



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

(11) PI 0204519-2 B1

(22) Data do Depósito: 10/10/2002

(45) Data de Concessão: 29/11/2016



(54) Título: EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

(51) Int.Cl.: G01N 22/00

(73) Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE

(72) Inventor(es): EDVAL JOSÉ PINHEIRO SANTOS

EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

INTRODUÇÃO

01. A presente invenção descreve uma técnica eletrônica de identificação de combustível automotivo, principalmente quando obtido com mistura gasolina-etanol, utilizando-se a mensuração da absorção de ondas eletromagnéticas pelo líquido testado.

CAMPO DE UTILIZAÇÃO DA INVENÇÃO

02. O combustível utilizado no abastecimento de veículos automotores, ou de motores estacionários, pode ser composto por mistura que inclua etanol em quantidade variada, geralmente estabelecida em regulamentação administrativa que fixa padrões regionais ou nacionais para a mistura combustível, normalmente admitindo-se entre 20% (vinte por cento) e 25% (vinte e cinco por cento) de etanol em sua composição, mas que pode variar em uma faixa mais ampla.

03. Além disso, também pode ocorrer variação na composição da própria gasolina, particularmente, em razão de práticas de adulteração do combustível. Torna-se, assim, necessário um sistema funcional e fácil de ser adaptado às circunstâncias de sua utilização, e calibrado, permitindo realizar o teste do combustível e de sua composição, de modo rápido e seguro.

04. A depender, ainda, de como seja utilizado, e da praticidade para o uso a que se destina, pode o sistema inventado servir pa-

ra a imediata identificação e reconhecimento da qualidade da mistura, nos pontos de venda, antes do abastecimento e seu fornecimento ao consumo final.

05. Portanto, o objetivo da presente invenção é realizar um equipamento eletrônico, compacto, de custo reduzido, que permita a classificação do combustível em campo e, com isso, auxilie o monitoramento prático da qualidade do mesmo, podendo ser utilizado para o etanol anidro e para misturas gasolina-etanol, e apresentando precisão bastante para aferir a observância dos limites autorizados de mistura gasolina-etanol e/ou afastar dúvidas quanto a uma eventual adulteração da mistura combustível.

ESTADO DA TÉCNICA RELATIVA À INVENÇÃO

06. Algumas patentes já foram concedidas para instrumentos e meios de medição da mistura gasolina e álcool.

07. Por exemplo, a patente US 4.453.125, de 05/06/1984 (Kimura et al.), menciona um sensor de combustível na faixa de microondas para ser usado no motor de combustão interna. Essa invenção difere da invenção ora descrita por utilizar um sensor tipo linha de fita e ter um substrato dielétrico na forma tubular. A invenção aqui descrita, ao utilizar uma linha coaxial metálica, apresenta maior sensibilidade, pois a onda eletromagnética se propaga totalmente através do combustível sendo testado.

08. Além disso, a técnica utilizada na patente supramencionada considera apenas o uso da transmissão do sinal, enquanto nossa técnica possibilita utilizar também a reflexão do sinal e combinar essas duas medidas para uma determinação mais precisa.

09. Outros métodos também conhecidos e utilizados, como a medida de capacitância (US 4.470.300, de 11/09/1984, Kobayashi; US 4.971.015, de 20/11/1990, Gonze), a medida da frequência de ressonância em um circuito capacitor-indutor em paralelo (US 5.150.683, de 29/09/1992, Depa et al.; US 5.414.367, de 09/05/1995, Ogawa; US 5.488.311, de 30/01/1996, Kamioka et al.; US 5.497.753, de 12/03/1996, Kopera), e a medida de resistividade (US 5.179.926, de 19/01/1993, Ament; US 5.363.314, de 08/11/1994, Kobayashi et al.), não são técnicas precisas.

10. Todas essas técnicas foram propostas para serem utilizadas internamente ao motor e, assim, indicar ou controlar a concentração de álcool na mistura a ser fornecida ou admitida à combustão, o que não é o propósito primordial do sistema ora inventado, aqui descrito.

11. Além disso, por não possibilitarem precisão na medição da composição carburante, e, tampouco, admitirem a utilização de parâmetro previamente estabelecido para confronto da mistura analisada, não se prestam para aferição rigorosa de padrões de qualidade e integridade da mistura combustível testada.

EXEMPLO PARA EXECUÇÃO DA INVENÇÃO

12. Para compreensão da tecnologia concebida e de uma das formas idealizadas de execução do invento, é feita, a seguir, uma descrição detalhada dos componentes do sistema.

13. Na Figura 1, é apresentada uma vista, em corte longitudinal, da estrutura da linha de transmissão oca, que é preenchida com o combustível sob teste.

14. O corte exemplifica uma linha de transmissão coaxial e permite a visualização dos vários componentes: (1) conectores para rádio-frequência, nas extremidades do dispositivo; (2) condutor interno de raio "a"; (3) tubo externo, de raio interno "b"; (4) saída de combustível; e (5) entrada de combustível.

15. Na Figura 2, é mostrado o diagrama esquemático do circuito. A seguir, descrevem-se os blocos de circuitos, como apresentados na Figura 2.

16. O classificador de combustíveis consiste de um gerador de sinais na faixa de rádio-frequência, RF, por exemplo, 0,5GHz a 3GHz (6), que envia uma onda eletromagnética, por exemplo, de potência na faixa de 1dBm a 10dBm, para a linha de transmissão coaxial contendo o combustível sob teste (7). O sinal transmitido é convertido pelo detector de potência (8) em um nível de tensão elétrica constante, que é avaliado pela unidade (opcional) de processamento digital (9) para determinação da classificação final, relativa a uma calibração previamente feita. O resultado é apresentado por monitor (10) para visualização externa. Caso seja implementada a medida da reflexão como também se propõe aqui, em outro exemplo construtivo e funcional da invenção, o divisor de potência (11) e o detector de potência (12) são acrescentados.

17. Na Figura 3, estão contidos os resultados experimentais da absorção de ondas eletromagnéticas por uma mistura variada de gasolina e etanol anidro, disponível no mercado a varejo de combustíveis automotores, obtidos com a utilização do sistema inventado.

18. A linha de transmissão oca é projetada para ter uma impedância característica de 50ohms na faixa de frequência de interes-

se. No exemplo da linha de transmissão coaxial, a impedância característica é dada pela expressão E_1 :

$$Z_0 = (60/\sqrt{\{\epsilon_r\}}) \ln(b/a) \quad (E_1),$$

onde "b" é o raio interno da linha de transmissão e "a" é o raio do fio interno.

19. O comprimento da linha de transmissão é baseado em dois fatores. De um lado se tem o volume de combustível a ser testado, como indicado pela expressão E_2 , e pela quantidade de atenuação do sinal de RF desejado, que depende exponencialmente do comprimento:

$$V = \pi (b^2 - a^2) c \quad (E_2)$$

20. A atenuação do sinal pode ser apresentada como o valor, em decibel, da potência de saída da linha de transmissão, em referência à potência de entrada, como indicado na expressão E_3 :

$$10 \log_{10} (P/P_0) = \sqrt{\{\epsilon_r\}} [c_1 \tan(\delta_1) f + c_2 f^{1/2}] / c \quad (E_3),$$

onde P_0 é a potência incidente, "f" é a frequência do sinal incidente, $\tan(\delta_1) = \epsilon_r''/\epsilon_r'$ é a tangente de perdas, c_1 e c_2 são constantes que dependem da geometria da linha e do material utilizado, e, quando para o cobre, $c_1 = 1,1095 \times 10^{-8}$ e $c_2 = 1,42176 \times 10^{-7}$.

21. A constante dielétrica também é dependente da frequência, como indicado pela expressão E_4 :

$$\epsilon_r'(f) - j\epsilon_r''(f) = \epsilon_\infty + (\epsilon_0 - \epsilon_\infty)/(1 - j(2\pi f\tau)^{1-\alpha}) \quad (E_4),$$

onde "f" é a frequência, τ é a constante de relaxação, e α é uma constante entre 0 e 1, denominada de constante de espalhamento.

22. Com essas expressões, é possível extrair a constante dielétrica a partir das medidas mostradas na Figura 3.

23. Considerando a mistura gasolina e etanol, e selecionando uma frequência de operação, é possível fazer uma regressão linear

entre a potência absorvida e a quantidade de etanol medida. Isso pode ser programado no classificador para determinação posterior da quantidade de etanol presente em misturas que forem testadas.

24. Para uma determinada frequência, o sinal medido é dado pela expressão E_3 , acima descrita, que depende da constante dielétrica e da tangente de perdas. Vê-se, dessa expressão, que existe uma dependência linear entre a potência absorvida e a tangente de perdas. Também se observa, na expressão, que a absorção aumenta com a frequência, o que possibilita um resultado mais preciso na classificação, do que o obtido com medidas a baixas frequências.

25. Medidas e configurações do dispositivo poderão variar de acordo com requisitos de sua portabilidade e comodidade de uso e aplicações, sem que sejam estranhos ao objeto desta invenção.

REIVINDICAÇÕES

1) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, através da medição da atenuação da potência da onda eletromagnética transmitida pelo fluido caracterizado por uma seleção prévia da frequência de operação, e de uma curva de calibração que relaciona a potência absorvida e a quantidade de componente de fluido, o dito equipamento compreendendo um gerador de sinais na faixa de rádio-frequência (RF), preferencialmente, entre 1GHz e 2GHz (6), que envia uma onda eletromagnética com potência, preferencialmente, entre 0dBm e 10dBm, para uma linha de transmissão coaxial (7), contendo o fluido testado, e o sinal transmitido ser convertido pelo detector de potência em um nível de tensão elétrica constante (8), e ser avaliado por uma unidade de processamento digital (9), e, ainda, por compreender um mostrador (10), um divisor de potência incidente (11), um detector de potência incidente (12), e elementos para saída e para entrada do fluido testado.

2) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, cujo sinal elétrico para a medição da absorção de ondas eletromagnéticas pelo combustível líquido é caracterizado por estar situado na faixa de frequência de RF, 300kHz e 3GHz, definido por questões de sensibilidade dos componentes do combustível, mas podendo utilizar mais de uma frequência e mesmo outras frequências do espectro eletromagnético.

3) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, caracterizado pela linha de transmissão apresentar-se oca, podendo, ainda, sua secção transversal ter qualquer conformação geométrica adequada, e poder ser lateralmente fechada ou aberta.

4) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme as Reivindicações 1 e 3, caracterizado pela linha de transmissão possuir impedância característica de 50ohms na faixa de frequência de interesse, e para o caso da linha coaxial, a impedância é definida pela expressão $Z_0 = (60/\sqrt{\epsilon_r}) \ln(b/a)$, em que "b" é o raio interno da linha de transmissão, e "a" é o raio do fio interno, define-se a geometria da secção transversal com a especificação da impedância e utilizando a expressão matemática apropriada.

5) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme as Reivindicações 1, 3 e 4, caracterizado pelo comprimento da linha de transmissão estar baseado em dois fatores, de um lado, o volume de combustível a ser testado em cada amostra, que, para a linha coaxial, é calculado a partir da expressão $V = \pi (b^2 - a^2) c$, e, por outro, pela quantidade desejada de atenuação do sinal de RF, que depende exponencialmente do comprimento da linha de transmissão, o valor da atenuação estando relacionado com a potência absorvida pelo fluido.

6) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, caracterizado pela atenuação do sinal transmitido ao longo da linha de transmissão poder ser apresentada como o valor, em decibel, da potência de saída da linha de transmissão, em referência à potência de entrada, como indicado na expressão aproximada $10\log_{10} (P/P_0) = \sqrt{\{\epsilon_r\}}[c_1 \tan(\delta_1)f + c_2 f^{1/2}]/c$, em que P_0 é a potência incidente na linha de transmissão, "P" é a potência no terminal de saída da linha de transmissão, "f" é a frequência do sinal incidente, $\tan(\delta_1) = \epsilon_r''/\epsilon_r'$ é a tangente de perdas, c_1 e c_2 são constantes que dependem da geometria da linha e do material utilizado, e "c" é a velocidade da luz, a potência absoluta incidente sendo limitada por aspectos de segurança, pelo comprimento da célula e pela tecnologia do gerador de sinal, podendo, por exemplo, usar geradores de sinal com potência de saída entre 0dBm e 10dBm para uma célula de 20cm de comprimento, podendo-se utilizar outros valores.

7) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, caracterizado pela constante dielétrica ser também dependente da frequência, como indicado pela expressão matemática aproximada $\epsilon_r'(f) - j\epsilon_r''(f) = \epsilon_r + (\epsilon_0 - \epsilon_r)/(1 - j(2\pi f\tau)^{1-\alpha})$, em que ϵ_r' é a parte real da permissividade elétrica relativa, ϵ_r'' é a parte imaginária da permissividade elétrica relativa, "f" é a frequência, ϵ_r é a permissividade elétrica relativa para altas frequências, ϵ_0 é a permissividade elétrica relativa para baixas frequên-

cias, τ é a constante de relaxação, e α é uma constante entre 0 e 1, denominada de constante de espalhamento.

8) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme as Reivindicações 1, 6 e 7, caracterizado pelo sistema realizar a determinação da quantidade de etanol em gasolina, com uma seleção prévia da frequência de operação do sistema, e uma regressão linear entre a potência absorvida e a quantidade de etanol presente no fluido, podendo ser utilizada com outro fluido polar.

9) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, caracterizado por compreender um monitor acoplado ao sistema para visualização externa dos resultados medidos.

10) EQUIPAMENTO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS COMPONENTES EM COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, conforme a Reivindicação 1, caracterizado por medir a quantidade de potência absorvida, podendo utilizar a medida da potência refletida para aumentar a precisão da classificação do combustível líquido.

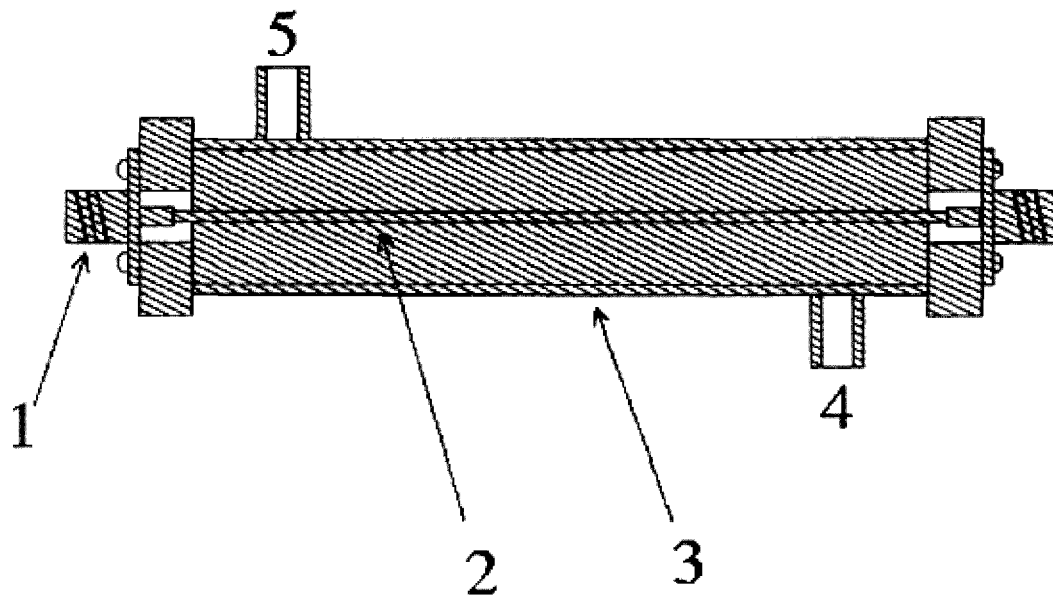


Figura 1

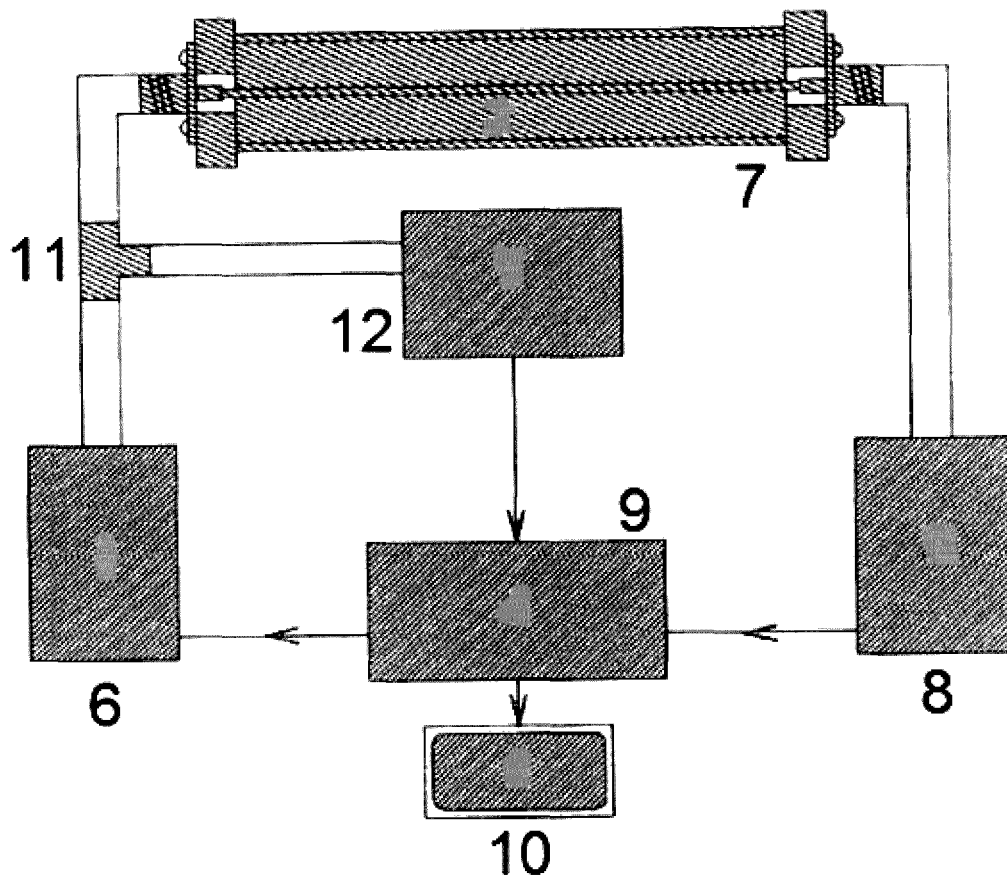


Figura 2

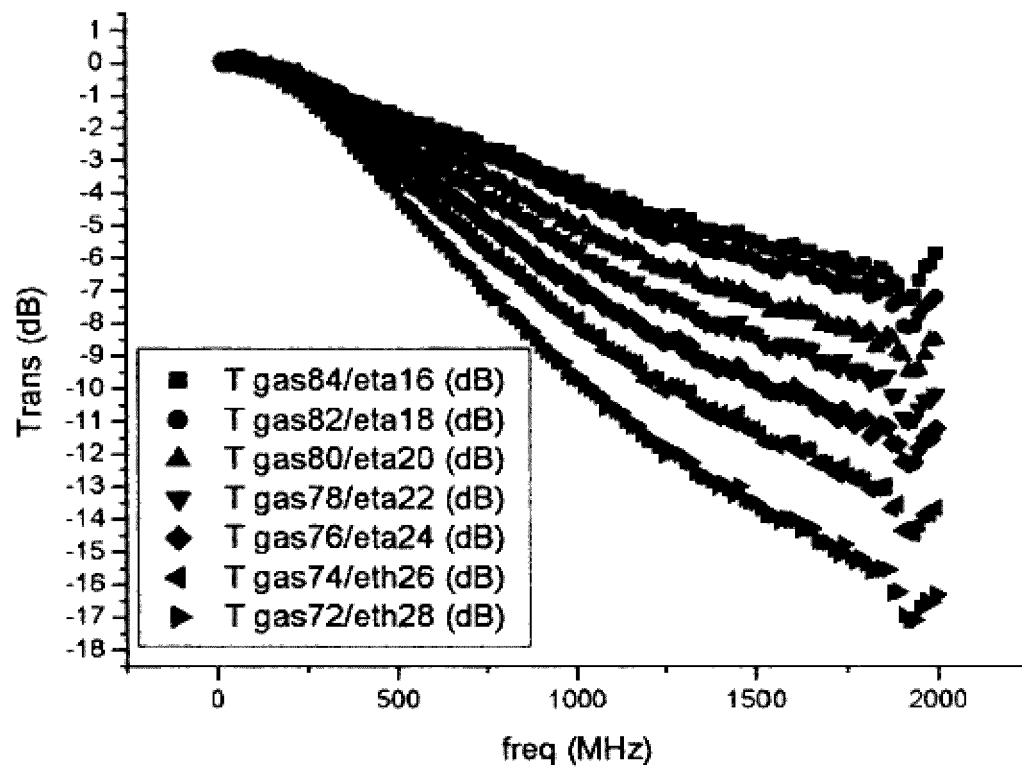


Figura 3