



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

TRANSDUTOR PARA MEDIR TEOR DE UMIDADE EM ÓLEO LUBRIFICANTE DE MOTORES

Josivaldo Godoy da Silva, josivaldo.silva@ufms¹
Isabella Fenner Rondon, Isabella.fenner@gmail.com²
Mayara Manoel Soares, mayaramsoares@hotmail.com³

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

Resumo: Os motores substituem os homens em atividades pouco remuneradas, cansativas e perigosas, entretanto quando os óleos lubrificantes utilizados nas partes rotativas dos motores ficam contaminados com água várias consequências surgirão destacando-se entre elas: a oxidação, a corrosão das partes lubrificadas, o aumento da viscosidade, a separação dos aditivos, a formação de espuma e o escoamento irregular do óleo que podem danificar os motores severamente. Este projeto teve como objetivo desenvolver um transdutor mecatrônico capaz de medir o teor de água contida no óleo lubrificante de motor na faixa de 0 a 0,30% do volume total. O transdutor é formado por quatro câmaras idênticas desenvolvidas em acrílico com capacidade de 200 ml cada, quatro capacitores idênticos construídos com placas (inferior e superior) planas e paralelas utilizando aço inox medindo 3 mm x 3mm x 1mm cada placa, quatro pivôs desenvolvidos em acrílico medindo 20 mm de diâmetro x 100 mm de comprimento, três litros de óleo lubrificante 15W40 e uma estrutura externa de acrílico que conteve todas as partes do transdutor que mediu 500 mm de comprimento x 400 mm de largura x 300 mm de altura e finalmente um circuito eletrônico de condicionamento de sinais eletrônico formado por oscilador de Wien, amplificador diferença, filtro passa-faixa e detector de pico. Duas câmaras foram preenchidas com óleo lubrificante puro, isento de água e cujo conteúdo gerou sinal eletrônico de referência para o circuito de condicionamento de sinais. Outras duas câmaras foram preenchidas com óleo lubrificante contaminado cujo teor de umidade foi aumentado progressivamente em 0,05% a partir de 0 até o limite de 0,5% do volume total. Cada um dos quatro capacitores teve a placa inferior fixada no fundo de cada uma das câmaras de acrílico enquanto cada placa superior foi fixada em cada um dos pivôs móveis. Os quatro capacitores foram ligados em ponte e alimentados pelo oscilador de Wien que gerou tensão AC de 27,6 Vpp com frequência de 27,38 kHz. A saída do circuito de condicionamento de sinais gerou sinal eletrônico DC cuja amplitude variou com a inserção de água nas duas câmaras. O transdutor foi calibrado para o teor de água que variou na faixa de 0 a 0,30% do volume total e as medições foram monitoradas por um osciloscópio MO-2062 (Minipa) de 60 MHz de 2 canais. O transdutor foi capaz de medir teor inicial de 0,05% de água correspondendo a 0,06 ml e tensão DC de 95,8 mV enquanto que para o teor de 0,30% obteve-se 0,60 ml e tensão DC de 1.4971 mV apresentando sensibilidade de 2.495 mV/ml. O resultado indica a capacidade do equipamento medir o teor de umidade em tanque de óleo com volume superior a 40.000 litros.

Palavras-chave: oxidação, umidade, óleo, transdutor, sensibilidade.

1. INTRODUÇÃO

O motor ou máquina motriz é um aparelho destinado a transformar certa espécie de energia em energia mecânica (Jaworski, 2011). Os motores tem a finalidade de realizar trabalho em atividades pouco remuneradas, perigosas e muito cansativas para o homem desenvolve-las.

Os motores a explosão e a combustão utilizam óleos lubrificantes nas partes rotativas e nas superfícies para minimizar o atrito e o choque mecânico, reduzir o desgaste; vedar gases no cilindro do motor; resfriar as peças internas como êmbolos, paredes do cilindro, anéis, mancais e outras; promover a limpeza de orifícios internos e compartimentos,

com a condução de detritos para serem retidos pelos filtros; proteger contra a corrosão das superfícies metálicas, formada pela ação de gases corrosivos (Jaworski, 2011).

A função fundamental do óleo é manter uma película lubrificante entre todas as peças em movimento, evitando o contato entre as superfícies metálicas, reduzindo o desgaste e prolongando a vida do motor enquanto a segunda função do óleo é reduzir o atrito entre as partes móveis e diminuir o ruído do motor amortecendo os esforços entre as peças móveis (Ipiranga, ?). O melhor desempenho do motor só é possível por meio de óleos que possam realizar uma lubrificação contínua em todas as superfícies das peças em movimento.

Quando acontece dos óleos lubrificantes serem contaminados com umidade várias consequências surgirão como oxidação, corrosão das partes lubrificadas, alteração da viscosidade, separação dos aditivos, formação de espuma e o escoamento irregular do óleo que podem provocar danos severos e a diminuição da vida útil do motor.

Em vista dos problemas provocados pela presença de umidade, um monitoramento contínuo do seu teor permitirá planejar manutenções em tempo hábil, trocar ou recuperar o óleo contaminado em épocas adequadas, reduzir custos com os danos provocados e prolongar a vida útil do motor (Adamowski, Buiocchi, ?).

O teor de umidade a ser detectado não deve ultrapassar 0,5% em volume, sendo desejável um método de medição com resolução de 0,1% (Higuti, 2001). Um sistema capaz de medir de forma contínua permitirá obter informações não conseguidas por meio de métodos tradicionais e físico-químicos, contribuindo para aumentar a segurança e a capacidade de operação de motores.

1.1 Medidores de Umidade em Óleo Lubrificante

Os diversos tipos de medidores e técnicas já foram desenvolvidos a fim de obter o teor de umidade em óleo lubrificante. Higuti (2001) desenvolveu metodologia precisa para medir a concentração de água em óleo utilizando técnica ultra-sônica. Ele utilizou uma célula de medição com um transdutor duplo-elemento que elimina o problema da difração acústica. Foram realizados experimentos para concentrações (0 a 10% em volume) de água em óleo. As dificuldades em controlar todas as condições, tornaram o método insensível para detecção de pequenas concentrações de água em óleo.

Cárdenas *et al.* (1998), desenvolveram sensor capacitivo para detectar a água misturada ao óleo cru dentro de um tanque. O óleo cru, ao ser extraído de fontes subterrâneas é acompanhado de água. O sensor foi testado em campo e obteve-se bom desempenho.

A Vaisala Group (?) desenvolveu e comercializou três modelos (MMT330, MMT318, MM70) de sensores de umidade em óleo.

A série MMT330 mede a umidade e a transmissão de temperatura em óleo MMT330. O dispositivo considerado “inteligente” realiza medidas contínuas de umidade, apresenta configuração versátil e armazena o histórico de um ano do óleo monitorado. O sensor opera na faixa de -40°C a 180°C possui três sondas que suportam pressões de até 580 psia.

A série MMT318 mede a umidade e a transmissão de temperatura para o óleo MMT318. O sensor foi desenvolvido para aplicação em sistemas de lubrificação e hidráulico. Indica a margem de saturação do óleo e possui pequeno tamanho. O sensor realiza medidas na faixa de -70°C a $+180^{\circ}\text{C}$ com pressão máxima de operação de 40 bar.

A série MM70 mede a umidade em óleo MM70. O dispositivo é projetado para rápida checagem e calibração do sistema. O sensor pode operar na faixa de -40°C a 100°C com pressão máxima de operação de 20 bar.

Os trabalhos comentados demonstram o nível dos projetos desenvolvidos, entretanto estes não são equipamentos nacionais e não apresentam grande versatilidade. Diante disso, propôs-se um transdutor constituído de sensores capacitivos e circuito de condicionamento de sinais capaz de medir umidade em vários tipos de óleo na faixa de 0 a 0,30% do volume total. Este sistema de medição apresenta boa precisão, acurácia e sensibilidade.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Foi estimado a quantidade de água contida no dielétrico de um único capacitor cujo conteúdo inicial foi óleo lubrificante, a variação de capacitância com a presença de umidade no dielétrico, o efeito de temperatura no capacitor e na ponte de capacitores.

Segundo Baxter (2000), os sensores capacitivos podem medir diretamente movimento, composição química, campo elétrico e indiretamente medem a pressão, a aceleração, o nível de fluido, etc. A primeira referência de utilização de sensor de capacitivo é encontrada na revista Nature em 1907.

2.1 Teoria do Capacitor com Temperatura Constante

Seja um capacitor de placas planas e paralelas onde as placas possuem comprimento L , largura W e são separadas pela distância D . Considerando que o campo elétrico seja uniforme entre as placas e que $D \ll W, L$. Além disso, W, L, D e a temperatura t constantes. O dielétrico do capacitor contém uma mistura de óleo lubrificante e água.

A Figura 1 mostra um capacitor contendo óleo lubrificante e água no dielétrico.

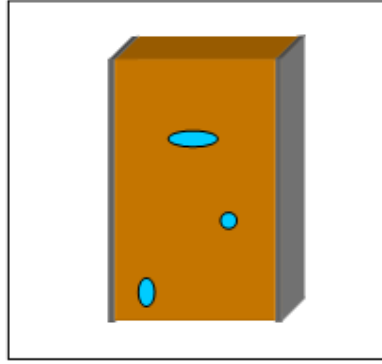


Figura 1. Capacitor com dielétrico contaminado.

● - Óleo lubrificante ● - Água

2.2 Determinação das Variações dos Volumes de Água e de Óleo no Dielétrico do Capacitor

Como as dimensões do dielétrico são constantes, obtém-se a relação entre a variação do volume de óleo ΔV_O e a variação de água ΔV_A conforme a Eq.(1).

$$\Delta V_O = -\Delta V_A \quad (1)$$

2.3 Determinação do Volume de Água no Dielétrico do Capacitor

Inicialmente determina-se a variação de capacitância ΔC em relação à variação de permissividade dielétrica $\Delta \xi$ provocado pela presença de água no óleo conforme a Eq.(2).

$$C_f = C_{oi} + \frac{A}{D}(\xi_f - \xi_{oi}) \quad (2)$$

sendo: C_f : capacitância equivalente do dielétrico contendo água e óleo; C_{oi} : capacitância do óleo lubrificante puro; A : área da placa do capacitor; D : espaçamento do dielétrico entre as placas; ξ_f : permissividade dielétrica equivalente e ξ_{oi} : permissividade dielétrica do óleo puro.

Substituindo $C_f = C_{oi} \pm C_A$ na Eq. (2) obtém-se a Eq. (3).

$$C_A = \frac{A}{D}(\xi_f - \xi_{oi}) \quad (3)$$

sendo C_A : capacitância devido a água.

Substituindo $C_A = \frac{\xi_A \cdot V_A}{D^2}$ na Eq. 3 obtém-se a Eq. (4).

$$\xi_A \cdot V_A = D^2(C_f - C_{oi}) \quad (4)$$

sendo V_A : volume de água.

Substituindo $\xi_A = \xi_f - \xi_{oi}$ na Eq. 4 obtém-se a Eq. (5).

$$V_A = D^2 \frac{(C_f - C_{oi})}{(\xi_f - \xi_{oi})} \quad (5)$$

2.4 Efeito da Variação de Temperatura no Volume de Água

$$V_A \pm \Delta V_{AT} = (D \pm \Delta D_T)^2 \frac{[(C_f \pm \Delta C_{fT}) - (C_{oi} \pm \Delta C_{oiT})]}{[(\xi_f \pm \Delta \xi_{fT}) - (\xi_{oi} \pm \Delta \xi_{oiT})]} \quad (6)$$

sendo ΔV_{AT} : variação do volume de água, ΔD_T : variação do espaçamento devido a variação de espessura das placas, ΔC_{fT} : variação de capacitância equivalente, ΔC_{oiT} : variação da capacitância do óleo puro, $\Delta \xi_{fT}$: variação da permissividade dielétrica equivalente e $\Delta \xi_{oiT}$: variação da permissividade dielétrica do óleo puro.

2.5 Ponte de Capacitores Considerando a Variação de Temperatura do Ambiente

Para estabilizar o transdutor com a temperatura foram desenvolvidos quatro capacitores c_1 , c_2 , c_3 e c_4 idênticos sendo que c_1 e c_4 foram submetidos a óleo lubrificante contaminado com umidade enquanto que os capacitores c_2 e c_3 foram submetidos ao óleo lubrificante puro e fornecem sinal de referência.

Os capacitores foram ligados em ponte como mostra a Fig. 2.

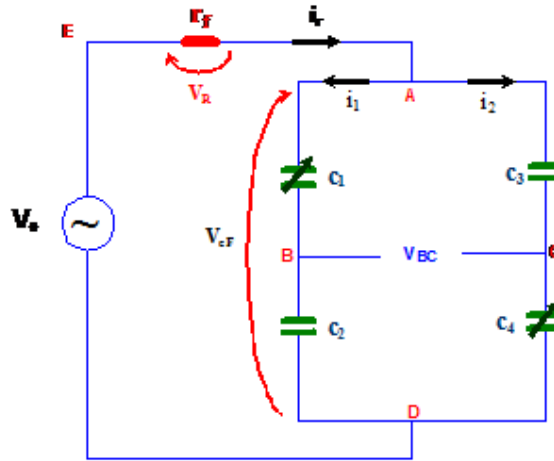


Figura 2. Ponte com capacitores.

sendo V_e : a tensão de alimentação elétrica variante no tempo; r_f : a resistência elétrica inserida em série com a ponte de capacitores; V_{ef} : a ddp entre os terminais A e D; V_{BC} : a ddp entre os terminais de saída B e C da ponte de capacitores; i : a corrente elétrica total do circuito; i_1 e i_2 : as correntes elétricas nos ramos ABD e ACD, respectivamente; c_1 e c_4 : os capacitores cujos dielétricos contêm óleo lubrificante contaminado com água e c_2 e c_3 : os capacitores cujos dielétricos contêm óleo lubrificante puro.

Para temperatura variante no tempo obtém-se V_{BC} :

$$V_{BC} = \frac{V_e}{2} \left(\frac{\xi_f - \xi_o}{\xi_o} \right) \quad (7)$$

Relação entre V_{BC} e o volume da água V_A contida no dielétrico:

$$V_{BC} = \frac{V_e}{2} k V_A \quad (8)$$

sendo que k depende das dimensões do capacitor.

3. MATERIAIS E METODOS

O projeto foi desenvolvido no laboratório de Sensores do departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Geografia – FAENG da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

O desenvolvimento do projeto demandou a realização das seguintes etapas: revisão bibliográfica, projeto, desenvolvimento da estrutura mecânica e eletrônica do transdutor, testes e calibração.

3.1 Implementação da Estrutura Mecânica

Foi desenvolvida a estrutura mecânica em acrílico considerando a necessidade de garantir a confiabilidade das medições para a faixa de teor de umidade entre 0 a 0,30%, facilitar a introdução e a retirada de óleo contaminado com água, permitir a limpeza, facilitar a montagem e a desmontagem do transdutor.

Foram implementados quatro capacitores dos quais c_1 e c_4 foram submetidos a óleo lubrificante contaminado com água enquanto os capacitores c_2 e c_3 contiveram óleo lubrificante puro e forneceram sinal eletrônico de referência.

Foi utilizado no dielétrico para teste o óleo lubrificante CRB Turbo 15W40 para motores diesel turbinados. Se utilizou água mineral nos experimentos realizados, mantendo-se a marca e o fornecedor.

Os quatro capacitores desenvolvidos em aço inox são idênticos e medem 3 mm x 3 mm x 1 mm.

A Figura 4 mostra uma câmara de óleo lubrificante desenvolvida em acrílico sendo que a placa superior do capacitor é fixada ao pivô móvel enquanto a placa inferior foi fixada no fundo da câmara.

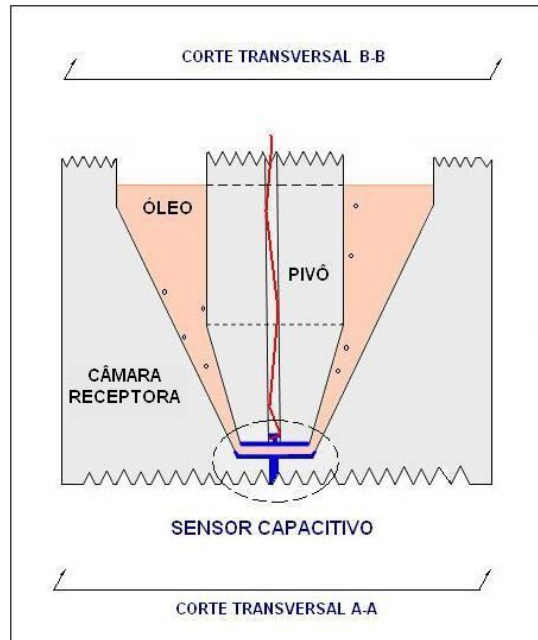


Figura 3. Câmara de óleo lubrificante.

Cada pivô móvel desenvolvido em acrílico fica mergulhado no óleo lubrificante e mede 20 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. O pivô é fixado na extremidade superior da estrutura de acrílico por meio de uma porca. Esta porca permite regular a posição do pivô e consequentemente o espaçamento entre as placas de cada capacitor na faixa de 0 a 5 mm.

A cola utilizada para desenvolver a estrutura de acrílico foi S330 com catalisador.

As quatro câmaras de óleo foram desenvolvidas para receber quatro amostras de óleo lubrificante. As câmaras são idênticas, possuem formato cônico e volume de 200 ml cada uma delas. O formato cônico tem a função de direcionar a água para o fundo onde encontra-se o capacitor.

Duas câmaras recebem óleo lubrificante puro enquanto outras duas câmaras recebem gradativamente água na faixa de 0 a 0,30% do volume total.

O acrílico foi utilizado na construção da estrutura mecânica do transdutor porque apresenta facilidade de corte, facilidade de colagem, boa resistência mecânica e boa isolamento elétrica.

A Figura 4 mostra a estrutura mecânica do transdutor.



Figura 4. Estrutura mecânica do transdutor.

sendo A, B, C e D: os quatro pivôs móveis; E e F: as entradas de óleo nas câmaras contendo óleo contaminado; G e H: as câmaras contendo óleo lubrificante puro; I e J: os contatos elétricos de pressão e K: o compartimento para conter o circuito eletrônico de condicionamento de sinais.

A Figura 5 mostra a vista superior da estrutura mecânica.



Figura 5. Vista superior do transdutor.

3.2 Implementação do Circuito Eletrônico de Condicionamento de Sinais

Foi desenvolvido um circuito eletrônico de condicionamento de sinais conforme a Fig. 6 com objetivo de alimentar a ponte de capacitores e gerar sinal elétrico para medir com osciloscópio digital.

A configuração em ponte gera sensibilidade e elimina o efeito da variação da temperatura. sendo A: oscilador de Wien e *Buffer* 1; B: terminais da ponte de capacitores; C: amplificador de instrumentação e *Buffer* 2; D: filtro Passa-Faixa (PF) e *Buffer* 3; E: detector de pico e *Buffer* 4 e F: amplificador de diferença.

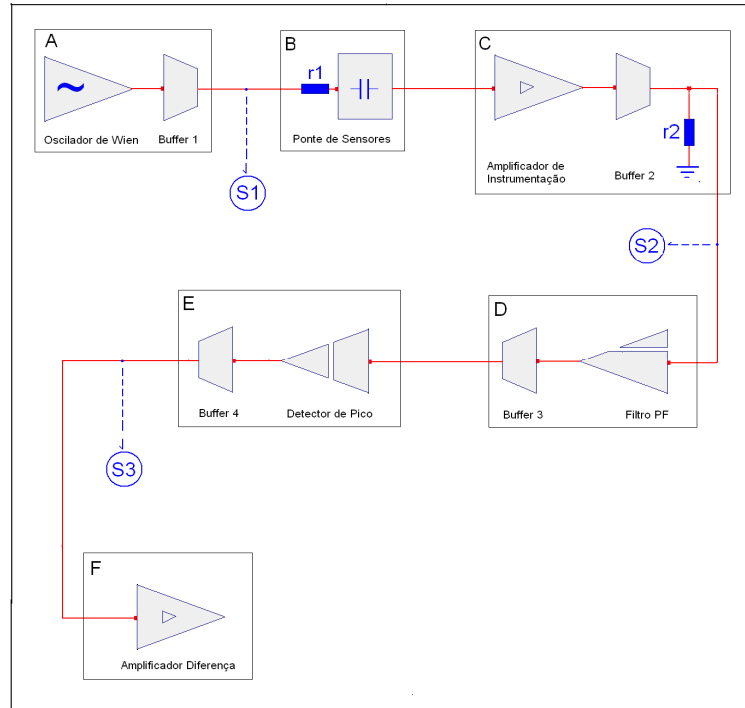


Figura 6. Blocos de circuito de condicionamento de sinais.

O oscilador de Wien apresentou estabilidade gerando tensão AC com 27,6 Vpp e frequência de excitação 27,38 kHz. Os *Buffers* foram utilizados para isolar estágios do circuito eletrônico de condicionamento de sinais.

Os capacitores de 100 nF (poliéster) e 10 uF (eletrolítico) conectados em paralelo com as alimentações + V_{CC} e - V_{EE} dos CIs tem a finalidade de filtrar ruídos externos eletromagnéticos indesejáveis de alta frequência gerados pelo ambiente e que poderiam interferir na operação do equipamento como um todo.

Foi utilizado o CI OPA 27GP (Burr-Brown) em diversas partes do circuito de condicionamento porque apresenta ultra baixo ruído sendo recomendado em instrumentação de precisão e amplificação de sinais de transdutores.

O bloco B de capacitores foi responsável em gerar ddp de 20 V enquanto o resistor de 10 Ω ligado em série com a ponte e tem a finalidade de evitar curto circuito.

No amplificador de instrumentação utilizou o CI INA129P (Burr-Brown) para comparar os sinais de entrada A e B gerados pela ponte de capacitores.

O filtro Passa-Faixa (PF) foi desenvolvido com estrutura MFB de 2ª ordem porque o sinal oriundo do amplificador de instrumentação foi de excelente qualidade. A banda de passagem do filtro foi de 1 kHz entre 26,88 kHz a 27,88 kHz.

O detector de pico foi implementado com CI TL081CP (National Semiconductor) sendo que na sua saída foi conectado outro amplificador diferença implementado com CI OPA27GP com o intuito de eliminar o nível DC positivo oriundo do detector de pico indesejado e medir apenas a variação provocada pela inserção de água no óleo lubrificante.

Foi utilizado uma fonte DC de tensão MPL – 3303 M (Minipa) para alimentar os CIs do circuito eletrônico de condicionamento de sinais, um osciloscópio digital MO-2062 (Minipa) de 60 MHz de 2 canais para realizar as medições e um *protoboard* MP 2420 (Minipa) onde foi desenvolvido o circuito de condicionamento de sinais.

4. CALIBRAÇÃO DO TRANSDUTOR

Inicialmente as quatro câmaras foram preenchidas com óleo puro lubrificante CRB Turbo 15W40. Na fase posterior, em duas câmaras foram inseridos água 0,05% progressivamente até atingir 0,5% do volume total sendo que os resultados foram anotados.

Após atingir a concentração de umidade desejada, o óleo contaminado das duas câmaras foi substituído por óleo puro e o procedimento de calibração foi realizado novamente. Todo o procedimento de calibração foi repetido outras duas vezes.

Se procurou determinar o tempo de resposta do transdutor capacitivo e verificou ser lenta devido ao fato no qual a água demora 4 s para se depositar nos capacitores no fundo das câmaras.

5. RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 7 mostra a tensão senoidal gerada na saída do oscilador de Wien com tensão de 27,6 Vpp AC com frequência de 27,38 kHz.

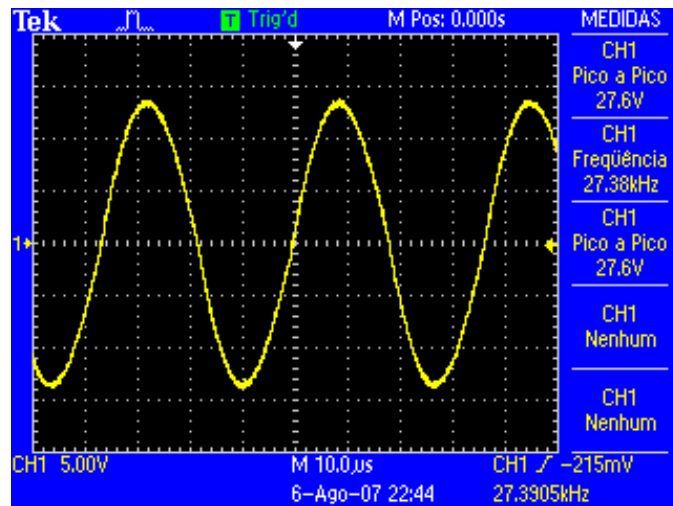


Figura 7. Resposta da Ponte de Wien.

A Figura 8 mostra a resposta na saída do amplificador de instrumentação no bloco C com tensão de 8,4 Vpp.

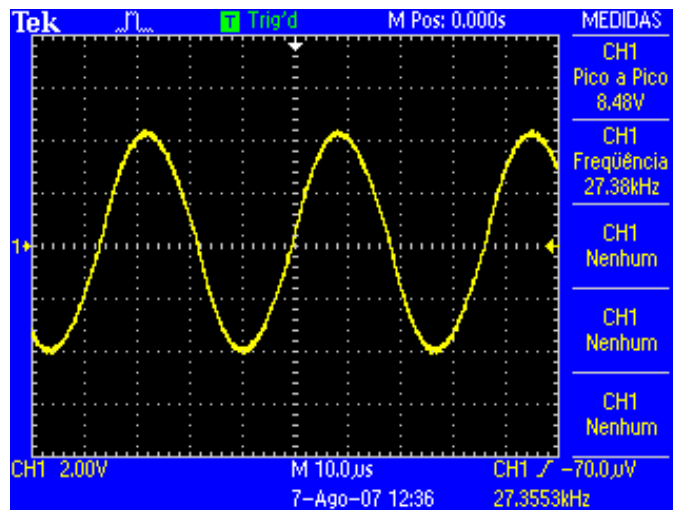


Figura 8. Resposta do Amplificador de Instrumentação.

A Figura 9 mostra a resposta na saída do detector de pico no bloco E com tensão DC de 5,99 V.

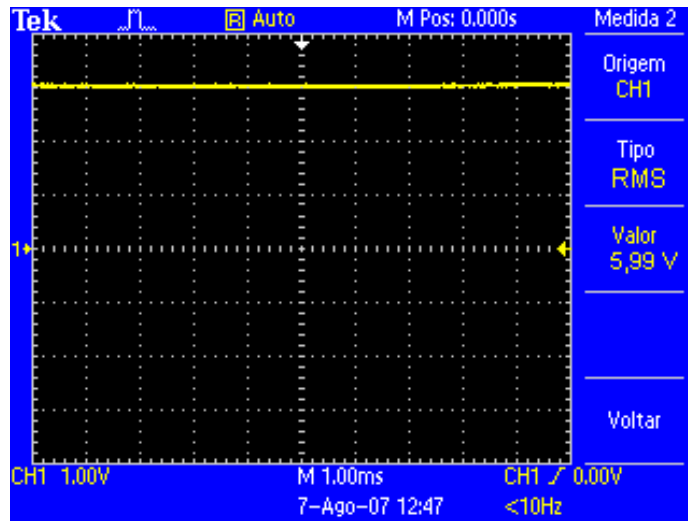


Figura 9. Resposta do Detector de Pico.

A Tabela 01 mostra a resposta do transdutor com a calibração.

Tabela 01 - Resposta do Transdutor.

Item	V _A (ml)	Teor (%)	R1 (mV)	R2 (mV)	R3 (mV)	RM	DP
01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	0,06	0,05	95,8	95,2	95,4	95,5	± 0,3
03	0,12	0,10	191,2	191,4	191,6	191,4	± 0,1
04	0,18	0,15	289,2	289,7	289,4	289,4	± 0,3
05	0,24	0,20	395,2	395,4	395,5	395,4	± 0,2
06	0,30	0,25	510,6	510,7	510,4	510,6	± 0,2
07	0,36	0,30	641,4	641,6	641,7	641,6	± 0,0
08	0,42	0,35	797,3	797,1	797,1	797,2	± 0,1
09	0,48	0,40	987,3	987,6	987,4	987,4	± 0,0
10	0,54	0,45	1.222,3	1.222,8	1.222,7	1.222,6	± 0,2
11	0,60	0,50	1.497,1	1.497,7	1.497,5	1.497,4	± 0,3

Sendo V_A: Volume de Água Inserido, R1, R2, R3: Respostas do Circuito, RM: Resposta Média e DP: Desvio Padrão.

A Figura 10 mostra o comportamento do transdutor a medida que se introduz umidade no óleo lubrificante.

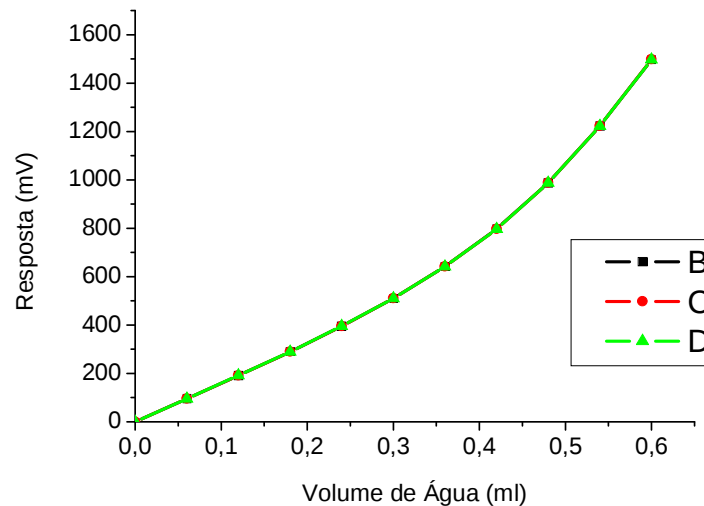


Figura 10. Resposta do Transdutor Capacitivo.

6. CONCLUSÃO

A proposta de implementar um transdutor capaz de medir o teor de umidade em óleo lubrificante utilizado em motores atendeu plenamente aos requisitos.

O transdutor demonstrou potencial para medir volume de água inferior a 0,06 ml, embora tais medidas não foram efetuadas devido à falta de pipeta adequada. Sua sensibilidade do transdutor foi de 2.495 mV/ml.

Se forem desenvolvidos volumes maiores para as câmaras de óleo, o transdutor será capaz de medir teores de umidade ainda menores.

Foi desenvolvido um circuito de condicionamento de sinais eletrônico de pequenas dimensões entretanto o transdutor permite operar com tensões superiores a 27,6 Vpp AC provocando sensível aumento da sensibilidade e redução do tamanho do circuito eletrônico. Além disso, o transdutor permitirá que a fonte de alimentação opere com frequências diversas tornando-o mais versátil do que o projeto atual.

As dimensões do aparelho poderão ser muito reduzidas para acomodar em espaços pequenos com a utilização de materiais isolantes de maior estabilidade térmica que o acrílico.

Os resultados mostraram que o transdutor pode contribuir significativamente para a coleta de informações relacionadas à umidade em óleo lubrificante de motores, óleo de freio, óleo de mamona, óleo comestível e outros e seu pior desvio padrão foi de $\pm 0,3$ indicando baixa variação entre as três medições repetidas.

O comportamento não linear da curva de resposta indica que à medida que a água acumula nos dois capacitores C_1 e C_4 do transdutor a sensibilidade do transdutor aumenta acentuadamente.

Ao comparar a resposta de um transdutor MM70 (da Vaisala) com a resposta do transdutor proposto verifica-se ser este último mais lento na obtenção da resposta além de possuir dimensões maiores.

7. REFERÊNCIAS

- Adamowski, J. C., Buiochi, F., Caracterização de Óleo Lubrificante Contaminado por Água,?. Disponível em: <http://www.pmr.poli.usp.br/lsat/liquidos/oleo.htm>. Acesso em: 04/06/2006.
- Baxter, L. K. Capacitive Sensors. 2000, Disponível em: <http://www.capsense.com/capsense-wp.pdf>. Acesso em: 10/05/2006.
- Cárdenas, R., R.; Pefia, R.; Rub, J. R. S.; Villegas, S.; Serpa, S.; Nahuelquin, J., 1999, "Detection of Oil in Water and Water in Oil Emulsions Inside a Phase Separator Washing Tank". Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1999. IMTC/99. Proceedings of the 16th IEEE, pp. 332 - 337, v. 3.
- Higuti, R. T., "Caracterização de Líquidos por Ultra-Som". São Paulo, Brasil, 2001. p.1 a 4. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo - USP.

Ipiranga, ?, Lubrificação Automotiva, Manual de Lubrificação, Brasil, pp 1-132.

Jaworsky, T., 2011, Equipamentos para Escavação – Compactação e Transporte, Apostila de Curso, Curitiba, Brasil, pp.1-124.

Vaisala Group, ?, Moisture and Temperature Transmitter Series for Oil MMT330. Disponível em:

<http://www.vaisala.com/instruments/products/moistureinoil/mmt330>. Acesso em: 9/10/2006.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

TRANSDUCER FOR MEASURING MOISTURE CONTENT IN OIL LUBRICATING OF MOTORS

Josivaldo Godoy da Silva, josivaldo.silva@ufms¹

Isabella Fenner Rondon, Isabella.fenner@gmail.com²

Mayara Manoel Soares, mayaramsoares@hotmail.com³

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Avenida Costa e Silva s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, CEP: 79070-900.

Summary: The engines replace men in some paid activities, tiring and dangerous, but when lubricating oils used in rotating parts of the engine become contaminated with water several consequences arise standing out among them: oxidation, corrosion of the lubricated parts, increased viscosity, the separation of the additives, foaming and irregular flow of oil that can severely damage the engine. This project aimed to develop a mechatronic transducer able to measure the water content contained in the engine lubricating oil in the range of 0 to 0.30% of the total volume. The transducer consists of four identical chambers developed in acrylic capacity of 200 ml each, four identical capacitors constructed with plates (upper and lower) flat and parallel using stainless steel measuring 3 mm x 3 mm x 1 mm each plate, four pivots developed Acrylic measuring 20 mm in diameter x 100 mm length, three liters of 15W40 lubricating oil and an acrylic outer structure that contained all parts of the transducer which measured 500 mm in length x 400 mm width x 300 mm in height, and finally a circuit electronic electronic signal conditioning formed by oscillator Wien, amplifier difference, band-pass filter and peak detector. Two chambers were filled with fresh lubricating oil, free from water and whose content generated electronic reference signal to the signal conditioning circuit. Two other chambers were filled with lubricating oil contaminated whose moisture content was gradually increased by 0.03% from 0 to the 0.30% limit of the total volume. Each of the four capacitors had lower plate fixed at the bottom of each of the chambers while each acrylic top plate was fixed on each of the movable pivots. The four capacitors were bridged and fed by Wien oscillator that generated AC voltage V_{pp} of 27.6 with a frequency of 27.38 kHz. The output of the signal conditioning electronic circuit generated DC signal whose amplitude varied with the inclusion of water in two chambers. The transducer was calibrated to the water content which varied in the range of 0 to 0.30% of the total volume, and the measurements were monitored by an oscilloscope MO-2062 (Minipa) 60 MHz channels. The transducer was capable of measuring the initial content of 0.05% water corresponding to 0,06 ml and DC voltage of 95.8 mV whereas for 0.5% content was obtained and 0.60 ml voltage 1.4971 mV presenting DC sensitivity 2.495 mV/ml. The result indicates the ability of equipment to measure the moisture content in oil tank with volume exceeding 40,000 liters.

Keywords: oxidation, moisture, oil, transducer, sensitivity.