



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2021 002426 7

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 2

Nome ou Razão Social: INSTITUTO GNARUS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: ██████████

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço:

Cidade: Itajuba

Estado: MG

CEP:

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email:

Nome ou Razão Social: MARACANAÚ GERADORA DE ENERGIA S.A.

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: ██████████

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço:

Cidade: Maracanaú

Estado: CE

CEP:

País: BRASIL

Telefone: ██████████

Fax:

Email:

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES.

Resumo: De acordo com a presente invenção, pertencente à área de eletrônica, é descrito um método e sistema híbrido ultrassônico-capacitivo capaz de monitorar e avaliar remotamente e em tempo real, a qualidade dos óleos combustíveis utilizados em conjuntos motogeradores, para a geração de energia elétrica, com o uso de técnicas avançadas de processamento digital de sinais e cálculos por equações matemáticas.

O Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3) fornece os tempos de trânsito dos sinais ultrassônicos, o Sensoriamento Capacitivo (36) a capacitância do Sensor Capacitivo (40) e o Sensor de Temperatura (6) a temperatura do Óleo Combustível (23), cujos sinais processados no Controlador/Aquisitor de Dados (31) calcula a vazão, a quantidade de água e a temperatura do Óleo Combustível (23) que os envia ao aplicativo no Microcomputador (21) que calcula e fornece ao Operador (22) a densidade e o Poder Calorífico Inferior – PCI da amostra de Óleo Combustível (23) analisada.

Figura a publicar: 2

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 6

Nome: ERIK LEANDRO BONALDI

CPF: [REDACTED]

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED]

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: [REDACTED]

País: BRASIL

Telefone: [REDACTED]

Fax: [REDACTED]

Email: [REDACTED]

Inventor 2 de 6

Nome: LEVY ELY DE LACERDA DE OLIVEIRA

CPF: [REDACTED]

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED]

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: [REDACTED]

País: BRASIL

Telefone: [REDACTED]

Fax: [REDACTED]

Email: [REDACTED]

Inventor 3 de 6

Nome: GERMANO LAMBERT TORRES

CPF: ██████████

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: ██

Endereço: ██

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: ██████████

País: BRASIL

Telefone: ████████████████████

Fax: ██████████████████

Email: ██

Inventor 4 de 6

Nome: CARLOS EDUARDO TEIXEIRA

CPF: ██████████

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: ██

Endereço: ██

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: ██████████

País: BRASIL

Telefone: ████████████████████

Fax:

Email: ██

Inventor 5 de 6

Nome: DANIEL DE ALMEIDA ARANTES

CPF: [REDACTED]

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED]

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: [REDACTED]

País: BRASIL

Telefone: [REDACTED]

Fax:

Email: [REDACTED]

Inventor 6 de 6

Nome: MATEUS MENDES CAMPOS

CPF: [REDACTED]

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED]

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: [REDACTED]

País: BRASIL

Telefone: [REDACTED]

Fax:

Email: [REDACTED]

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	Comprovante de Pagamento.pdf
Contrato Social	Ficha Cadastral CNPJ INST GNARUS.pdf
Contrato Social	5ª Alteração Estatutária_GNARUS.pdf
Contrato Social	17ª Assembleia Geral_GNARUS.pdf
Contrato Social	Ficha Cadastral CNPJ MARACANAÚ.pdf
Contrato Social	Estatuto Social_Maracanaú.pdf
Contrato Social	Alteração do Estatuto Social_Maracanaú.pdf
Contrato Social	Ata do conselho de Administração_Maracanaú.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Carlos Eduardo Teixeira.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Daniel de Almeida Arantes.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Erik Leandro Bonaldi.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Germano Lambert Torres.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Levy Ely de Oliveira.pdf
Relatório Descritivo	Relatorio Descritivo.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Mateus Mendes Campos.pdf
Reivindicação	Reivindicações.pdf
Desenho	Desenho.pdf
Gru Pedido de Depósito	GRU Deposito de Patente de Invenção.pdf
Resumo	Resumo.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**“MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO
ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE
ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES”**

Campo da invenção.

[001] A presente patente de invenção, pertencente à área de eletrônica, refere-se a um método e sistema híbrido ultrassônico-capacitivo capaz de monitorar e avaliar remotamente e em tempo real, a qualidade dos óleos combustíveis utilizados em conjuntos motogeradores, para a geração de energia elétrica, com o uso de técnicas avançadas de processamento digital de sinais e cálculos por equações matemáticas.

[002] A capacidade de geração de uma Usina Termelétrica - UTE depende diretamente da qualidade do óleo combustível que alimenta suas máquinas motrizes (motores a combustão).

[003] De modo a inferir a eficiência de geração das UTEs, o presente método e sistema aborda a medição de vazão pela medição do tempo de trânsito no sensoriamento ultrassônico por multi-trajetórias, a detecção de água contida no óleo pelo método capacitivo através do tempo de carga e descarga do capacitor, a temperatura via o sensoriamento do óleo combustível, e através de técnicas avançadas de processamento digital de sinais obtém o Poder Calorífico Inferior - PCI do óleo combustível via a estimativa da densidade, grandeza fortemente correlacionada com o PCI.

Campo de aplicação e fundamentos da invenção.

[004] As implicações econômicas da operação de uma

UTE deficiente são enormes e a garantia de que seu combustível seja de boa qualidade é um dos componentes mais importantes no processo de geração de energia elétrica. Os motogeradores têm uma operação contínua e são submetidos a contínuos estresses. Quando alimentados por combustíveis de má qualidade, podem apresentar falhas e perda de sua potência, resultando em enormes incertezas quanto a sua real capacidade nominal. Assim sendo, uma avaliação criteriosa do óleo combustível produz, com certeza, substancial aumento na confiabilidade das unidades geradoras, redução de custos de manutenção, avanço no tratamento de falhas envolvendo manutenções preventivas e a possibilidade de serem evitadas paradas não-programadas dessas unidades, bem como o desgaste de peças dos conjuntos.

[005] A presente patente de invenção descreve, em caráter inédito, um método e um sistema híbrido para monitoramento e análise de óleos combustíveis utilizados em motogeradores. Trata-se de um método e um sistema que incorpora os princípios de medição ultrassônico e capacitivo, além de técnicas avançadas de processamento digital de sinais. A abordagem ultrassônica baseada no método de medição por multi-trajetórias oferece excelente precisão para medições de vazão, além de trazer informações da temperatura do fluido. Em complemento, a abordagem capacitiva baseada no método da constante de tempo oferece excelente resolução para a detecção de água, visto que a constante dielétrica de um hidrocarboneto - como o óleo combustível - e da água se encontram numericamente distantes. Por fim, o uso das técnicas avançadas de

processamento digital de sinais e o uso de cálculos por equações matemáticas traz, além de maior confiabilidade dos valores inferidos, a estimativa da densidade do óleo e conseqüentemente do PCI – Poder Calorífico Inferior. A partir desta informação é possível estabelecer a relação entre a qualidade de determinada amostra de óleo e sua capacidade de geração de energia quando de sua queima.

Descrição do estado da técnica.

[006] O combustível é a fonte de energia que faz um motogerador funcionar e sua eficiência energética e danos depende diretamente da qualidade do óleo combustível que o alimenta. O uso do combustível adequado recomendado pelo fabricante permite melhor rendimento do motor, como também reduz substancialmente a possibilidade de problemas mecânicos, diminuindo a possibilidade de quebras do motor e conseqüentemente paradas não programadas.

[007] A qualidade dos óleos combustíveis comercializados no Brasil é estabelecida pelo órgão regulador, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, que preconiza através de suas resoluções as especificações dos óleos e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializam em todo o território nacional.

[008] Atualmente para a aferição das características e qualidade dos óleos combustíveis utilizados nos motogeradores, tanto a distribuidora como a usina termelétrica fazem análises das amostras, fornecidas e recebidas respectivamente, via processos

laboratoriais. Esta prática demanda longos períodos de tempo para a obtenção dos respectivos laudos, parada dos processos de carga e descarga, transporte das amostras até os laboratórios e a execução dos testes e dos procedimentos analíticos. As análises laboratoriais embora apresentem boa precisão e detalhamento das características dos óleos analisados seus resultados referem-se a amostras pontuais que muitas vezes não refletem a qualidade real do grande volume de óleo fornecido, além de apresentar altos custos e tempos envolvidos.

[009] Com a evolução da eletrônica digital, da informática e da engenharia de materiais novas alternativas para as análises em tempo real das características dos óleos combustíveis têm sido almejadas, de forma a aliar a redução do tempo de análises com a avaliação de maiores quantidades de amostragens. Essas alternativas usando sensores cada vez melhores, de maior precisão, resolução e menor tempo de resposta, permitem a avaliação do teor de contaminantes (água em especial), a medição da temperatura e da vazão com precisão aceitável.

[010] Para as medições de umidade no óleo destacam-se no estado da arte atual os medidores que usam sensores de força dielétrica, que são precisos mas possuem pequena vida útil, os sensores de absorbância que são altamente precisos mas possuem custos proibitivos além de constantemente terem que ser limpos, e os sensores capacitivos que são os mais utilizados por apresentarem longa vida útil, pouca manutenção, boa precisão e baixos custos.

[011] Tradicionalmente na indústria são muito utilizados os medidores de vazão volumétrica indiretos que utilizam fenômenos relacionados a quantidade de fluido passante por diferença de pressão para medir o fluxo em determinada seção de um tubo, os mais conhecidos usam os princípios Tubo Pitot, Tubo de Venturi e Placa de Orifício. Para a medição da vazão mássica muito utilizado é o medidor Coriolis que usa dois tubos paralelos que têm rotação em sua frequência ressonante por meio de bobinas, cujas excursões dos tubos são detectadas pelos sensores no lado de entrada e saída. Todos estes medidores necessitam de grandes e complexas adaptações mecânicas de montagens.

[012] Para as medições de vazão de hidrocarbonetos os medidores mais utilizados usam o sensoriamento por ultrassons. Os medidores com o princípio magnético indutivo também denominados medidores de fluxo magnético não funcionam com hidrocarbonetos, pois necessitam tensões induzidas significativas que são geradas apenas por líquidos polares.

[013] Buscas no banco de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, encontrou os seguintes processos relacionados ao campo técnico da presente invenção: a patente PI0504297-6 que descreve um sistema para a medição e monitoração on-line de umidade no óleo isolante de transformadores de potência e congêneres composto por um módulo sensor instalado em contato com o óleo que mede a quantidade de água contida em ppm e a temperatura do óleo, um segundo sensor para a medição da temperatura ambiente e um

módulo de interface que fornece os dados coletados ao operador, via cálculos o sistema indica o percentual de saturação de água no óleo para uma temperatura de referência e é capaz de prever o teor de água no óleo em outras temperaturas e condições de risco, o sistema programa vários alarmes e não faz qualquer referência aos tipos de transdutores utilizados; as patentes BR112012013584-8 e BR102015003871-2 que descrevem um medidor de fluxo por tempo de trânsito para pequenas taxas de fluxo e pequeno diâmetro do duto, 4,5 mm de diâmetro, usado para injeção de produtos líquidos em poços submarinos de petróleo, usa o princípio ultrassônico e é composto de um tubo de material polimérico com dois sensores opostos, um a montante e outro a jusante, que geram ondas planas no líquido e na parede do tubo, os dois sensores transmitem e recebem sinais, cuja taxa de fluxo é calculada em função das diferenças nos tempos de trânsito entre os sinais a montante e a jusante; a patente BR102014005727-7 que descreve um medidor de vazão de água usando o conceito Doppler de propagação de onda tanto no fluxo quanto do contrafluxo de um fluido em um meio controlado, onde um emissor acústico e dois sensores emissores/receptores equidistantes contrapostos e diagonalmente posicionados leem a velocidade no eixo do fluido, e por meio de cálculos matemáticos obtém a vazão naquele ponto, quando as velocidades medidas pelos dois sensores são diferentes faz-se a média para obter a velocidade a ser considerada, que composta com a densidade da água e o diâmetro interno do tubo, ambos conhecidos, além da velocidade medida pela propagação de onda obtém-se a vazão; a

patente BR102014025164-2 que descreve um sistema de medição de vazão de fluidos ou gases caracterizado por um elemento sensor de fibra óptica composto por um interferômetro de Mach Zehnder, onde o movimento do fluido exerce uma força sobre a mesma e uma deformação mecânica, de modo que a luz que a atravessa varia de intensidade em função desta, o sistema pode ser usado em tubulações de pequeno diâmetro com até no máximo 75 mm ideal para medições da vazão de água em instalações residenciais; a patente BR102018010416-0 dos mesmos autores desta patente que avalia a qualidade de óleos combustíveis derivados de petróleo, água e outros contaminantes, através do processamento estatístico decorrentes da aplicação das transformadas matemáticas FFT e Modulation Spectra dos sinais oriundos de um transdutor ultrassônico tipo reto de banda plana de frequência; as patentes BR112012000215-5, BR102014016188-0 e BR102016002021-2 que descrevem medidores de vazão magnéticos-indutivos e a patente BR102015003357-5 que usa o princípio tomográfico, cujos princípios não se aplicam a medição do fluxo de líquidos não polares por possuírem baixíssima condutibilidade. Não foi encontrada nenhuma patente que descreve um sistema capaz de fornecer o Poder Calorífico Inferior - PCI de óleos combustíveis.

[014] No banco de patentes dos Estados Unidos da América destacam-se no campo técnico desta invenção as patentes US5,249,455 e US4,543,191, dentre outras, que descrevem medidores de conteúdo de água incluindo uma célula de teste através da qual um fluxo de petróleo flui, essas células

usam o princípio capacitivo que se baseia no fato de que hidrocarbonetos e água possuem constantes dielétricas bem diferentes, o óleo combustível possui constante dielétrica relativa entre 1,7 e 2,3, enquanto a água possui constante dielétrica relativa próxima a 80 à temperatura ambiente, assim através da obtenção da constante dielétrica relativa da mistura, é possível estimar a quantidade de água presente, nestas células o fluido trabalha como o dielétrico de um capacitor cuja capacitância é comparada com a capacitância dos condensadores de referência envolvidos com óleo puro, fornecendo sinais elétricos correspondentes às diferenças das capacitâncias, as patentes se diferenciam quanto a geometria proposta para os sensores capacitivos mas utilizam o mesmo princípio; a patente US7,265,832 que descreve um sistema óptico com dois feixes através de uma janela na parede do tubo, focado em dois pontos alinhados ao longo de um eixo do tubo e separados por uma distância conhecida, e meios para detectar a luz que é espalhada por partículas transportadas na corrente do fluido através de uma segunda janela, que está disposta no lado oposto do tubo que mede o atraso de tempo entre os sinais detectados, de modo que a velocidade do fluido pode ser determinada; a patente US6,076,049 que descreve um medidor de conteúdo de água que opera através do princípio óptico, através da espectroscopia, para o monitoramento do fluxo de óleo combustível em dutos de passagem, o sistema inclui uma sonda para irradiar luz infravermelha de banda estreita (emissor) e uma sonda para captação da luz emitida (receptor), num comprimento de onda

predeterminado onde há uma grande diferença na absorção da radiação pelo óleo e pela água, o método infere sobre a quantidade de água existente independente das variações de densidade, vazão e de salinidade; e a patente US 2009/0306911 que descreve um sistema e um método para determinação de frações de várias fases de um fluido polifásico usando o princípio ultrassônico, o sistema monitora a pressão e a temperatura do fluido, emite e capta ondas ultrassônicas estimando sua velocidade e a atenuação no meio que atravessam, de posse das informações obtidas o método faz a compensação dos valores obtidos do processamento dos sinais ultrassônicos e estima o percentual de água presente no óleo. Não foi encontrada nenhuma patente que descreve um sistema capaz de fornecer o Poder Calorífico Inferior - PCI (no inglês “Lower Heating Value – LHV”) de óleos combustíveis.

Apresentação dos problemas do estado da técnica.

[015] Para a medição da quantidade de umidade no óleo as patentes US5,249,455 e US4,543,191 que usam o princípio de medição da capacitância, são capazes de avaliar a contento a quantidade de água existente em óleos, mas apresentam precisão inferior ao princípio utilizado na presente patente que além de usar um capacitor de alta capacitância usa o método do tempo de carga e descarga do capacitor para sua medição. Outro problema apresentado nos analisadores baseados no princípio capacitivo, como o descrito na patente US4,543,191, é que necessitam ser compensados pela temperatura e pela densidade do fluido e são, portanto, sempre acompanhados de outros medidores, como o

medidor Coriolis; desta forma, os medidores BS&W capacitivos estão sempre associados a custos elevados, fato que pode inviabilizar sua utilização. Além disso, devido ao fato de serem acompanhados de outros medidores para compensação, sua instalação se torna complexa e invasiva.

[016] Os medidores que usam o princípio óptico através da espectroscopia por absorção do infravermelho para a medição da umidade no óleo, como da patente US6,076,049, embora ofereçam boa resolução em uma ampla faixa de contaminação de água (0 a 100%), seu uso junto aos dutos existentes é invasivo e intrusivo, além de que quando o fluido principal consiste de um óleo de alta absorção de radiação luminosa, as porções analisadas tornam-se menores, tendo em vista que os transdutores de luz (emissor e receptor) necessitam ser posicionados cada vez mais próximos, limitando seu uso em casos de altos fluxos e de dutos com diâmetros grandes.

[017] O problema que apresenta o método apresentado na patente US 2009/0306911 usando o método ultrassônico para a medição de umidade no óleo é que a velocidade de propagação do som no óleo é relativamente próxima à velocidade do som na água, o que dificulta sobremaneira a discriminação destas informações, limitando a precisão da medição obtida.

[018] Em relação a medição de vazão, as patentes que usam princípios ópticos como a BR102014025164-2 e US7,265,832 medem com relativa precisão fluídos transparentes como a água mas não se prestam a medição de óleos combustíveis que apresentam alta viscosidade. O interferômetro de Mach

Zehnder usado na patente BR102014025164-2 só pode ser utilizado em tubulações de pequeno diâmetro, de até no máximo 75 mm, ideal para medições da vazão de água em instalações residenciais, mas não nas tubulações que alimentam as UTEs.

[019] As patentes que usam ultrassons como as BR112012013584-8, BR102015003871-2, BR102014005727-7 e BR102018010416-0 independente de usarem efeito Doppler ou o método de medição pelo Tempo de Trânsito medem a contento a vazão de óleos, no entanto apresentam precisão limitada para o uso em dutos de grandes diâmetros e com alta vazão devido os poucos sensores utilizados e os ruídos gerados pelas paredes dos dutos por onde o óleo circula; enquanto o método de medição ultrassônica por multi-trajetórias descrito na presente patente, que utiliza doze transdutores piezoelétricos é capaz de medir com bastante precisão a vazão e a densidade do óleo, em grandes fluxos de óleo e em tubulações de grandes diâmetros em uma dada temperatura e conseqüentemente inferir com precisão o PCI.

[020] Tendo em vista os aspectos e os problemas apresentados nos processos existentes e no estado da arte atual, e no propósito de superá-los, é que na presente patente de invenção foi desenvolvido um novo método e sistema abordando cinco objetivos: i) medir com precisão a vazão de óleo combustível em dutos de grandes diâmetros e altas vazões, bem como a temperatura do mesmo; ii) medir com precisão a quantidade de água contida no óleo; iii) inferir por meio de cálculos a densidade do óleo combustível e conseqüentemente do PCI com precisão condizente as realizadas nos processos

analíticos feitos nos laboratórios de química; iv) disponibilizar de forma automática as informações coletadas remotamente e em tempo real na Central de Gerenciamento; e v) mostrar ao operador do sistema de forma amigável as grandezas medidas, o PCI, históricos e relatórios das grandezas monitoradas.

[021] Neste novo e inédito sistema híbrido, além das avançadas tipologias de construção do sensor capacitivo e do sistema ultrassônico, o método utilizado propicia obter a densidade do óleo circulante pelos dois sistemas de sensoriamento de forma que o valor final obtido é bastante preciso.

[022] Tanto na literatura como nos bancos de patentes não foi encontrado pelos inventores nenhum método e sistema similar ao ora descrito.

[023] Ainda no desafio de inferir o potencial energético dos óleos combustíveis que alimentam os motogeradores, é desejável que o sistema que implementa o método proposto seja econômico, de instalação com baixo nível de invasão e capaz de fornecer remotamente e em tempo real as informações ao operador junto a Central de Gerenciamento.

Fundamentos da solução proposta.

[024] Por tratar-se de um método e um sistema híbrido o uso combinado de duas diferentes técnicas de sensoriamento foram realizadas. A seguir são descritas como a densidade é obtida em cada uma delas.

[025] No método de cálculo da densidade através da capacitância sabe-se que a constante dielétrica ou permissividade

relativa ϵ_r de um combustível hidrocarboneto se correlaciona com sua densidade, com uma acurácia de 2%, de acordo com a equação:

$$\epsilon_r = 0,001667\rho + 0,785 \quad (1)$$

onde, ρ é a densidade do combustível em kg/m^3 na temperatura de interesse.

[026] Considerando um capacitor de n placas paralelas, a capacitância equivalente C_{eq} dependerá do número de placas, bem como do meio utilizado como dielétrico, que pode ser expressa como mostra as equações:

$$C_{eq} = (n - 1) \cdot C_{meio} \quad (2)$$

$$C_{eq} = (n - 1) \cdot K \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r_{meio}} \quad (3)$$

onde: C_{meio} é a capacitância no meio dielétrico composto pelo hidrocarboneto, K é uma constante que depende da geometria do capacitor, ϵ_0 a permissividade absoluta e $\epsilon_{r_{meio}}$ a permissividade relativa do hidrocarboneto. A constante K pode ser definida através da medição de duas amostras conhecidas a partir da equação:

$$K = \frac{C_{eq_{amostra_1}} - C_{eq_{amostra_2}}}{(n-1)\epsilon_0 (\epsilon_{r_{amostra_1}} - \epsilon_{r_{amostra_2}})} \quad (4)$$

e por fim, mantendo suas características, é possível obter a permissividade relativa de uma amostra ϵ_r através da expressão:

$$\epsilon_{r_{amostra}} = \frac{C_{eq_{amostra}}}{(N-1) \cdot K \cdot \epsilon_0} \quad (5)$$

cujo valor retornando na equação (1) fornece o valor da densidade do dielétrico que no caso é o óleo combustível que alimenta o motogerador.

[027] No método de cálculo da densidade a partir dos tempos de trânsitos a densidade de um fluido é estimada a partir da emissão e recepção dos sinais ultrassônicos dos transdutores piezoelétricos. Na medição ultrassônica por multi-trajetórias utilizada no sistema descrito existem 6 trajetórias acústicas formando dois planos cruzados de medição. Estas trajetórias estão posicionadas em localizações diferentes no carretel, contendo comprimentos L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 e L_6 , de modo que as ondas ultrassônicas possuem tempos de propagações diferentes. Com os sinais ultrassônicos, é possível obter os tempos de trânsitos para cada transdutor pertencente à trajetória, sendo t_m para o transdutor a montante e t_j para o transdutor a jusante.

[028] Como cada trajetória possui duas medições de tempo de trânsito, uma para o transdutor a montante e outra para o transdutor a jusante, obtém-se o tempo de trânsito médio da trajetória utilizando a equação:

$$t_n = (t_{m_n} + t_{j_n})/2 \quad (6)$$

onde, n é o índice da trajetória; t_{m_n} é o tempo de trânsito do transdutor a montante; t_{j_n} é o tempo de trânsito do transdutor a jusante.

[029] Através da equação (6) é possível estimar a velocidade do som no fluido para a trajetória correspondente, dada pela equação:

$$c_n = \frac{L_n}{t_n} \quad (7)$$

onde, n é o índice da trajetória; L_n é o comprimento da trajetória em metros; t_n é a média do tempo de trânsito da trajetória em

segundos; e c_n é a velocidade do som na trajetória em m/s.

[030] Com as velocidades do som por trajetória obtém-se a média da velocidade do som, pela equação:

$$c = \sum_1^6 c_n / 6 \quad (8)$$

onde, c é a média das velocidades do som; e por fim, aplicando a fórmula da equação (9) obtém-se a densidade:

$$\rho = \frac{\beta}{c^2} \quad (9)$$

onde, ρ é a densidade do fluido em kg/m³; β é o módulo de compressão do fluido em N.m⁻² e c é a velocidade do som calculada em m/s.

[031] O sistema eletrônico possui também um sensor para a medição da temperatura. Esta medição de temperatura entra como um fator de correção da densidade, já que é uma grandeza que influencia na velocidade do som no fluido.

[032] O Poder Calorífico Inferior – PCI é a energia liberada na forma de calor de um gás queimado em motores endotérmicos e está diretamente relacionado com o potencial energético gerado por um motogerador que utiliza um óleo combustível com especificação de um PCI nominal para sua capacidade nominal. Teoricamente o PCI de um dado combustível sólido ou líquido, em kcal/kg, é obtido efetuando-se o cálculo estequiométrico das substâncias contidas em sua composição. A relação que exprime o PCI e a densidade relativa de um dado combustível é dado pelo número de Wobbe expresso na equação:

$$W = \frac{PCI}{\sqrt{\rho_r}} \quad (10)$$

onde, W é o número de Wobbe, PCI é o Poder Calorífico Inferior

e ρ_r é a densidade relativa. A importância do número de Wobbe está ligada a intercambiabilidade de combustíveis para uma mesma aplicação ou queimador. A relação do Poder Calorífico Inferior e a raiz quadrada da densidade relativa tem a ver com a quantidade de energia (por volume) que é possível passar por determinado orifício com a queda de pressão correspondente; ou seja, refere-se à potência de um dado queimador, combustíveis com o mesmo Número de Wobbe que irão apresentar o mesmo desempenho energético.

[033] De forma expedita a determinação do PCI é feita por estimativa com base em sua densidade. Considerando-se que os combustíveis são misturas de hidrocarbonetos sem contaminantes, o PCI a 25°C é estimado com precisão de 1% pela equação:

$$PCI = 46,05 + 3,91 \rho - 9,21 \rho^2 \quad (11)$$

sendo, PCI é o Poder Calorífico Inferior em MJ/kg e ρ é a densidade a 20°C ($\pm 4^\circ\text{C}$); portanto a densidade obtida deve ser transformada para a densidade a 20°C para que o PCI possa ser calculado corretamente.

Descrição da solução em linhas gerais.

[034] O “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” contempla uma sistemática híbrida para a obtenção da densidade do óleo combustível circulante, através dos valores de densidade obtidos via a análise de sinais ultrassônicos que fornece a velocidade do óleo combustível circulante e conseqüentemente

sua densidade, e via o método capacitivo pelo tempo de carga e descarga do capacitor que fornece a sua capacitância e conseqüentemente sua densidade. Os valores de densidade embora medidos pelos dois métodos de forma bastante precisa apresentam, ainda assim, pequenas diferenças, uma vez que a fornecida pelo método capacitivo é mais influenciada pelos contaminantes, principalmente água, contida no óleo combustível; de forma que a densidade final obtida apresenta boa precisão (melhor que 1%) e o Poder Calorífico Inferior – PCI precisão em torno de 1% conforme defini a equação (11).

[035] O método e sistema descritos nesta patente de invenção utilizam a medição ultrassônica por multi-trajetórias que é uma combinação de trajetórias acústicas, como forma de tornar sua resposta mais tolerante às variações no perfil de escoamento, e embora mais complexa de ser implementada permite realizar a medição de vazão com boa precisão mesmo sem a utilização de grandes trechos retos de conduto, uma vez que o perfil de escoamento é estimado a partir da análise das diferentes trajetórias, ao invés de ser previsto com base em um modelo de escoamento desenvolvido e uniforme. Neste método a vazão é obtida via a análise dos tempos de trânsito das ondas mecânicas produzidas pelos ultrassons que se propagam através do óleo combustível circulante. As ondas mecânicas, por se propagarem através das partículas do óleo, têm sua velocidade de trânsito alterada quando esse se encontra em movimento. Neste caso, a velocidade do óleo no qual a onda se propaga se soma à velocidade de propagação da onda, que pode ter seu valor

aumentado ou reduzido dependo de sua direção e sentido. O método ultrassônico multi-trajetórias utilizado consiste na instalação de 12 transdutores – 6 pares capazes de emitir e receber pulsos ultrassônicos, eles são alojados no duto em contato com o óleo combustível, formando trajetórias entre cada par que enviam pulsos em sentido coincidente e também em sentido contrário ao escoamento do óleo. A vazão é calculada a partir dos tempos de trânsito observados nos dois sentidos de propagação. A vazão volumétrica é então obtida a partir dos cálculos de ponderação das velocidades axiais estimadas em cada trajetória, utilizando métodos de integração para que os erros nos valores obtidos sejam mínimos.

[036] Para a medição do teor de umidade e também a densidade é usado o método de medição da capacitância onde o óleo combustível atravessando as placas dos capacitores se constitui o dielétrico dos mesmos. A capacitância então varia conforme a quantidade de contaminantes existentes no óleo, e como a água é uma substância bastante polar, é o principal contaminante, implicando como fator preponderante na medição da capacitância obtida.

[037] Existem basicamente quatro métodos para a medição da capacitância: i) por determinação da frequência de ressonância; ii) por medição da diferença de fase; iii) via a medição da constante de tempo; e iv) via a medição do intervalo de tempo necessário para ocorrer determinada variação da tensão. Por este último método ser o mais preciso é que foi implementado no método e sistema descrito nesta patente.

[038] O controle e a aquisição de dados dos sensoriamentos ultrassônico por multi-trajetórias e capacitivo, demandam conexões externas como saídas e entradas digitais, barramentos de comunicação síncrona e entradas analógicas. Além disso, o sistema necessita de um canal de comunicação remoto em tempo real com o operador, que se encontra à distância junto a Central de Gerenciamento, capaz de integrar todos os processos de controle do sistema, as leituras dos dados adquiridos e o armazenamento de configurações e das informações. De forma a integrar o controle, as medições realizadas e a comunicação com o software de interface com o operador o sistema é composto por um módulo microprocessado que gerencia os processamentos do sistema de medição em campo.

[039] O sistema possui ainda dois softwares, um junto ao sistema de medição e outro tipo aplicativo que operacionaliza o monitoramento na Central de Gerenciamento.

Descrição detalhada via a apresentação das figuras.

[040] O novo e inédito “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” pode ser perfeitamente compreendido através da seguinte descrição detalhada e das figuras em anexo, nas quais:

[041] A Figura 1 mostra a montagem do sistema híbrido para ser instalado junto ao duto de óleo combustível que alimenta a UTE.

[042] A Figura 2 apresenta uma visão geral do sistema

híbrido para a análise de óleo combustível para a alimentação dos motogeradores.

[043] Na Figura 3 pode-se visualizar o diagrama em blocos do sensoriamento ultrassônico multi-trajetórias.

[044] A Figura 4 mostra o diagrama dos sinais de transmissão e de recepção do sensoriamento ultrassônico multi-trajetórias.

[045] A Figura 5 mostra o suporte dos transdutores ultrassônicos do sensoriamento ultrassônico multi-trajetórias.

[046] Na Figura 6 pode-se visualizar o carretel montado com o suporte dos transdutores.

[047] Na Figura 7 pode-se visualizar o diagrama em blocos do sensoriamento capacitivo.

[048] A Figura 8 mostra o princípio de funcionamento do sensoriamento capacitivo.

[049] A Figura 9 mostra um diagrama do sensor capacitivo.

[050] A Figura 10 mostra o diagrama de blocos do controlador/aquisitor de dados.

[051] A Figura 11 mostra o diagrama de blocos da fonte de alimentação do módulo de campo do sistema híbrido.

[052] A Figura 12 exemplifica a tela inicial do aplicativo do sistema híbrido ao operador da UTE.

[053] A Figura 13 exemplifica a tela de aquisições do aplicativo do sistema híbrido ao operador da UTE.

[054] A Figura 14 exemplifica a tela de históricos do aplicativo do sistema híbrido ao operador da UTE.

Descrição da solução em detalhes.

[055] Esta seção apresenta detalhadamente a solução proposta na presente invenção, referenciando-se às figuras descritas na seção anterior.

[056] A Figura 1 mostra a montagem do sistema híbrido para ser instalado junto ao duto de óleo combustível que alimenta a UTE. Nela pode-se visualizar que os sensores são montados numa estrutura mecânica conhecida como Carretel composto pela Flange de Entrada do Carretel (9) e pela Flange de Saída do Carretel (12) soldadas nas extremidades do Tubo (1) por onde circula o óleo combustível, que é um Schedule 40 de 5” de diâmetro e 1 metro de comprimento; o Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3), o Sensor Capacitivo (4) e o Sensor de Temperatura (6), cujos sinais são processados pelo Controle Eletrônico (2) que é alimentado pela Rede Elétrica (5).

[057] Para a conexão do Carretel à estrutura de fornecimento de óleo combustível da UTE o sistema possui a Flange de Entrada (7), o Tubo Curvo de Entrada (8), o Tubo Curvo de Saída (13) e a Flange de Saída (14). Todos os tubos e flanges são soldados e feitos em Inox 304, com diâmetros de 5” conforme norma DIN 2633. O Carretel é apoiado nos Cavaletes (10) sobre o Piso (11).

[058] A Figura 2 apresenta uma visão geral do sistema híbrido para a análise de óleo combustível para a alimentação dos motogeradores. No Carretel são instalados os transdutores ultrassônicos que fazem as medições de vazão, o sensor que mede a temperatura do óleo combustível circulante e o sensor que mede

a umidade no óleo; cujos sinais de saída são processados no Controle Eletrônico (2) que via o Modem de Campo (18) os envia para o Banco de Dados na Nuvem ou Local (19), que pode ser recebido remotamente na Central de Gerenciamento (20) onde encontra-se o Microcomputador (21) com o aplicativo que processa as informações e as disponibiliza ao Operador (22) da UTE. No Controle Eletrônico (2) existe a Chave Liga/Desliga (16) que o faz funcionar ou não, a Lâmpada (15) que quando acessa mostra que o sistema está operante e a Porta de Comunicação (17) cujos sinais de saída são enviados via internet pelo Modem de Campo (18).

[059] Na Figura 3 pode-se visualizar o diagrama em blocos do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3). Em contato com Óleo Combustível (23) que atravessa o Tubo (1) do Carretel encontram-se os doze Transdutores de Ultrassons (24).

[060] A disposição geométrica dos doze Transdutores de Ultrassons (24) forma dois planos cruzados de medição no interior do Tubo (1) por onde circula o Óleo Combustível (23) que alimenta a UTE.

[061] Para o envio dos sinais ultrassônicos através do Óleo Combustível (23) torna-se necessário a aplicação de pulsos de alta tensão aos transdutores piezoelétricos, para que sua vibração seja suficientemente intensa e produza ondas mecânicas capazes de chegar ao elemento receptor com amplitude adequada. Além disso, para a excitação dos vários transdutores nos devidos períodos de tempo, utiliza-se a multiplexação destes pulsos, permitindo que o número de elementos de transmissão e recepção

possa ser reduzido utilizando um mesmo circuito para os vários transdutores. De modo a atender estes requisitos o circuito eletrônico Pulsador/Medidor (25) é composto de um Amplificador de Pulsos (28) que recebe os pulsos de baixa tensão (T_{x1} , T_{x2} e T_{x3}) do Temporizador (30) onde encontram-se os três Medidores de Ultrassom (29) e os transformam em pulsos de alta tensão ($T_{x_AT_1}$, $T_{x_AT_2}$ e $T_{x_AT_3}$) para excitar o Multiplexador (26) que alimentam os conjuntos de transdutores piezoelétricos.

[062] O Multiplexador (26) possui a capacidade de multiplexar os sinais temporizados oriundos do Amplificador de Pulsos (28) bem como a recepção dos sinais dos transdutores piezoelétricos, que são enviados aos Medidores de Ultrassom (29). As conexões dos canais de transmissão e de recepção no Multiplexador (26) são feitas através de chaves eletrônicas de estado sólido, tanto para o fornecimento das altas tensões para a excitação dos transdutores piezoelétricos oriundas da Fonte de Alta Tensão (27) em torno de 100 Volts dependendo do tipo de transdutor utilizado, interna ao Multiplexador (26), como para a recepção dos sinais oriundos dos mesmos.

[063] Os Medidores de Ultrassom (29) recebem do Multiplexador (26) os sinais dos transdutores piezoelétricos (R_{x1} , R_{x2} e R_{x3}) e os encaminham ao Controlador/Aquisitor de Dados (31) que os processam. Este que é responsável também pela geração dos pulsos temporizados que são enviados aos Medidores de Ultrassons (29) que por sua vez controlam a multiplexação. Tanto os circuitos eletrônicos do Pulsador/Medidor (25) como do Controlador/Aquisitor de Dados (31) são alimentados pela Fonte

de Alimentação (32).

[064] A Figura 4 mostra o diagrama dos sinais de transmissão e de recepção do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3). Como o cálculo da vazão é realizado a partir dos tempos de trânsitos dos ultrassons, o método para as medições destes tempos apresenta boa precisão, visto que os intervalos a serem medidos são da ordem de nanossegundos ou mesmo de picossegundos. O circuito responsável para fazer a coordenação destes tempos é o Temporizador (30) com seus três Medidores de Ultrassons (29). Ele funciona como elemento intermediário entre o módulo Controlador/Aquisitor de Dados (31) que faz o sequenciamento e o controle das operações do Temporizador (30) e o sistema de excitação e recepção dos sinais elétricos correspondentes das ondas ultrassônicas. Isto faz com que sua operação seja dependente dos demais elementos do sistema, e tenha as seguintes funcionalidades: geração dos seis sinais de transmissão (T_{x1_m} , T_{x2m} , T_{x3_m} , T_{x1_j} , T_{x2_j} , T_{x3_j}) três para os transdutores a montante e três para os transdutores a jusante; receber os sinais ultrassônicos dos transdutores via o Multiplexador (26) (R_{X1} , R_{X2} e R_{X3}); e receber do Controlador/Aquisitor de Dados (31) os sinais de controle e retornar com os sinais obtidos, estes sinais são conectados de forma independente pelos três Medidores de Ultrassons (29) via conversores tempo-para-digital que são utilizados paralelamente, realizando medições simultâneas.

[065] As conexões realizadas entre o Controlador/Aquisitor de Dados (31) e o Temporizador (30) estão

divididas em 3 blocos idênticos, sendo cada um correspondente à comunicação com um dos conversores tempo-para-digital. No diagrama são indicados os sinais de transmissão de configuração (C_{onf_1} , C_{onf_2} , C_{onf_3}); de comandos (C_{om_1} , C_{om_2} , C_{om_3}) para cada conversor de cada medidor. Esta comunicação é responsável pela geração dos seis sinais de transmissão (T_{x1_m} , T_{x2_m} , T_{x3_m} , T_{x1_j} , T_{x2_j} , T_{x3_j}) que são transmitidos ao Amplificador de Pulsos (28); de transmissão de estado (E_{st_1} , E_{st_2} , E_{st_3}) dos conversores tempo-para-digital dos Medidores de Ultrassom (29); e os resultados (R_{es_1} , R_{es_2} , R_{es_3}) obtidos pelos conversores decorrentes das medições de tempo de trânsito, computadas a partir dos 3 sinais de ultrassons (R_{X1} , R_{X2} e R_{X3}) retornados pelo Multiplexador (26).

[066] No diagrama são mostrados também os sinais internos no Pulsador/Medidor (25), os pulsos de alta tensão ($T_{x_AT_1}$, $T_{x_AT_2}$, $T_{x_AT_3}$) gerados no Amplificador de Pulsos (28) e fornecidos ao Multiplexador (26) para serem então distribuídos aos transdutores piezoelétricos através dos 12 canais (1.1/1.2, 2.1/2.2, 3.1/3.2, 4.1/4.2, 5.1/5.2, 6.1/6.2). Os transdutores são arrançados em pares, correspondentes a cada uma das trajetórias acústicas a serem percorridas pelos sinais de ultrassom dentro do Tubo (1) de Óleo Combustível (23). As conexões entre os transdutores ultrassônicos e o Multiplexador (26) são bidirecionais, sendo responsáveis tanto pela transmissão dos pulsos de excitação quanto pela recepção dos sinais ultrassônicos detectados.

[067] As conexões entre o Controlador/Aquisitor de

Dados (31) e o Multiplexador (26) permitem a configuração (C_{onf}) deste módulo, e também a indicação de seu estado (E_{st}). Esta informação é utilizada para verificar se as configurações foram transferidas de maneira correta, e em caso de anomalias (que podem ser causadas eventualmente por ruído elétrico) permite a realização da reconfiguração sem prejuízo à performance do sistema. A conexão estabelecida entre o Controlador/Aquisitor de Dados (31) e o Amplificador de Pulsos (28) corresponde ao sinal de habilitação (H_{ab}) que é utilizado para ligar ou desligar suas saídas de alta tensão quando necessário.

[068] A Figura 5 mostra o Suporte dos Transdutores Ultrassônicos (33) do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3). Na Figura 5a ele está sem a furação para a inserção dos transdutores piezoelétricos; e na Figura 5b com os Furos (34) onde serão inseridos os transdutores piezoelétricos, três por suporte, no Suporte dos Transdutores Ultrassônicos (33).

[069] Na Figura 6 pode-se visualizar o Carretel (35) montado com o suporte dos transdutores. Nele são soldados os quatro Suportes dos Transdutores Ultrassônicos (33), a Flange de Entrada do Carretel (9) e a Flange de Saída do Carretel (12). Os Suportes dos Transdutores Ultrassônicos (33) são peças fundamentais para a operação do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3), pois garantem que os transdutores fiquem alinhados na posição correta no Carretel (35). Os Suportes dos Transdutores Ultrassônicos (33) têm duas etapas de fabricação: primeiro são usinados e posteriormente, após soldados no Carretel (35), são furados juntamente com ele, a fim de garantir

o alinhamento dos Furos (34) e conseqüentemente dos transdutores piezoelétricos.

[070] Na Figura 7 pode-se visualizar o diagrama em blocos do Sensoriamento Capacitivo (36). Em contato com Óleo Combustível (23) que atravessa o Tubo (1) do Carretel (35) encontra-se o Sensor Capacitivo (40).

[071] Para a medição da capacitância o circuito eletrônico do Sensoriamento Capacitivo (36) é baseado no carregamento e descarregamento do elemento capacitivo por correntes constantes, levando a uma relação proporcional entre a capacitância do Sensor Capacitivo (40) e o seu tempo de carga ou descarga. A Fonte de Corrente (37) excita o Sensor Capacitivo (40) gerando sinais que após serem transformados no Conversor Análogo-digital (39) são disponibilizados ao Controlador/Aquisitor de Dados (31) para análise e cálculo da capacitância. O bloco Seletor de Frequência (38) faz a seleção da frequência correta para a capacitância do Sensor Capacitivo (40) e excita a Fonte de Corrente (37). Para cada sensor construído em laboratório é medida com precisão a sua capacitância para cálculo da frequência correta a ser aplicada. Tanto o módulo do Sensoriamento Capacitivo (36) como do Controlador/Aquisitor de Dados (31) são alimentados pela Fonte de Alimentação (32).

[072] A Figura 8 mostra o princípio de funcionamento do Sensoriamento Capacitivo (36). Quando inserido em um circuito, um capacitor está sujeito a correntes e tensões elétricas, que podem variar com o tempo. O valor de sua capacitância determina como o componente reagirá a esses estímulos, de

acordo com as equações:

$$I(t) = C * \frac{dV(t)}{dt} \quad (12)$$

$$V(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t I(x) dx + V(t_0) \quad (13)$$

onde, $I(t)$ e $V(t)$ correspondem respectivamente à corrente e à tensão no capacitor em função do tempo. A partir delas, conclui-se que a corrente no capacitor pode ser induzida pela variação de sua tensão, assim como uma variação de tensão será induzida pela presença de corrente. O circuito da Figura 8a possui a Fonte de Corrente (41) alternada, com forma de onda quadrada, e o resistor (R) em série com o capacitor (C) a ser medido. A corrente constante fornecida ao capacitor (C) cria uma determinada variação de tensão no Voltímetro do Capacitor (43). Utilizando as equações (12) e (13) obtém-se a equação

$$C = I * \frac{\Delta t}{\Delta V} \quad (14)$$

sendo, I a corrente fornecida ao capacitor, Δt o intervalo de tempo observado e ΔV a variação de tensão determinada. Através do Gráfico (44) mostrado na Figura 8b pode-se identificar uma corrente “i” (obtida a partir da tensão medida sobre o Voltímetro do Resistor (42) no Resistor (R) dividida pela sua resistência) que inverte seu sentido continuamente a cada intervalo “t”, causando variações de tensão. Aplicando a equação (14) com os valores de “i”, “t” e ΔV obtém-se o valor esperado de “C”. Esta topologia de medição proporciona boa precisão na determinação da capacitância do Sensor Capacitivo (40) usado no sistema.

[073] A Figura 9 mostra um diagrama do Sensor Capacitivo (40). Ele é constituído de 35 Placas (45) de Inox 304,

com diâmetros de 40 mm que correspondem às placas de um capacitor. Para a análise da permissividade relativa do óleo, ele é instalado no interior do Tubo (1) e tem suas Placas (45) em contato direto com o Óleo Combustível (23), de forma, que sua capacitância é influenciada pela presença de água. Na extremidade ele possui os Terminais do Capacitor (46) por onde são feitas as conexões externas.

[074] A Figura 10 mostra o diagrama de blocos do Controlador/Aquisitor de Dados (31). O módulo de Controle (47) é que seleciona os parâmetros de configuração dos elementos do Pulsador/Medidor (25): o Temporizador (30), o Amplificador de Pulsos (28) e o Multiplexador (26). O módulo Aquisitor de Dados (49) que recebem os dados das medições de tempo de trânsito dos três Medidores de Ultrassons (29) internos ao Temporizador (30) do Pulsador/Medidor (25), as medições de capacitância do Conversor Análogo-digital (39) do Sensoriamento Capacitivo (36) e de temperatura do Sensor de Temperatura (6).

[075] O módulo de Processamento (48) permite o controle dos elementos do sistema através do software nele instalado, é responsável pela comunicação externa das informações das medições de vazão, da quantidade de água do Óleo Combustível (23) e da temperatura obtidas através da internet; via o Modem de Campo (18) que as envia para o Banco de Dados na Nuvem ou Local (19) que é recebido remotamente pela Central de Gerenciamento (20) onde encontra-se o Microcomputador (21), com o aplicativo que processa as informações e as disponibiliza ao Operador (22) da UTE. O

Controlador/Aquisitor de Dados (31) é alimentado pela Fonte de Alimentação (32).

[076] A Figura 11 mostra o diagrama de blocos da Fonte de Alimentação (32) do módulo de campo do sistema híbrido. Os módulos do Pulsador/Medidor (25) do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3), de Sensoriamento Capacitivo (36) e do Controlador/Aquisitor de Dados (31) demandam alimentações com diferentes níveis de tensão para seu funcionamento correto, que são alimentados por diferentes Conversores DC/DC (51) que regulam as tensões de alimentação necessárias a partir de uma entrada comum que é conectada à Rede Elétrica (5) através do Conversor AC/DC (50) com uma única tensão de saída.

[077] A Figura 12 exemplifica a tela inicial do aplicativo do sistema híbrido ao Operador (22) da UTE. Antes de iniciar o monitoramento do processo de abastecimento, o Operador (22) deve preencher os campos exibidos na aba Configurações (52), no campo Abastecimento (53) com as seguintes informações: NF - número correspondente à nota fiscal; Tanque - número do tanque a ser descarregado; Lacre - números referentes à etiqueta do lacre retirado; Motorista - nome do motorista responsável pelo transporte; Placa - placa do caminhão; e a Baía - número da baía a ser monitorada. No campo Monitoramento (54) o Operador (22) deve escolher uma entre duas opções de medição: por tempo ou consecutivo. A medição por tempo exige que o usuário defina a duração do monitoramento e o intervalo entre amostras, enquanto a medição consecutiva ele

define o número de aquisições, que pode ser até 999, com o intervalo entre elas de 20 segundos. Existe neste campo ainda um item que quando acionado faz uma aquisição instantânea. No campo Seleção (55) pode-se selecionar as diferentes abas do aplicativo.

[078] A Figura 13 exemplifica a tela de Aquisições (56) do aplicativo do sistema híbrido ao Operador (22) da UTE. Nesta aba ele pode acompanhar todo o processo de aquisições das informações durante as amostragens, na parte superior existe a Barra de Progresso e Conexão (57) que apresenta o andamento das aquisições e a conexão ou não do sistema híbrido com o módulo de medição em campo; são mostrados o Gráfico da Vazão (58) em m^3/s por período de tempo de medição, o Gráfico da Quantidade de Água (59) em % por período de tempo de medição e o Gráfico de Temperatura (60) em $^{\circ}C$ por período de tempo de medição.

[079] No campo Ferramentas do Gráfico (61) estão disponíveis algumas ferramentas para personalizar os gráficos, no campo Eixos e Grades (62) o Operador (22) pode selecionar as escalas e grades dos gráficos, ou deixar no modo automático. No campo Cursor (63) pode-se selecionar o tempo inicial e final em um dado gráfico para exposição do valor médio obtido no período.

[080] A Figura 14 exemplifica a tela de Históricos (64) do aplicativo do sistema híbrido ao Operador (22) da UTE. Todas as coletas realizadas são registradas no Banco de Dados (19) e podem ser analisadas nesta aba. Um Gráfico de Barras ou Gráfico

de Tendências (65) resume o alarme de cada uma das coletas através de cores específicas. Cada cor representa uma alerta em relação ao Nível Crítico Pré-configurado (68) para o gráfico de uma dada grandeza selecionada entre: vazão, quantidade de água, temperatura, densidade ou PCI - Poder Calorífico Inferior. São elas: Verde - indica que os valores estimados de todas as amostras da coleta correspondente se encontram dentro dos limites estabelecidos; Amarelo - indica que ao menos um valor estimado das amostras da coleta correspondente se encontra fora dos limites, no entanto, o valor médio para esta coleta se encontra dentro dos limites estabelecidos; Vermelho - indica que o valor médio para a coleta correspondente se encontra fora dos limites estabelecidos; e Azul - não há níveis críticos para este valor.

[081] No campo Ferramentas do Gráfico de Barras (67) estão disponíveis algumas ferramentas para personalizar o gráfico de barras e no campo Seleção (68) o Operador (22) pode selecionar a grandeza a ser mostrada e o alarme respectivo via a programação do nível crítico.

[082] No campo Tabela (66) são mostrados os valores históricos da análise de um dado carregamento com as seguintes informações: vazão, água, temperatura, densidade, PCI, NF, data hora, tanque, lacre, motorista, placa e baia. No campo Impressão de Relatórios (69) o Operador (22) pode selecionar o relatório a ser impresso de um dado carregamento.

[083] O sistema aqui descrito, objeto da presente patente de invenção, pode ter a construção de seus elementos básicos constituintes em diferentes tecnologias, bem como

diferentes configurações acessórias conforme a necessidade de cada Operador (22) e do tipo de instalação a ser realizada; logicamente alterações podem ser feitas no “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” sem a perda da inovação aqui apresentada.

REIVINDICAÇÕES

1. “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” consistindo de uma estrutura em forma de Carretel (35) composto de um Tubo (1) por onde circula o Óleo Combustível (23), da Flange de Entrada do Carretel (9), da Flange de Saída do Carretel (12), de sensores ultrassônicos para a medição da vazão, sensor capacitivo para medição da quantidade de água no Óleo Combustível (23) e Sensor de Temperatura (6), montados no Carretel (35), cujos sinais são processados pelo Controle Eletrônico (2) que via o Modem de Campo (18) os envia para o Banco de Dados na Nuvem ou Local (19), que podem ser recebidos remotamente na Central de Gerenciamento (20) onde encontra-se o Microcomputador (21) com o aplicativo que os processa e os disponibiliza ao Operador (22), **caracterizado por** o cálculo da vazão ser realizado a partir das medições dos tempos de trânsitos dos ultrassons oriundos do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3) que utiliza doze transdutores piezoelétricos operados em pares, o cálculo da quantidade de água existente no Óleo Combustível (23) ser realizado em função da capacitância do Sensor Capacitivo (4) obtida a partir das medições dos seus tempos de carga e descarga quando alimentada por uma corrente alternada com forma de onda quadrada, e a medição da temperatura obtida pelo Sensor de Temperatura (6), cujos sinais são processados e a vazão, a quantidade de água e a temperatura são calculados no Controlador/Aquisitor de Dados

(31) que os envia ao Microcomputador (21) onde o aplicativo obtém através de operações matemáticas a densidade via os valores de vazão e da quantidade de água existente no Óleo Combustível (23) e conseqüentemente seu Poder Calorífico Inferior – PCI.

2. “MÉTODOS DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** os transdutores piezoelétricos do Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3) terem disposição geométrica que formam dois planos cruzados de medição no interior do Tubo (1) por onde circula o Óleo Combustível (23) e são inseridos nos Furos (34) do Suporte dos Transdutores Ultrassônicos (33) de forma a ficarem alinhados.

3. “MÉTODOS DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizado por** o Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3) possuir o circuito eletrônico Pulsador/Medidor (25) composto pelo Amplificador de Pulsos (28) que recebe os pulsos de baixa tensão do Temporizador (30) e os transformam em pulsos de alta tensão para excitar o Multiplexador (26) que alimentam os conjuntos de transdutores piezoelétricos e enviam os sinais recebidos dos transdutores piezoelétricos aos Medidores de Ultrassons (29) que os encaminham ao Controlador/Aquisitor de Dados (31) que os

processam e calculam a vazão do Óleo Combustível (23), e que é também responsável pela geração dos pulsos temporizados que são enviados aos Medidores de Ultrassons (29) que por sua vez controlam a multiplexação.

4. “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o Sensoriamento Capacitivo (36) possuir o Seletor de Frequência (38) que gera a frequência de controle da Fonte de Corrente (37) alternada com forma de onda quadrada para excitar o Sensor Capacitivo (40) que cujos sinais de tensão após transformados no Conversor Análogo-digital (39) são disponibilizados ao Controlador/Aquisitor de Dados (31) para processamento e cálculo da capacitância.

5. “MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o aplicativo instalado no microcomputador (21) calcular a densidade do Óleo Combustível (23) em função da vazão obtida via o Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3), calcular a densidade do Óleo Combustível (23) em função da quantidade de água obtida via o Sensoriamento Capacitivo (36), as duas densidades são corrigidas pelas temperaturas obtidas do Sensor de Temperatura (6) e são usadas no cálculo final do PCI – Poder Calorífico Inferior, tendo prioridade a densidade calculada pelo método ultrassônico que é

mais precisa.

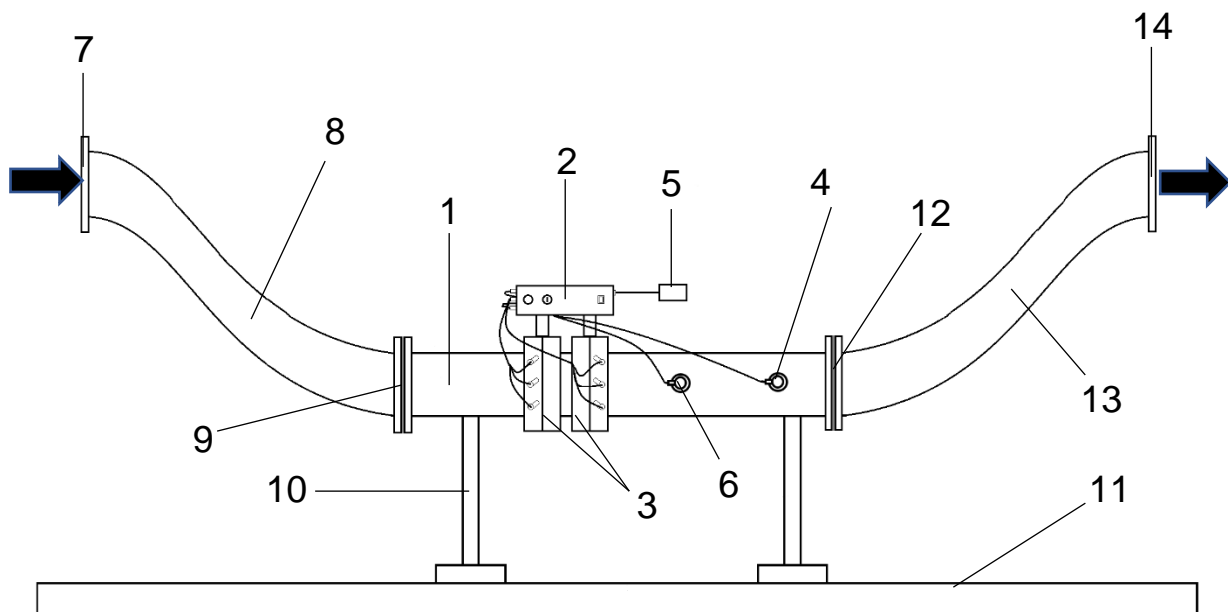


Figura 1

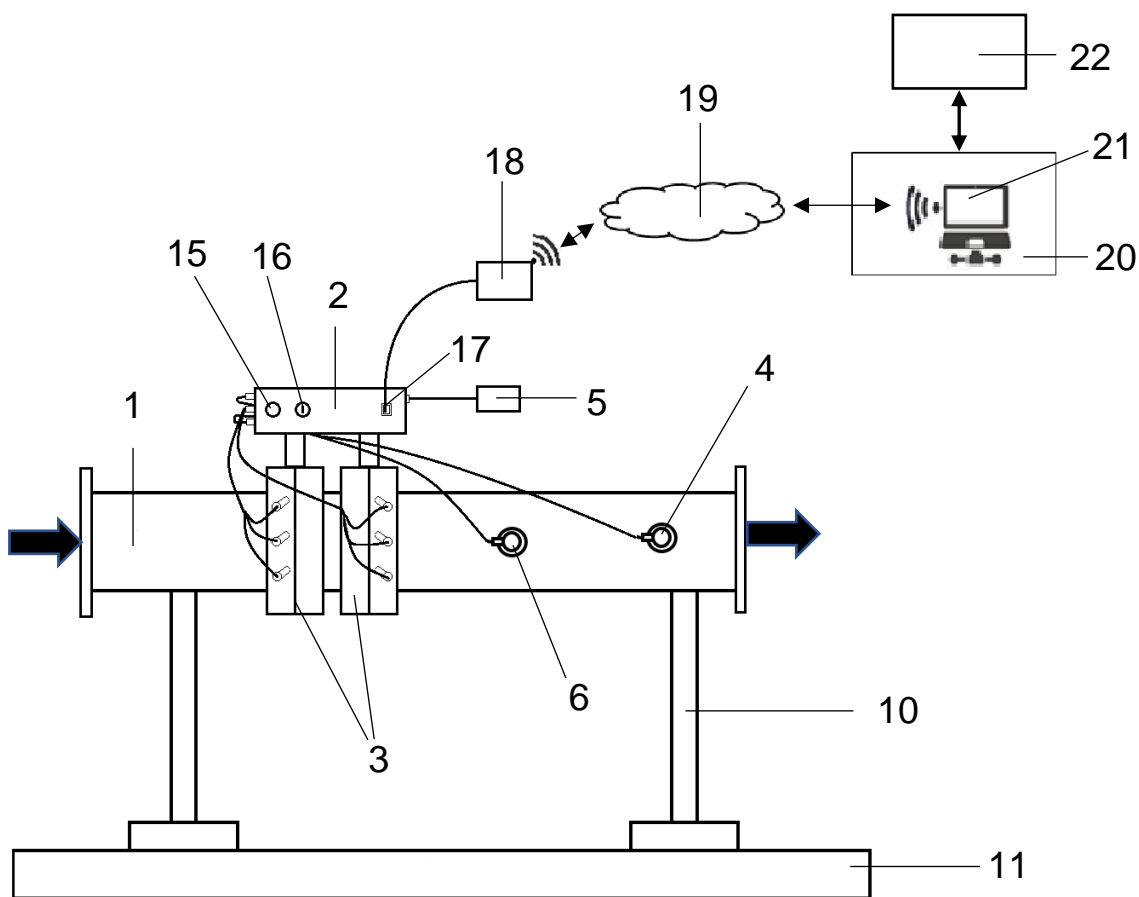
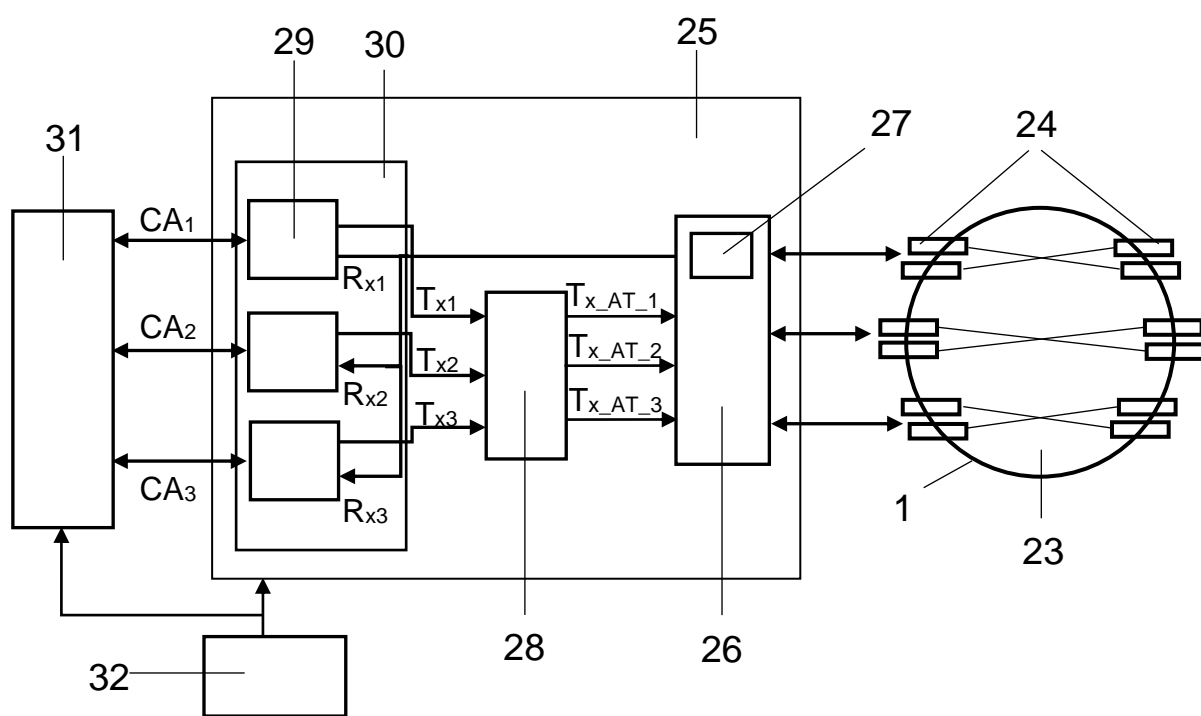


Figura 2

**Figura 3**

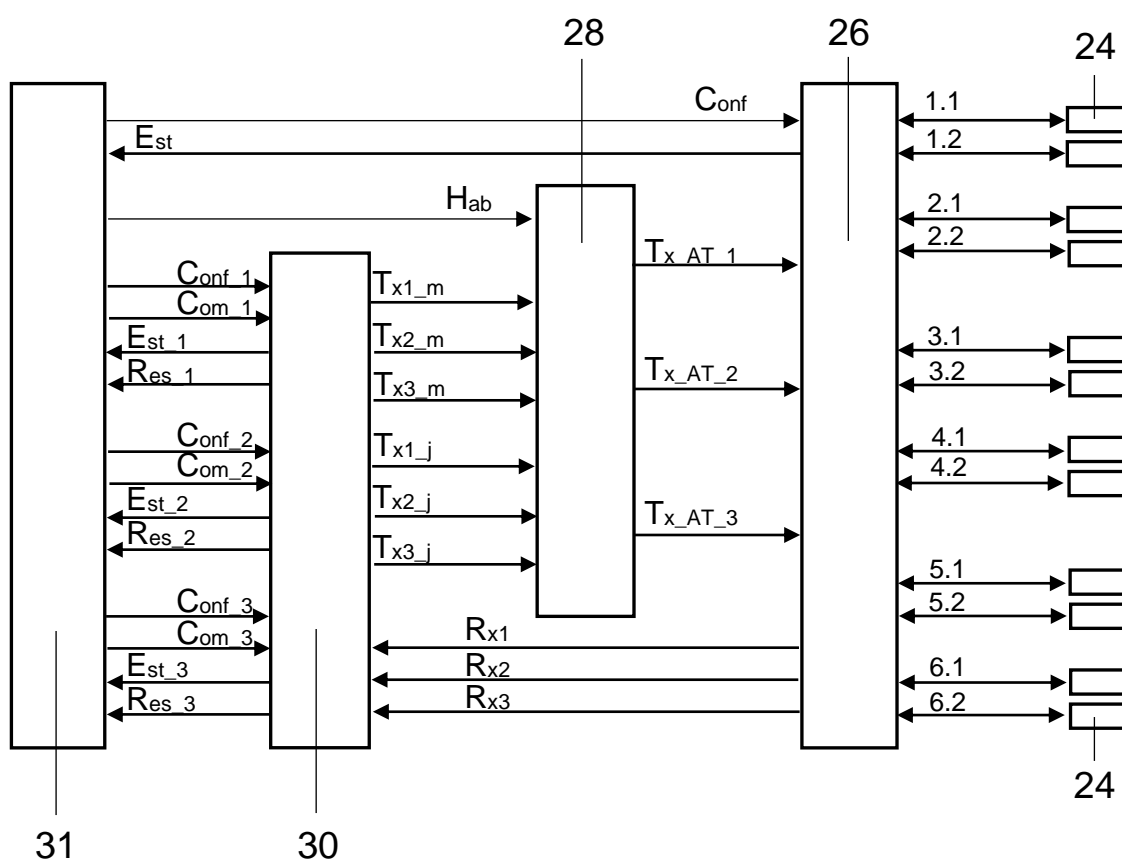


Figura 4

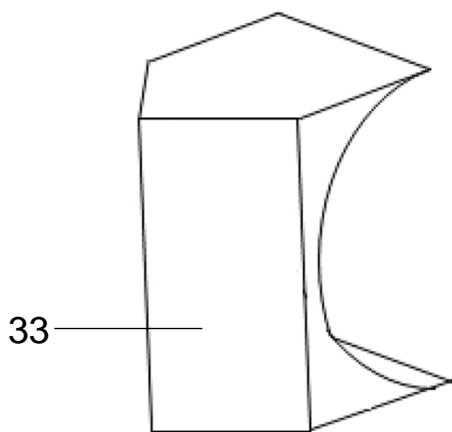


Figura 5a

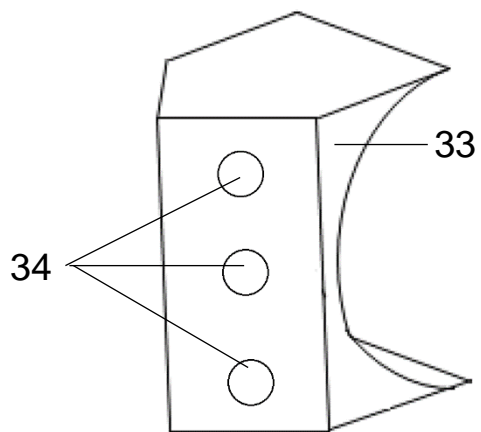


Figura 5b

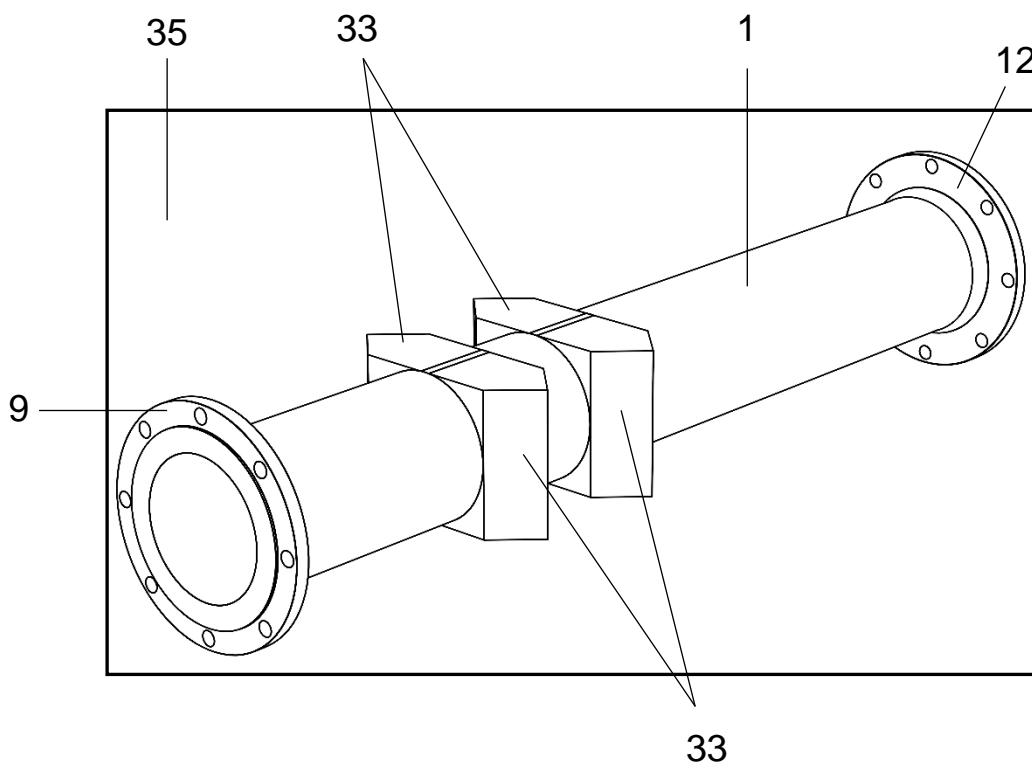


Figura 6

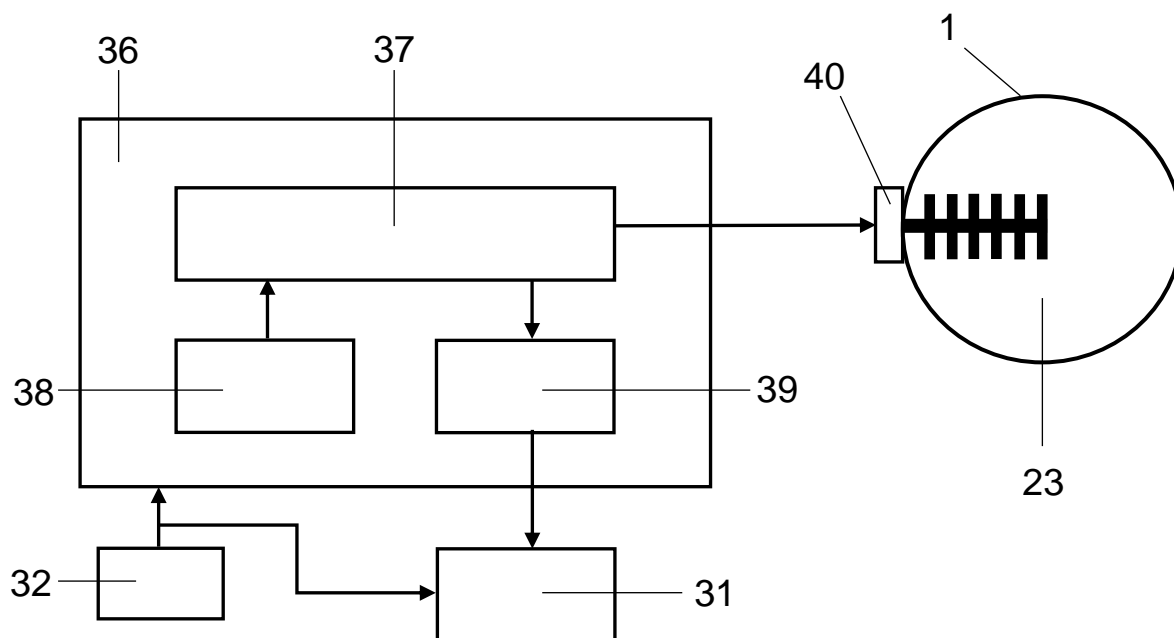


Figura 7

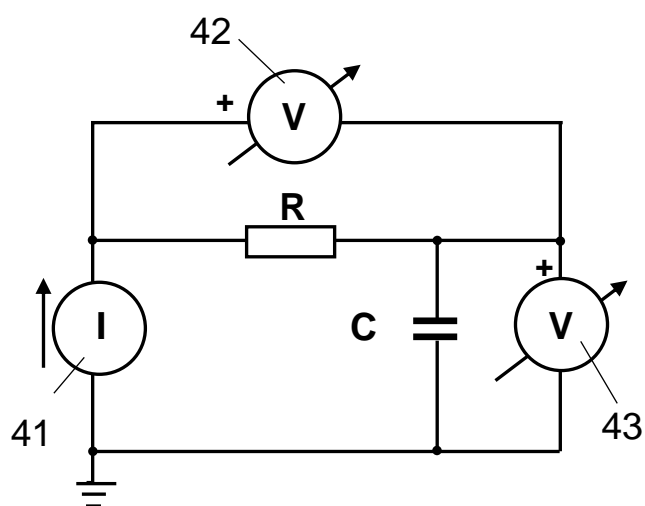


Figura 8a

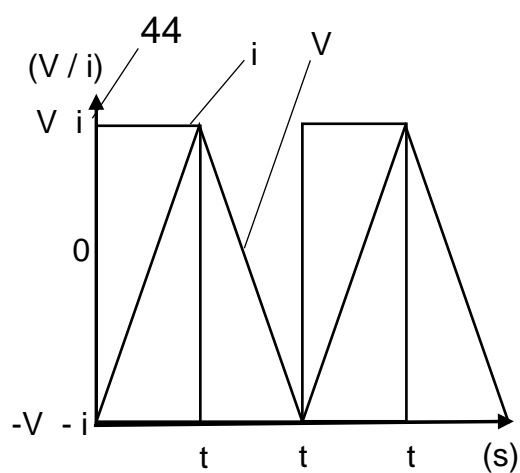


Figura 8b

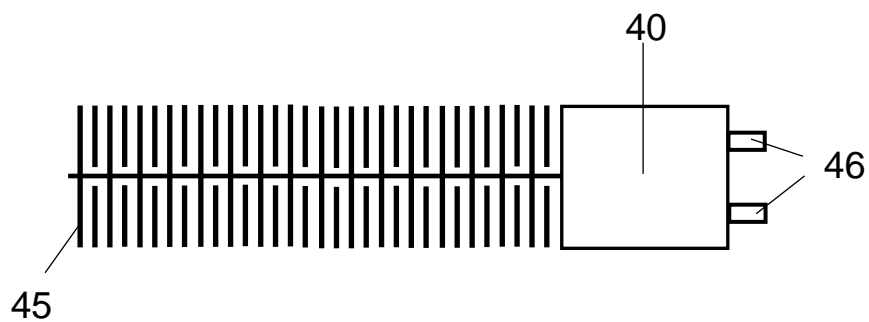


Figura 9

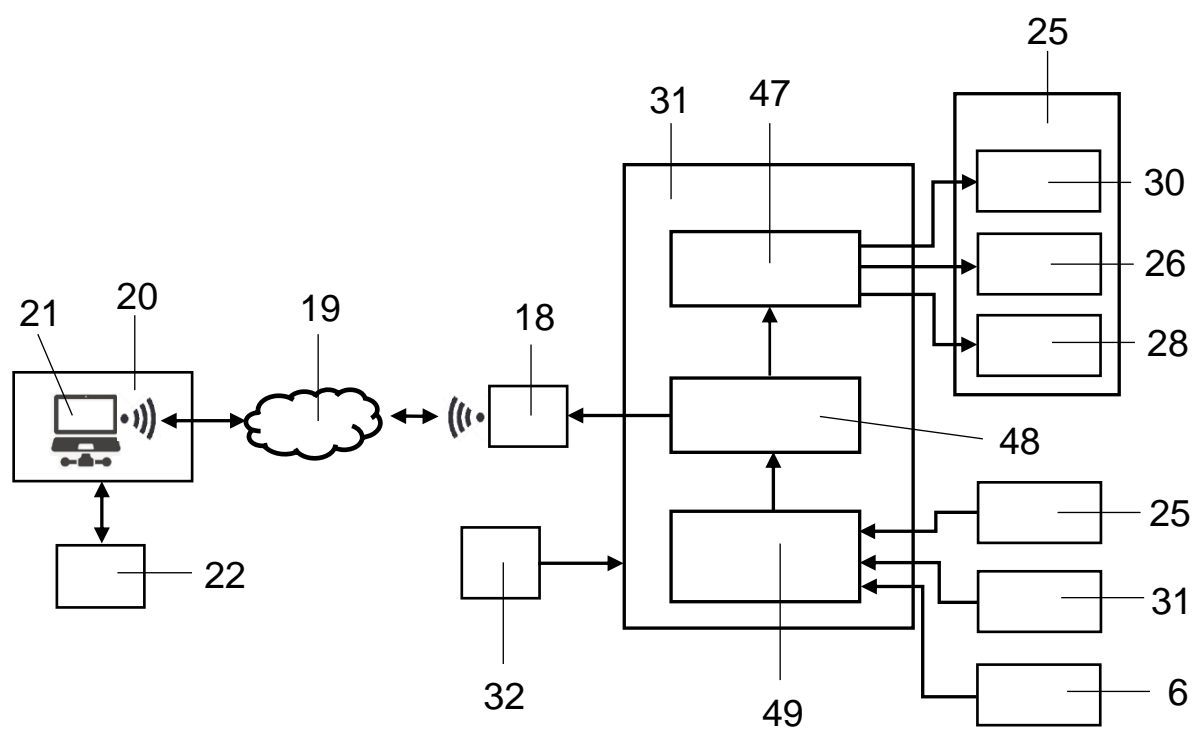


Figura 10

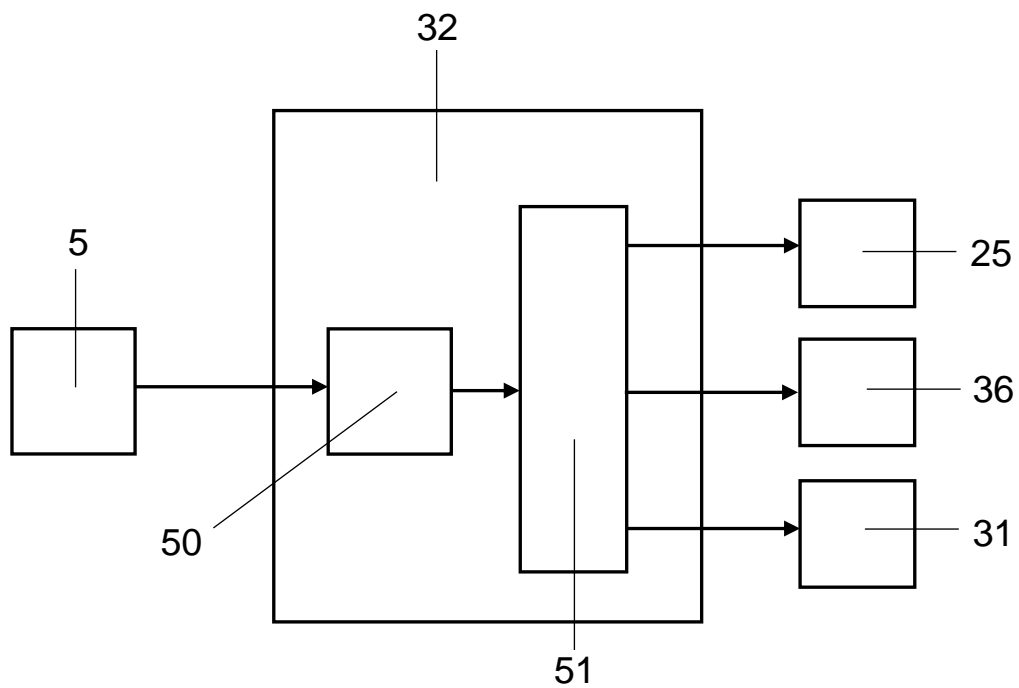


Figura 11

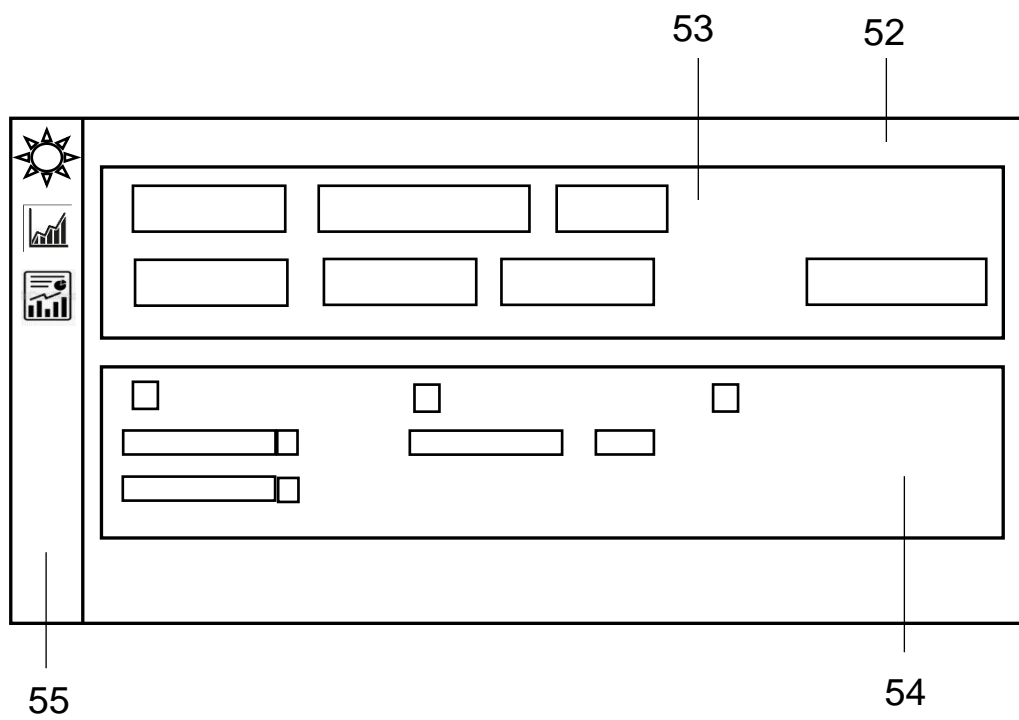


Figura 12

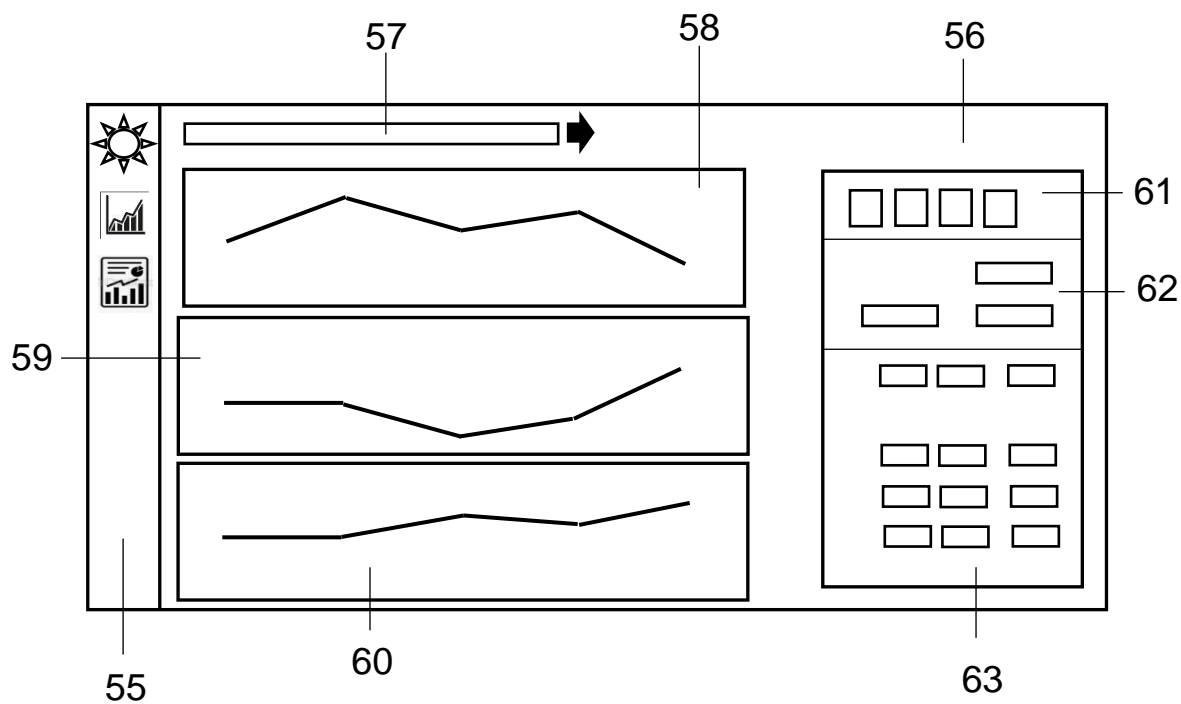


Figura 13

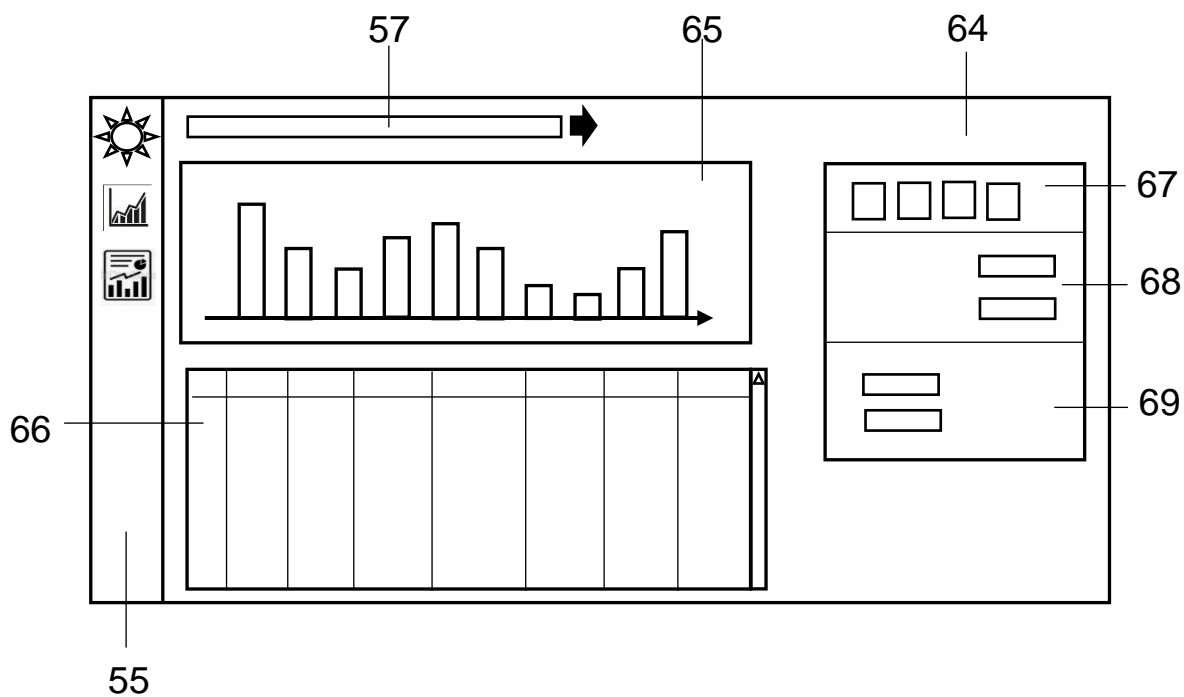


Figura 14

RESUMO**“MÉTODO DE OPERAÇÃO E SISTEMA HÍBRIDO ULTRASSÔNICO-CAPACITIVO PARA ANÁLISE DE ÓLEO COMBUSTÍVEL PARA MOTOGERADORES”**

De acordo com a presente invenção, pertencente à área de eletrônica, é descrito um método e sistema híbrido ultrassônico-capacitivo capaz de monitorar e avaliar remotamente e em tempo real, a qualidade dos óleos combustíveis utilizados em conjuntos motogeradores, para a geração de energia elétrica, com o uso de técnicas avançadas de processamento digital de sinais e cálculos por equações matemáticas.

O Sensoriamento Ultrassônico Multi-trajetórias (3) fornece os tempos de trânsito dos sinais ultrassônicos, o Sensoriamento Capacitivo (36) a capacitância do Sensor Capacitivo (40) e o Sensor de Temperatura (6) a temperatura do Óleo Combustível (23), cujos sinais processados no Controlador/Aquisitor de Dados (31) calcula a vazão, a quantidade de água e a temperatura do Óleo Combustível (23) que os envia ao aplicativo no Microcomputador (21) que calcula e fornece ao Operador (22) a densidade e o Poder Calorífico Inferior – PCI da amostra de Óleo Combustível (23) analisada.