

INSTRUMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DE NÍVEL POR BORBULHAMENTO

Haroldo C. Maya^{1} & Manuel P. da Costa² & Pedro U. B. de Albuquerque³ & Jaime A. Boscov⁴ & Fernando B. Sobreira⁵*

Resumo – Este artigo apresenta uma solução de baixo custo e ótima precisão para medição de nível de água através do princípio de borbulhamento. Um minicompressor expulsa o ar de uma mangueira mergulhada no reservatório a ser medido. Após um tempo de estabilização um sensor de pressão convencional mede a pressão do ar no interior da mangueira, que corresponde à coluna d'água expulsa. Um dispositivo de controle, como um Controlador Lógico Programável, é responsável pela lógica de acionamento do compressor, de algumas válvulas e pela leitura do sensor. A grande vantagem dessa solução é a ausência de componentes eletrônicos e cabos em contato com o líquido a ser medido, o que proporciona grande robustez ao sistema. Além disso, o diâmetro reduzido da mangueira facilita a utilização dessa solução para medição de nível em poços profundos. A precisão da medida está relacionada à qualidade do sensor de pressão utilizado.

Palavras-Chave – Nível de líquido, CLP, borbulhamento.

LOW COST INSTRUMENTATION FOR MEASURING LEVEL BY BUBBLING

Abstract – This paper presents a low cost solution and great accuracy for measuring water level through the principle of bubbling. A mini compressor expels the air hose dipped in the reservoir to be measured. After a period of stabilization conventional pressure sensor measures the air pressure inside the hose which corresponds to the water column expelled. A control device, such as a Programmable Logic Controller, is responsible for actuating the compressor logic, some valves and the sensor reading. The great advantage of this solution is the absence of electronic components and cables in contact with the liquid to be measured, which provides great robustness to the system. In addition, the reduced diameter of the hose facilitates the use of this solution for level measurement in deep wells. The accuracy of measurement is related to the quality of the pressure sensor used.

Keywords – Liquid level, PLC, bubbling.

¹ INFITECH: mayaharoldo@gmail.com

² INFITECH: ma.pec@uol.com.br

³ INFITECH: purbano@infitech.com.br

⁴ INFITECH: boscov@infitech.com.br

⁵ INFITECH: fbsobreira@infitech.com.br

* Autor Correspondente.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existem muitas soluções eficientes para medição de nível de líquidos, mas ainda assim possuem restrições quanto à faixa de medição, necessidade frequente de manutenção e preços elevados.

Podemos citar sistemas de medição de nível por ultrassom como uma solução que possui uma resposta com boa precisão e de baixo custo, mas apresenta uma faixa de medição restrita, necessita ser instalado diretamente sobre o líquido a ser medido e requer uma área livre de obstáculos entre a face sensora e o líquido. Sistemas que utilizam radar contornam a limitação da faixa de medição, mas mantêm as outras limitações e possuem alto custo.

Especificamente para medição de nível de poços profundos e açudes utilizam-se comumente sondas de pressão hidrostática. Apesar de possuírem precisão compatível com a solução aqui apresentada, possuem uma série de limitações como o contato direto do sensor com o líquido, o que limita drasticamente a vida útil do equipamento, a presença de um cabo metálico entre o sensor e o dispositivo de aquisição de dados, o que o torna susceptível a descargas atmosféricas ou a interferências de motores submersos, e o diâmetro da sonda, que eventualmente impede sua instalação em poços de pequeno diâmetro dotados de bomba submersa.

Com o objetivo de contornar as deficiências das soluções disponíveis no mercado, criar uma solução robusta com baixa manutenção e agregar funções de diagnósticos automáticos ao sensor de medida de nível de líquidos, foi desenvolvido um eficiente sistema de medida de nível por borbulhamento.

O princípio de funcionamento neste tipo de sensor é expulsar com ar o líquido de uma tubulação submersa no reservatório cujo nível se está medindo até que se inicie o borbulhamento em sua extremidade. A pressão medida no interior do tubo corresponde à coluna de líquido expulsa. Desta forma, pode-se deixar todos os equipamentos eletrônicos protegidos e distantes do líquido que se está medindo e apenas uma tubulação, geralmente uma mangueira de material plástico, fica em contato com o líquido. Essa característica garante grande robustez ao sistema, pois os equipamentos sensíveis e com maior valor agregado ficam acondicionados em uma caixa metálica aterrada e locada em local apropriado.

Este método de medição de nível é bastante difundido e possui uma ótima precisão. Foi muito utilizado na década de 60 e 70 na medição de níveis de canais abertos. Utilizavam-se garrafas com ar ou Nitrogênio comprimido que borbulhavam lenta e continuamente. O diferencial apresentado neste artigo está nos componentes utilizados, por serem componentes comerciais que possuem um custo menor e são de fácil manutenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A solução proposta faz uso de um CLP comercial, programado utilizando linguagem ladder, uma das linguagens mais difundidas em se tratar de automação industrial, o que possibilita um baixo custo e rápidas adaptações no desenvolvimento do software. O controlador é utilizado para acionar os diversos dispositivos dentro do tempo programado, fazer a leitura da pressão e temperatura e calcular o nível. As informações são armazenadas localmente e enviadas utilizando-se tecnologia GPRS a uma central de dados.

Os dados armazenados no servidor são utilizados para diversos fins, que vão desde o auxílio a tomadas de decisões, como abertura de válvulas de escoamento, até previsões hidrológicas.

Como citado, o princípio de funcionamento é baseado no teorema de Stevin que descreve que a pressão desenvolvida por um fluido depende exclusivamente da sua altura, a chamada pressão hidrostática, definida pelo produto do peso específico pela gravidade e altura da coluna desse líquido, a qual é apresentada na eq. 1.

$$P = \gamma \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Ainda baseado no princípio apresentado, foi proposto a montagem do sistema de medição por borbulhamento como descrito na Figura 1, a qual é composta por um pequeno compressor de ar (C), um sensor de pressão efetiva com saída de 4 a 20mA (S), e quatro válvulas, sendo que uma libera a admissão de ar vinda do compressor (V1), outra faz conexão com a pressão atmosférica (V2) e outras duas (V3 e V4) são ligadas cada uma a um dos tubos submersos de comprimentos diferentes. O sistema pode ser montado com apenas um tubo submerso (sem a utilização de V4) quando se utiliza uma configuração mais simples e se conhece a densidade do líquido (para medição de reservatórios de água, por exemplo). Já a montagem com duas tubulações como mostrado na figura 1 permite uma auto calibração do sensor como será descrito a seguir.

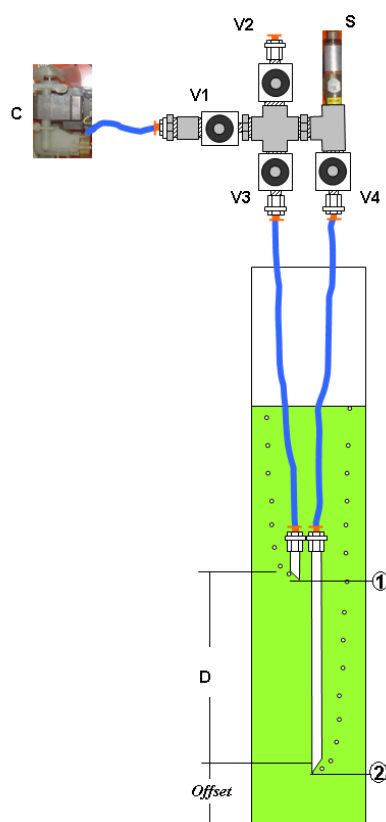


Figura 1 – Funcionamento do sistema de medição de nível por borbulhamento.

Considerando-se dois pontos (1 e 2), e que estes estão no interior de um fluido de densidade uniforme em cotas distintas, podemos aplicar o teorema de Stevin,

$$P_2 = P_1 + \gamma \cdot g \cdot h \quad (2)$$

portanto, a diferença de pressão entre dois pontos pode ser dada por

$$P_2 - P_1 = \gamma \cdot g \cdot h \quad (3)$$

onde h é a distancia representada na Figura 1 por (D) e g a aceleração da gravidade.

O processo de medição se inicia com o procedimento de “auto calibração” e é realizado da seguinte forma: inicialmente abre-se as válvulas V1 e V2 e faz-se a leitura da pressão atmosférica que deve ser igual a zero, visto que trata-se de um sensor de pressão efetiva. Como o sensor pode estar descalibrado e se degrada com o tempo é natural que o mesmo apresente alguma leitura, que se refere ao erro de ajuste de zero do sensor ou do sistema de aquisição de dados. Chamaremos esse erro de ajuste de zero de P_0 . A seguir, aciona-se o compressor, permitindo que o mesmo parta em vazio. Em seguida, abre-se a válvula (V3) e fecha-se a válvula (V2). Após o tempo necessário para iniciar o borbulhamento na extremidade do primeiro tubo (1), (V1) é fechada, o compressor desligado e a primeira leitura de pressão é realizada (P_1). Após a leitura, fecha-se (V3) e inicia-se o mesmo processo para obtenção de P_2 , sendo seguida a mesma seqüencia (exceto a leitura de P_0), mas substituindo-se o comando de (V3) por (V4).

Sendo (D) uma distância conhecida, podemos agora calcular a constante $\gamma \cdot g$, denominada peso específico, mostrada na Eq. 4. Na Eq. 5 é apresentada apresentado o ganho do sistema, dado pelo inverso do peso específico.

$$\gamma \cdot g = \frac{P_2 - P_1}{D} \quad (4)$$

$$Ganho = \frac{1}{\gamma \cdot g} = \frac{D}{P_1 - P_2} \quad (5)$$

Esse cálculo também elimina erros de medição inerentes ao ajuste de ganho do sensor, visto que a distância D é fixa e conhecida e, portanto, caso as pressões P_1 e P_2 medidas tenham algum erro referente ao ajuste de ganho do sensor ou do sistema de aquisição de dados, esse erro é compensado. Isso é muito importante uma vez que os sensores de pressão comerciais se degradam com o passar do tempo, alterando o seu ajuste de zero e ajuste de ganho (relacionado ao fundo de escala), geralmente na taxa de 0,1% do fundo de escala por ano. Por isso podemos afirmar que esse sensor é auto calibrado. Com o ganho calculado no auto ajuste, podemos chegar ao nível de líquido através do valor da pressão P_0 , P_1 e um termo de ajuste denominado no sistema como *offset* Eq. 6, que nada mais é do que a distância entre o ponto de medição de P_2 e o ponto considerado como nível zero do reservatório.

$$Nível(d) = [(P_2 - P_0) \cdot Ganho + Offset] \quad (6)$$

Com os cálculos realizados, o CLP armazena a hora da medição, o nível e a temperatura. Estes dados são disponibilizados por uma porta serial a um modulo GPRS o qual formata e envia os

dados para um servidor FTP. Um software de alto nível processa essas informações para disponibilizá-las aos usuários de diversas formas. Os dados disponibilizados poderão por sua vez influenciar na tomada de decisões de outro controlador ou serem utilizados em equações e algoritmos de previsões hidrológicas.

A Figura 2 mostra a foto do sistema completo onde pode ser visto o CLP, compressor de ar e sensores de pressão, a Figura 3 mostra o quadro de montagem do sistema de pressão em detalhes:



Figura 2: Sistema de medição de nível por borbulhamento controlado por um CLP.



Figura 3: Quadro de instrumentação do sistema de medição de pressão utilizado.

3. CONCLUSÃO

O sistema mostra-se bastante eficiente e preciso para aquisição de nível de líquidos com a vantagem de não haver nenhum componente eletrônico submerso. A exatidão de suas medições está relacionada com a exatidão do sensor de pressão efetiva utilizado, de modo que a solução pode ser montada com diferentes configurações de acordo com as exigências do processo.

Por sua robustez, passa longos períodos sem necessidade de manutenção, o que o torna ideal para instalação em locais remotos e de difícil acesso.

Como não necessita estar constantemente acionado, apenas nos momentos programados no controlador e por um período curto de tempo, o consumo e desgaste do compressor é pequeno.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao COGERH-CE, CAGECE e a INFITECH pelo suporte financeiro e disponibilização dos dados desta pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEDRICK e CEMMENS (1984). Double-bubblers coupled with pressure transducers for water level sensing, Transaction of the ASAR, pp. 778-783

DEDRICK e CEMMENS (1986). Instrumentation for monitoring water levels, Proceedings of the Agri-Mation 2 Conference and Exposition, ASAE, March 3-5 Chicago, IL, pp 148-152