



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

CARTA PATENTE Nº PI 0211866-1

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

(21) Número do Depósito: PI 0211866-1

(22) Data do Depósito: 26/08/2002

(43) Data da Publicação do Pedido: 13/03/2003

(51) Classificação Internacional: G01F 1/84; G01F 1/74.

(30) Prioridade Unionista: US 09/941.333 de 29/08/2001.

(54) Título: DETERMINAÇÃO DA PROPORÇÃO DO COMPONENTE MAJORITÁRIO DE UM FLUIDO COM USO DE UM FLUXÍMETRO DE CORIOLIS

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

(72) Inventor: MICHAEL J. KEILTY; ANDREW T. PATTEN.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 04/12/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 04/12/2018

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage

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



"DETERMINAÇÃO DA PROPORÇÃO DO COMPONENTE MAJORITÁRIO DE UM FLUIDO COM USO DE UM FLUXÍMETRO DE CORIOLIS"

Campo da Presente invenção

5 A presente invenção diz respeito a fluxímetros e, em particular, a métodos e sistemas para determinar uma proporção de um componente majoritário relativo a um fluido em movimento através de um fluxímetro de Coriolis.

Declaração do Problema

10 Quando um fluido que está sendo distribuído através de uma tubulação é medido, a quantidade do fluido distribuído é medida em termos de fluxo volumétrico. O termo "fluido" refere-se a qualquer material em um estado líquido ou sólido que escoa. A vazão volumétrica é usada para cobrar
15 de um cliente a quantidade de fluido distribuída. Uma turbina, um medidor de deslocamento positivo ou algum outro sistema de medição mede o volume do fluido à medida que o fluido é distribuído ao cliente. O sistema de medição também mede a temperatura do fluido. O sistema de medição ajusta a
20 medição volumétrica a uma temperatura de referência. O cliente é então cobrado com base na medição volumétrica ajustada.

Muitos fluidos são vendidos com base em condições padrões, o que significa que o sistema de medição considera
25 que o fluido que é vendido é puro. Entretanto, o fluido pode ser formado de mais de um componente. Um componente majoritário representa um fluido puro que está sendo medido, tal como o fluido que é vendido. Os componentes minoritários re-



presentam impurezas misturadas com o componente majoritário.

Por exemplo, propano que é entregue a clientes pode estar misturado a outros componentes, tais como etano, metano, etc.. O etano e metano são impurezas que afetam negativamente a pureza do propano. Uma mistura de propano, etano e metano inclui um componente de propano discreto, um componente de etano discreto e um componente de metano discreto. Infelizmente, turbinas e medidores de deslocamento positivo não podem determinar efetivamente a proporção do componente majoritário relativo ao fluido que é distribuído a um cliente. Conseqüentemente, os clientes são cobrados como se o fluido fosse puro.

Uma maneira de medir um fluxo de massa de um fluido é com um fluxímetro de massa de efeito Coriolis. Fluxímetros Coriolis medem fluxo de massa e outras informações de fluidos em movimento através de um tubo de fluxo no fluxímetro. Fluxímetros de Coriolis exemplares estão descritos na patente U.S. no. 4.109.524 de 29 de agosto de 1978, patente U.S. no. 4.491.025 de 1º de janeiro de 1985 e Re. 31.450 de 20 11 de fevereiro de 1982, todas de J. E. Smith et. al. Fluxímetros são compostos de um ou mais tubos de fluxo com uma configuração reta ou curva. Cada configuração de tubo de fluxo em um fluxímetro de Coriolis tem um conjunto de modos naturais de vibração, que podem ser de um tipo de curva simples, de desvio, torsional ou acoplado. Cada tubo de fluxo é posto em oscilação a uma ressonância em um desses modos naturais de vibração. O fluido escoa no fluxímetro a partir de uma tubulação conectada ao lado de entrada do fluxímetro. O



fluido é direcionado através do(s) tubo(s) de fluxo e sai do fluxímetro pelo lado de saída do fluxímetro. Os modos naturais de vibração do sistema vibrante cheio de fluido são definidos em parte pela massa combinada dos tubos de fluxo e a 5 massa do fluido em movimento através dos tubos de fluxo.

À medida que o fluido começa a escoar, forças de Coriolis fazem com que pontos ao longo dos tubos de fluxo tenham uma fase diferente. A fase no lado de entrada do tubo de fluxo normalmente atrasa o excitador, enquanto que a fase 10 no lado de saída do tubo de fluxo adianta o excitador. Sistemas indutivos que retiram sinais de amostra são afixados ao(s) tubo(s) de fluxo para medir o movimento do(s) tubo(s) de fluxo e gerar sinais de medição que são representativos do movimento do(s) tubo(s) de fluxo.

15 O conjunto eletrônico de medição e qualquer outro conjunto eletrônico ou conjunto de circuitos auxiliares conectados ao fluxímetro recebem os sinais de medição. O conjunto eletrônico processa os sinais de medição para determinar a diferença de fase entre os sinais de medição. A diferença de fase entre dois sinais de medição é proporcional à vazão de massa de fluido através do(s) tubo(s) de fluxo. Portanto, o conjunto eletrônico de medição pode determinar a 20 vazão de massa de um fluido em movimento através do fluxímetro com base nos sinais de medição.

25 Um componente importante de fluxímetros de Coriolis e de densitômetros de tubo vibrante é o sistema de acionamento ou excitação. O sistema de excitação opera para aplicar uma força física periódica no tubo de fluxo, que faz



com que o tubo de fluxo oscile. O sistema de excitação inclui um mecanismo de excitação montado no(s) tubo(s) de fluxo do fluxímetro. O sistema de excitação também inclui um circuito de excitação que gera um sinal de excitação para 5 operar o mecanismo de excitação. O mecanismo de excitação tipicamente contém uma das muitas disposições bem conhecidas, tal como um ímã montado em um tubo de fluxo e uma bobina de arame montada no outro tubo de fluxo em um relacionamento oposto ao ímã.

10 Um circuito de excitação aplica continuamente uma tensão de excitação periódica ao mecanismo de excitação. A tensão de excitação é tipicamente de forma senoidal ou quadrada. Em um mecanismo de excitação de bobina magnética típico, a tensão de excitação periódica faz com que a bobina 15 produza um campo magnético alternado contínuo. O campo magnético alternado da bobina e o campo magnético constante produzido pelo ímã forçam o(s) tubo(s) de fluxo a vibrar (em) em um padrão senoidal. Especialistas perceberão que qualquer dispositivo capaz de converter um sinal elétrico em 20 força mecânica é adequado para a aplicação como um mecanismo de excitação (Ver patente U.S. 4.777.833 concedida a Carpenter e atribuída externamente a Micro Motion, Inc.). Também, o sinal do excitador não está limitado a um sinal senoidal, mas pode ser qualquer sinal periódico (Ver patente U.S. 25 5.009.109 concedida a Kalotay et. al. e atribuída externamente a Micro Motion, Inc.).

Conforme supradecclarado, o conjunto eletrônico de medição determina a vazão de massa de um fluido em movimento



através do fluxímetro. O conjunto eletrônico de medição também infere a densidade do fluido com base nos sinais de medição. Qualquer variação na densidade que seja diferente da conhecida, densidades de referência são consideradas atribuídas à temperatura e não à pureza do fluido. Com base na vazão de massa medida e na densidade inferida do fluido, o conjunto eletrônico de medição determina a vazão volumétrica do fluido em movimento através do fluxímetro. Infelizmente, fluxímetros de Coriolis atuais não estão efetivamente adaptados para medir a proporção de um componente majoritário relativo ao fluido. Clientes podem portanto ser cobrados por fluidos que não são puros.

Declaração da Solução

A presente invenção ajuda a solucionar os problemas referidos, e é feito um avanço na tecnologia, por meio de sistemas, métodos e software configurados para determinar uma proporção de um componente majoritário relativo a um fluido em movimento através de um fluxímetro de Coriolis. A presente invenção vantajosamente fornece uma medição mais precisa da quantidade, pureza e qualidade de um fluido que está sendo distribuído. A presente invenção também permite que clientes sejam cobrados de forma mais precisa pelos fluidos que são comprados.

Em um exemplo da presente invenção, o conjunto de circuitos é configurado para comunicar com um fluxímetro de Coriolis para implementar a presente invenção. O conjunto de circuitos compreende um dispositivo de interface configurado para receber sinais de medição e um sinal de temperatura do



fluxímetro de Coriolis em resposta ao movimento de um fluido através do fluxímetro de Coriolis. O fluido compreende um componente majoritário. O dispositivo de interface é também configurado para transferir os sinais de medição e o sinal de temperatura ao dispositivo de processamento. O dispositivo de processamento é configurado para processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.

Em um outro exemplo da presente invenção, o conjunto de circuitos executa o processo seguinte para determinar a proporção do componente majoritário. Para começar, o conjunto de circuitos processa os sinais de medição para determinar uma vazão de massa do fluido. O conjunto de circuitos então divide a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para levar a uma primeira vazão volumétrica. A densidade de referência representa a densidade do componente majoritário em uma temperatura de referência. O conjunto de circuitos então processa os sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis. O conjunto de circuitos então determina uma densidade variável em função da temperatura. O conjunto de circuitos multiplica a vazão volumétrica medida pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produto. O conjunto de circuitos então divide o produto pela densidade de referência para levar a uma segunda vazão volumétrica. Se a primeira vazão volumétrica for igual à segunda vazão volumétrica, então o fluido é substancialmente puro. Se a primeira vazão



volumétrica não for igual à segunda vazão volumétrica, então o fluido é composto de um ou mais componentes minoritários além do componente majoritário.

Em um outro exemplo da presente invenção, o conjunto de circuitos executa o processo seguinte para determinar a proporção do componente majoritário. Para começar, o conjunto de circuitos processa os sinais de medição para determinar uma densidade medida do fluido. O conjunto de circuitos então processa o sinal de temperatura para determinar uma temperatura do fluido. O conjunto de circuitos determina uma densidade variável em função da temperatura com base na temperatura. Se a densidade medida for igual à densidade variável em função da temperatura, então o fluido é substancialmente puro. Se a densidade medida não for igual à densidade variável em função da temperatura, então o fluido é composto de um ou mais componentes minoritários além do componente majoritário.

Um aspecto da presente invenção inclui um método de operação do conjunto de circuitos em comunicação com um fluxímetro de Coriolis, o método compreendendo a etapa de:

receber sinais de medição e um sinal de temperatura do fluxímetro de Coriolis em resposta ao movimento de um fluido através do fluxímetro de Coriolis, o fluido compreendendo um componente majoritário;

o método sendo caracterizado pela etapa de:

processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.



Preferivelmente, o método compreende adicionalmente processar os sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

5 ajustar a vazão volumétrica com base na proporção do componente majoritário.

Preferivelmente, o método compreende adicionalmente a etapa de ajustar um custo para uma quantidade do fluido com base na proporção do componente majoritário.

10 Preferivelmente, a proporção do componente majoritário representa uma pureza do fluido.

Preferivelmente, o componente majoritário compreende propano.

15 Preferivelmente, a etapa de processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar a proporção do componente majoritário compreende adicionalmente as etapas de:

processar os sinais de medição para determinar uma vazão de massa do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

dividir a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para determinar uma primeira vazão volumétrica.

25 Preferivelmente, a etapa de processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar a proporção do componente majoritário compreende adicionalmente as etapas de:

processar os sinais de medição para determinar uma



vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

processar o sinal de temperatura para determinar uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de temperatura representa a temperatura do fluido em movimento 5 através do fluxímetro de Coriolis;

multiplicar a vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produ- 10 to; e

dividir o produto pela densidade de referência para levar a uma segunda vazão volumétrica.

Preferivelmente, a etapa de processar o sinal de temperatura para determinar a densidade variável em função 15 da temperatura compreende adicionalmente a etapa de:

ajustar a densidade de referência com base na tem-
peratura do fluido em movimento através do fluxímetro de Co-
riolis.

Preferivelmente, a etapa de processar os sinais de 20 medição e o sinal de temperatura para determinar a proporção do componente majoritário compreende adicionalmente a etapa de:

dividir a primeira vazão volumétrica pela segunda vazão volumétrica para levar à proporção do componente majo-
ritário.

25 Preferivelmente, a etapa de processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar a proporção do componente majoritário compreende adicionalmente as eta-
pas de:



processar os sinais de medição para determinar uma densidade medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

processar o sinal de temperatura para determinar 5 uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de temperatura representa a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

dividir a densidade medida pela densidade variável em função da temperatura para levar à proporção do componente majoritário.

Um outro aspecto da presente invenção compreende um conjunto de circuitos configurado para comunicar com um fluxímetro de Coriolis, o conjunto de circuitos compreendendo um dispositivo de interface configurado para receber 15 sinais de medição e um sinal de temperatura do fluxímetro de Coriolis em resposta ao movimento de um fluido através do fluxímetro de Coriolis e para transferir os sinais de medição e o sinal de temperatura, o fluido compreendendo um componente majoritário;

o conjunto de circuitos caracterizado pelo fato de 20 que:

um dispositivo de processamento configurado para receber os sinais de medição e o sinal de temperatura e processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para 25 determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.

Preferivelmente, o dispositivo de processamento é configurado adicionalmente para:



processar sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

ajustar a vazão volumétrica com base na proporção
5 do componente majoritário.

Preferivelmente, o dispositivo de processamento é adicionalmente configurado para:

ajustar um custo para uma quantidade do fluido com base na proporção do componente majoritário.

10 Preferivelmente, a proporção do componente majoritário representa uma pureza do fluido.

Preferivelmente, o componente majoritário compreende propano.

15 Preferivelmente, o dispositivo de processamento é adicionalmente configurado para:

processar os sinais de medição para determinar uma vazão de massa do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

20 dividir a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para determinar uma primeira vazão volumétrica.

Preferivelmente, o dispositivo de processamento é adicionalmente configurado para:

25 processar os sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

processar o sinal de temperatura para determinar uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de



temperatura representa a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

multiplicar a vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produto; e

dividir o produto pela densidade de referência para levar a uma segunda vazão volumétrica.

Preferivelmente, o dispositivo de processamento é 10 adicionalmente configurado para:

ajustar a densidade de referência com base na temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro Coriolis para determinar a densidade variável em função da temperatura.

15 Preferivelmente, o dispositivo de processamento é adicionalmente configurado para:

dividir a primeira vazão volumétrica pela segunda vazão volumétrica para levar à proporção do componente maioritário.

20 Preferivelmente, o dispositivo de processamento é adicionalmente configurado para:

processar sinais de medição para determinar uma densidade medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

25 processar o sinal de temperatura para determinar uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de temperatura representa a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e



dividir a densidade medida pela densidade variável em função da temperatura para levar à proporção do componente majoritário.

Um outro aspecto da presente invenção compreende
5 um produto em software para uso com um fluxímetro de Coriolis,
o produto em software compreendendo:

software de proporção configurado para, quando executado por um processador, receber sinais de medição e um sinal de temperatura do fluxímetro de Coriolis em resposta
10 ao movimento de um fluido através do fluxímetro de Coriolis,
o fluido compreendendo um componente majoritário; e

meio de armazenamento configurado para armazenar o software de proporção;

o produto em software caracterizado pelo fato de
15 que:

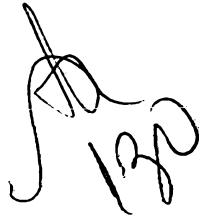
o software de proporção é adicionalmente configurado para, quando executado pelo processador, processar sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.

20 Preferivelmente, o software de proporção é adicionalmente configurado para, quando executado pelo processador:

processar sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

ajustar a vazão volumétrica com base na proporção do componente majoritário.

Preferivelmente, o software de proporção é adiciona-



nalmente configurado para, quando executado pelo processador:

ajustar um custo de uma quantidade do fluido com base na proporção do componente majoritário.

5 Preferivelmente, a proporção do componente majoritário representa uma pureza do fluido.

Preferivelmente, o componente majoritário comprende propano.

Preferivelmente, o software de proporção é adicionamente configurado para, quando executado pelo processador:

processar os sinais de medição para determinar uma vazão de massa do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e

15 dividir a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para determinar uma primeira vazão volumétrica.

Preferivelmente, o software de proporção é adicionamente configurado para, quando executado pelo processador:

20 processar os sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

processar o sinal de temperatura para determinar 25 uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de temperatura representando a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

multiplicar a vazão volumétrica medida do fluido



em movimento através do fluxímetro de Coriolis pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produto; e

5 dividir o produto pela densidade de referência para levar a uma segunda vazão volumétrica.

Preferivelmente, o software de proporção é adicionalmente configurado para, quando executado pelo processador:

ajustar a densidade de referência com base na temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis para determinar a densidade variável em função da temperatura.

Preferivelmente, o software de proporção é adicionalmente configurado para, quando executado pelo processador:

dividir a primeira vazão volumétrica pela segunda vazão volumétrica para levar à proporção do componente maioritário.

Preferivelmente, o software de proporção é adicionalmente configurado para, quando executado pelo processador:

processar os sinais de medição para determinar uma densidade medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

25 processar o sinal de temperatura para determinar uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de temperatura representando a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis; e



dividir a densidade medida pela densidade variável em função da temperatura para levar à proporção do componente majoritário.

Descrição dos Desenhos

5 As características da presente invenção expostas e outras mais podem ser entendidas a partir da leitura da descrição detalhada e dos desenhos seguintes.

A Figura 1 ilustra um fluxímetro de Coriolis de tubo duplo da tecnologia anterior;

10 A Figura 2 ilustra um fluxímetro de Coriolis de tubo reto simples da tecnologia anterior;

A Figura 3 é um diagrama de blocos que ilustra o conjunto eletrônico de medição configurado para comunicar com um fluxímetro de Coriolis em um exemplo da presente invenção;

A Figura 4 é um diagrama de blocos que ilustra o conjunto de circuitos configurado para comunicar com um fluxímetro de Coriolis em um exemplo da presente invenção;

20 A Figura 5 é um diagrama lógico que ilustra um processo para determinar uma proporção de um componente majoritário em um fluido em um exemplo da presente invenção;

A Figura 6 é um fluxograma que ilustra um processo executado pelo conjunto de circuitos se um fluido contiver componentes minoritários em um exemplo da presente invenção;

25 A Figura 7 é um fluxograma que ilustra um processo executado pelo conjunto de circuitos se um fluido contiver componentes minoritários em um exemplo da presente invenção; e



A Figura 8 é um diagrama lógico que ilustra um outro processo para determinar uma proporção de um componente majoritário em um fluido em um exemplo da presente invenção.

Descrição Detalhada

As Figuras 1-3 ilustram exemplos de sistemas que podem ser usados para implementar a presente invenção. O escopo da presente invenção não está limitado aos componentes particulares mostrados e descritos nas figuras 1-3, mas, de outra forma, o escopo da presente invenção está definido pelas reivindicações.

Fluxímetro de Coriolis de Tubo Duplo - Figura 1

A Figura 1 ilustra um fluxímetro de Coriolis 5 da tecnologia anterior. O fluxímetro de Coriolis 5 compreende um sensor Coriolis 10 e um conjunto eletrônico de medição 20. O conjunto eletrônico de medição 20 é conectado ao sensor Coriolis 10 via condutores 100. O conjunto eletrônico de medição 20 é configurado para fornecer densidade, vazão de massa, vazão volumétrica, fluxo de massa totalizado e outras informações pelo caminho 26. O fluxímetro de Coriolis 5 está descrito, embora esteja aparente aos especialistas que a presente invenção pode ser praticada em combinação com qualquer aparelho que tenha um tubo de fluxo vibrante para medir propriedades de fluido. Um segundo exemplo de um aparelho como esse é um densitômetro de tubo vibrante, que não tem uma capacidade de medição adicional provida por um fluxímetro de massa de Coriolis.

O sensor Coriolis 10 inclui um par de conexões de processo 101 e 101', tubulação 102 e tubos de fluxo 103A e



103B. O excitador 104, o sistema indutivo que retira sinais de amostra 105 e o sistema indutivo que retira sinais de amostra 105' estão conectados aos tubos de fluxo 103A e 103B. Barras de suporte 106 e 106' servem para definir o 5 eixo geométrico W e W' em torno do qual cada tubo de fluxo oscila. Especialistas perceberão que sistemas indutivos que 10 retiram sinais de amostra adicionais podem ser necessários para implementar a invenção. A invenção não está limitada à configuração da figura 1, já que a figura 1 mostra meramente 15 um exemplo de um sistema para implementar a invenção.

Quando o sensor Coriolis 10 é inserido em um sistema de tubulação (não ilustrado) que leva o fluido que está sendo medido, o fluido entra no sensor Coriolis 10 através da conexão de processo 101. O fluido passa através da tubulação 102. A tubulação 102 direciona o fluido para entrar nos tubos de fluxo 103A e 103B. O fluido escoa através de tubos de fluxo 103A e 103B e de volta para a tubulação 102. O fluido sai do sensor Coriolis 10 através da conexão de processo 101'.

20 Tubos de fluxo 103A e 103B são selecionados e devidamente montados na tubulação 102 de maneira a ter substancialmente a mesma distribuição de massa, momentos de inércia e módulos elásticos em torno dos eixos de dobramento W-W e W'-W', respectivamente. Os tubos de fluxo estendem-se 25 para fora da tubulação 102 de uma maneira essencialmente paralela.

Tubos de fluxo 103A-103B são excitados pelo excitador 104 em oposição de fase em torno de seus respectivos



eixos de dobramento, W e W', o que é denominado primeiro modo de dobramento fora de fase do fluxímetro 5. O excitador 104 pode compreender qualquer uma das diversas disposições bem conhecidas, tais como um ímã montado no tubo de fluxo 103A e 5 uma bobina oposta montada no tubo de fluxo 103B, através dos quais uma corrente alternada é passada para vibrar ambos os tubos de fluxo 103A-103B. O conjunto eletrônico de medição aplica um sinal de excitação ao excitador 104 via o condutor 110.

10 O excitador 104 vibra os tubos de fluxo 103A e 103B em resposta ao sinal de excitação. Sistemas indutivos que retiram sinais de amostra 105 e 105' geram sinais de medição em resposta aos modos naturais de vibração dos tubos de fluxo 103A e 103B. Sistemas indutivos que retiram sinais de amostra 105 e 105' transmitem os sinais de medição ao conjunto eletrônico de medição 20 nos condutores 111 e 111', respectivamente. Os sinais de medição dos sistemas indutivos que retiram sinais de amostra 105 e 105' podem ser referidos como sinais de velocidade esquerda e direita, respectivamente. 15 O conjunto eletrônico de medição 20 processa os sinais de velocidade esquerda e direita para computar a vazão de massa, vazão volumétrica, fluxo de massa totalizado e densidade de fluido que passa através do sensor Coriolis 10. O conjunto eletrônico de medição 20 aplica a vazão de massa, 20 vazão volumétrica, fluxo de massa totalizado e a informação de densidade ao caminho 26.

O sensor de temperatura 140 é conectado a um ou ambos os tubos de fluxo vibrantes 103A e 103B. O sensor de



temperatura 140 detecta a temperatura do fluido em movimento através dos tubos de fluxo 103A e 103B. O sensor de temperatura 140 gera um sinal de temperatura. O sensor de temperatura 140 transmite o sinal de temperatura ao conjunto eletrônico de medição 20 pelo condutor 112.

Especialistas entendem que o fluxímetro de Coriolis 5 é bastante similar em estrutura a um densitômetro de tubo vibrante. Densitômetros de tubo vibrante também utilizam um tubo vibrante através do qual o fluido escoa. No caso de densitômetros do tipo amostra, os densitômetros do tipo amostra utilizam um tubo vibrante dentro do qual o fluido é mantido. Densitômetros de tubo vibrante também empregam um sistema de excitação para excitar o tubo de fluxo a vibrar. Densitômetros de tubo vibrante tipicamente utilizam somente sinal de realimentação simples, em virtude de uma medição de densidade exigir somente a medição de freqüência, e de uma medição de fase não ser necessária. As descrições da presente invenção aqui se aplicam igualmente a densitômetros de tubo vibrante.

Fluxímetro de Coriolis de Tubo Reto Simples - Figura 2

A Figura 2 ilustra um fluxímetro de Coriolis 25 da tecnologia anterior. O fluxímetro de Coriolis 25 compreende um sensor Coriolis 200 e um conjunto eletrônico de medição 20. O conjunto eletrônico de medição 20 é conectado ao sensor Coriolis 200 via condutores 230. O conjunto eletrônico de medição 20 é configurado para fornecer densidade, vazão de massa, vazão volumétrica, fluxo de massa totalizado e ou-



tras informações pelo caminho 26.

O tubo de fluxo 201 inclui uma parte de extremidade esquerda designada por 201L e uma parte de extremidade direita designada por 201R. O tubo de fluxo 201 e suas partes de extremidades 201L e 201R estendem-se por todo o comprimento do fluxímetro 25 a partir de uma extremidade de entrada do tubo de fluxo 201 até uma extremidade de saída do tubo de fluxo 201. O sensor Coriolis 200 inclui uma barra de equilíbrio 220 que é conectada nas suas extremidades ao tubo de fluxo 201 pela barra braçadeira 221.

A parte de extremidade esquerda 201L é afixada a uma conexão de processo de entrada 202. A parte de extremidade direita 201R é afixada a uma conexão de processo de saída 202'. A conexão de processo de entrada 202 e a conexão de processo de saída 202' são configuradas para conectar o sensor Coriolis 200 a uma tubulação (não ilustrada).

De uma maneira convencional bem conhecida, um excitador 204, um sistema indutivo que retira sinais de amostra esquerdo 205 e um sistema indutivo que retira sinais de amostra direito 205' são acoplados ao tubo de fluxo 201 e à barra de equilíbrio 220. O conjunto eletrônico de medição 20 transmite um sinal de excitação pelos condutores 210 ao excitador 204. Em resposta ao sinal do excitador, o excitador 204 vibra o tubo de fluxo 201 e a barra de equilíbrio 220 em oposição de fase na freqüência ressonante do tubo de fluxo cheio de fluido 201. A oscilação do tubo de fluxo vibrante 101 induz deflexões de Coriolis no tubo de fluxo 201 de uma maneira bem conhecida. Os sistemas indutivos que retiram si-



nais de amostra 205 e 205' detectam deflexões de Coriolis e transmitem sinais de medição que representam as deflexões de Coriolis nos condutores 211 e 211'.

O sensor de temperatura 240 é conectado ao tubo de fluxo 201. O sensor de temperatura 240 detecta a temperatura do fluido em movimento através do tubo de fluxo 201. O sensor de temperatura 240 gera um sinal de temperatura. O sensor de temperatura 240 transmite o sinal de temperatura ao conjunto eletrônico de medição 20 pelo condutor 212.

10 Conjunto eletrônico de Medição - figura 3

A Figura 3 ilustra o conjunto eletrônico de medição 20 em um exemplo da presente invenção. Neste exemplo, está ilustrado o conjunto eletrônico de medição 20 para operar com sensor Coriolis 10 na figura 1. O conjunto eletrônico de medição 20 é composto de conversores Analógico em Digital (A/D) 303 e 303', unidade de processamento 301, Memória Apenas de Leitura (ROM) 320, Memória de Acesso Aleatório (RAM) 330, conversor Digital em Analógico (D/A) 302 e amplificador 305. O conjunto eletrônico de medição 20 é configurado para fornecer densidade, vazão de massa, vazão volumétrica, fluxo de massa totalizado e outras informações pelo caminho 26. O caminho 26 leva sinais aos dispositivos de entrada e saída (não ilustrados) que permitem que o conjunto eletrônico de medição 20 se comunique com o conjunto eletrônico secundário, tal como um computador.

Em operação, conversores A/D 303 e 303' recebem os sinais de velocidade esquerda e direita dos sistemas indutivos que retiram sinais de amostra 105 e 105', respectivamente.



te. Conversores A/D 303 e 303' convertem os sinais de velocidade da esquerda e da direita em sinais digitais usados pela unidade de processamento 301. Conversores A/D 303 e 303' transmitem os sinais digitais à unidade de processamento 301 pelos caminhos 310 e 310'. Embora ilustrados como componentes separados, os conversores A/D 303 e 303' podem ser um conversor único, tal como uma placa de circuito codec CS4218 Stereo de 16 bits fabricada pela Crystal Semi Inc. Especialistas perceberão que qualquer quantidade de sistemas indutivos que retiram sinais de amostra e outros sensores pode ser conectada à unidade de processamento 301. A unidade de processamento 301 também recebe o sinal de temperatura do sensor de temperatura 140 pelo condutor 112.

A unidade de processamento 301 é um microprocessador, processador ou um grupo de processadores que lê instruções de um meio de armazenamento e executa as instruções para realizar as várias funções do fluxímetro 5. Em uma modalidade preferida, a unidade de processamento 301 é um microprocessador ADSP-2185L fabricado pela Analog Devices. As funções realizadas incluem, mas sem limitar-se a estas, computar vazão de massa de um fluido, computar a vazão volumétrica de um fluido e computar a densidade de um fluido. A unidade de processamento 301 armazena as funções na ROM 320 e lê as funções da ROM 320 via o caminho 321. A unidade de processamento 301 armazena os dados e as instruções para realizar as várias funções na RAM 330. O processador 301 realiza operações de leitura e gravação na RAM 330 via o caminho 331.



A unidade de processamento 301 gera um sinal de excitação digital e transmite o sinal de excitação digital pelo caminho 312. O conversor D/A 302 recebe o sinal de excitação digital e uma tensão de um dos sistemas indutivos que 5 retiram sinais de amostra 105 e 105' via o caminho 340. O sinal de excitação digital inclui instruções para modificar a tensão recebida pelo caminho 340 para gerar um sinal de excitação analógico. O conversor D/A 302 é um conversor D/A comum, tal como a placa de circuitos AD7943 produzida 10 pela Analog Devices. O conversor D/A 302 transmite o sinal de excitação analógico ao amplificador 305 via o caminho 391. O amplificador 305 amplifica a amplitude do sinal de excitação analógico. O amplificador 305 transmite o sinal de excitação analógico ao excitador 104 via o caminho 110. O 15 amplificador 305 pode ser um amplificador de corrente ou um amplificador de tensão.

Determinação da Proporção do Componente Majoritário - Figura 4

A Figura 4 representa um exemplo específico do 20 conjunto de circuitos em comunicação com um fluxímetro de Coriolis de acordo com a presente invenção. Especialistas perceberão inúmeras variações a partir deste exemplo que não fogem do escopo da invenção. Especialistas também perceberão que várias características descritas a seguir poderiam ser 25 combinadas com outras modalidades para formar múltiplas variações da invenção. Especialistas perceberão que alguns aspectos convencionais da figura 4 foram simplificados ou omitidos por questão de clareza.



A Figura 4 ilustra o conjunto de circuitos 402 em comunicação com um fluxímetro de Coriolis 404 em um exemplo da presente invenção. O conjunto de circuitos 402 é composto de um dispositivo de interface 414 e um dispositivo de processamento 412. O fluxímetro 404 é configurado para receber um fluxo de fluido. O fluxímetro 404 poderia ser, sem se limitar a isto, o fluxímetro 5 da figura 1, ou o fluxímetro 25 da figura 2.

Em operação, o dispositivo de interface 414 recebe sinais de medição 432 e um sinal de temperatura 434 do fluxímetro 404 em resposta ao fluido estar em movimento através do fluxímetro 404. O fluido compreende um componente majoritário. O dispositivo de interface 414 transfere os sinais de medição 432 e o sinal de temperatura 434 ao dispositivo de processamento 412. O dispositivo de processamento 412 recebe os sinais de medição 432 e o sinal de temperatura 434. O dispositivo de processamento 412 processa os sinais de medição 432 e o sinal de temperatura 434 para determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.

Em um exemplo, a operação do conjunto de circuitos 402 poderia ser realizada pelo dispositivo de processamento 412 que executa o software de proporção 424. O dispositivo de processamento 412 recupera e executa o software de proporção 424 a partir do meio de armazenamento 422 para realizar a operação supradescrita. O software de proporção 424 é configurado para direcionar o dispositivo de processamento 412 para 1) receber sinais de medição e um sinal de temperatura do fluxímetro de Coriolis em resposta ao movimento de



um fluido através do fluxímetro de Coriolis, em que o fluido compreende um componente majoritário, e 2) processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar uma proporção do componente majoritário relativa ao fluido.

5 O software de proporção 424 inclui código de programa e software inalterável. Alguns exemplos de meio de armazenamento 422 são os dispositivos de memória, fita, discos, circuitos integrados e servidores. O software de proporção 424 está operativo quando executado pelo dispositivo de processamento 412 para direcionar o dispositivo de processamento para operar de acordo com a invenção. O dispositivo de processamento 412 refere-se a um único dispositivo de processamento ou a um grupo de dispositivos de processamento interoperantes. Alguns exemplos de dispositivo de processamento 412 são computadores, circuitos integrados e conjunto de circuitos lógicos. Especialistas estão familiarizados com instruções, processadores e meio de armazenamento.

10

15

Determinação da Vazão Volumétrica - figuras 5-8

As Figuras 5-8 representam exemplos específicos de lógica usada pelo conjunto de circuitos em comunicação com um fluxímetro de Coriolis de acordo com a presente invenção. Especialistas perceberão inúmeras variações a partir deste exemplo que não fogem do escopo da invenção. Especialistas perceberão também que várias características descritas a seguir poderiam ser combinadas com outras modalidades para formar múltiplas variações da invenção. Especialistas perceberão que alguns aspectos convencionais das figuras 5-8 foram simplificados ou omitidos por questão de clareza.

20

25

A Figura 5 ilustra um diagrama lógico que representa um processo 500 executado pelo conjunto de circuitos 402 em um exemplo da invenção. Para este exemplo, considere que um fluido esteja escoando através do fluxímetro 404.

5 Para determinar a proporção de um componente majoritário em um fluido, o conjunto de circuitos 402 determina uma primeira vazão volumétrica e uma segunda vazão volumétrica e compara as duas vazões. Para determinar a primeira vazão volumétrica, o conjunto de circuitos 402 processa os sinais de

10 medição 432 para determinar uma vazão de massa do fluido na etapa 501. O conjunto de circuitos 402 então divide a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para levar à primeira vazão volumétrica na etapa 503. A primeira vazão volumétrica pode ser representada pela

15 equação seguinte [1]:

$$V_1 = \frac{m}{\rho_{ref}} N - m^3 / h \quad [1]$$

onde m representa a vazão de massa e ρ_{ref} representa a densidade de referência.

A densidade de fluidos varia com base na temperatura e pressão. Fluidos, por natureza, são materiais relativamente incompressíveis. Em outras palavras, uma mudança na densidade com base na pressão é mínima, comparada com uma alteração na densidade com base na temperatura. Portanto, uma pressão padrão é considerada neste exemplo. Uma curva de densidade variável em função da temperatura pode ser gerada para muitos fluidos. Uma temperatura de referência e uma densidade de referência correspondente são então selecionadas para um componente majoritário particular.

Para determinar a segunda vazão volumétrica, o conjunto de circuitos 402 processa os sinais de medição 432 para determinar uma vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro 404 na etapa 505. O conjunto 5 de circuitos 402 então determina uma densidade variável em função da temperatura na etapa 507. A equação seguinte [2] leva à densidade variável em função da temperatura:

$$\rho_{\text{temp}} = -0,00004T - 0,004T^2 - 1,3661T + 530,1/m^3 \quad [2]$$

onde T representa uma temperatura determinada a partir do sinal de temperatura 434.

10 O conjunto de circuitos 402 multiplica a vazão volumétrica medida pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produto na etapa 509. O conjunto de circuitos 402 então divide o produto pela densidade de referência para levar à segunda vazão volumétrica na etapa 511.
15 A segunda vazão volumétrica está representada pela equação seguinte [3] :

$$V_2 = V_{\text{medido}} \frac{\rho_{\text{temp}}}{\rho_{\text{ref}}} N - m^3/h \quad [3]$$

onde V_{medido} representa a vazão volumétrica medida, ρ_{temp} representa a densidade variável em função da temperatura, e ρ_{ref} representa a densidade de referência.

20 Se a primeira vazão volumétrica (V_1) for igual à segunda vazão volumétrica (V_2), então o fluido é substancialmente puro. Em outras palavras, o fluido é composto inteiramente do componente majoritário. Se a primeira vazão volumétrica (V_1) não for igual à segunda vazão volumétrica (V_2),
25 então o fluido contém componentes minoritários além do componente majoritário.



A Figura 6 ilustra um fluxograma que representa um processo 600 executado pelo conjunto de circuitos 402 se o fluido contiver componentes minoritários em um exemplo da invenção. O conjunto de circuitos 402 divide a primeira vazão volumétrica (V_1) pela segunda vazão volumétrica (V_2) para render uma diferença de volume na etapa 601. A diferença de volume representa a proporção do componente majoritário relativa a todo o fluido. O conjunto de circuitos 402 então ajusta a vazão volumétrica medida de todo o fluido com base na proporção do componente majoritário. Para ajustar a vazão volumétrica medida, o conjunto de circuitos 402 multiplica a diferença de volume pela densidade de referência do componente majoritário para levar a uma densidade real do fluido na etapa 603. O conjunto de circuitos 402 então determina a vazão volumétrica ajustada do componente majoritário com base na densidade real na etapa 605. O cliente é então cobrado pelo componente majoritário com base na vazão volumétrica ajustada.

A Figura 7 ilustra um fluxograma que representa um processo 700 executado pelo conjunto de circuitos 402 se o fluido contiver componentes minoritários em um exemplo da presente invenção. O conjunto de circuitos 402 divide a primeira vazão volumétrica (V_1) pela segunda vazão volumétrica (V_2) para levar a uma diferença de volume na etapa 701. Quando uma quantidade do fluido é distribuída a um cliente, o conjunto de circuitos 402 ajusta o custo da quantidade do fluido com base na diferença de volume na etapa 703.

A Figura 8 ilustra um diagrama lógico que repre-



senta um processo 800 executado pelo conjunto de circuitos 402 em um exemplo da invenção. Para este exemplo, considere que um fluido esteja em movimento através do fluxímetro 404. Para determinar a proporção de um componente majoritário em um fluido, o conjunto de circuitos 402 determina uma densidade medida e uma densidade variável em função da temperatura e compara as densidades. Para começar, o conjunto de circuitos 402 processa os sinais de medição 432 para determinar uma densidade medida do fluido na etapa 801. O conjunto de circuitos 402 então processa o sinal de temperatura 434 para determinar uma densidade variável em função da temperatura usando a equação [2] na etapa 803. Se a densidade medida for igual à densidade variável em função da temperatura, então o fluido é substancialmente puro. Se a densidade medida não for igual à densidade variável em função da temperatura, então o fluido contém componentes minoritários além do componente majoritário.

Se o fluido contiver componentes minoritários, então o conjunto de circuitos 402 divide a densidade medida pela densidade variável em função da temperatura para levar a uma diferença de densidade na etapa 805. O conjunto de circuitos 402 pode então ajustar a vazão volumétrica do componente majoritário com base na diferença de densidade descrita na figura 6, usando a diferença de densidade em vez da diferença de volume. O conjunto de circuitos 402 poderia também ajustar o custo da quantidade do fluido com base na diferença de densidade descrita na figura 7 usando a diferença de densidade em vez da diferença de volume.

Exemplo de Determinação da Proporção do Componente

Majoritário Com Uso de Propano

A seguir são dois exemplos da determinação da proporção de propano em relação a um fluido total em movimento através do fluxímetro 404. Para o primeiro exemplo, considere que:

$$m = 5.000 \text{ kg/h}$$

$$T = 25 \text{ graus Celsius}$$

$$V_{medido} = 10,146 \text{ m}^3/\text{h}$$

onde m representa a vazão de massa do fluido medida pelo fluxímetro 404, T representa a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro 404, e V_{medido} representa a vazão volumétrica do fluido medida pelo fluxímetro 404. Considere também que a densidade de referência de propano seja 509 kg/m³. Utilizando-se a equação [1], o conjunto de circuitos 402 determina uma primeira vazão volumétrica.

$$V_1 = \frac{m}{\rho_{ref}} = \frac{5000}{509} = 9,823 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Utilizando-se a equação [2], o conjunto de circuitos 402 determina a densidade variável em função da temperatura.

$$\rho_{temp} = -0,00004T^3 - 0,004T^2 - 1,3661T + 530,1 = 492,8 \text{ kg/m}^3$$

Utilizando-se a equação [3], o conjunto de circuitos 402 determina uma segunda vazão volumétrica.

$$V_2 = V_{medido} \frac{\rho_{temp}}{\rho_{ref}} = 10,146 \frac{492,8}{509} = 9,823 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Em virtude de as equações [1] e [3] levarem aos mesmos resultados, o fluido é composto quase que exclusivamente de propano. Em outras palavras, o fluido é propano puro.

Para o segundo exemplo, considere que:

$$m = 5.000 \text{ kg/h}$$

$$T = 25 \text{ graus Celsius.}$$

$$V_{medido} = 10,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

onde m representa a vazão de massa do fluido medida pelo fluxímetro 404, T representa a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro 404, e V_{medido} representa a vazão volumétrica do fluido medida pelo fluxímetro 404. Considere também que a densidade de referência de propano seja 509 kg/m³. Utilizando-se a equação [1], o conjunto de circuitos 402 determina uma primeira vazão volumétrica.

$$V_1 = \frac{m}{\rho_{ref}} = \frac{5000}{509} = 9,823 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Utilizando-se a equação [2], o conjunto de circuitos 402 determina uma densidade variável em função da temperatura.

$$\rho_{temp} = -0,00004T^3 - 0,004T^2 - 1,3661T + 530,1 = 492,8 \text{ kg/m}^3$$

Utilizando-se a equação [3], o conjunto de circuitos 402 determina uma segunda vazão volumétrica.

$$V_2 = V_{medido} \frac{\rho_{temp}}{\rho_{ref}} = 10,25 \frac{492,8}{509} = 9,924 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

As equações [1] e [3] levam a um resultado diferente. Portanto, o conjunto de circuitos 402 determina que a diferença pode ser atribuída a impurezas no fluido além do propano. Em outras palavras, o fluido não é propano puro. O conjunto de circuitos 402 pode então calcular uma vazão volumétrica real que leve em conta as impurezas do fluido com uso do processo 600 na figura 6.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um conjunto de circuitos em comunicação com um fluxímetro de Coriolis, compreendendo as etapas de:

5 receber sinais de medição e um sinal de temperatura do fluxímetro de Coriolis em resposta ao movimento de um fluido através do fluxímetro de Coriolis, o fluido compreendendo um componente majoritário;

CARACTERIZADO por compreender ainda:

10 processar os sinais de medição e o sinal de temperatura para determinar uma vazão de massa medida do fluido;

 dividir a vazão de massa por uma densidade de referência do componente majoritário para determinar uma primeira vazão volumétrica;

15 processar os sinais de medição para determinar uma vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

 processar o sinal de temperatura para determinar uma densidade variável em função da temperatura, o sinal de 20 temperatura representando a temperatura do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis;

 multiplicar a vazão volumétrica medida do fluido em movimento através do fluxímetro de Coriolis pela densidade variável em função da temperatura para levar a um produto; 25

 dividir o produto pela densidade de referência para levar a uma segunda vazão volumétrica; e

 dividir a primeira vazão volumétrica pela segunda

vazão volumétrica para levar uma proporção do componente majoritário com relação ao fluido.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO adicionalmente pelo fato de que compreende as
5 etapas de:

ajustar a vazão volumétrica com base na proporção
do componente majoritário.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que a proporção do componente ma-
10 joritário representa uma pureza do fluido.

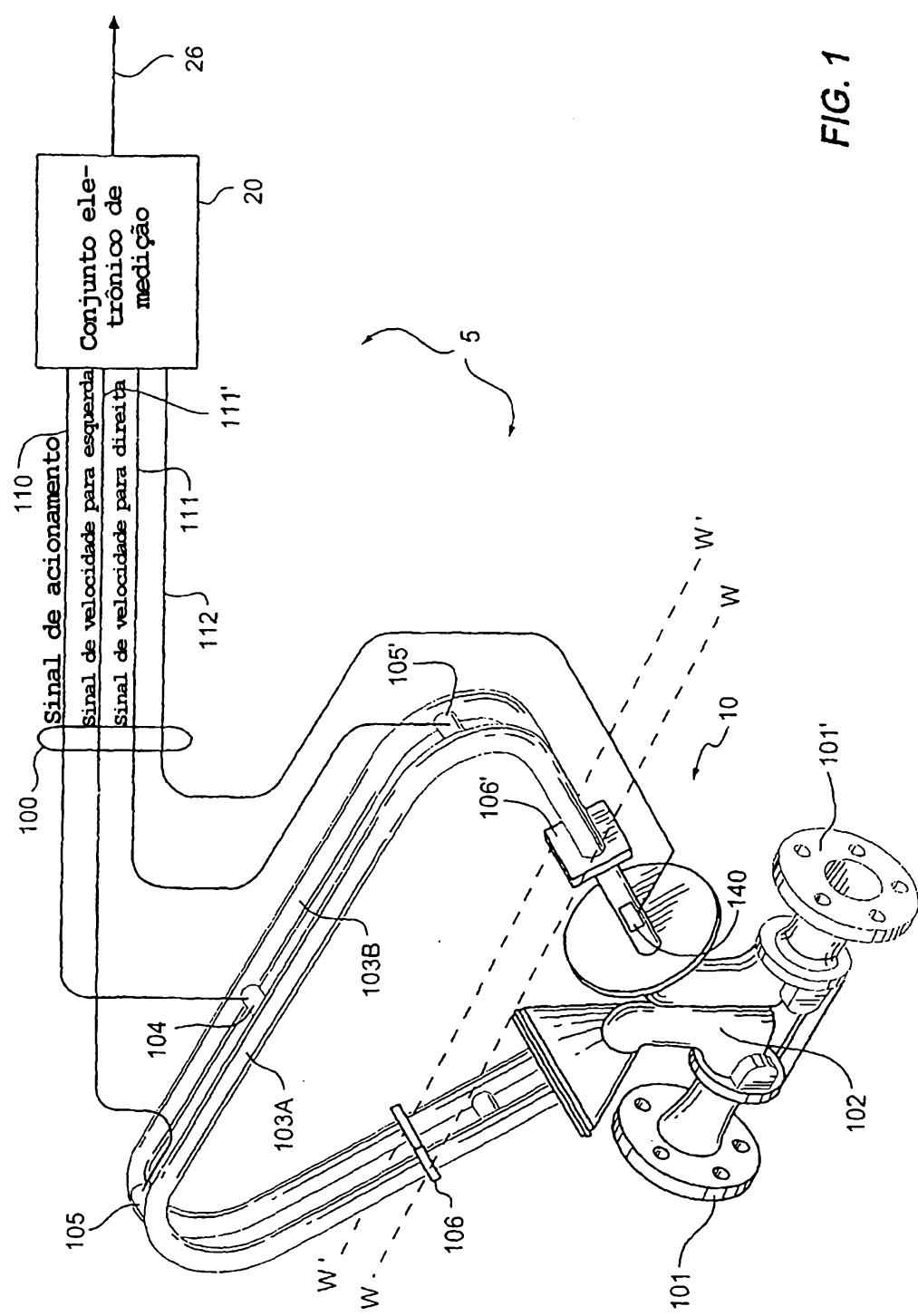
4. Método, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que o fluido compreende propano.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que a etapa de processar o sinal
15 de temperatura para determinar a densidade variável em fun-
ção da temperatura compreende adicionalmente as etapas de:

ajustar a densidade de referência com base na tem-
peratura do fluido em movimento através do fluxímetro de Co-
riolis.

J.C.
16/6

FIG. 1



*SBB
26*

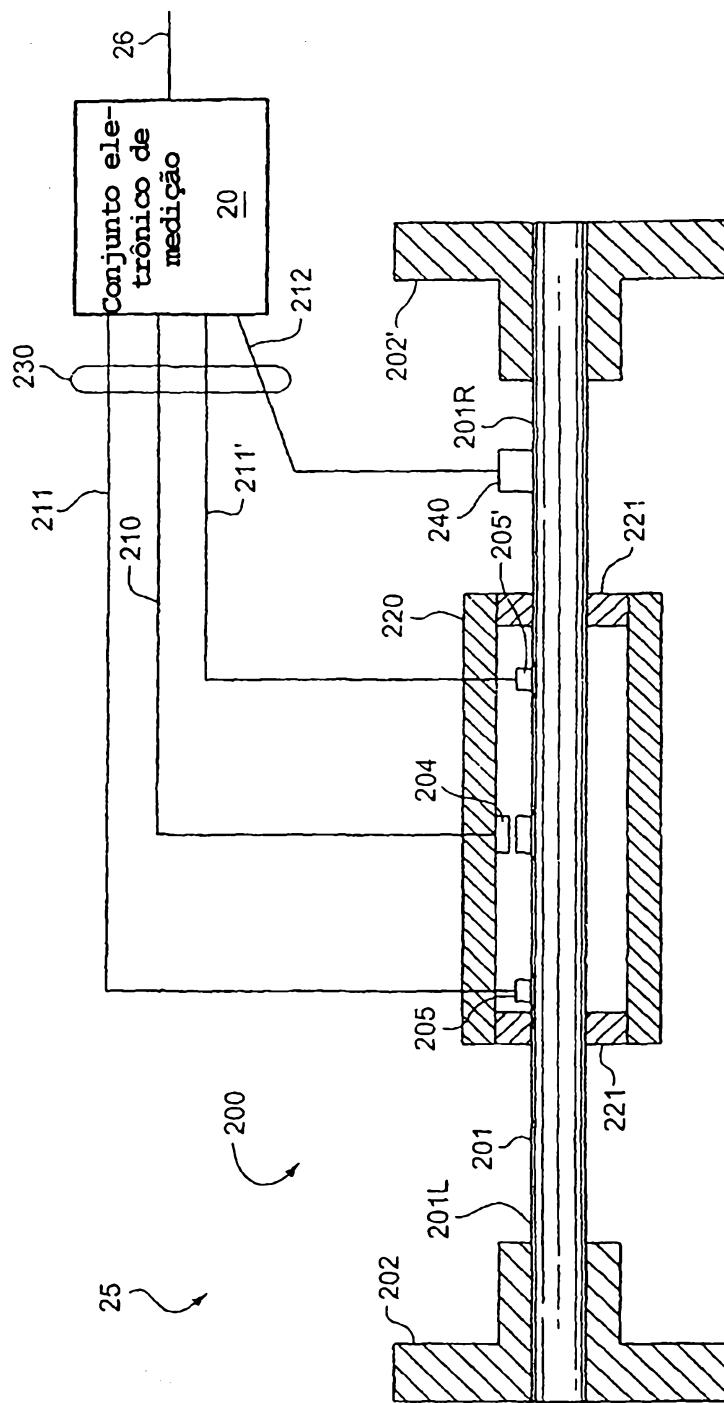


FIG. 2

*S
G*

3

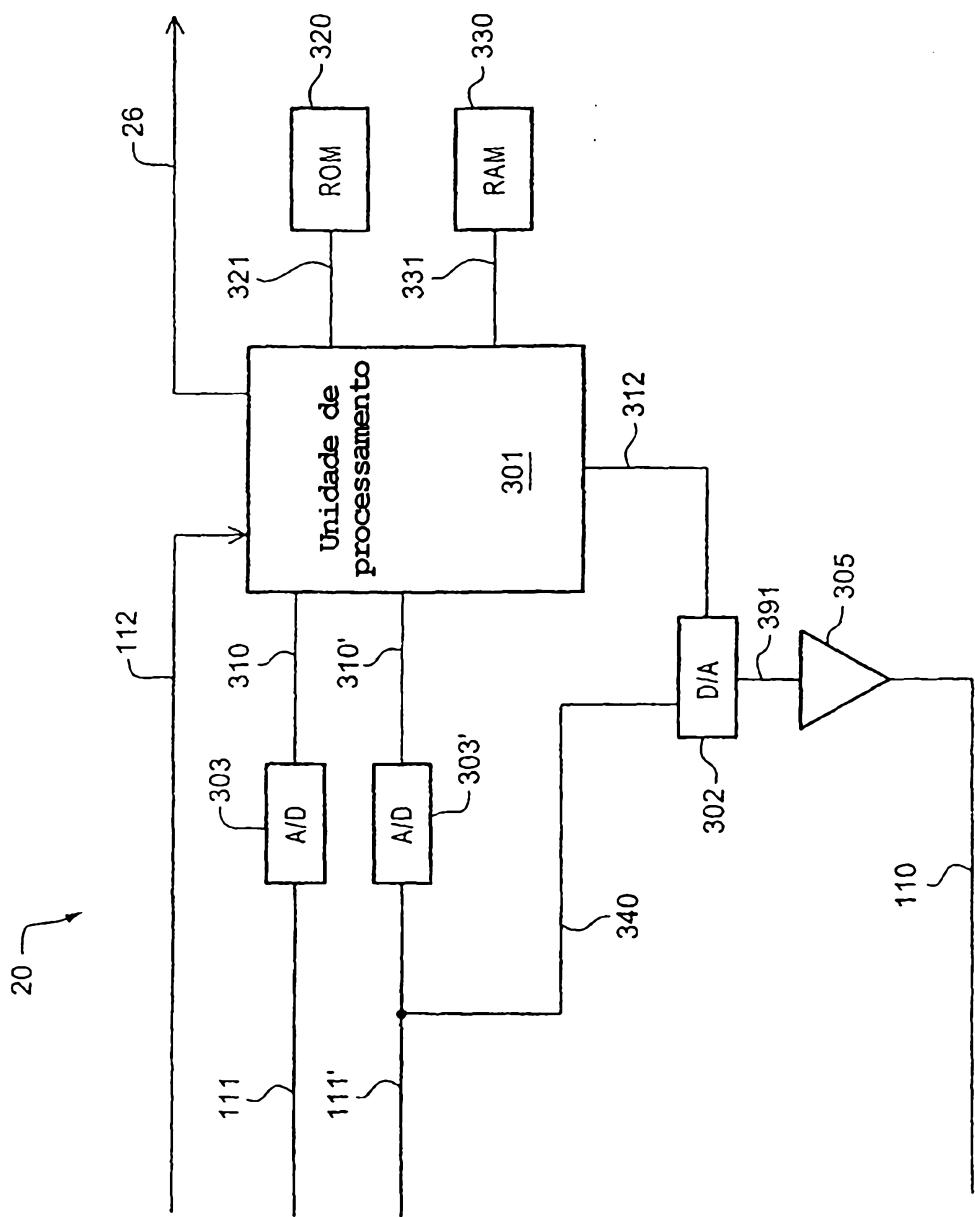


FIG. 3

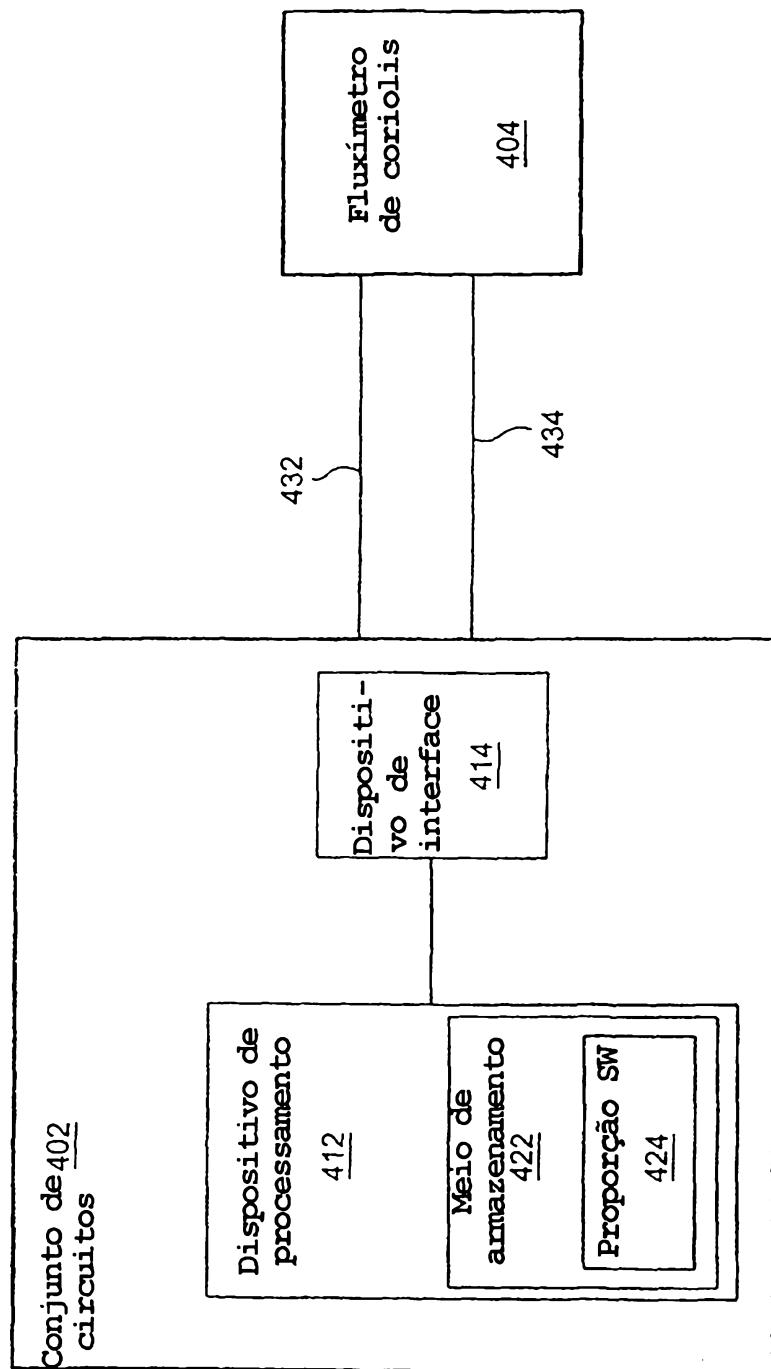


FIG. 4

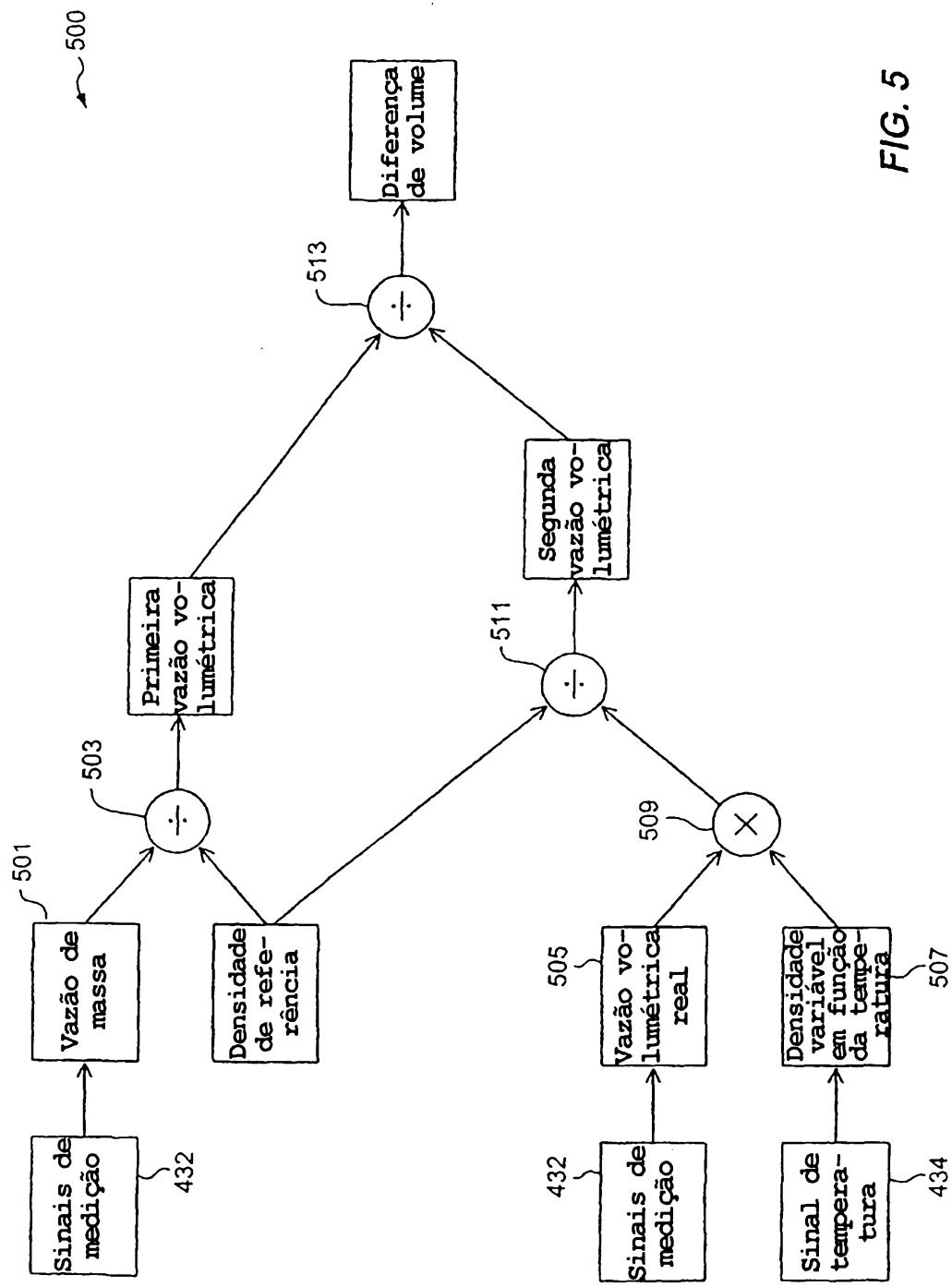


FIG. 5

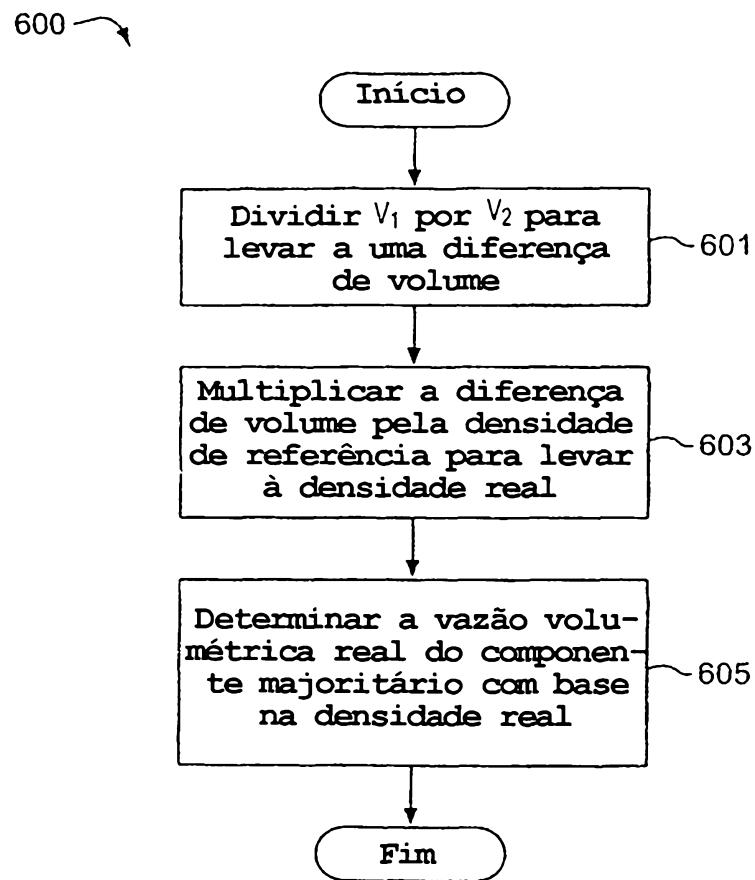


FIG. 6

10
16

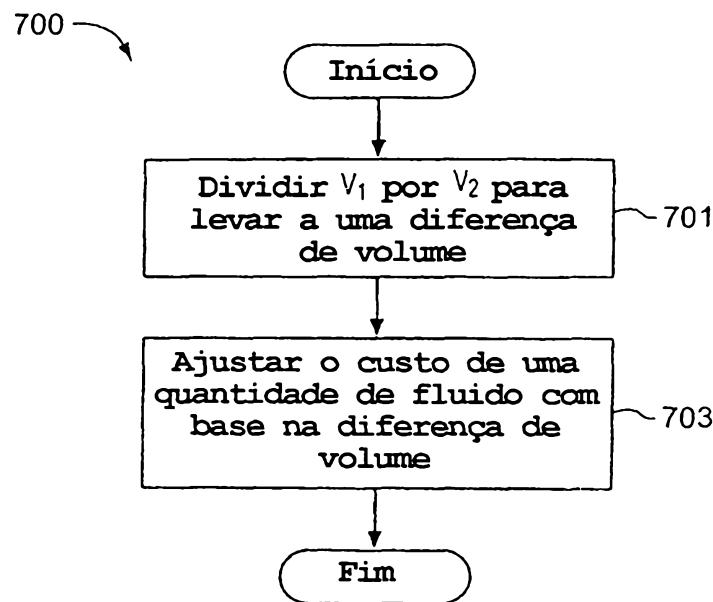


FIG. 7

JG
166

8

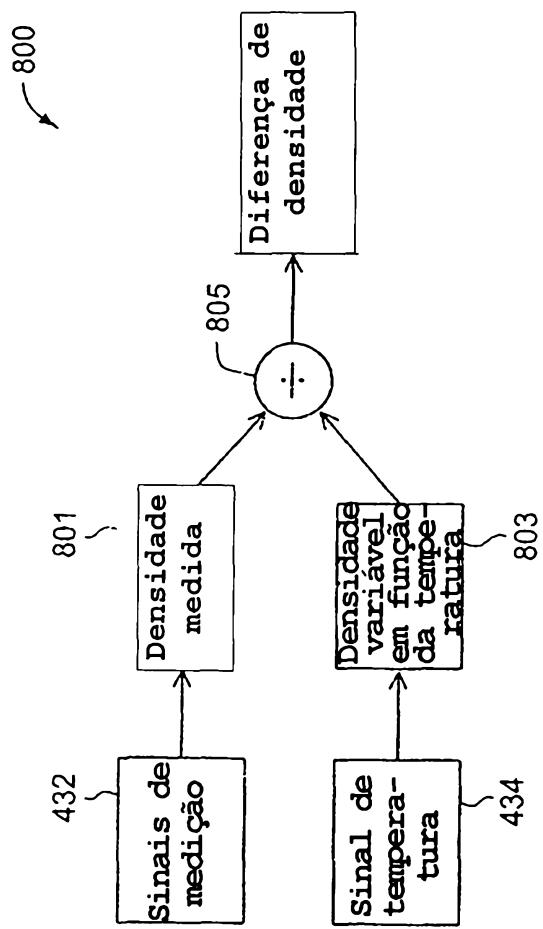


FIG. 8