

USO DO SENSOR PIEZOELÉTRICO NA REDUÇÃO DE ERROS DE MEDIÇÃO

Carlos Roberto Gomes da Rocha, carlos_rocha22@hotmail.com

Kleyton Warney Leite Costa, kleytong1@hotmail.com

Maria Eduarda Medeiros Correa, m.eduardasm@hotmail.com

Leonardo Dias Pereira, leonardo.diaspereira@souunisuam.com.br

Centro Universitário Augusto Motta, Av. Paris, 84 - Bonsucesso, Rio de Janeiro - RJ, 21041-020

Resumo: É comum no setor de instrumentação industrial ocorrer erros na medição por meio do paquímetro. A pressão de medição é um dos fatores que podem provocar erros de leitura no paquímetro. O projeto tem por finalidade desenvolver um mecanismo que solucione os erros associados ao excesso de pressão manual no impulsor do paquímetro. A solução encontrada para eliminar o erro, será a instalação de um sensor piezoelétrico, conhecido como um transdutor ativo, que converte energia mecânica em energia elétrica, sendo um aliado para reduzir ou até mesmo eliminar o erro de pressão, pois detecta o excesso de pressão manual no impulsor do paquímetro.

Palavras chave: Metrologia, Erro de pressão, Sensor piezoelétrico, Correção de medição, Paquímetro.

Abstract: It is common in the industrial instrumentation sector to have errors in measurement using the caliper. The measuring pressure is one of the factors that can cause reading errors on the caliper. The purpose of the project is to develop a mechanism that solves errors associated with excessive manual pressure on the caliper impeller. The solution found to eliminate the error will be the installation of a piezoelectric sensor, known as an active transducer, which converts mechanical energy into electrical energy, being an ally to reduce or even eliminate the pressure error, as it detects excess pressure manual on the caliper impeller.

Keywords: Metrology, Pressure error, Piezoelectric sensor, Measurement correction, Caliper.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a organização norte americana de instrumentação (ISA – Instrument Society of America) um instrumento industrial é todo dispositivo usado para direta ou indiretamente medir e/ou controlar uma variável. Segundo a ISA, incluem-se os elementos e sensores primários, elementos finais de controle, dispositivos computacionais, dispositivos elétricos de alarme, chaves e botoeiras. Os componentes internos dos instrumentos já não se classificam como instrumentos (segundo ANSIISA-S5.1-1984-R-1992).

A Metrologia está cada vez mais inserida no mundo, principalmente nos países desenvolvidos. A metrologia tem papel estratégico no apoio à competitividade do setor produtivo, por isso, coloca-se a metrologia como pilar fundamental para o crescimento e inovação tecnológica, promoção da competitividade e criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento científico e industrial. Considerada, elemento básico e efetivo para o controle de

qualidade no processo criativo. A Metrologia, definida como a ciência da medição, tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas, já que as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de produção industrial. A Metrologia inserida no contexto do processo de produção atua como sensor, monitorando e controlando variáveis e atributos dos produtos (DONIZETI, OLIVEIRA e RICARDO, 2009).

Ao medir a variável de um processo, deve-se escolher corretamente o meio de medição, considerando como fatores primordiais a resolução, a incerteza da medição e a capacidade de medição do instrumento. A medição é um processo experimental da definição da quantidade de uma grandeza física (mensurando), sobre condições específicas. O paquímetro é um instrumento de medição que apresenta larga aplicação na medição em geral devido a sua grande versatilidade e precisão. Os paquímetros geralmente são fabricados com faixa de operação de 150 mm a 2000 mm ou no sistema inglês de 6" a 80" (CASTRO, 2015).

De início, observa-se que o uso desse dispositivo é de suma importância para a metrologia, visto que é um dos vários instrumentos utilizados para a aprendizagem dessa ciência. Em particular, o paquímetro possui duas escalas de medidas: uma no sistema métrico decimal e, outra no sistema americano (polegada). O paquímetro é adequado para medir comprimentos no intervalo de décimos de milímetro a cerca de 15 centímetros. Nas medições de peças, um paquímetro pode ser utilizado para realizar a aferição de comprimentos internos, comprimentos externos, ressalto e a profundidade de pequenas cavidades (SERPA, 2016).

Na utilização do paquímetro, por melhor que seja a qualidade do equipamento, por mais cuidadoso e habilidoso que seja o operador e por melhor controladas que sejam as condições ambientais, ainda assim, em maior ou menor grau, o erro de medição estará presente. Erros são inerentes a todo o tipo de medidas e podem ser minimizados, porém nunca completamente eliminados. Além da falta de habilidade do operador, outros fatores podem provocar erros de leitura no paquímetro, como por exemplo, a pressão de medição. O erro de pressão de medição origina-se no jogo do cursor, controlado por uma mola. Pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida (CUNHA, 2018).

Este erro pode ser reduzido com a utilização de um dispositivo conhecido como **sensor piezoelétrico**. Ele é caracterizado por ter um elemento de transdução feito de um material piezoelétrico. Eles são chamados sensores ativos, pois não utilizam energia externa para obter um sinal de saída. O elemento de detecção e o elemento de transdução são geralmente o mesmo. Em um sensor piezoelétrico, o estresse mecânico gera uma diferença de potencial, que polariza através do efeito piezoelétrico e produz uma carga elétrica na saída (GAUTSCHI, 2002).

2. OBJETIVOS

Aplicar de maneira prática os conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina de instrumentação industrial. Desenvolver as habilidades de pesquisa, desenvolvimento e divulgação de conhecimento científico e de engenharia.

O projeto tem por finalidade, desenvolver um mecanismo que solucione os erros associados ao excesso de pressão manual no impulsor do paquímetro. A solução encontrada para eliminar o erro, será a instalação de um sensor piezoelétrico, que reduzirá ou até eliminará o erro de pressão. Pois o LED acenderá assim que o bico móvel do paquímetro contactar o objeto a ser medido.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Paquímetro

O paquímetro é fortemente utilizado pela indústria, principalmente a automotiva, pela facilidade de medir dimensões de comprimentos no intervalo de centésimos de milímetro, como por exemplo: parafusos, porcas, tubos, peças de encaixes de motores. O resultado de tais medidas servem de base de dados para o planejamento de projetos de engenharia, que impulsiona avanço tecnológico global (OLIVEIRA, Cassius Gomes; SILVA, Vicente de Tarso e SOARES, Fred Carlo Moreira, 2019).

3.2 Principais tipos de paquímetro

Paquímetro mecânico universal

Esse tipo de modelo é o mais utilizado na indústria, para medições de superfícies internas, externas, de profundidades e de ressaltos com muita precisão e segurança. Existem modelos de plástico com a haste metálica e os mais comuns são feitos inteiramente em aço inoxidável, o que garante mais durabilidade (SILVA NETO, João Cirilo da, 2018).

Paquímetro Universal com Relógio

O paquímetro universal com relógio tem como diferencial o relógio acoplado no seu cursor, o que facilita a leitura tornando mais ágil medição (SILVA NETO, João Cirilo da, 2018).

Paquímetro com Bico Móvel

Também conhecido como basculante, o paquímetro com bico móvel é o modelo empregado para medir peças com formato cônico ou peças com rebaixas de diâmetros diferentes (SILVA NETO, João Cirilo da, 2018).

Paquímetro de Profundidade

Esse tipo de paquímetro é utilizado exclusivamente para a medição de profundidades. Ele geralmente vem com uma haste simples ou um gancho, e permite saber a profundidade de furos não vazados, rasgos, rebaixas, entre outros (SILVA NETO, João Cirilo da, 2018).

Paquímetro Digital

O paquímetro digital desempenha a mesma função dos paquímetros universais, mas com algumas vantagens. Ele possui um leitor digital que permite chegar às medidas de forma precisas e muito mais eficiente. Além disso, esse aparelho é livre de erros de paralaxe (ângulo de visão), o que faz com que seja ideal para controle estatístico (SILVA NETO, João Cirilo da, 2018).

3.3 Medição

Medição é um processo de obtenção experimental de um ou mais valores que podem ser atribuídos a uma grandeza (VIM, 2012).

3.4 Erro de pressão

O erro de pressão de medição origina-se no jogo do cursor, controlado por uma mola. Pode ocorrer uma inclinação do cursor em relação à régua, o que altera a medida. Para se deslocar com facilidade sobre a régua, o cursor deve estar bem regulado: nem muito preso, nem muito solto. O operador deve, portanto, regular a mola, adaptando o instrumento à sua mão. Caso exista uma folga anormal, os parafusos de regulagem da mola devem ser ajustados, girando-os até encostar no fundo e, em seguida, retornando 1/8 de volta aproximadamente. Após esse ajuste, o movimento do cursor deve ser suave, porém sem folga (VIM, 2012).

4. JUSTIFICATIVA

São muitos os instrumentos utilizados para medição de objetos do mundo físico; dentre ele se destaca o paquímetro, que é um equipamento destinado a medição de alta precisão, porém cabe ressaltar que na maioria das vezes, as medições de grandezas concretas com o uso desses dispositivos no mundo físico, são inevitavelmente aproximadas. Pois, por melhor que seja o sistema de medição, por mais treinado que seja o operador do sistema de medição e por mais controladas que sejam as condições ambientais, ainda sim, em maior ou menor grau, o erro de medição estará presente. Contudo, acreditamos que todas as medidas físicas possuem um valor exato. Tais medidas muitas vezes são afetadas pelos erros associados ao instrumento de medição usado de maneira errada. Estes erros são causados pelo excesso de pressão causado pelo operador do instrumento; o erro de pressão é causado pela força excessiva do dedo sobre o impulsor do paquímetro, que altera o valor verdadeiro do mensurando.

5. MATERIAIS E MÉTODO

5.1 Materiais

- Paquímetro analógico universal Mitutoyo;
- Corpo de prova: tubo de cobre;
- Alicates de bico fino Gedore;
- Alicates de corte Gedore;
- Multímetro digital;
- Led de alto brilho 5mm, vermelho, 3,5 volts, corrente contínua;

- Cristal piezoelétrico;
- 01 LM741;
- 01 Resistor de 560k Ω ;
- 01 Resistor de 100k Ω ;
- 06 Cabos (Fios Jumper para protoboard);
- 01 Protoboard;
- 01 Fonte de tensão DC;
- Placa de fenolite cobreado.

5.2 Método:

- Utilizando o alicate de corte, descascar as pontas dos fios do sensor piezoelétrico.
- Testar a polarização do sensor piezoelétrico e funcionalidade do LED.
- Montar o circuito amplificador inversor conforme Fig. 1, obedecendo à identificação dos pinos do LM741. Utilize como entrada um sinal senoidal do gerador de funções com 1 Vpp e 60Hz (Sensor piezoelétrico). Como alimentação do circuito utilize duas fontes de tensão DC +12V e -12V, conforme representação da Fig. 2.
- Fixar o LED no cursor do paquímetro.
- Após a montagem do projeto, realizar a medição do tubo de cobre para verificar a funcionalidade do projeto. Conforme representação da Fig. 3 a Fig. 5

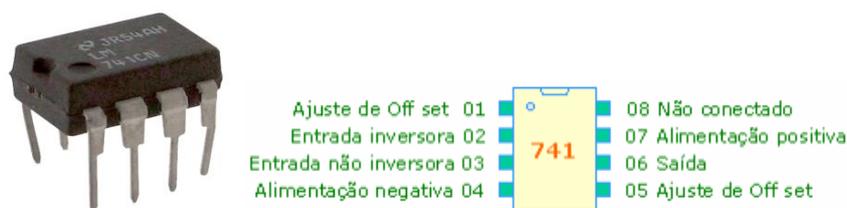


Figura 1. Amplificador de tensão de alto ganho operacional CI LM741. Fonte: (CENTELHAS,2020)

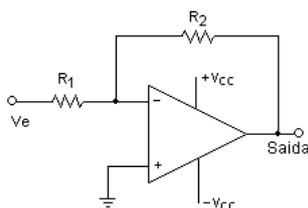


Figura 2. Circuito elétrico alimentado por duas fontes de tensão. Fonte: (CENTELHAS,2020)

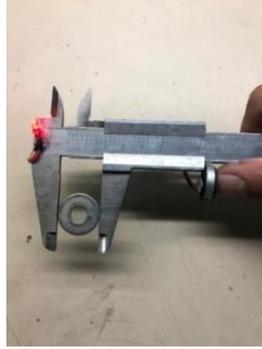


Figura 3. Funcionamento do protótipo proposto. Fonte: Experimento Realizado pelos Alunos



Figura 4. Vista Frontal do protótipo projetado. Fonte: Experimento Realizado pelos Alunos



Figura 5. Vista posterior do protótipo com a adaptação do dispositivo implementado. Fonte: Experimento Realizado pelos Alunos

6. RESULTADOS

A realização de sucessivos testes permitiu que a equipe do projeto, constatasse a ineficiência de alguns modelos de sensores piezelétricos, pois, mesmo demonstrando que atende a funcionalidade desejada, estes não eram capazes de gerar e tensão desejada para acender o LED (sigla para Light Emitting Diode, que significa “diodo emissor de luz”). Apesar de gerar uma tensão na saída, após ser pressionado, esta tensão é muito baixa e apresenta muito ruído. Logo, se fez necessário a utilização de um amplificador operacional LM741, este componente eletrônico é construído da junção de resistores, capacitores e transistores e tem grandes aplicações em todas as áreas da eletrônica, pois possibilita controlar o ganho de tensão, fornecendo um sinal mais limpo e eficiente. O LED tem a função de emitir luz em locais e instrumentos, como lâmpadas, lanternas e etc. O LED é um condutor de energia elétrica, que quando energizado, emite luz (visível a olho nu).

A montagem do circuito com o amplificador LM741, surgiu após a realização de consulta à especialistas em eletrônica que pudessem indicar modelos ou alternativas que pudessem atingir o objetivo do projeto. O grupo conseguiu encontrar um modelo capaz de atender as exigências do projeto e com isso, logrou-se êxito ao escolher o modelo que apresentou resultado satisfatório, com maior precisão, sinalizado visualmente pelo LED ao medir-se um mensurado com o paquímetro e este ser tocado pelo bico móvel do paquímetro.

Analisando o circuito do Amplificador Operacional - AOP, observa-se que o mesmo tem um ganho nas duas entradas inversora e não inversora, com as demais características que a princípio podemos considerar ideais. A saída do AOP é a própria saída do circuito representada por Vout. Temos ainda dois resistores R1 e R2. Note que R1 está ligando eletricamente o sinal de entrada (Ve) com a entrada inversora do AOP, R2 está fornecendo um caminho elétrico entre a saída (Vout) e a entrada inversora do AOP. A grandeza mais importante em um circuito é o ganho de tensão do mesmo, denominado de AV. Com isso concluímos a análise do circuito.

Após a finalização do projeto, foi realizada uma comparação com o método convencional e foi constatado que o projeto do paquímetro com o sensor piezoelétrico apresenta maior precisão em suas medias conforme Tab. 1.

Tabela 1. Média aritmética dos resultados da medição. Unidade de medida em centímetro.

	Medição convencional			Metodo com Sensor		
	Medidor 1	Medidor 2	Medidor 3	Medidor 1	Medidor 2	Medidor 3
PAQUÍMETRO	2,25	2,26	2,32	2,30	2,3	2,31
	2,31	2,26	2,31	2,29	2,3	2,31
	2,30	2,28	2,34	2,30	2,28	2,3
	2,27	2,31	2,35	2,29	2,31	2,29
	2,27	2,320	2,31	2,30	2,290	2,31
Média Aritmética	2,28	2,29	2,33	2,30	2,30	2,30
Desvio Padrão	0,02449	0,02793	0,01817	0,00548	0,01140	0,00894
Erro relativo	-0,009	-0,006	0,011	-0,002	-0,002	0,002

Apesar do sensor gerar uma tensão na saída, após ser pressionado, verificou-se que esta tensão é muito baixa e apresenta muito ruído. Logo, se fez necessária a utilização de um amplificador operacional LM741. Este componente eletrônico é construído da junção de resistores, capacitores e transistores e tem grandes aplicações em todas as áreas da eletrônica, pois possibilita controlar o ganho de tensão, fornecendo um sinal mais limpo e eficiente.

7. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Guia para Expressão da Incerteza de Medição. Rio de Janeiro, 2006.

ANSI/ISA-S5.1-1984 (R-1992) – THE INSTRUMENTATION, SYSTEMS AND AUTOMATION SOCIETY. Instrumentation Symbols and Identification, New York, 2009.

CUNHA, J. Erro de Medição. Rio de Janeiro, RJ, Brasil 2018.

CASTRO, M.V.B. Implantação de Procedimentos Para Paquímetro e Micrômetros Utilizados na Montagem e Integração de Satélites do IMPE/LIT. São José dos Campos, SP, Brasil Julho de 2015

DONIZETI, W.; OLIVEIRA, P.L.; RICARDO, J. Metrologia e Qualidade. Sua Importância Como Fatores de Competitividade Nos Processos Produtivos. Salvador, BA, Brasil 6 de Outubro de 2009.

GAUTSCHI, G, Piezoelectric Sensorics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Alemanha, 2002.

VIM, Luso-Brasileira, Vocabulário Internacional de Metrologia, 1 ed. Brasil, 2012.

SERPA, A.L. O saber a ser ensinado sobre medição de comprimentos com uso do paquímetro em curso profissionalizante. 2 ed. Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco. 2016.

OLIVEIRA, Cassius Gomes; SILVA, Vicente de Tarso; SOARES, Fred Carlo Moreira. Desvio padrão e imprecisão de leitura: Paquímetro. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas, Universidade Tiradentes – Sergipe. 2019.

SILVA NETO, João Cirilo da, Metrologia e controle dimensional: conceitos, normas e aplicações / João Cirilo da Silva Neto. - 2. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2018.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.