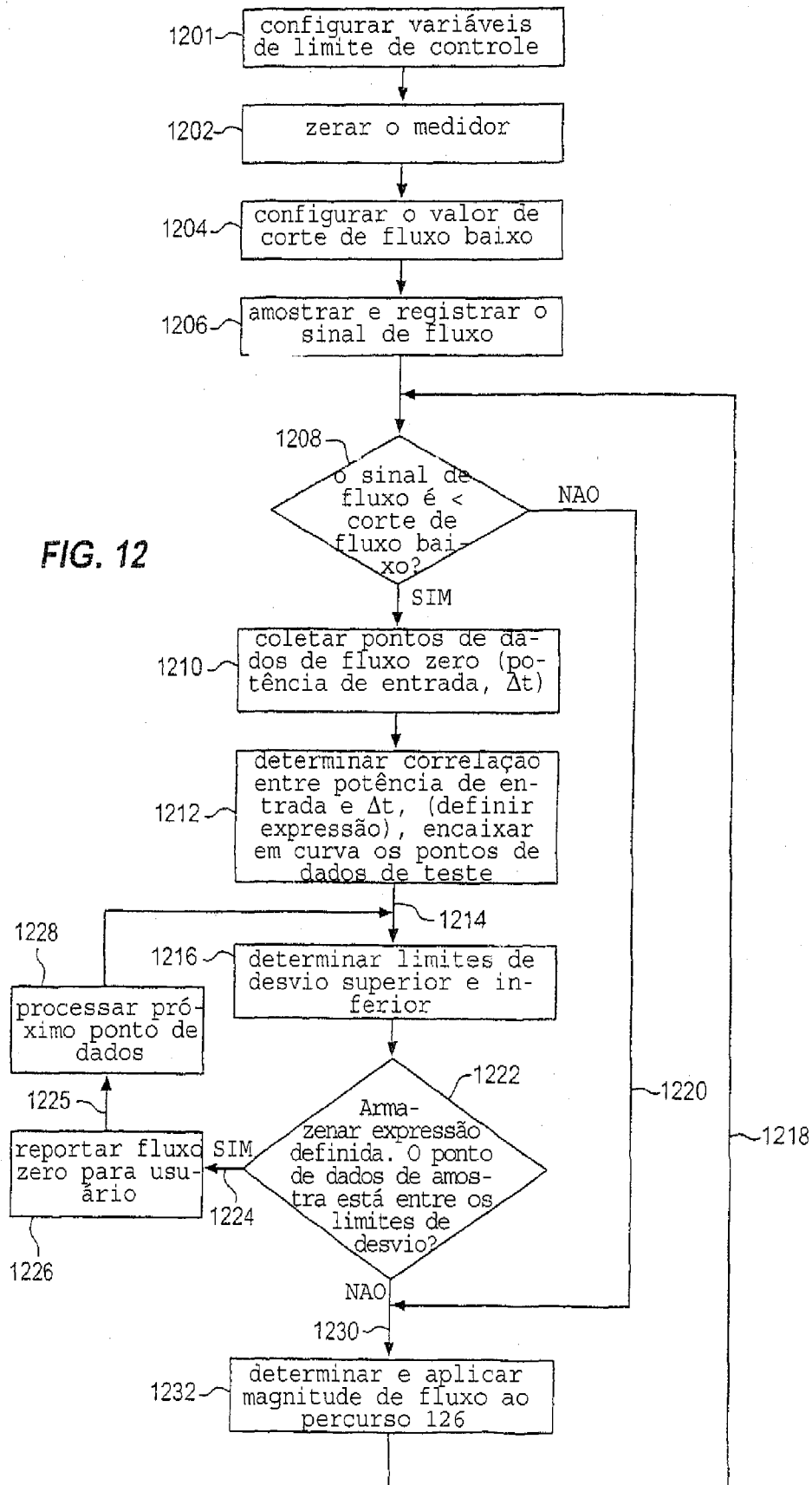
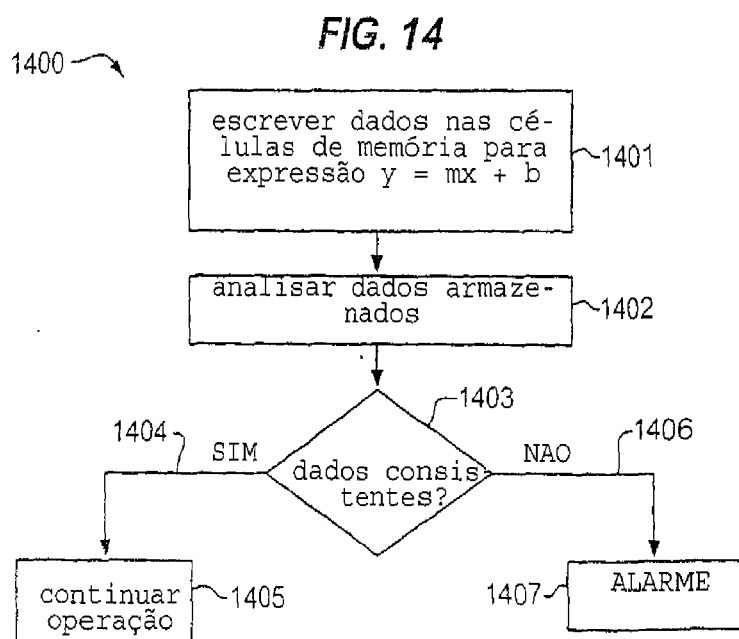
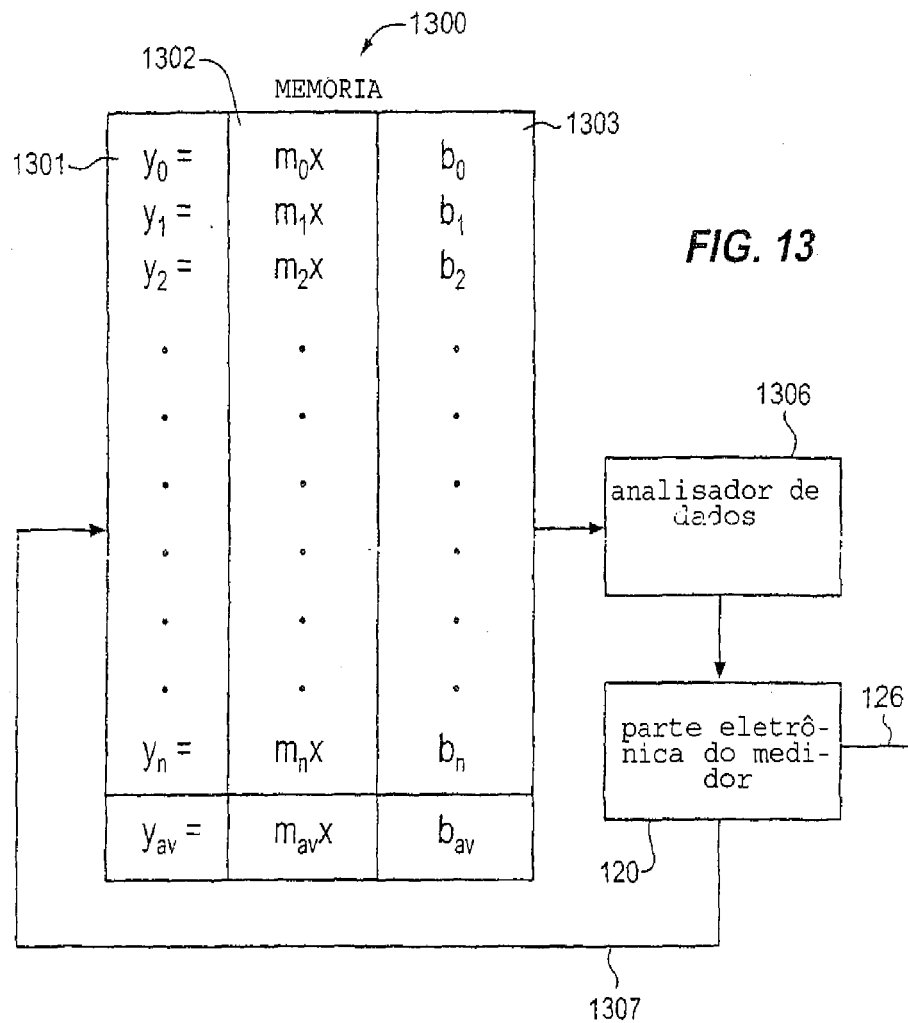


FIG. 11

FIG. 12





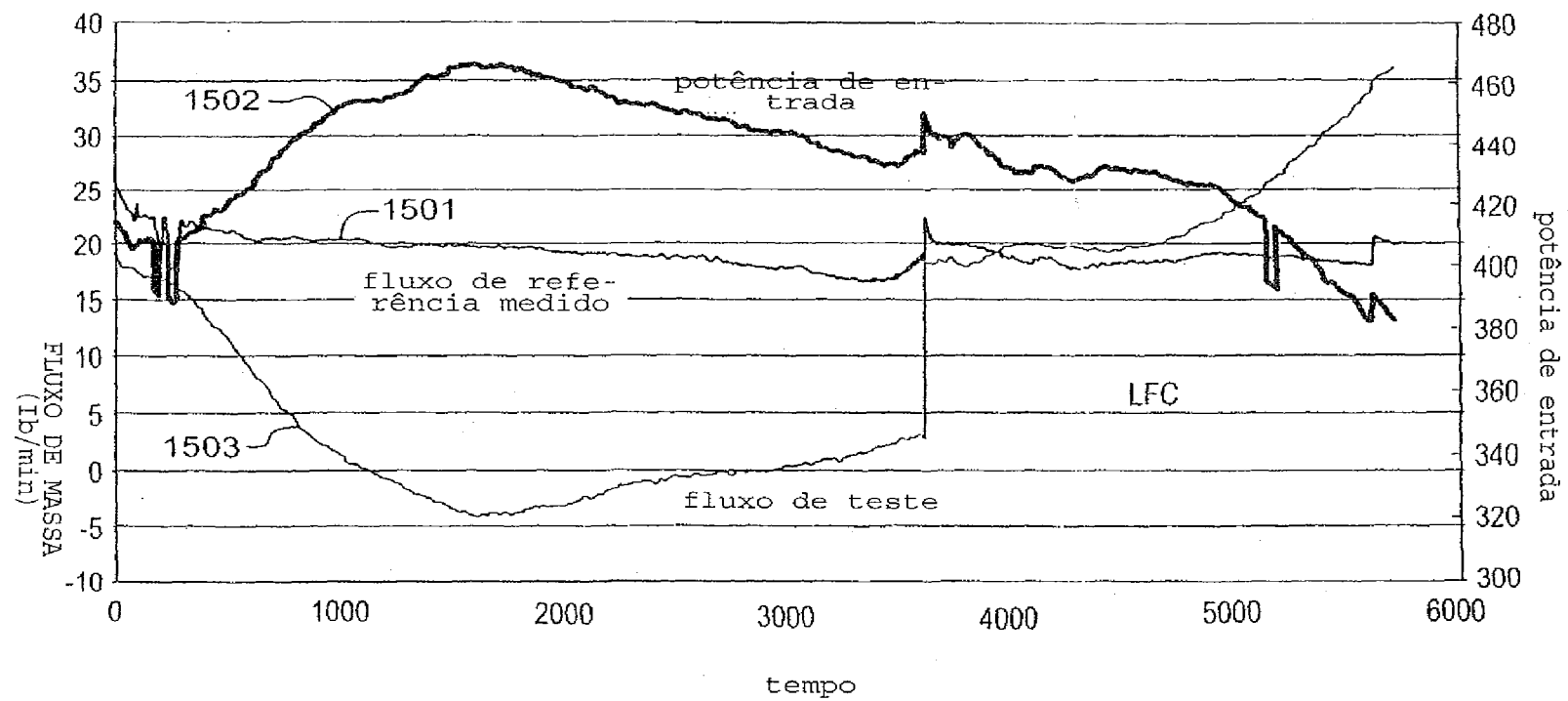


FIG. 15

FIG. 16

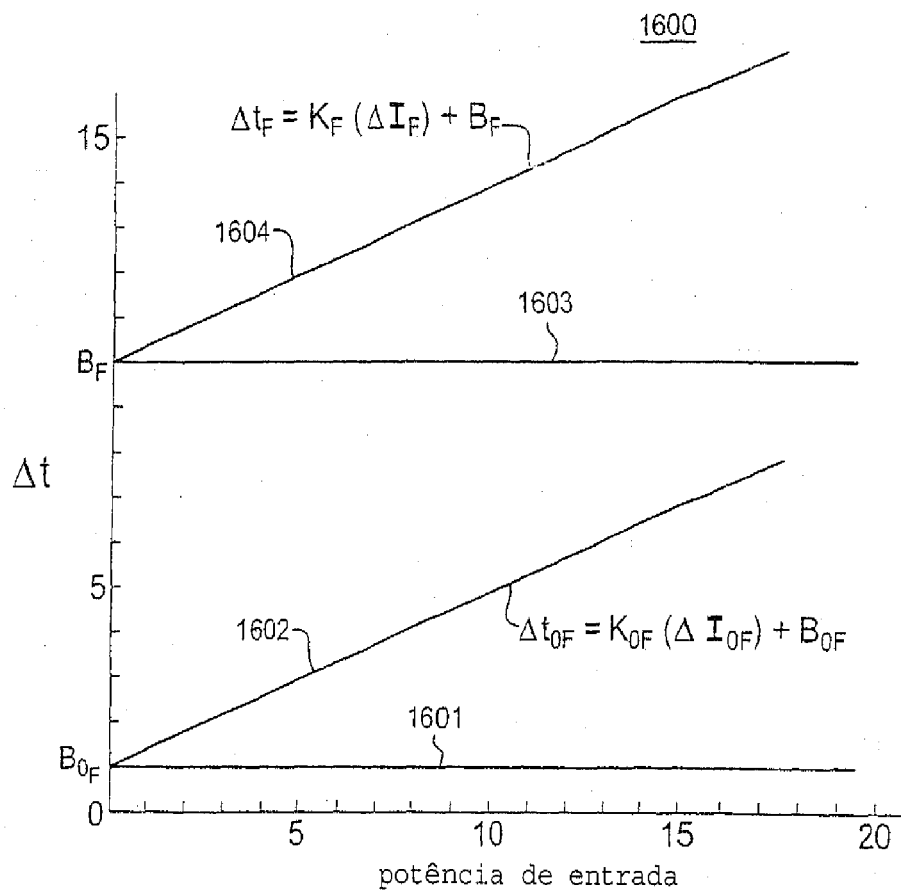


FIG. 17

1700

