

A eficácia do medidor de nível por empuxo em sua aplicabilidade

Maria Eduarda Moço do Espírito Santo*
Lucas Antônio Barreto Porfírio de A. Pereira**
Jhulyan Bueno Gabriel de Andrade**
Robson William Ribeiro Martins***

Resumo

O projeto destina-se ao atendimento da demanda de mercado por um instrumento de medição de nível de baixo custo, com longa vida útil de operação e pouca manutenção, o qual desempenha leitura de nível de fluidos de extrema importância para os principais processos de tratamento de Petróleo e Gás na PETROBRAS. Além de não agredir o meio ambiente, o instrumento em questão utiliza-se de um princípio de funcionamento simples, o empuxo. A partir de pesquisas bibliográficas e embasamento em fundamentos teóricos, apresentou-se um protótipo que esboça seu princípio físico experimental visando demonstrar todas as funcionalidades e vantagens do instrumento

Palavras-chave: Nível. Empuxo. Fluidos. Instrumento. Medidor.

Introdução

O nível é uma das variáveis mais comuns e mais amplamente utilizadas em aplicações industriais e em fins de cálculo de custo e de inventário, sendo assim, é de extrema importância medir essa variável. A medição de nível é definida como a determinação da posição de uma interface entre dois meios, ou, segundo Cassiolato (2012), a maneira mais simples de definição de nível é dizer que nível é a altura do conteúdo de um reservatório ou tanque de armazenamento, através do qual torna-se possível basicamente avaliar o volume estocado de produto, determinando e controlando a quantidade de material em processo físico e/ou químico, levando ainda em conta a segurança, onde o nível do produto não pode ultrapassar determinados limites. Além disso, existe a condição de monitoração e controle visando controle operacional e/ou de custo e proteção ambiental.

Segundo *O método de medição de nível por Empuxo*, é uma medição indireta, ou seja, feita em função de grandezas físicas relacionadas à variável, nesse caso, a medição baseia-se no princípio de Arquimedes, onde: “todo corpo mergulhado em um líquido sofre a ação de uma força vertical dirigida de baixo para cima, igual ao peso do volume do líquido deslocado.” Tendo como base a seguinte fórmula:

$$E = V * \delta$$

Onde:

E = empuxo;

V = volume deslocado;

δ = densidade ou peso específico do líquido.

Princípio de funcionamento

O medidor é constituído por um deslocador (*displacer*) com peso conhecido e calibrado, sobre o qual age o nível, ficando parcialmente ou totalmente submerso. Segundo Gimenez (2013), este deslocador é sustentado por um braço que permite a movimentação do sensor em resposta às variações de nível. O braço liga-se ao tubo de torque, o qual possui uma haste interna que transmite o movimento giratório proporcional ao torque até o sistema de medição. A figura 1 a seguir demonstra parte da estrutura do instrumento.

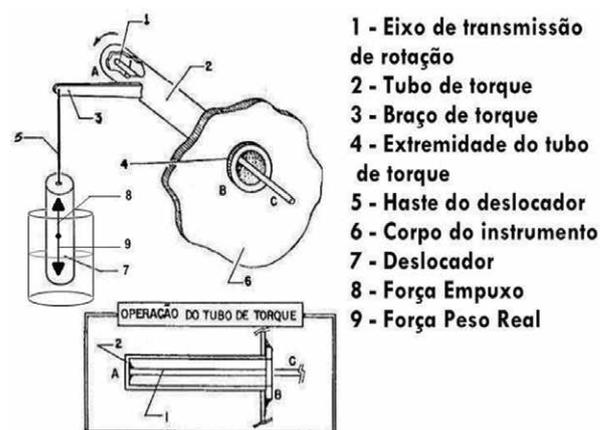


Figura 1 – Parte da estrutura do instrumento
Fonte adaptada: Coelho

De acordo com Gimenez (2013), quando não existe nível onde o medidor por empuxo está instalado, seu deslocador, que está totalmente sem contato com o fluido, terá peso resultante (peso aparente) igual ao seu peso real (W). Quando existe nível e o fluido entra em contato com o deslocador, atingindo alguma posição, por exemplo, 50% da altura do deslocador, o seu peso aparente passa a ser o peso real (W) menos a força de empuxo (E) sofrida pelo mesmo, desse modo o peso aparente será diminuído, pois as forças de empuxo e peso real têm sentidos contrários. A fórmula utilizada para obter o valor do Peso Aparente (Pap) é a seguinte:

$$\text{Pap} = W - E$$

* Técnica em Automação Industrial pelo IFFluminense campus Campos-Centro. E-mail para contato: maria.mesanto@gmail.

** Técnico em Automação Industrial pelo IFFluminense campus Campos-Centro.

*** Professor do Curso Técnico em Automação Industrial do IFFluminense campus Campos-Centro.

Onde:

Pap = Peso Aparente

W = Peso real do deslocador

E = Empuxo sofrido pelo deslocador.

Devido à variação do peso aparente do deslocador pela mudança do nível, o sistema de medição de nível por empuxo detecta essa variação de peso e a transforma em sinal de medição pneumático, elétrico, mecânico etc.

Além do método de medição de um fluido, há o de interface de fluidos, cujo flutuador tem forma cilíndrica mergulhado em dois fluidos com pesos específicos diferentes δ_1 e δ_2 . Considera-se que o empuxo aplicado no flutuador, será a soma dos empuxos E1 e E2 aplicados no cilindro, pelos líquidos. O empuxo será dado por: $ET = E1 + E2$, assim para diferentes valores de altura de interface, teremos diferentes variações de empuxo.

Características

Certas características devem ser consideradas para auxiliar na adequação do instrumento ao processo industrial, na instalação, nos devidos cuidados que devem ser tomados, na manutenção e no processo de calibração para garantir um ótimo desempenho do instrumento. As observações são integralmente baseadas em Gimenez (2013):

A densidade do produto em medição influi no peso resultante do deslocador quando o mesmo está submerso, logo o medidor deve ter um dispositivo de ajuste para densidade do líquido cujo nível está sendo medido, pois o empuxo varia com a densidade ou peso específico.

O deslocador comumente utilizado como sensor de transmissor de nível tem a forma de um cilindro oco, fabricado com materiais como aço inox 304 ou 316, monel, hastelloy, teflon sólido, etc. A escolha do material adequado é determinada principalmente pela temperatura e poder corrosivo do fluido. No interior do cilindro, se necessário, são depositados contrapesos granulados, a fim de ajustar o peso do deslocador. Além disso, o deslocador pode trabalhar diretamente no interior do equipamento ou dentro de um compartimento denominado câmara, dependendo das características dinâmicas do processo, propriedades físicas do líquido e facilidade de manutenção desejada.

Os medidores do tipo Empuxo são utilizados apenas para líquidos livres de partículas sólidas. Eles proporcionam uma ótima performance em aplicações com *ranges* de até 10 metros, podendo conforme cada fabricante, atender a *ranges* de medição ainda maiores.

- Sua faixa de medição varia de acordo com a aplicação, sendo que a faixa máxima disponível normalmente no mercado é de 0 ~ 5.000 mm e a precisão varia conforme o fabricante, entre 0,5 e 2%.

- Para conseguir um melhor desempenho na medição, são necessários os seguintes cuidados na instalação: seguir cuidadosamente as instruções específicas de cada fabricante do instrumento; evitar vibração mecânica no tanque ou vaso onde se deseja instalar esse tipo de medidor; não variar a densidade do líquido a ser medido. Além disso, montar o medidor numa câmara de medição instalada lateralmente ao tanque ou vaso como um sistema de bypass na tubulação. Essa câmara tem a função de autoconter o medidor e fazer com que a superfície do líquido a ser medido mantenha-se estável, para facilitar a manutenção do medidor.

Em caso de o medidor estar instalado via câmara de medição em bypass, a câmara de medição deve possuir válvulas de bloqueio nas tomadas comunicantes (superior e inferior) e drenos de líquido na parte inferior e válvula de escape para gás na parte superior. O nível na câmara de medição acompanha o nível do vaso ou tanque através do princípio de vasos comunicantes.

A Figura 2 demonstra um transmissor (medidor) de nível por empuxo em uma de suas aplicações.



Figura 2 – Transmissor (medidor) de nível por empuxo

Fonte: Coelho

Aplicabilidade

Segundo Gimenez (2013), esse instrumento pode ser aplicado na medição de fluidos em geral, como gases liquefeitos, condensados, nível de interfaces em torres de destilação, torres de lavagem, decantadores, tanques de refrigeração, em tanques de temperatura de ebulição e separação bifásica de fluidos.

Na área petrolífera, ele atua durante seu processo de produção, onde é comum o aparecimento de fluidos associados ao petróleo, como a água. Separar esses componentes é de suma importância, visto que o óleo possui relevante interesse econômico para a PETROBRAS e a indústria de uma maneira geral, e a água, que apresentando elevado grau de salinidade em sua composição, deve ser removida por poder comprometer certos processos como transporte, bombeio, operações na refinaria, além da possibilidade de corrosão nos oleodutos de exportação. Neste caso, por serem imiscíveis, é possível conhecer o nível de interface da mistura através de um medidor de nível por empuxo, o que contribui para que esta separação torne-se mais segura de forma a diminuir consideravelmente qualquer perda. A Figura 3 demonstra a separação bifásica em que ocorre a medição e controle de Interface (óleo e água).

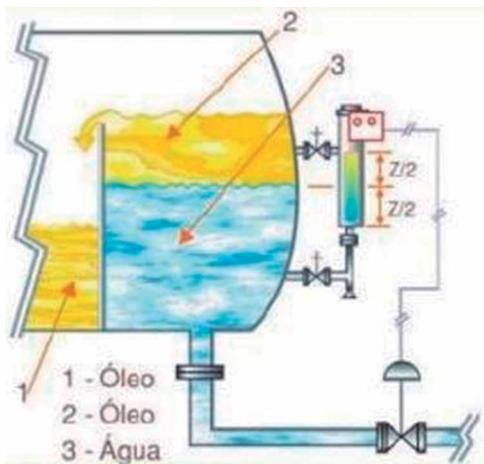


Figura 3 – Separação bifásica em que ocorre a medição e controle de Interface (óleo e água)
Fonte: Gimenez (2013)

Devido a isso, o projeto baseou-se em aprofundar conhecimentos sobre o medidor de nível por empuxo em função da automação, demonstrar o seu princípio de funcionamento, a importância de sua utilização nos processos fundamentais para a PETROBRAS e as vantagens de incorporar esse instrumento na empresa, evidenciando suas várias características. Desta forma, foi desenvolvido um protótipo com base nos seus fundamentos teóricos visando uma simulação de medição de nível por empuxo a fim de evidenciar sua eficácia.

Metodologia

Com base no princípio de funcionamento do instrumento em questão, foi desenvolvido um protótipo automatizado para testar as diversas características deste medidor, e, desta forma, propor sua utilização no mercado. Na criação

do protótipo, faz-se necessária a utilização de um circuito eletromecânico combinado a uma plataforma Arduino, com a finalidade de processar a variação de nível identificada pelo sensor deslocador, cuja função será desempenhada por extensômetros localizados na haste de sustentação do corpo. Essa informação será tratada a partir de um amplificador de sinal para ser recebida pelo Arduino e reconhecida no computador, que terá uma interface de visualização das variações provocadas no sensor.

O conjunto eletromecânico constitui-se em um corpo de prova que desempenha a função do deslocador, um recipiente com água que fará a simulação de aferição de nível, uma haste firme e elástica que por um fio de *nylon*, sustenta e permite a movimentação do corpo de prova, de acordo com a variação de nível, um extensômetro aderido à haste para que sofra as deformações que o corpo de prova provoca com o empuxo, o extensômetro manda o sinal de resistência para um circuito eletrônico que transmite o sinal para um computador.

Baseado em GRANTE (2004), as deformações que ocorrem na haste são medidas pelo extensômetro, porém as leituras não saem em forma de gráficos, tabelas ou relatórios. É necessária a utilização de um conjunto de aparelhos que transforma a deformação sentida pelo extensômetro em informações concretas. Além disso, essas deformações medidas são normalmente pequenas, produzindo variações no sinal elétrico nas mesmas proporções, não podendo ser lidas diretamente por um osciloscópio ou um multímetro. Esse processo da verificação do fenômeno da deformação até a informação dos dados legíveis é feito por um sistema de medição.

Estes extensômetros são montados em um circuito elétrico, a ponte de Wheatstone, que é capaz de realizar a medição de variação de resistências elétricas em seus braços do circuito. A ponte de Wheatstone é montada na forma de $\frac{1}{4}$ de ponte devido ao número de extensômetros utilizados, no caso, 1 (um). A ponte Wheatstone é balanceada através da relação entre as resistências (R_1 , R_2 , R_3 e SG) a partir da equação $SG/R_2 = R_1/R_3$ (de acordo com a Figura 3). O circuito é alimentado por uma corrente elétrica, através de uma fonte de energia. A variação da resistência elétrica do extensômetro, devido à deformação ocorrida na haste, provoca um desequilíbrio na ponte. Ocorre uma variação de tensão de saída da ponte, devido ao reequilíbrio da ponte, que passa por um amplificador de voltagem, e é lido em uma placa de aquisição de dados, no caso o ARDUINO. As informações coletadas pela placa são em tensão elétrica, e possuem a unidade de mV. Esses dados são

processados e transformados em uma grandeza especificada pelo usuário. No caso, obtêm-se a leitura em mV no *software* do Arduino no computador e a medição da variação de nível é feita a partir da aferição de nível no corpo de prova. A Figura 4 a seguir demonstra o circuito usado no protótipo de medidor.

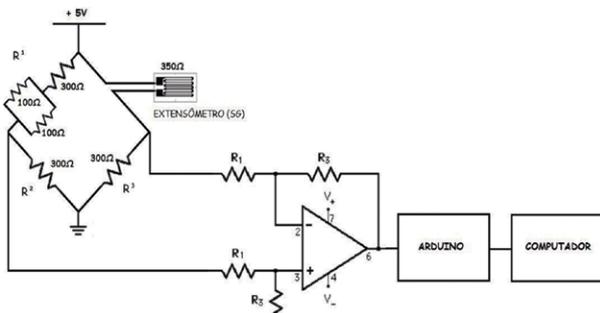


Figura 4 – Circuito usado no protótipo do medidor

Nos dias 12 (quarta-feira) e 13 (quinta-feira) de novembro de 2014 na II Feira de Ciência e Tecnologia do IFFluminense, foi apresentado o projeto, de uma forma didática, expondo sua motivação, relevância da pesquisa, revisão literária, aplicabilidade do instrumento de forma geral e para a Petrobras, e por fim, o protótipo de medidor de nível por empuxo realizou medições com eficácia. A Figura 5 é uma foto da apresentação.

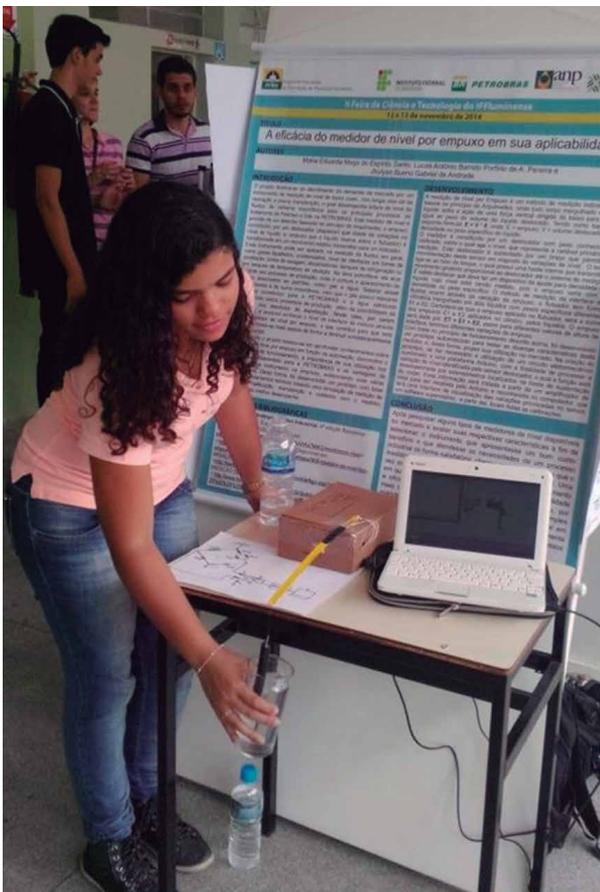


Figura 5 – Apresentação do Projeto na II Feira de Ciência e Tecnologia do IFFluminense

Resultados

O protótipo de medidor de empuxo demonstrou ser eficiente em sua função principal, detectando variação de nível através do empuxo de diferentes fluidos. O dispositivo responsável pela detecção de variação de nível, extensômetro, mostrou-se eficaz relacionado à sua sensibilidade na obtenção dos dados, o que compensou sua utilização apesar da criticidade de sua instalação.

Discussão

Após pesquisar alguns tipos de medidores de nível disponíveis no mercado e avaliar suas respectivas características a fim de selecionar o instrumento que apresentasse um bom custo-benefício e que atendesse as necessidades de um processo industrial de forma satisfatória, chegou-se à conclusão de que o medidor de nível por empuxo era o equipamento ideal. Uma vez escolhido, o estudo e as pesquisas sobre o equipamento em questão foram aprofundados para avaliar sua aplicabilidade e eficiência. Sendo assim, este instrumento comprovou, por meio de experiências práticas, ser eficaz, robusto, de simples manutenção e calibração, tornando o processo industrial em que é utilizado mais eficiente e seguro sendo altamente indicado para utilização da PETROBRAS em seus processos petrolíferos.

Os resultados encontrados na literatura possibilitaram agregar conhecimentos sobre o funcionamento de diversos processos industriais que possuem o nível como uma variável e principalmente a extração, transporte e refino do petróleo, as dificuldades desses processos e os meios possíveis de contorná-las e como consequência, diminuir ao mínimo possível qualquer perda, otimizando o processo, onde o medidor se enquadra, comprovando sua eficiência.

Referências

- ANDOLFATO, Rodrigo Piernas; CAMACHO, Jefferson Sidnei; BRITO, Gilberto Atônio de. *Extensometria Básica*. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Extensometria%20basica.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2015.
- CASSIOLATO, César. *Medição de nível*. Disponível em: <http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=72>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

COELHO, Marcelo Saraiva. *Projetos em Instrumentação e Automação: técnicas de*

Medição de Nível. Disponível em: <<http://www.dca.ufrn.br/~acari/Sistemas%20de%20Medida/SLIDES%20INSTRUMENTACIN%20NIVEL.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CREUS SOLE, Antonio. *Instrumentación Industrial*. 4.ed. Barcelona, México: Marcombo, 1989. 717p.

GIMENEZ, Rogério Diaz. *Medidor de nível tipo empuxo*. revista Mecatrônica. Atual, 37 (Edição digital), 2013. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/908-medidor-de-nvel-tipo-empuxo>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

GRANTE, Grupo de Análise e Projeto Mecânico. *Apostila de Extensometria*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<http://grante.ufsc.br/download/Extensometria/SG-Apostila.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CÉSAR, Bruno, et.al. *Medidores de nível*. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAs7MAG/medidores-nivel>>. Acesso em: 10 abr. 2015.