



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

(11) PI 0214965-6 B1

(22) Data do Depósito: 18/11/2002

(45) Data de Concessão: 18/10/2016



* B R P I 0 2 1 4 9 6 5 B 1 *

(54) Título: APARELHO PARA DIAGNOSTICAR UM SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO, E, MÉTODOS PARA VERIFICAR A OPERAÇÃO DE UM SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO E PARA VERIFICAR A OPERAÇÃO DE UM SENSOR PARA PRODUTO QUÍMICO

(51) Int.Cl.: G01N 33/00

(30) Prioridade Unionista: 09/01/2002 US 10/042,979

(73) Titular(es): FISHER CONTROLS INTERNATIONAL LLC

(72) Inventor(es): JOHN PATRICK DILGER

“APARELHO PARA DIAGNOSTICAR UM SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO, E, MÉTODOS PARA VERIFICAR A OPERAÇÃO DE UM SISTEMA PARA DETECÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO E PARA VERIFICAR A OPERAÇÃO DE UM SENSOR PARA PRODUTO QUÍMICO”

Referência Cruzada a Patentes U.S. Relacionadas

[0001] Este pedido está relacionado à Patente U.S. 6.222.366, depositada em 10 de maio de 1999, intitulado “High Frequency Measuring Circuit with Inherent Noise Reduction for Resonating Chemical Sensors”, Patente U.S. 6.029.506, depositada em 12 de novembro de 1997, intitulada “Sample Retrieval System” e Patente U.S. 5.451.923, depositada em 2 de setembro de 1994, intitulada “Communication System and Method” que é consignada ao mesmo Consignatário que o presente Pedido de Patente e é, com isto, aqui incorporada para referência.

Campo da Invenção

[0002] Esta invenção é relativa a um aparelho e método para diagnosticar um sistema para detecção de produto químico, utilizado para quantificar emissões orgânicas voláteis a partir de equipamento utilizado na indústria de processo.

Fundamento

[0003] Plantas industriais que manipulam componentes orgânicos voláteis (VOCs) tipicamente experimentam emissões não desejadas daqueles componentes para a atmosfera a partir de fontes pontuais, tais como chaminés, e fontes não pontuais, tais como válvulas, bombas, e vasos que contém os VOCs. Emissões a partir de fontes não pontuais ocorrem, tipicamente, devido a vazamento dos VOCs a partir de juntas e vedações, e são referidas como “emissões fugitivas”. Emissões fugitivas a partir de válvulas de controle ocorrem, tipicamente, como vazamento através do engaxetamento ajustado ao redor da haste da válvula. Válvulas de controle utilizadas em condições de serviço pesadas que envolvem grandes flutuações de temperatura e movimentos freqüentes da haste de válvula, sofrem comumente deterioração acelerada do conjunto de engaxetamento da haste de válvula.

[0004] A United States Environmental Protection Agency (EPA) (Agência de

Proteção Ambiental dos Estados Unidos) promulgou regulamentos especificando o vazamento máximo permitido de certos poluentes perigosos do ar a partir de válvulas de controle (a saber, Benzeno, Tolueno, 1,1,1 Tricloroetano). Os regulamentos requerem que operadores das instalações realizem inspeções periódicas das emissões a partir de todas as válvulas de controle e vedações de bomba. A freqüência do intervalo de inspeção pode ser mensal, quadrimestral, semestral ou anual. Se o operador da instalação pode documentar que uma certa percentagem de válvulas e bombas com vazamento excessivo está abaixo de um mínimo prescrito, as inspeções requeridas se tornam menos freqüentes. Assim, alcançar uma baixa percentagem de válvulas que vazam reduz o número de inspeções requeridas por ano, o que pode resultar em grandes economias de custo.

[0005] Instalando sistemas automatizados para detecção de produtos químicos sobre dispositivos submetidos a serviço mais pesado, dispositivos que vazam podem ser identificados e reparados, de modo que a obediência aos regulamentos EPA pode ser alcançada mais facilmente. De maneira mais importante, instalar sistemas precisos para detecção de produtos químicos proporciona um sistema de alarme mais cedo, que pode alertar o operador da instalação para uma falha potencial de dispositivo e possibilita que medidas preventivas sejam tomadas antes que ocorra vazamento excessivo.

[0006] Para alcançar com sucesso o objetivo de desenvolver um sistema automatizado para detecção de produto químico em um ambiente industrial, o sistema para detecção de produto químico deve conter um componente que colete, de maneira eficiente, emissões fugitivas que emanam de uma peça de equipamento, e transporte a emissão para um sistema sensor para gás. Este componente do sistema para detecção de produto químico é chamado o sistema de recuperação de amostra. O sistema de recuperação de amostra deve distribuir a corrente amostra a uma vazão conhecida, para permitir que os sensores de gás façam medições precisas e consistentes da concentração da emissão fugitiva.

[0007] Empregar sensores de gás em um ambiente industrial requer projetar sensores que desempenham de maneira satisfatória na presença de umidade

relativa elevada (até 85%) através de toda uma ampla faixa de temperatura (desde -10°C até mais +50°C). Os sensores devem ser capazes de discriminar entre as emissões de interesse e outros contaminantes ambientais, ao mesmo tempo que retêm sensibilidade suficiente para detectar baixas concentrações das emissões fugitivas. Os sensores devem também ser capazes de operar em outros ambientes severos que incluem área submetidas a lavagem por borrafo e vibração elevada.

[0008] Conseqüentemente, o projeto de um sistema para detecção de produto químico desenvolvido no campo requer ambos, um projeto físico exclusivo e a capacidade de auto-diagnosticar condições de falha para assegurar operação adequada antes de relatar um vazamento. Inúmeras condições de falha podem resultar em leituras errôneas. Por exemplo, variações em escoamento podem mudar a termodinâmica do sensoriamento químico e induzir a erros. Deslocamentos permanentes na freqüência da linha de base do sensor podem resultar de exposições indesejadas a produto químico, acumulação de particulados e temperatura e umidade extremas. Além disto, certas espécies de sensores de produtos químicos irão sofrer mudança irreversível quando níveis de exposição excedem seu limite de saturação. Estas condições de falha podem produzir erros de medição ou relatórios de vazamento “falso positivo”. Responder a relatórios de vazamento “falso positivo” pode ser tão caro quanto realizar as inspeções manuais.

[0009] Inúmeros métodos de diagnóstico foram propostos anteriormente. Um tal método, descrito na Patente U.S. 6.200.443 B1 requer um estímulo externo que contém uma emissão substituta para excitar os sensores de monóxido de carbono. Com base na resposta esperada do sistema e resposta do sensor para o substituto, é feita uma determinação de falha. Este método é desvantajoso devido à armazenagem requerida e manutenção de compostos substitutos dentro do sistema de medição. Assim, a presente invenção se ocupa das preocupações descritas acima.

Sumário

[0010] Conseqüentemente é o objetivo desta invenção fornecer um aparelho e métodos para realizar rotinas de diagnóstico em um sistema para detecção de

produto químico, para determinar condições de falha sem a utilização de um composto substituto.

[0011] Um aspecto da invenção fornece um aparelho para detectar condições de falha, relacionado a falha de escoamento de amostra, leituras erráticas devido à ruído do sensor, e dano limitativo ao sensor devido à exposição excessiva à emissão.

[0012] Um outro aspecto da invenção fornece um método para detectar falhas de válvula ou obstruções da porta do sistema, analisando a resposta do sensor de produto químico para controlar escoamento de amostra durante rotinas de diagnóstico.

[0013] Um outro aspecto da presente invenção ensina como determinar o desvio absoluto das frequências da linha de base do sensor.

[0014] Ainda um outro aspecto da presente invenção fornece um método para a detecção e quantificação de ambos, do ruído do sistema para detecção de produto químico e do sensor de produto químico.

[0015] Em ainda um outro aspecto, a presente invenção ensina um método para detectar a presença de emissão fugitiva excessiva, para impedir dano ao sensor de produto químico.

Breve Descrição dos Desenhos

[0016] As características e vantagens da presente invenção serão melhor apreciadas quando da referência à descrição detalhada a seguir, e aos desenhos que acompanham, nos quais:

[0017] A Figura 1A é um diagrama de blocos que mostra os componentes principais de um sistema para detecção de produto químico.

[0018] A Figura 1B é um diagrama de blocos detalhado, que mostra os componentes principais do sistema de recuperação de amostra.

[0019] A Figura 1C é um diagrama de blocos detalhado, que mostra os componentes principais do circuito de comunicação e controle.

[0020] A Figura 2A e a Figura 2B são fluxogramas que mostram a lógica de uma rotina supervisora de diagnóstico para um sistema para detecção de produto

químico.

[0021] As Figuras 3A e 3B são fluxogramas que mostram a rotina de diagnóstico para avaliar obstruções da porta para amostra de acordo com uma configuração da presente invenção.

[0022] As Figuras 4A e 4B são fluxogramas que mostram a implementação de uma rotina de diagnóstico utilizada para determinar deslocamentos de frequência absolutos em QCMs.

[0023] As Figuras 5A e 5B são fluxogramas que mostram a implementação de uma rotina de diagnóstico de ruído de sensor para QCMs;

[0024] As Figura 6A e 6B são fluxogramas que mostram a rotina de diagnóstico para determinar o potencial de saturação de sensor de produto químico.

[0025] A Figura 7 é uma ilustração gráfica do comportamento de resposta transitória de um sensor de produto químico QCM a uma mudança abrupta em condições termodinâmicas.

Descrição Detalhada

[0026] Para qualquer sistema para detecção de produto químico desempenhar de maneira adequada, inúmeras técnicas de projeto devem ser utilizadas. Por exemplo, o sistema projetado para apresentar os sensores de produto químico com as espécies de produtos químicos de interesse, deve estar completamente funcional antes de iniciar um cenário de medição. Adicionalmente, os sensores de produto químico deve ser projetadas para suportar os elementos contaminantes dentro do ambiente operacional. A presente invenção não apenas ensina aqueles versados na técnica como validar a operação do sistema, mas também como confirmar a saúde e integridade dos próprios sensores de produto químico.

[0027] Para apreciar completamente as vantagens da presente invenção é necessário ter um entendimento dos componentes do sistema e como eles operam para detectar produtos químicos. Embora a configuração preferencial ensine técnicas de diagnóstico relacionadas a válvulas de controle, aqueles versados na técnica irão reconhecer a aplicabilidade a outros equipamentos de processo, tais como bombas. Voltando para os desenhos e fazendo referência inicialmente à

Figura 1A, um diagrama de blocos de uma configuração ilustrativa da invenção é fornecido, que mostra os componentes principais do sistema para detecção de produto químico. Grandes e complexas plantas de processo criam as mercadorias de consumo utilizadas através de todo o mundo. Mercadorias de consumo que se situam desde produtos alimentícios até óleo cru, são processadas nestas instalações industriais grandes, as quais se apóiam em sistemas de computador para controlar seus processos. O sistema de computador, referido como um sistema de controle de processo 40 na Figura 1A se comunica com diversos tipos diferentes de dispositivos de controle de processo e instrumentação. Na presente invenção, o sistema de controle de processo 40 se comunica com uma válvula de controle, daqui em diante referida como uma fonte de emissão 12. Estas comunicações podem requerer que a fonte de emissão 12 mova sua haste de válvula de acordo com estratégia de controle implementada pelo computador de controle de processo 40, e seja comunicada através de um protocolo de comunicação 17, como descrito na Patente U.S. 5.451.923 e consignada a Fischer Controls International, Inc., e aqui, com isto, incorporada para referência. Como descrito anteriormente, estas condições operacionais severas aceleram a degradação do conjunto de engastamento ao redor da haste de válvula da fonte de emissão 12 e emissões fugitivas ou vazamentos irão ocorrer.

[0028] Um sistema para detecção de produto químico 10 é projetado para detectar concentrações extremamente pequenas a partir da fonte de emissão 12. Limites para detecção de 10 partes por milhão são comuns. Nestas concentrações extremamente pequenas, as emissões são e estão genericamente em fase gasosa. A Figura 1A delinea a fonte de emissão 12 que produz um vazamento em corrente amostra de emissão 14 coletada por um sistema de recuperação de amostra 100. Um sistema de recuperação de amostra inovador 100 está descrito na Patente U.S. 6.029.506 consignada a Fischer Controls Internacional, Inc., e com isto aqui incorporada para referência.

[0029] Instalações de controle de processo fazem ampla utilização de ar comprimido para operar válvulas de controle. Esta fonte de energia abundante

fornece ao sistema para detecção de produto químico 10 as facilidades para coletar as emissões em corrente amostra de emissão 14. Uma fonte de ar comprimido 30 fornece a força motriz para evacuar o sistema de recuperação de amostra 100, para trazer a emissão para o sistema para detecção de produto químico 10. Um módulo de controle 400 fornece lógica de atuação e sincronização para o sistema de recuperação de amostra 100 através de uma interface elétrica 20. Quando da completção de um cenário de diagnóstico e medição, o conteúdo amostra é expelido do sistema.

[0030] Prosseguindo para a Figura 1B, uma ilustração mais detalhada do sistema para detecção de produto químico está mostrada. Para quantificar de maneira precisa o vazamento a partir da fonte de emissão 12, uma fonte não contaminada da atmosfera local da planta é coletada pelo sistema, para fornecer uma exposição de “linha de base” ou “concentração zero”. Para realizar a coleta da concentração zero ou amostra de emissão, um sistema pneumático, o sistema de recuperação de amostra 100, que utiliza a fonte de ar comprimido 30, foi construído. Componentes pneumáticos adicionais do sistema para detecção de produto químico 10 incluem uma cápsula de cobertura 102, um ejedor 140 e um regulador 144. Um sistema sensor para gás 200 é localizado dentro da câmara de sensor 114 do sistema de recuperação de amostra 100. A amostra de concentração zero é trazida para uma porta de amostra atmosférica 32 através da válvula de amostra atmosférica 132 e para o interior da câmara de sensor 114. Tipicamente o sistema sensor para gás 200 é projetado para ser altamente sensível a uma classe estreita de emissões. Criando uma medição de linha base que contém a atmosfera local sem a emissão e tendo conhecimento antecipado da sensibilidade do sensor de produto químico para a emissão de interesse, o sistema para detecção de produto químico 10 ou o sistema de controle de processo 40, pode determinar a concentração de emissão a partir da fonte de emissão 12.

[0031] Continuando na Figura 1B, a cápsula de cobertura 102 é constituída de um recinto projetado para envolver a área superficial da fonte de emissão 12 a partir da qual uma emissão é antecipada. A cápsula de cobertura 102 é montada sobre a

fonte de emissão 12, de modo que um espaço (não mostrado) permanece entre a cápsula de cobertura 102 e a fonte de emissão 12. Isto cria uma restrição pneumática de baixa impedância, que permite escoamento através do espaço, através da cápsula de cobertura 102 e para o interior da porta de amostra de emissão 34. Este escoamento carrega quaisquer emissões fugitivas emitidas a partir da fonte de emissão para o interior da porta de amostra de emissão 34 e para o interior da câmara de sensor 114.

[0032] Durante a coleta da amostra de emissão, a corrente de amostra de emissão 14 é trazida a partir da cápsula de cobertura 102 para o interior da câmara de sensor 114 expondo o sistema sensor para gás 200. O ejetor 140 é o dispositivo pneumático utilizado para evacuar a câmara de sensor e é conhecido daqueles versados na técnica. A fonte de ar comprimido 30 fornece o ar comprimido 32 para o regulador 144. O regulador 144 fornece uma pressão controlada a para o ejetor 140. Escoamento através do ejetor 114 (?) cria uma queda de pressão evacuando com isto a câmara de sensor 114, e trazendo a corrente de amostra de emissão 14 em uma vazão controlada através da câmara de sensor 114, da válvula de descarga 134 e da porta de descarga 36 e para o interior do ejetor 140. Para permitir que o sistema sensor para gás 200 responda à amostra de emissão, a amostra é deixada repousar dentro da câmara de sensor 114 fechando as válvulas e 130, 132 e 134. Claramente a atuação apropriada das válvulas 130, 132 e 134 proporciona ao sistema para detecção de produto químico 10 a capacidade de isolar e controlar as concentrações da emissão e da linha de base, e completar as rotinas de diagnóstico descritas em mais detalhe abaixo. Finalmente, o ar comprimido 32 e a corrente amostra de emissão 14 são misturados dentro do ejetor 140 e o conteúdo da amostra 15 é descarregado para a atmosfera.

[0033] Fazendo referência agora à Figura 1C, o controle e manipulação do hardware pneumático serão descritos agora. O hardware pneumático e os sensores para produto químico contidos na presente invenção são operados por meio de dispositivo eletrônico convencional. Um módulo de controle 400 é fornecido para processar as saídas dos sensores e realizar o controle e comunicação para o

sistema para detecção de produto químico 10. O módulo de controle 400 também realiza as rotinas de diagnóstico, que é o tema da presente invenção. O módulo de controle 400 inclui os seguintes componentes: um circuito de interface de sensor 402, um microcontrolador 404, uma memória de programa 406, um circuito acionador de válvula 407, um dispositivo de memória de diagnóstico 408, uma memória de dados 409, um sensor de temperatura 410, um circuito de interface de comunicação 800, e um circuito de conversão de energia 900.

[0034] O sistema sensor para gás 200 é conectado ao circuito de interface de sensor 402 que processa os sinais a partir do sistema sensor para gás 200 (Figura 1B) e fornece dados do sensor para o microcontrolador 404 para rotinas de diagnóstico. As rotinas de diagnóstico estão contidas dentro da memória de programa 406. O sensor de temperatura 410, que também pode ser localizado no sistema de recuperação de amostra 100, fornece dados de temperatura utilizados durante testes do sistema, para acomodar decisões operacionais da rotina de diagnóstico. Um sensor de gás adequado e circuito de interface de sensor estão ainda descritos na Patente U.S. 6.222.366 consignada a Fischer Controls International, Inc., e aqui, com isto, incorporada para referência.

[0035] De acordo com o ensinamento da '366, a concentração de um fluido é medida colocando um sensor de produto químico formado em um QCM (Quartz Crystal Microbalance) em uma corrente de fluido. O sensor de produto químico QCM é constituído de um revestimento ou sobre-camada depositada sobre a superfície de um substrato de quartzo, com no mínimo dois eletrodos depositados sobre lados opostos de um substrato plano. O QCM fornece uma rede ressonante dentro de um oscilador que requer que o circuito oscile na frequência ressonante do QCM.

[0036] A frequência ressonante é determinada contando o número de transições elétricas feitas pelo QCM em um segundo. O revestimento selecionado tem uma afinidade preferencial pela emissão de interesse. Através de diversos processos de sorção, um aumento na massa de revestimento e uma mudança nas características visco-elásticas do revestimento, induzem desvios na frequência ressonante do QCM. Na configuração preferencial da '366, dois QCMs são conectados a circuitos

osciladores individuais. A primeira QCM funciona como um dispositivo de referência, fornecendo uma frequência ressonante representativa da frequência ressonante do dispositivo sensor quando o dispositivo sensor não está exposto à emissão. A segunda QCM funciona como o sensor de produto químico e está exposta à emissão de interesse, por meio do sistema de recuperação de amostra descrito anteriormente. A segunda QCM fornece um sinal proporcional à qualidade de emissão completada a partir do ambiente local. Um circuito de diferenciação digital é conectado à saída dos dois circuitos osciladores e fornece um sinal que tem uma frequência representativa da diferença aritmética entre a frequência ressonante do dispositivo sensor e a frequência ressonante do dispositivo de referência. Os ensinamentos ainda instruem àqueles versados na técnica como derivar uma medição de emissão quantitativa a partir da diferença em frequências do dispositivo.

[0037] Voltando para a presente invenção, o micro-controlador 404 armazena dados do sensor de produto químico e temperatura na memória de dados 409. Estes dados são chamados novamente a partir da memória de dados 409 durante a execução das rotinas de diagnóstico. Quaisquer condições de falha irão gerar um alarme. Pode certamente ser apreciado por aqueles versados na técnica que o circuito de interface de comunicação 800, ensinado na '923, pode transmitir dados do sensor de produto químico e de temperatura diretamente para o sistema de controle de processo 40, ou para uma instalação de controle de manutenção, não ilustrada atualmente. Alternativamente, o módulo de controle 400 pode operar sobre os dados com as rotinas de diagnóstico para gerar condições de falha. Estas condições de falha irão gerar alarmes de diagnóstico. Elas podem ser armazenados na memória de diagnóstico 48 e mais tarde chamadas novamente para relatar e respeitar os regulamentos EPA, ou iniciar ações de controle para reduzir ou eliminar as emissões.

[0038] A profundidade da memória de diagnóstico 408 permite que sejam armazenadas diversos resultados de testes de rotina de diagnóstico. Por exemplo, a memória de dados 409 da presente invenção pode acomodar dados a partir de 256 testes de condição de falha e alarmes. O circuito de conversão de energia 900

recebe energia elétrica transmitida sobre o enlace de comunicação por meio do sistema de controle de processo 40 ou fornecida por meio de baterias.

[0039] Em resumo, as passagens anteriores descrevem os componentes de sistema necessários para realizar medições analíticas com instrumentos desenvolvidos no campo, em instalações industriais. A presente invenção fornece o aparelho de diagnóstico e métodos de diagnóstico para as condições de falha determinantes dentro de um sistema para detecção de produto químico. Os métodos de diagnóstico a seguir, são implementados utilizando técnicas de programação padrão, bem conhecidas daqueles na técnica. As Figuras 2A e 2B ilustram a lógica requerida para implementar os métodos de diagnóstico da configuração preferencial. A rotina detalhada nas Figuras 2A e 2B é rotina de diagnóstico supervisora. Esta rotina é chamada a partir de um programa principal executável armazenado na memória de programa 406. O programa principal executável sempre verifica a memória de diagnóstico 408 para condições de falha sinalizadas, ou alarmes, antes de prosseguir com um cenário de medição. Qualquer condição de alarme irá adquirir por preempção o cenário de medição, e será relatada pelas diversas técnicas de comunicação descritas anteriormente. Existem quatro rotinas discretas executadas a partir da rotina de diagnóstico supervisora, que utilizam o aparelho e sensores de produto químico descritos acima, para obter informação de diagnóstico específica a respeito do sistema e suas condições atmosféricas circundantes. Estas rotinas incluem uma rotina de diagnóstico de porta de amostra, etapa S103, uma rotina de condição de falha de deslocamento de frequência absoluta, etapa S106, uma rotina de condição de falha de ruído de sensor, etapa S108 e uma rotina de condição de falha de limite de saturação, etapa S110.

[0040] Obstruções dentro das portas do sistema, ou falhas de válvula, podem inibir escoamento do sistema de recuperação de amostra 100 e impedir coleta de amostra. Falhar em diagnosticar de maneira adequada estas condições de falha, irá resultar em um mal funcionamento completo do sistema para detecção de produto químico 10. Estes diagnósticos do sistema se baseiam nos fenômenos de sensoriamento secundário induzidos por escoamento sobre o sistema sensor para

gás 200. Utilizando a análise de resposta transitória em dados adquiridos a partir do sistema sensor 200 durante exposições controladas, uma ferramenta de diagnóstico muito poderosa foi desenvolvida. A lógica da rotina de diagnóstico de porta de amostra está mostrada nas Figuras 3A e 3B, e está descrita em mais detalhe abaixo.

[0041] Como relatado anteriormente, o ambiente de sensoriamento industrial é incrivelmente severo. Exposições indesejadas a produto químico podem produzir deslocamentos permanentes na frequência de linha base do sensor. Deslaminção do revestimento e acumulação de particulados pode produzir efeito similares. A rotina de diagnóstico ilustrada nas Figuras 4A e 4B demonstram a lógica requerida para acessar estas condições de falha, e está descrita em maior detalhe abaixo, etapa S106.

[0042] Variações em escoamento devido a falhas dentro dos componentes de recuperação de amostra do sistema, ou condições meteorológicas altamente variáveis, a saber, ventos fortes durante uma simples aquisição, podem induzir grandes desvios ou ruído em dados no sistema sensor para gás 200. A rotina de diagnóstico ilustrada nas Figuras 5A e 5B demonstram a lógica requerida para acessar estas condições de falha, e está descrita em maior detalhe abaixo, etapa S108.

[0043] Finalmente, vazamentos 12 de fonte de emissão excessiva podem danificar de maneira irreparável os sensores de produto químico. Como descrito anteriormente, concentrações elevadas da emissão podem danificar, ou mesmo remover, os revestimentos sensíveis do sensor. Aqueles versados na técnica se referem a estas concentrações elevadas como o limite de saturação do sensor para produto químico. A lógica necessária para determinar o potencial de saturação está mostrada nas Figura 6A e 6B, e está descrita em maior detalhe abaixo, etapa S110.

[0044] A rotina de diagnóstico supervisora representada pelas Figuras 2A e 2B poderia ser chamada tipicamente por meio de um programa executável principal que opera no módulo de controle 400 antes de qualquer cenário de medição e do relato de quaisquer dados de emissão. Todas as rotinas estão armazenadas na memória de programa 406. A configuração preferencial demonstra a ordem e rotinas

específicas a serem executadas para avaliação de diagnóstico do sistema para detecção de produto químico 10. Claramente, informação de diagnóstico pode ainda ser obtida se a seqüência de operação é trocada ou se menos do que o número total de rotinas de diagnóstico é realizado. Quando da completção, a rotina de diagnóstico supervisora retorna para o programa executável principal, para a retomada de uma inspeção de medição, se nenhuma condição de falha foi detectada.

[0045] Quando da entrada na rotina supervisora, o sensor de temperatura 410 determina a temperatura ambiente, etapa S101. O sensor de temperatura 410 apresenta uma representação digital da temperatura ambiente, preferivelmente, embora não requerido, em °C para o micro-controlador 404. Como o desempenho do sistema sensor para gás 200 é dependente da temperatura, a rotina de diagnóstico determina se a temperatura ambiente está dentro de uma faixa operacional prescrita, por exemplo, desde -10 até mais 50°C, etapa S102. Se a temperatura está fora da faixa operacional, um registro de memória na memória de diagnóstico 408 indicada diag_flag terá um conjunto de bit ou de bandeira indicado para designar uma faixa operacional invalida, etapa S104 e a rotina é abandonada, etapa S116. Qualquer condição de falha com bandeira ou detectada irá estabelecer um alarme, interromper a rotina de diagnóstico e sair para o programa executável principal.

[0046] Se a temperatura está dentro da faixa operacional desejada, a rotina de diagnóstico de porta de amostra é invocada, etapa S103. Se uma condição de falha é detectada na rotina de diagnóstico de porta de amostra, a condição é indicada em diag_flag e a rotina supervisora abandonada, etapa S116. Se nenhuma condição de falha é detectada, a execução prossegue para a rotina de diagnóstico de deslocamento de freqüência absoluta, etapa S 106. Se uma condição de falha de deslocamento de freqüência absoluta não resulta, a execução vetora para a rotina de diagnóstico de limiar de ruído, etapa S108. Quando da completção com sucesso da rotina de diagnóstico de limiar de ruído, a rotina de diagnóstico de limite de saturação é executada, etapa S110. A completção com sucesso das quatro rotinas

de diagnóstico devolvem o fluxo do programa para o programa executável principal operado pelo módulo de controle 400, etapa S116. Continuando em mais detalhe, as Figuras 3A e 3B ilustram a rotina de diagnóstico de porta de amostra. Esta rotina é baseada em fenômenos de escoamento transientes apresentados pelo sistema sensor para gás 200. Por exemplo, os sensores para produto químico como descritos na patente 366 tem uma sensibilidade de escoamento transiente de aproximadamente 69 ppm por scfm. Como delineado na Figura 7, mudanças abruptas em escoamento irão produzir uma resposta transitória, os fenômenos de escoamento transiente, em dados de sensor (a saber, uma mudança em degrau de escoamento estático para escoamento de 200 sccm irá produzir uma resposta de sensor transitória de cerca de 450 hertz em um substrato de 15 megahertz. Portanto, manipulando os componentes do sistema de recuperação de amostra para induzir uma mudança em degrau em escoamento, ao mesmo tempo que adquirindo simultaneamente e analisando dados respostas do sistema sensor para gás 200, uma condição de falha de escoamento pode ser detectada. A lógica subjacente é como a seguir: se qualquer uma das válvulas 130, 132 ou 134 tem uma obstrução parcial ou total, tal que escoamento é degradado, o comportamento transiente medido do sistema sensor para gás 200 será menor do que a condição limiar especificada na rotina de diagnóstico. Adicionalmente, quaisquer falhas de atuação de válvula irão produzir rupturas de escoamento similares.

[0047] Determinar de maneira precisa a presença de condição de falha requer interrogar ou coletar 8 leituras de sensor, etapa S201. Devido à natureza não correlacionada de ruído do sistema sensor para gás 200, as oito leituras de sensor sequenciais a partir do circuito de interface de sensor 402 são utilizadas para computar uma média aritmética ou “média” para reduzir o ruído. Picos de ruído nos dados podem provocar falsos alarmes. A média aritmética de sensor é armazenada em um registro dentro da memória de dados 409, etapa S202. O micro-controlador 404 controla as válvulas 130, 132 e 134 através do circuito acionador de válvula 407, para possibilitar diferentes cenários de escoamento durante coleta de amostra. O circuito acionador de válvula 407 é tipicamente um acionador ponte-h bem

conhecido daqueles na técnica.

[0048] O micro-controlador 404 abre a válvula de descarga 134 e a válvula de amostra atmosférica 132, etapa S203. Como explicado anteriormente, o injetor 140 evacua a câmara de sensor 114 trazendo com isto a atmosfera de linha base para a câmara de sensor 114, expondo o sistema sensor para gás 200 a um aumento abrupto em escoamento. Quando a porta de amostra 32 na válvula de amostra atmosférica 132 ou a válvula de descarga 134 não têm qualquer obstrução, e a válvula opera de maneira correta, a resposta transitória esperada do comportamento do sistema sensor para gás 200 ocorre. O comportamento transiente do sistema sensor para gás 200 ocorre, tipicamente, em menos do que dois segundos, e está delineado na Figura 7. Oito leituras seqüenciais, sob condições de escoamento dinâmico são tomadas, e a média é calculada e colocada em um registro de memória interno no micro-controlador 404, etapa S204. Daí em diante, a válvula de descarga 134 e a válvula de amostra atmosférica 132 são fechadas, etapa S205. A seguir, a diferença absoluta entre a média aritmética da leitura de linha de base durante escoamento estático e a média aritmética durante mudança abrupta em escoamento é computada, etapa S206. Escoamento adequado dentro do sistema irá produzir uma resposta transitória maior do que um valor especificado sob todas as condições operacionais. Na rotina de diagnóstico, um teste de condição determina se a faixa da diferença absoluta é menor do que um valor predeterminado, por exemplo 200 hertz, etapa S207. Uma condição de falha é detectada se resultados do teste de condição são positivos, etapa S208, de outra forma, o teste continua para avaliar o próximo sensor, etapas S209 a S216. As Figuras 3A e 3B delineiam a lógica para um sistema para detecção de produto químico 10 com dois sensores, porém, deveria ser apreciado por aqueles versados na técnica, que a mesma lógica pode se aplicar a um único sensor ou a uma pluralidade de sensores. Condições de falha são manipuladas como descrito anteriormente. Quando da completação, a execução do programa é devolvida para o procedimento de diagnóstico de supervisão, etapa S214.

[0049] Continuando para as Figuras 4A e 4B, condições de falha que detectam a

acumulação de particulados e mudanças visco-elásticas permanentes no sistema sensor para gás 200 e sobre-camada são enfrentadas. Condições ambientais dentro da indústria de processo são incrivelmente severas. As atmosferas locais são ricas em particulados microscópicos e compostos oxidantes. Embora o projeto do sistema para detecção de produto químico 10 reduza a exposição de sensibilidade para estes fatores de perturbação, a eliminação é impossível. Qualquer carregamento de massa permanente ou tensão induzida por oxidação sobre o sistema sensor para gás 200 irá provocar um deslocamento irreversível, durante escoamento estático, na frequência ressonante da linha de base. Antes do desenvolvimento no campo, uma “assinatura de temperatura” incremental de cinquenta leituras de linha de base do sistema sensor para gás 200 com resolução de 1 grau Celsius através da faixa de temperatura operacional, são armazenadas na memória de diagnóstico 408. As leituras de linha base são utilizadas para comparar as frequências presentes com os dados de assinatura original. Grandes deslocamentos fora da “envoltória de assinatura” a uma temperatura específica são vistos como condições de falha.

[0050] A rotina de diagnóstico é iniciada realizando uma leitura de temperatura ambiente, etapa S301, com uma precisão de 1 grau Celsius. Durante execução, o circuito de interface de sensor 402 relata oito leituras de sensor sequenciais utilizadas para calcular uma média aritmética e reduzir o ruído não desejado na frequência ressonante de linha de base de um sensor individual designado Sensor_i do sistema sensor para gás 200, etapa S302. Uma descrição condicional aplica um teste de desvio absoluto sobre a média computada, etapa S304. Por exemplo, se a frequência ressonante de linha base média é maior do que 5 kHz a partir dos dados de assinatura, na temperatura medida presente, uma condição de falha é gerada, etapa S305. Condições de falha são relatadas como descrito anteriormente. Se nenhuma falha é gerada, então a execução continua, e lógica similar aplica o teste a um segundo sensor no sistema sensor para gás 200, etapas S307 a S309. A resolução dos dados de configuração armazenados na memória de diagnóstico 408 correspondem ao intervalo operacional de cinquenta graus Celsius com uma resolução de um grau, removendo assim a necessidade de fornecer um esquema de

interpolação para calcular frequências de linha de base correlacionadas à temperatura. Alternativamente, resolução de temperatura maior ou um esquema de interpolação pode ser empregado. Quando da completação da rotina, a execução é retornada para o procedimento de diagnóstico supervisor, etapa S310.

[0051] As Figuras 5A e 5B ilustram a rotina de diagnóstico de ruído para o sistema sensor para gás 200. Sensores ruidosos são detrimenais para a integridade do sistema. Acoplamento acústico pobre de particulados acumulados ou deslaminção de sobre-camada sobre o sistema sensor para gás 200 irá implementar, ele mesmo, desvios erráticos em frequência ressonante sobre medições consecutivas. Desvios atribuídos a saltos de frequência (a saber, +5 kHz até +10 kHz) tonalidades não harmônicas (a saber, maior do que +50 kHz), e ruído de banda larga (a saber, maior do que ± 100 Hz) são fenômenos bem conhecidos utilizados na quantificação de ruído em sensores de onda acústica tais como QCMs.

[0052] Quando da introdução da rotina de diagnóstico de ruído, dois registros, um registro magnitude e um registro sample_count na memória de dados 409 são inicializados antes da execução, etapa S501. O registro magnitude contém a saída da operação limiar em linha. O registro sample_count estabelece o número total de amostra de dados a ser analisado. A operação limiar em linha verifica cada interrogação de sensor consecutiva 32, e retém o valor máximo. A aquisição dos dados do sistema sensor para gás 200 ocorre primeiro, etapa S502. Se ela é a interrogação inicial, o valor presente é armazenado como bias_value em um registro de memória da memória de dados 409, etapa S504. Se não foi a interrogação inicial, a execução prossegue para a etapa S505. Uma diferença absoluta é computada entre o bias_value e o valor presente. A diferença absoluta é calculada, uma vez que é a magnitude do desvio que é de interesse, não o sinal aritmético ou a direção do desvio. A diferença absoluta é comparada com o valor armazenado no registro magnitude, etapa S506. Se o valor diferença absoluta é maior do que o valor no registro magnitude, o valor diferença absoluta se torna o novo valor máximo e substitui o valor precedente armazenado no registro magnitude, etapas S506 a S508. Uma malha iterativa compara e classifica as trinta e duas leituras consecutivas

do sistema sensor para gás 200. O fluxograma diagramado nas Figuras 5A e 5B delinea a lógica de diagnóstico para um único sensor. A mesma lógica pode ser aplicada através de diversos sensores como ditado pelo projeto do sistema. Além disto, alguém versado na técnica pode apreciar que o número total de interrogações consecutivas pode variar enormemente sem abandonar o espírito da invenção. Por exemplo, menos iterações pode resultar em um diagnóstico de sensor otimista.

[0053] Quando da saída da malha iterativa, os testes condicionais remanescentes fornecem quantificação da magnitude de ruído, etapas S509 a S514. Os resultados são gravados em um outro registro de memória na memória de dados 409 e podem ser utilizados pelo executável principal para gerar um fator de integridade para as emissões detectadas. O fator de integridade pode ser utilizado para quantificar e relatar a natureza e extensão da condição de falha (a saber, desvio de frequência, tonalidades não harmônicas, ou ruído de banda larga. Quando da completação da rotina de diagnóstico a execução é retornada para a etapa S110 na rotina de diagnóstico de supervisão, etapa S515. Condições de falha podem ser comunicadas como descrito anteriormente. Esta mesma lógica de diagnóstico é aplicada antes de e durante inspeções de medição. Quando implementada antes de uma inspeção de medição, a falha é indicativa da degradação do sensor. A aplicação desta rotina durante uma inspeção de medição pode fornecer condições de falha operacional relativas a anomalias de recuperação de amostra devido a condições meteorológicas altamente variáveis (isto é, velocidade de vento excessiva).

[0054] Fazendo referência agora às Figura 6A e 6B, o aspecto de diagnosticar uma falha do sistema de limite de saturação está configurada. Como descrito anteriormente, níveis de concentração de emissão que excedem o limite de saturação do sistema sensor para gás 200, podem causar dano irreparável aos sensores, degradando assim o desempenho do sistema para detecção de produto químico 10. O potencial do limite de saturação 10 é detectado medindo o gradiente de resposta do sistema sensor para gás 200. O gradiente resposta está definido pela seguinte equação:

[0055] Deixando: ΔR = gradiente resposta (hertz por segundo)

ΔF = mudança na frequência ressonante (hertz)

Δt = mudança em tempo (segundo)

[0056] De tal modo que:

$$\Delta R = \frac{\Delta F}{\Delta t} (\text{Hertz por segundo})$$

[0057] Uma condição de falha será indicada se o gradiente resposta excede um valor limiar em uma quantidade de tempo específica. Por exemplo, a configuração preferencial estabelece este valor sendo 200 hertz por segundo. Uma média aritmética da magnitude é calculada novamente para reduzir suscetibilidade à ruído randômico, etapa S601. A média aritmética a partir de leituras de linha de base do sistema sensor para gás 200 é armazenada na memória de dados 409, etapa S602. O mini-controlador 404 abre a válvula de descarga 134 e a válvula de amostra atmosférica 130 através do circuito acionador de válvula 407. Abrindo ambas as válvulas ocorre uma diluição da amostra de emissão. Esta diluição protege o sistema sensor para gás 200 quanto a experimentar exposições extremamente amplas de emissão. Pode ser apreciado por aqueles versados na técnica que coletar amostras individualmente a partir das portas atmosférica e de emissão poderia também desempenhar diagnóstico de limite de saturação. Continuando, uma malha de sincronização de cinco segundos é executada para permitir o tempo de resposta do sistema sensor para gás 200 sem criar uma exposição excessiva, etapa S604. Quando da completação da exposição de cinco segundos, uma resposta de exposição média é calculada. O micro-controlador 404 fecha a válvula de descarga 134 e a válvula de amostra atmosférica 130 para terminar a exposição, etapas S605 a S606. O gradiente resposta é computado e um teste condicional é realizado para determinar se o limiar foi excedido, etapas S607 a S608. Se o gradiente resposta excedeu o valor limiar predeterminado, então uma condição de falha é estabelecida e gravada na memória de diagnóstico 408. Ela pode ser relatada como descrito anteriormente. Se nenhuma condição de falha é detectada, etapa S609, a execução devolve a operação para a rotina de diagnóstico de supervisão. A rotina de

diagnóstico de supervisão irá devolver a execução para o programa executável principal, e o sistema para detecção de produto químico 10 pode prosseguir com um cenário de medição.

[0058] Diversas modificações e variações podem ser feitas nas técnicas e estruturas descritas e ilustradas aqui, sem se afastar do espírito e escopo da presente invenção. Conseqüentemente, deveria ser entendido que os métodos e aparelhos descritos aqui são apenas ilustrativos e não são limitativos sobre o escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para diagnosticar um sistema para detecção de produto químico (10), o aparelho caracterizado pelo fato de compreender:

um dispositivo de recuperação de amostra (100) para coletar e detectar emissões,

em que o dispositivo de recuperação de amostra (100) inclui uma câmara acumuladora (114) que tem uma porta de amostra (34) para receber a emissão a partir de uma fonte de emissão, um sensor de produto químico (200) localizado dentro da câmara acumuladora (114) para detectar a emissão, e uma porta de descarga (36) para descarregar a emissão detectada; e

um módulo de controle (400) que contém um primeiro modo operacional para controlar o dispositivo de recuperação de amostra (100) e um segundo modo operacional para realizar uma rotina de diagnóstico para validar desempenho do dispositivo de recuperação de amostra (100).

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de controle adquirir dados resposta a partir do sensor de produto químico através de exposição controlada para uma pluralidade de concentrações de emissão.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de controle determinar presença de escoamento dentro do dispositivo de recuperação de amostra.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de controle medir deslocamento de frequência absoluta do sensor de produto químico.

5. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de controle adquirir dados resposta a partir do sensor de produto químico e quantificar ruído nos dados resposta.

6. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de controle realizar exposições controladas no sensor de produto químico para determinar presença de uma concentração de emissão capaz de mudar de

forma permanente o sensor para produto químico.

7. Método para verificar a operação de um sistema para detecção de produto químico (10), o método caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

realizar rotinas de diagnóstico no sistema para detecção de produto químico (10), as rotinas de diagnóstico compreendendo controlar a exposição de um sensor de produto químico (200) e tomar medidas de condições ambientais circundantes;

medir a resposta de um sensor de produto químico (200) para exposição controlada e as condições ambientais circundantes;

armazenar dados resposta em um dispositivo memória (400); e

gerar dados de diagnóstico a partir dos dados resposta.

8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato da rotina de diagnóstico incluir confirmar o escoamento de uma emissão e confirmar o escoamento de uma atmosfera que não contém uma emissão dentro do dispositivo de recuperação de amostra.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato da rotina de diagnóstico incluir computar uma resposta de sensibilidade de escoamento transiente calculando o valor absoluto da diferença aritmética de uma primeira resposta média de sensor de produto químico e uma segunda resposta média para sensor de produto químico de sensor de produto químico, a primeira resposta média de sensor de produto químico computada sobre condições de escoamento estático sem exposição a uma emissão, a segunda resposta média de sensor de produto químico computada sob condições de escoamento dinâmico em exposição a uma emissão.

10. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato da rotina de diagnóstico incluir quantificar o potencial de saturação do sensor de produto químico.

11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato da rotina de diagnóstico ainda incluir computar um gradiente de resposta de sensor, o

gradiente de resposta de sensor sendo calculado por meio de uma relação de um limiar de resposta de sensor dividida de maneira aritmética por um intervalo de tempo predeterminado, no qual o limiar de resposta de sensor é determinado realizando o valor absoluto da diferença aritmética de uma primeira resposta média de sensor de produto químico e uma segunda resposta média de sensor de produto químico, a primeira resposta média de sensor de produto químico computada sob condições de escoamento estático sem exposição a uma emissão, a segunda resposta média de sensor para produto químico valor computado sob condições de escoamento estático com exposição a uma emissão.

12. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de medir a resposta do sensor de produto químico para exposição controlada ser compreendida de quantificar o ruído de sensor de produto químico.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de quantificar o ruído de sensor de produto químico ser realizado comparando uma diferença aritmética absoluta a no mínimo um valor limiar de ruído, o valor limiar de ruído fornecendo uma condição de falha graduada.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de comparar a diferença aritmética absoluta ser realizado calcular computando o valor absoluto da diferença aritmética entre uma resposta média de sensor de produto químico e o valor limiar de ruído armazenado na memória, a resposta média de sensor de produto químico computada sob condições de escoamento estático sem exposição a uma emissão.

15. Método para verificar a operação de um sensor para produto químico (200), o método caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

realizar rotinas de diagnóstico no sensor de produto químico (200), as rotinas de diagnóstico compreendendo controlar a exposição do sensor de produto químico (200) para emissões e fazer medições de condições ambientais circundantes;

medir a resposta de um sensor de produto químico (200) para exposição controlada;

armazenar dados resposta em um dispositivo memória (400); e
gerar dados de diagnóstico a partir dos dados resposta.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de medir a resposta do sensor de produto químico para exposição controlada ser constituído de medir uma temperatura ambiente e um deslocamento de frequência absoluta do sensor de produto químico.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato da medição de deslocamento de frequência absoluta ser realizado computando a diferença aritmética entre uma resposta média de sensor de produto químico e uma resposta de sensor de configuração armazenada no dispositivo memória, a resposta média de sensor de produto químico computada sob condições de escoamento estático sem exposição à emissão, no qual o valor de resposta de sensor de configuração ser computado sob condições de escoamento estático antes de exposição à emissão.

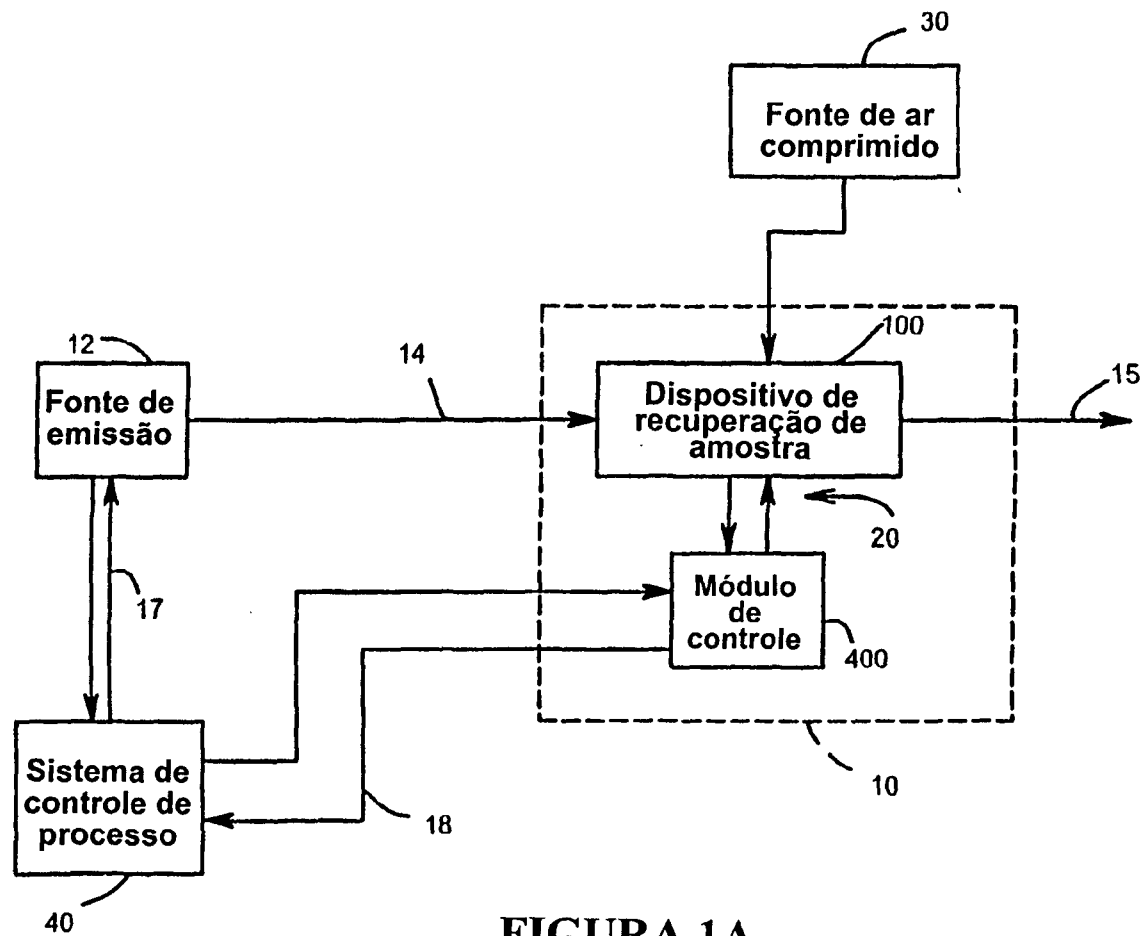
18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato da resposta de sensor de configuração ser medida a uma temperatura discreta, a temperatura discreta em uma faixa entre -10 Celsius e + 50 Celsius, com uma resolução de um Celsius.

19. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de medir a resposta do sensor de produto químico para exposição controlada ser constituído de quantificar o ruído de sensor de produto químico.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de quantificar ruído de sensor de produto químico ser realizado comparando uma diferença aritmética absoluta a no mínimo um valor limiar de ruído, o valor limiar de ruído fornecendo uma condição de falha graduada.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de comparar a diferença aritmética absoluta ser realizado calculando o valor absoluto da diferença aritmética entre uma resposta média de sensor de produto químico e um valor limiar de ruído armazenado na memória, a resposta média de sensor de produto químico computada sob condições de escoamento estático sem exposição a

uma emissão, a resposta de sensor de configuração computada sob condições de escoamento estático antes de exposição a uma emissão.



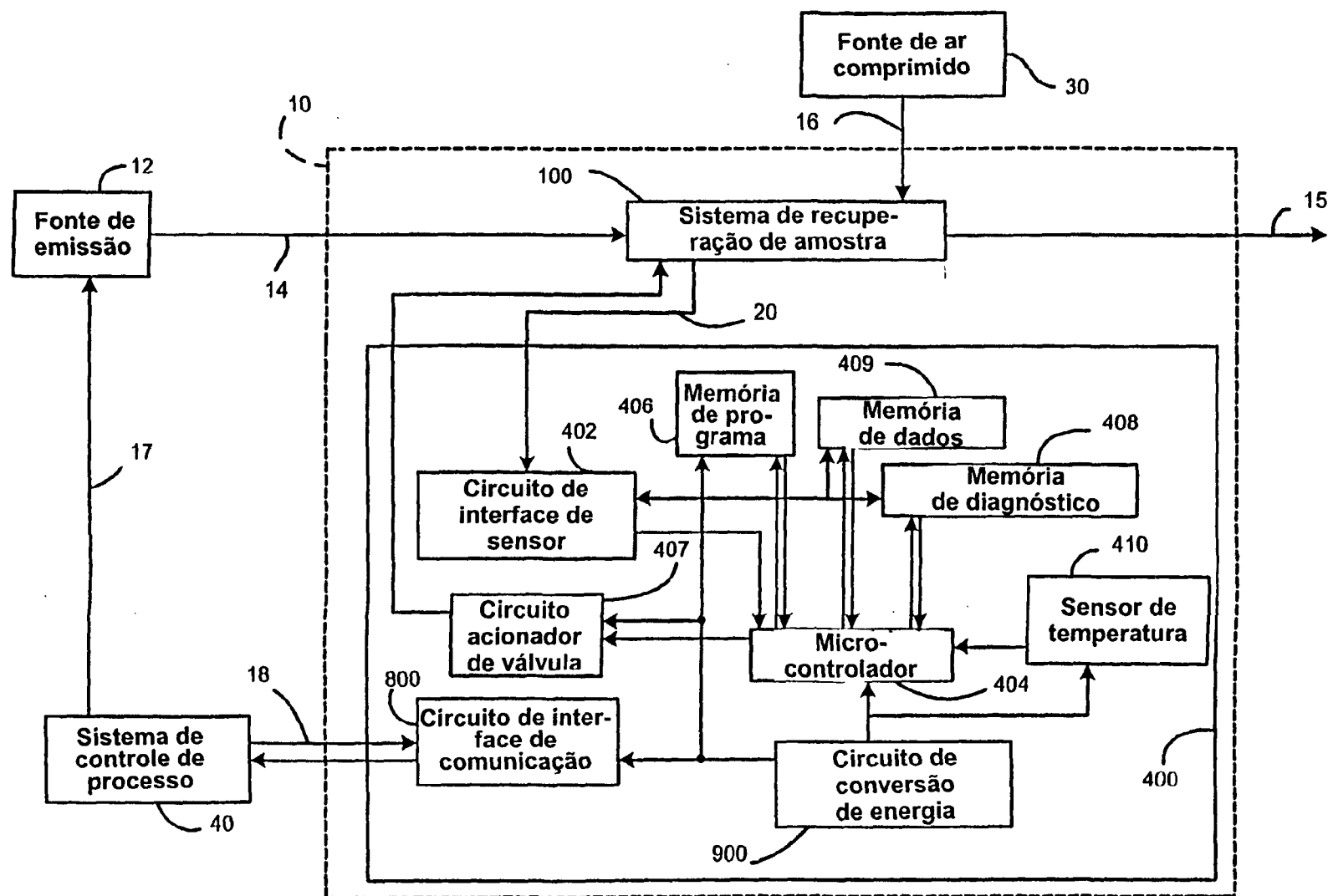


FIGURA 1C

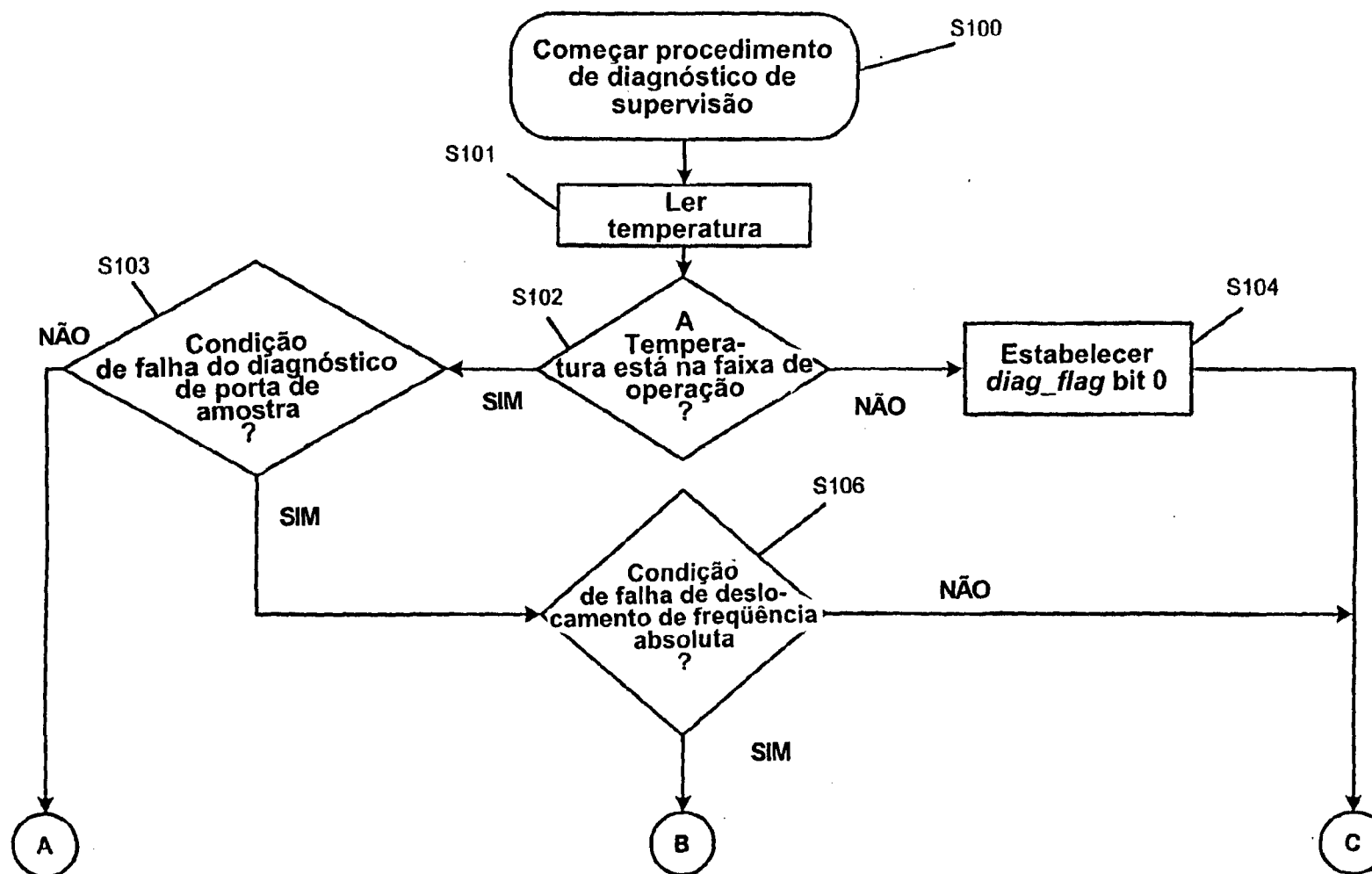


FIGURA 2A

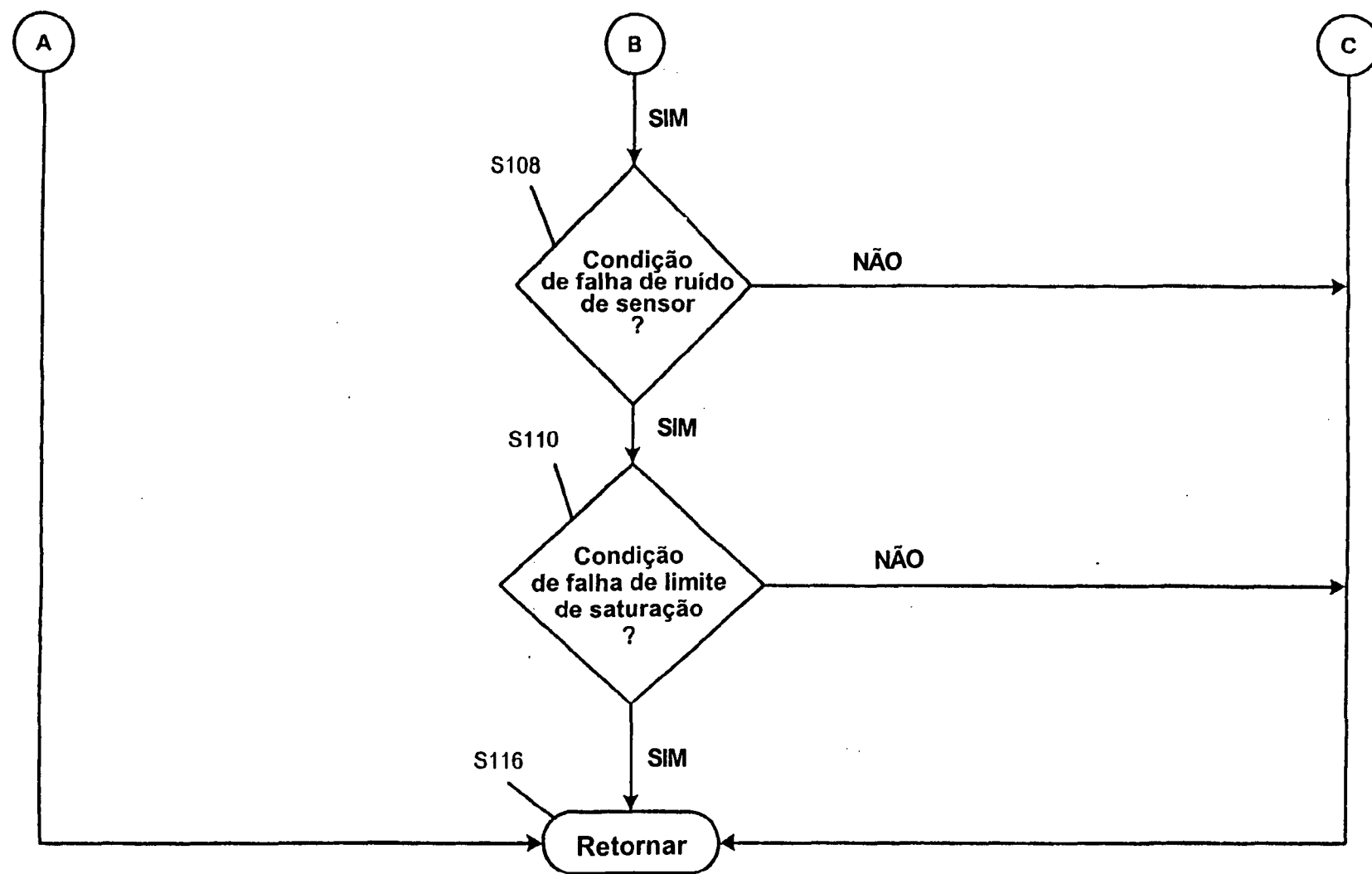


FIGURA 2B

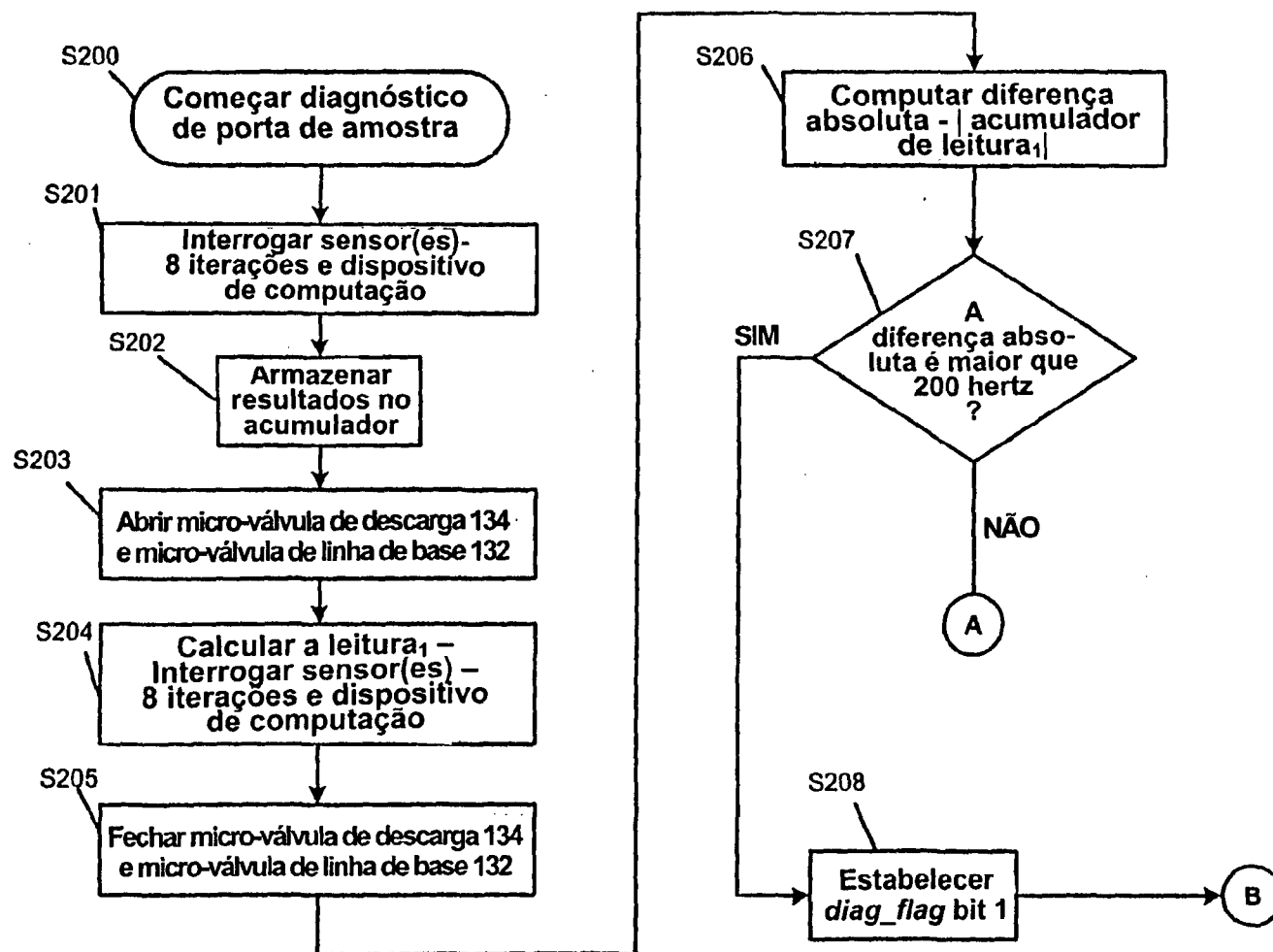


FIGURA 3A

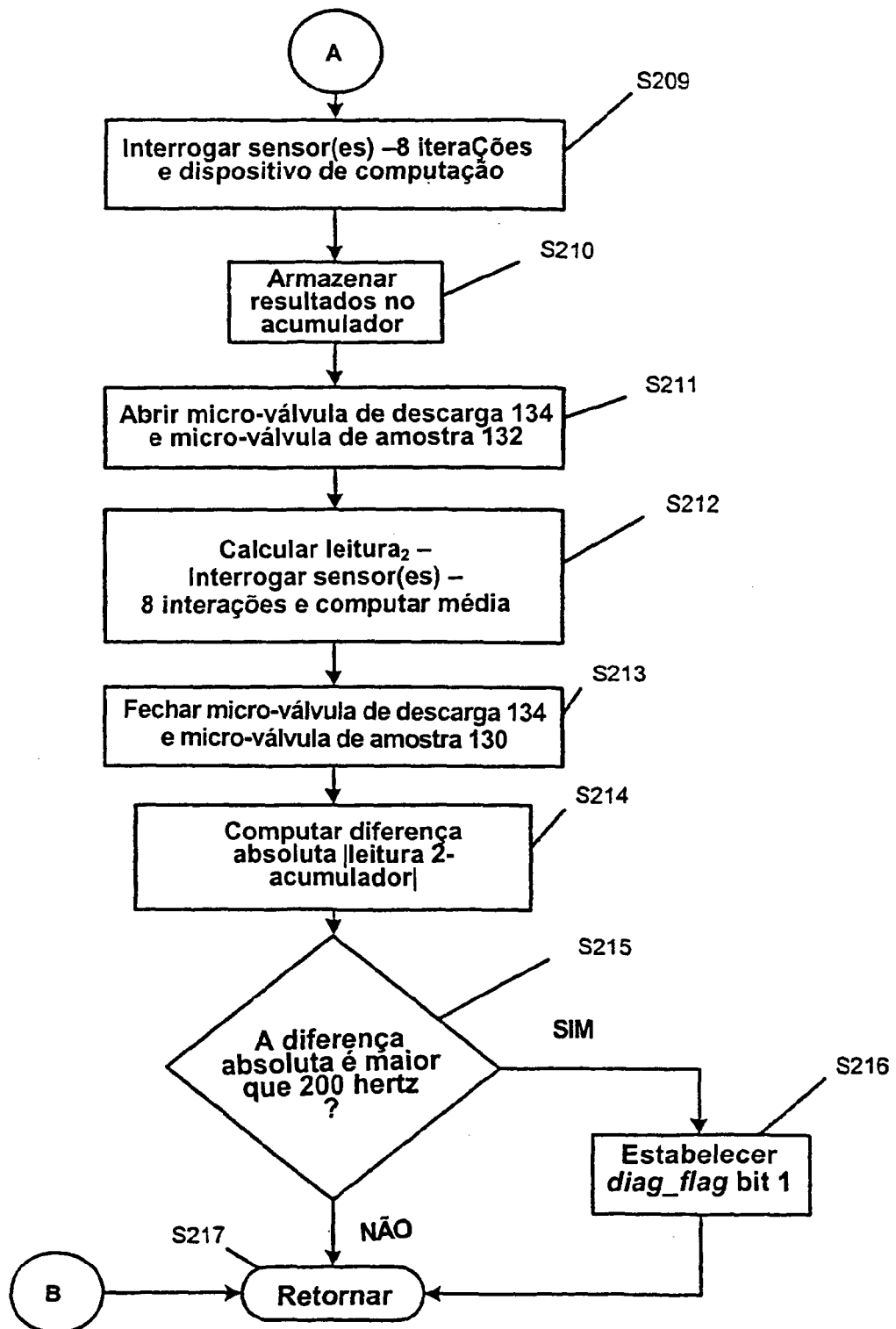


FIGURA 3B

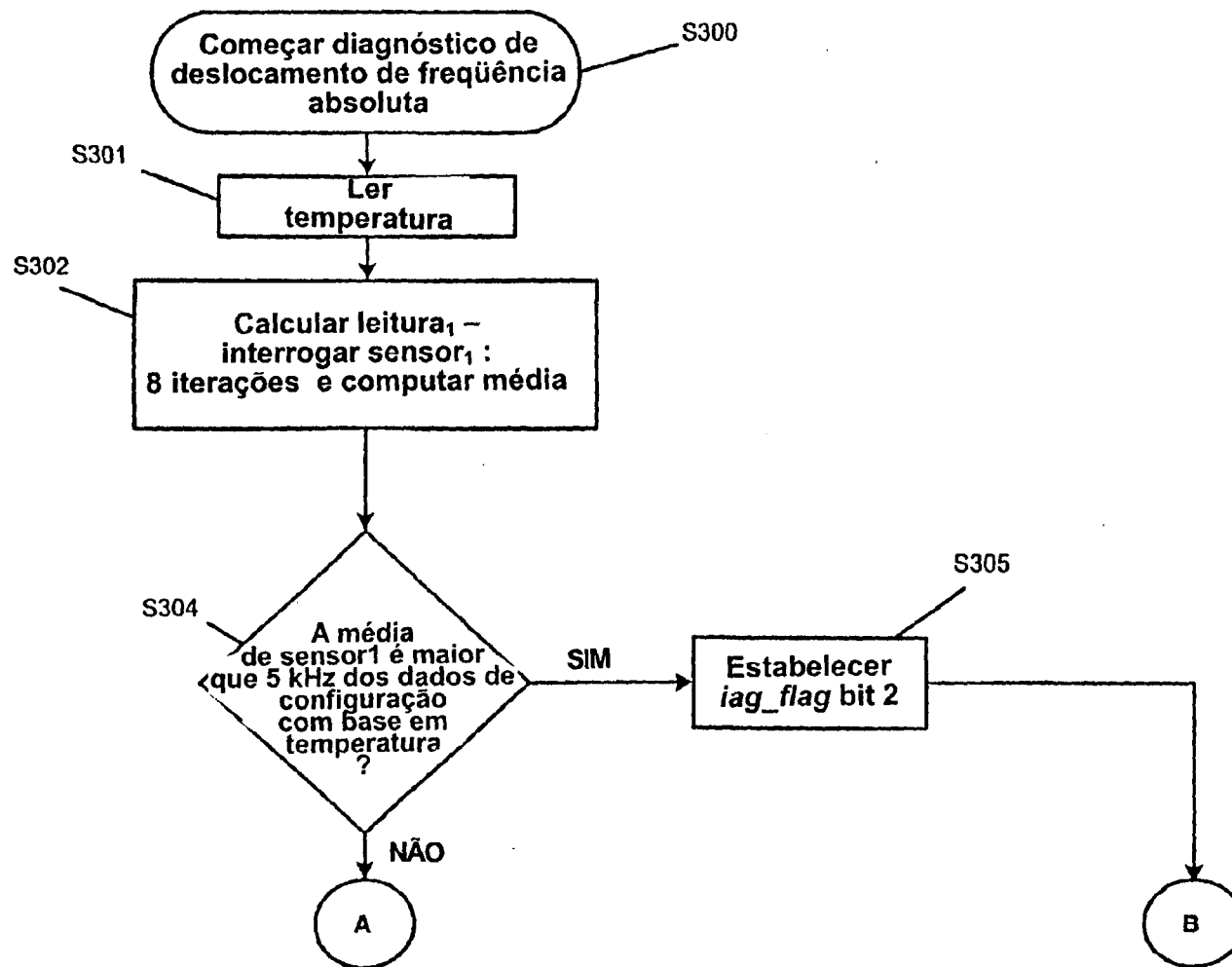


FIGURA 4A

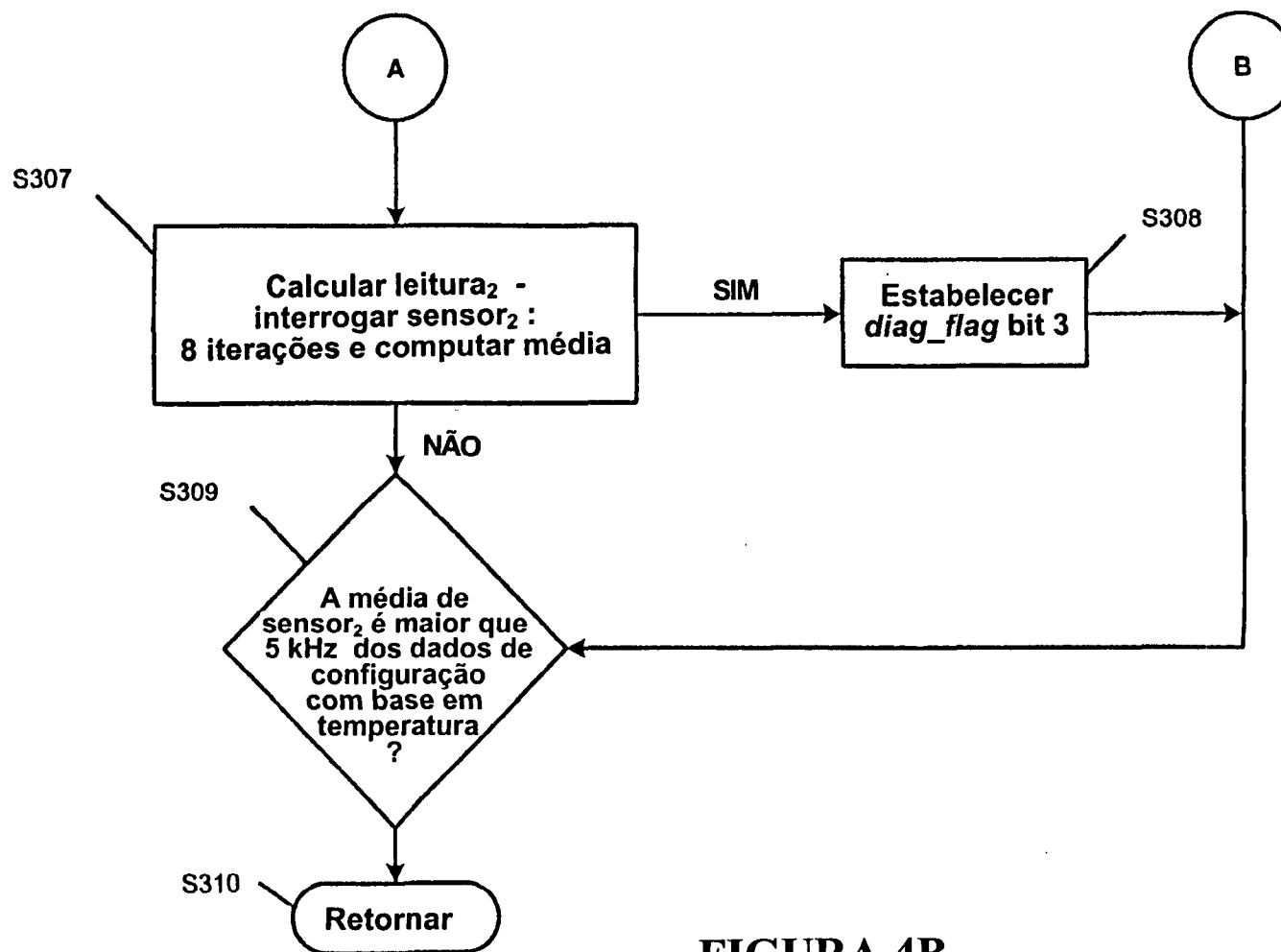


FIGURA 4B

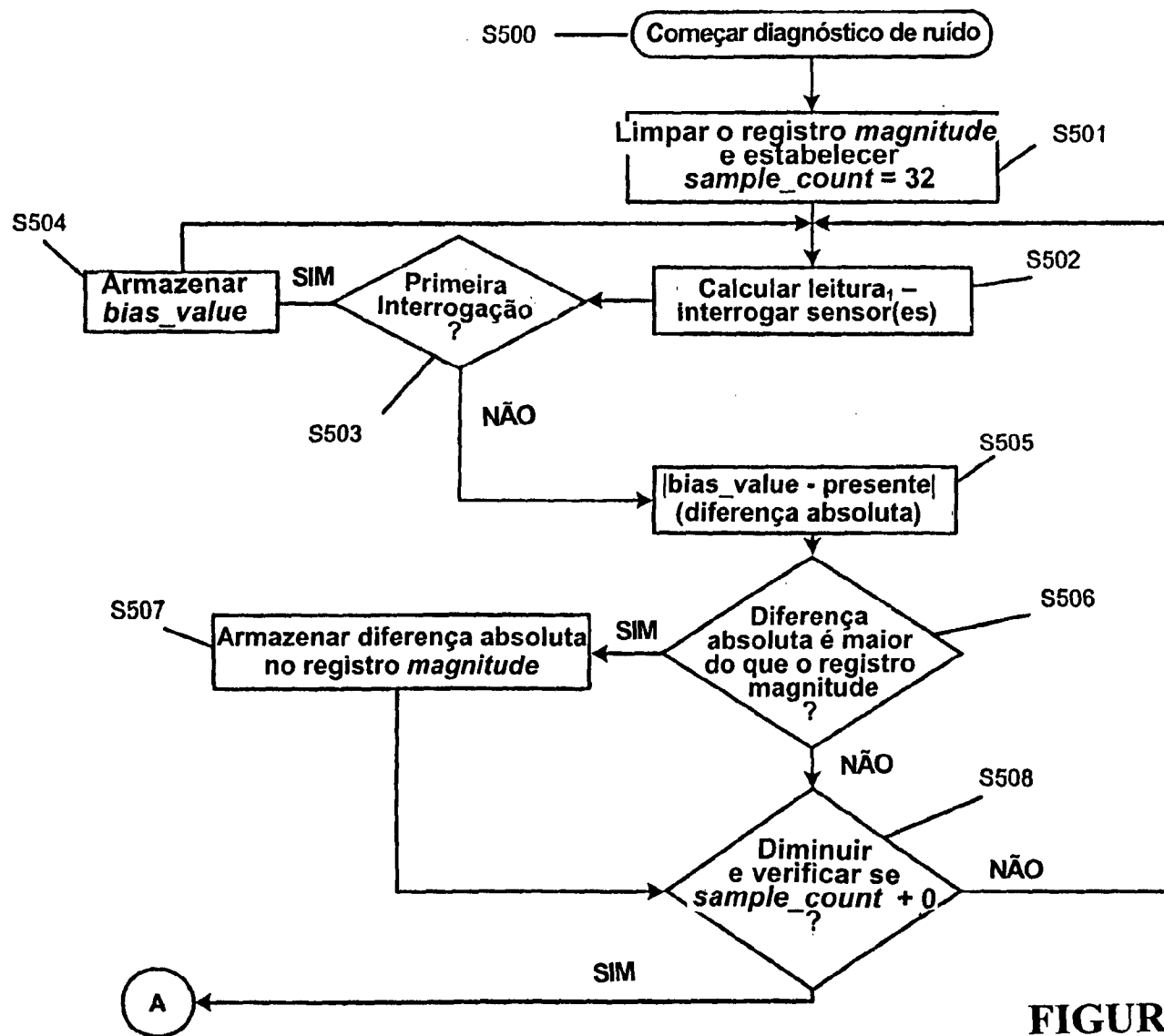


FIGURA 5A

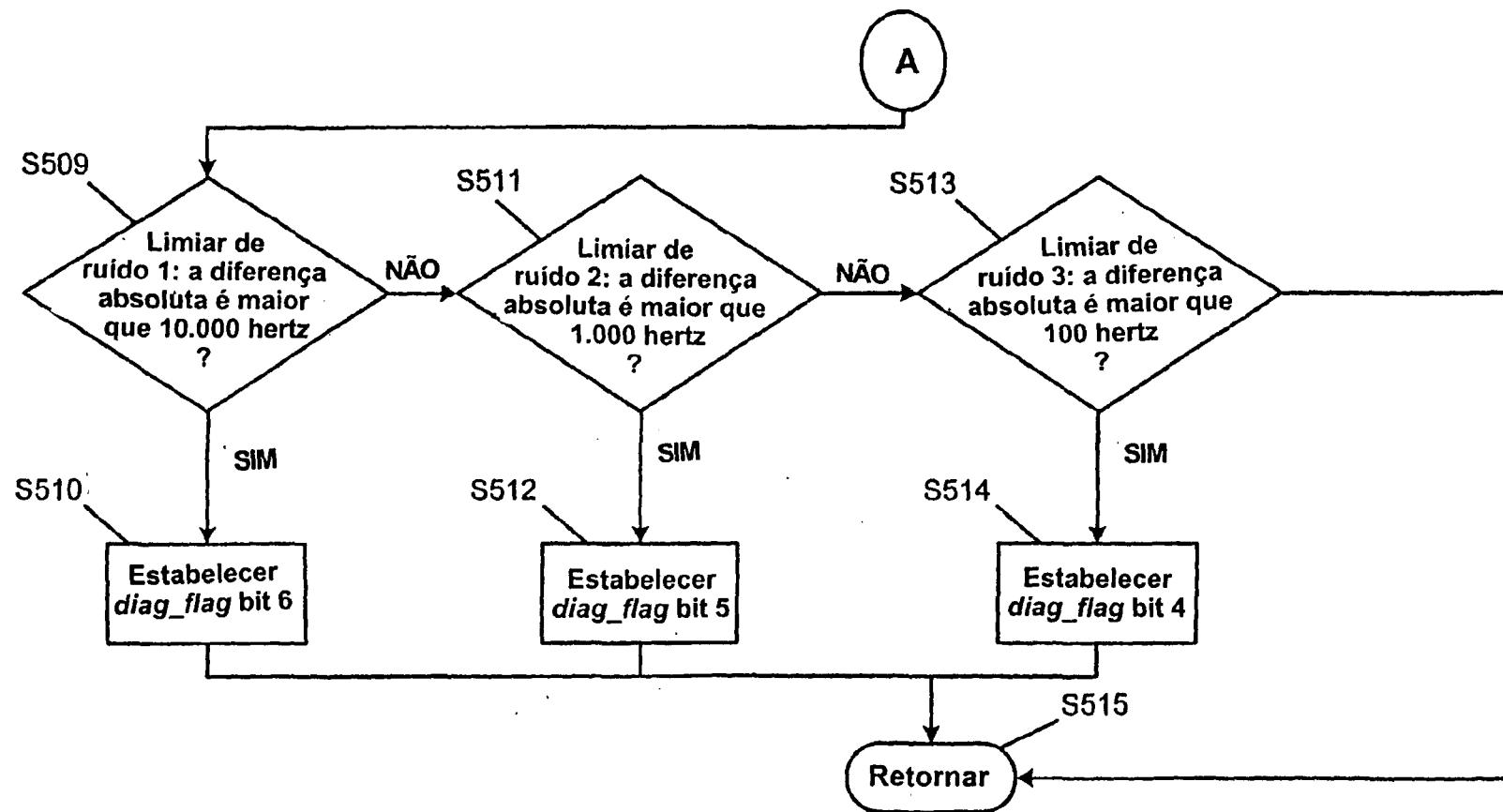


FIGURA 5B

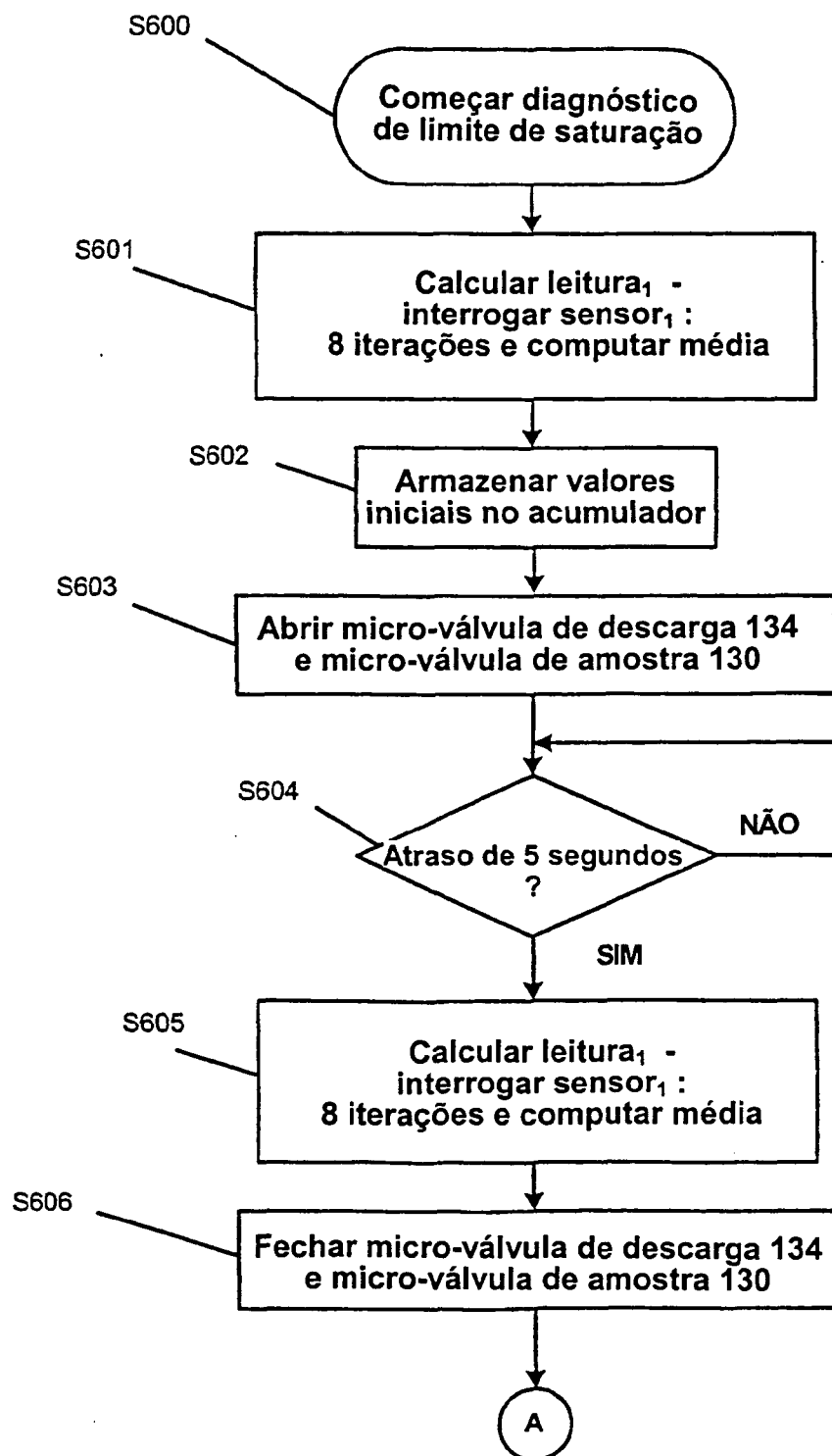


FIGURA 6A

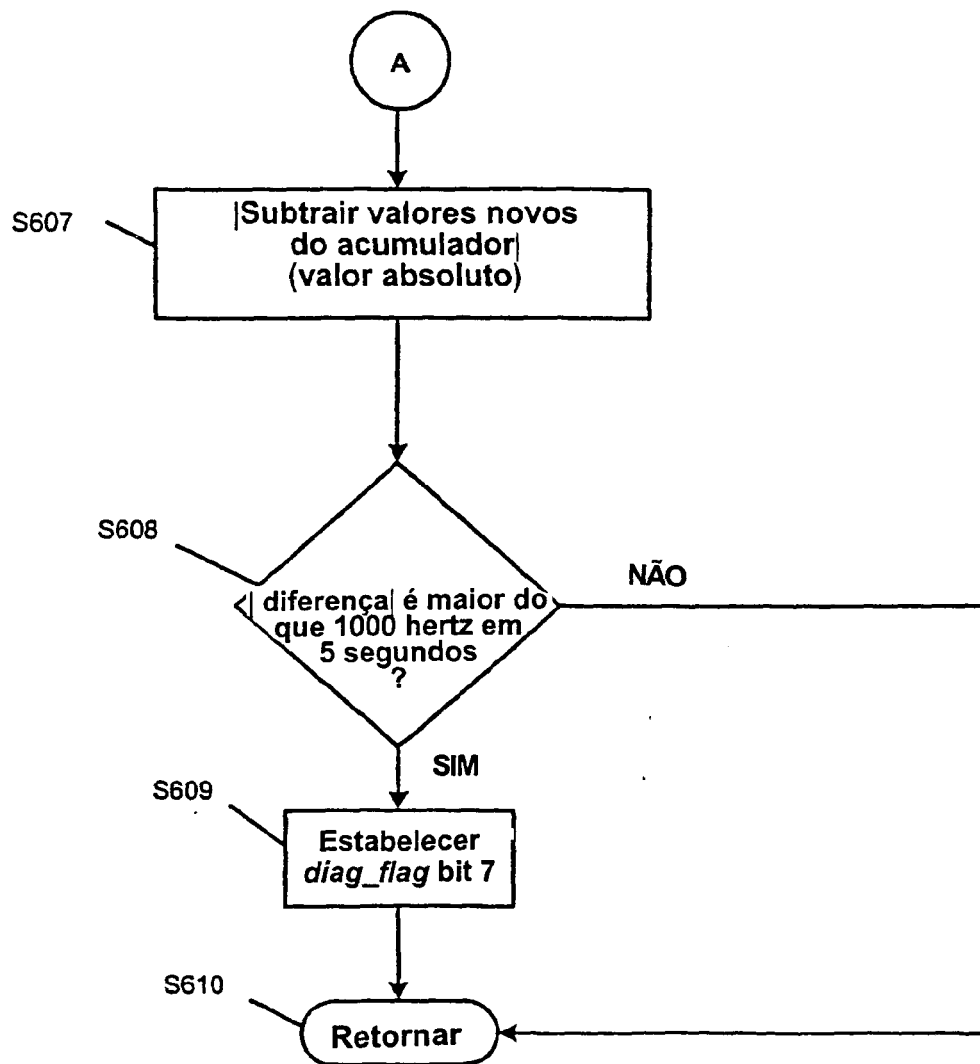


FIGURA 6B

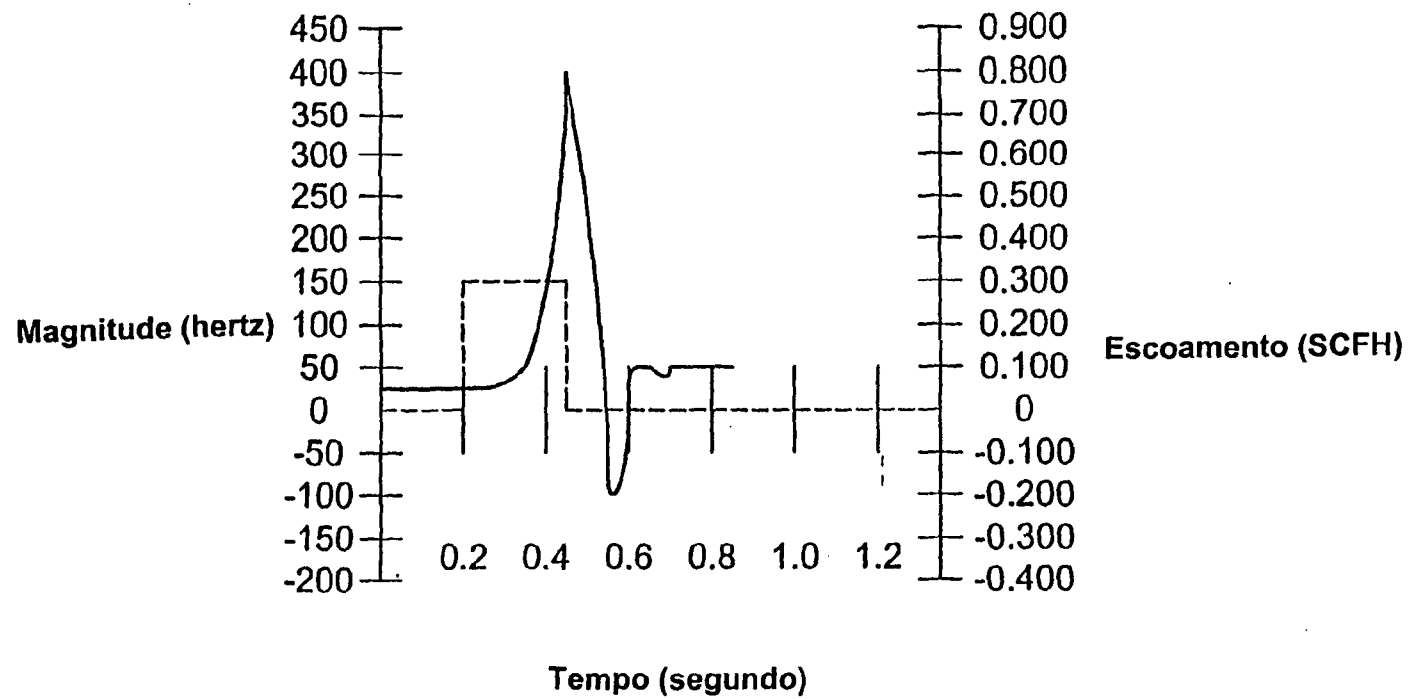


FIGURA 7