15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

CONSTRUÇÃO DE UMA VÁLVULA PROPORCIONAL PARA CONTROLE DE NÍVEL

GABRIEL DE JESUS GARCIA, DANILO BASSETO DO VALLE, CLAUDINER MENDES DE SEIXAS.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.05.02-5 Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais.

RESUMO: O controle contínuo do nível de líquidos em tanques é uma necessidade essencial em indústrias de diversos setores, como petroquímicas e saneamento, nas quais o controle preciso do fluxo é fundamental. No entanto, o mercado brasileiro carece de válvulas de controle proporcional acessíveis, principalmente em diâmetros intermediários, entre 25 a 150mm, que são muito usados em pequenas e médias indústrias. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de válvula modulante de baixo custo, utilizando um servo motor acoplado a uma válvula esfera. O método aplicado utilizou sensores de boia (*on/off*) e ultrassônico para o monitoramento do nível do reservatório e a implementação de um sistema de controle baseado em máquina de estados para a modulação do fluxo em cascata. Os resultados indicaram que a solução obtida atingiu a precisão estabelecida no controle do nível do reservatório abastecido, podendo operar de forma eficiente em aplicações industriais com ambientes menos agressivos, mostrando-se viável como uma solução de baixo custo para a lacuna encontrada no mercado nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Automação; controle de nível; controle de processos; controle proporcional; válvula proporcional.

CONSTRUCTION OF A PROPORTIONAL VALVE FOR LEVEL CONTROL

ABSTRACT: The continuous control of liquid levels in tanks is an essential requirement in industries from various sectors, such as petrochemical and sanitation, where precise flow control is critical. However, the Brazilian market lacks affordable proportional control valves, especially in intermediate diameters, which are widely used in small and medium-sized industries. This work presents the development of a low-cost modulating valve prototype, using a servo motor coupled to a ball valve. The applied method employed float (on/off) and ultrasonic sensors to monitor the reservoir level, alongside the implementation of a state machine-based control system for cascade flow modulation. The results indicate that the solution achieved the required precision in controlling the level of the supplied reservoir, operating efficiently in less demanding industrial applications, and proving to be a viable low-cost solution for the gap found in the national market.

KEYWORDS: Automation; level control; process control; proportional control; proportional valve.

INTRODUÇÃO

A regulação do nível de líquido em tanques e o gerenciamento do fluxo entre eles é uma questão essencial em indústrias de processos, incluindo petroquímicas, tratamento de água, papel e celulose (RAJAN, 2014). Essa demanda não se restringe apenas à indústria pesada, onde grandes volumes de líquidos são frequentemente armazenados, mas também se estende à indústria leve, desde de pequenas indústrias de envase, como a produção de azeite, até operações em larga escala, como o fornecimento de água pública e armazenamento de combustível (PERÉZ-OCÓN, 2006).

As válvulas modulantes combinadas com sistemas eletrônicos fornecem precisão e potência, combinação essencial para atuação rápida e precisa em sistemas de controle de nível (OGATA, 2011). Cerca de 5% dos custos de uma indústria de processo químico é gasto em válvulas (RIBEIRO, 1999). Apesar de ser um elemento muito importante nos sistemas de controles que envolvem fluidos na indústria, o mercado brasileiro encontra-se escasso de válvulas modulantes de baixo custo, principalmente em diâmetros entre 1 1/2” a 4”, faixa comumente utilizada em pequenas indústrias.

O projeto em questão propõe o desenvolvimento de um protótipo de válvula de controle contínuo utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso, com foco em aplicações industriais que não exigem alta resistência à corrosão ou temperaturas extremas. A partir de um sistema de servo motor acoplado a uma válvula esfera, tradicionalmente utilizada em sistemas on/off mas que, como demonstra Kleiton Nunes (NUNES, 2014), apresentam bons resultados em aplicações modulantes. A pesquisa visa demonstrar a viabilidade de sua aplicação em sistemas modulantes, buscando oferecer uma alternativa econômica e eficiente para o mercado brasileiro, que atualmente carece de opções acessíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto foi organizado em duas etapas. A Etapa I apresenta os elementos de hardware empregados na simulação do sistema de controle de nível de reservatório industrial, como o microcontrolador de prototipagem eletrônica Arduino Mega e o servo motor DS51150. Já a Etapa II descreve o protótipo da válvula proporcional.

Etapa I. Elementos de Hardware Empregados no Sistema de Controle de Nível

Como uma das características do projeto está o baixo custo, foi buscado elementos viáveis para a sua construção. Com isso foi utilizado como controlador a placa Arduino Mega, que contém o microcontrolador ATmega2560, o controlador (ou compensador) é um computador digital e traz a vantagem de poder realizar diferentes tarefas ao mesmo tempo e com mudanças no seu código pode-se fazer alterações na malha, evitando mudanças nos equipamentos (NISE, 2012); o controlador ficou responsável por receber os sinais de entrada, calcular o sinal de controle e enviá-lo ao atuador, para abrir ou fechar a válvula. Os sensores são dispositivos que respondem à estímulos do mundo físico e os convertem em sinais elétricos que podem ser interpretados pelo microcontrolador (MARGOLIS, 2011). Para o monitoramento do nível do reservatório abastecido foram utilizadas duas técnicas de monitoramento em paralelo, foram empregados 3 sensores boia (sensores do tipo on/off), um no nível desejado e os outros dois logo abaixo e acima, assim, pode-se saber através da realimentação se o nível está abaixo ou acima do nível esperado, e comparando com informações anteriores pode-se obter se o mesmo está aumentando ou diminuindo.

Em paralelo com esses sensores, foi utilizado o sensor ultrassônico HC-SR04 como segunda técnica de monitoramento do nível. O sensor é disposto no topo do reservatório e por meio da emissão de ondas ultrassônicas consegue calcular a distância do nível do líquido e fornecer uma informação analógica e contínua da altura do nível. O emprego de ambas técnicas permite obter um sensoriamento mais confiável do nível do reservatório. A Figura 1 ilustra a montagem utilizada, com o reservatório fonte abastecendo o reservatório de nível controlado através do sensor ultrassônico acoplado ao seu topo. O abastecimento é feito pela ação da gravidade através de um tubo com vazão modulada pela válvula de controle.

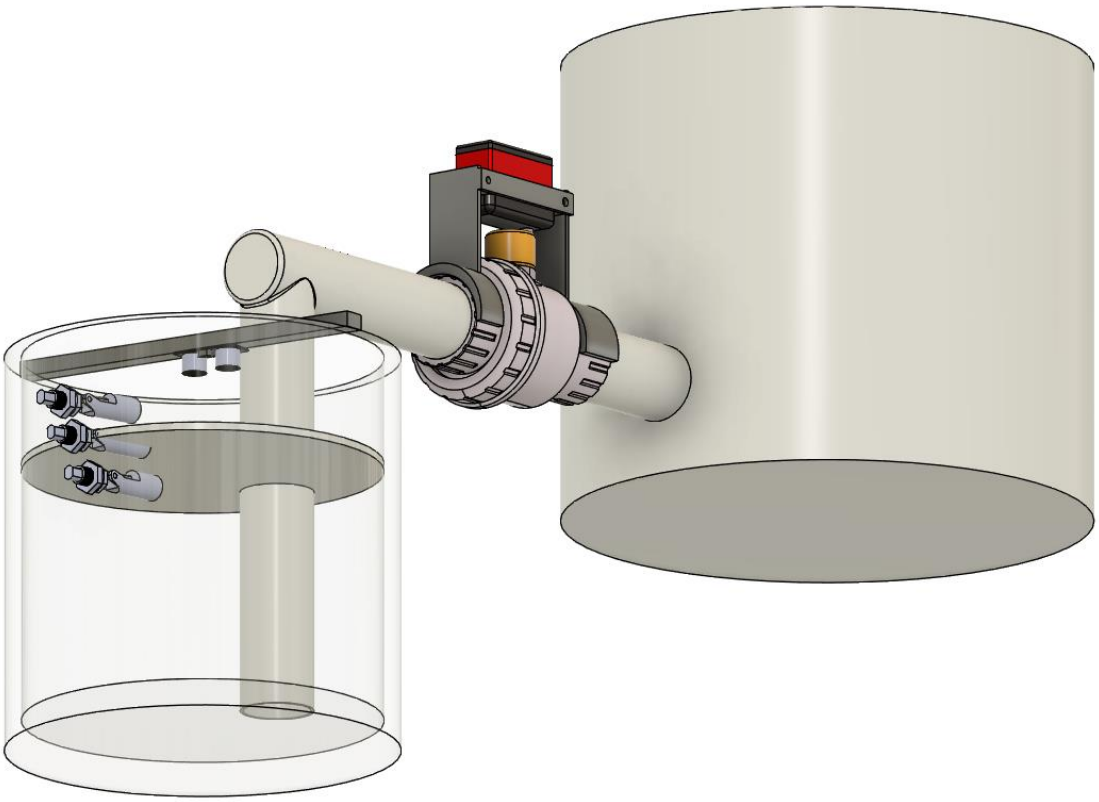

Figura 1. Montagem empregada na simulação.

Como atuador foi escolhido o servo motor DS51150, que possui 150N.m de torque, suficiente para atuar a válvula escolhida. O servomotor possui um potenciômetro interno que informa a posição atual do eixo do motor e com isso é possível controlar, com precisão, a abertura da válvula. Sua configuração dispõe de 3 fios, sendo 2 para a alimentação 12V em corrente contínua e um para o sinal de controle (PWM). A figura 2 mostra o sistema de ligações elétricas empregada na simulação usada nos testes.

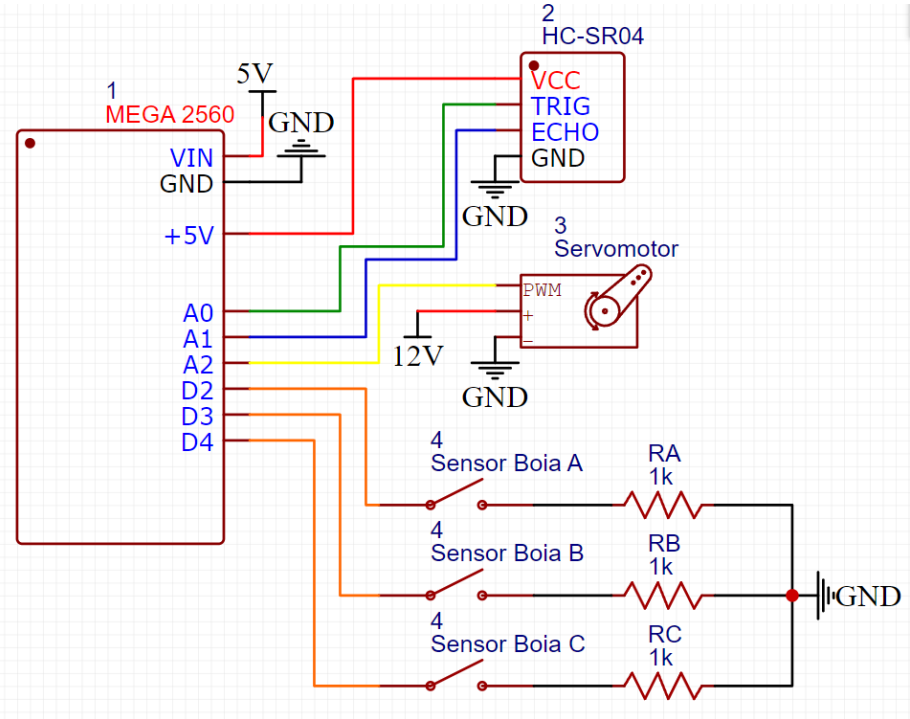

Figura 2. Esquema de ligação eletrônica.

Etapa II. Protótipo da Válvula Proporcional

Para a construção do suporte para fixar o servomotor na válvula, foram utilizados materiais (chapas e cantoneiras de ferro) reaproveitados de sucata. Elas foram soldadas e, depois que a estrutura foi finalizada, foi presa à válvula por meio de abraçadeiras nas duas extremidades, conforme ilustrado na Figura 3a. Para o acoplamento do eixo da válvula ao eixo do servomotor foi possível manter o eixo da canopla original da válvula e acoplar o braço do servomotor por meio de parafusos, conforme ilustrado na Figura 3b. A Figura 5 mostra o protótipo montado.

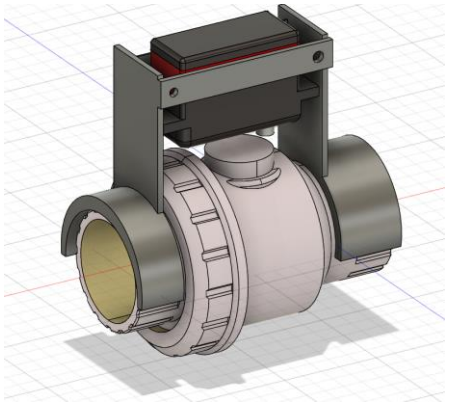

Figura 3ª. Suporte para fixação servomotor à válvula.

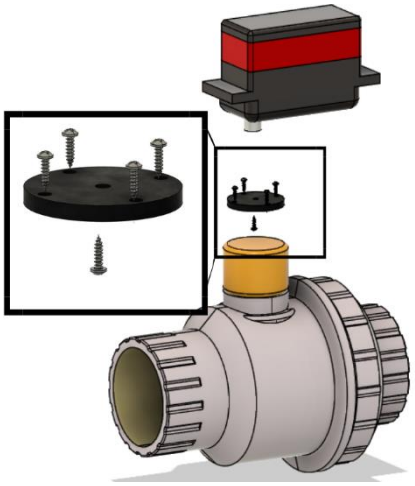

Figura 3b. Acoplamento dos eixos Válvula x Servomotor.

Para o software implementado, após os testes, concluiu-se que a melhor técnica para se utilizar no sistema proposto seria a máquina de estados. Nesta técnica o controlador trabalha de forma separada em cada estado, podendo atribuir uma hierarquia. No caso, o controlador começa no estado inicial, verificando o estado dos sensores boias, se estão todos desativados (nível abaixo do sensor boia inferior) fecha a válvula rapidamente até que o sensores inferior e médio estejam ativos (nível entre o sensor médio e superior) e retorna para o estado inicial. Se no estado inicial verificar que os sensores boia estão todos ativos (nível acima do sensor boia superior) o programa vai para o estado 2 onde fecha a válvula até que o nível esteja entre os sensores superior e inferior e retorna para o estado inicial. Caso no estado inicial o nível esteja entre os sensores inferior e superior, o programa vai para o estado 3, onde faz o controle através do sensor ultrassônico com incrementos contínuos no movimento da válvula.

Figura 4. Fluxograma do software empregado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo construído apresentou resultados promissores em relação ao controle de nível e eficiência operacional. O servomotor DS51150 foi capaz de operar a válvula de maneira precisa, mesmo nos extremos (totalmente aberto e totalmente fechado), onde se exige um maior torque para operá-lá. A modulação da vazão, principalmente nas regiões intermediárias, mostrou-se estável e eficiente, fazendo com que a válvula mantivesse o fluxo adequado conforme as necessidades do sistema e assim garantindo um controle preciso do nível do reservatório

A aplicação da válvula de esfera em sistemas modulantes diverge da sua aplicação tradicional, mas apresentou resultados comparáveis às projetadas especificamente para este uso. Isso reforça sua viabilidade em soluções de baixo custo em sistemas industriais com baixa exigência de resistência à corrosão, atendendo o que foi proposto neste trabalho. Outra questão de destaque foi o desempenho mostrado pelo sistema de controle, que foi capaz de manter o nível do reservatório dentro dos limites estabelecidos. O emprego dos sensores boia e ultrassônico combinados proporcionou uma realimentação confiável, permitindo que o controlador realizasse ajustes rápidos e precisos. Os resultados evidenciam que, com um aprimoramento no sistema de controle que foi aplicado, pode-se alcançar ainda mais precisão, fazendo do protótipo uma alternativa viável para aplicações em controle de nível contínuo em indústrias e ambientes que não exijam uma alta resistência à corrosão.

Figura 5. Protótipo montado.

CONCLUSÕES

O protótipo foi construído, testado, funcionou bem e pode atender a demanda de pequenas empresas. Uma alternativa que pode ser fabricada e comercializada. Como trabalhos futuros sugere-se o levantamento de curvas de torque, necessário para atuar válvulas de esfera de diâmetros variando de 2” a 6” para se usar solução mecânica similar e ampliar a especificação de servomotores, ou o indicado neste trabalho caso atenda a nova especificação, para a aplicação nessa faixa. Isso, somado ao que já se desenvolveu, atenderia grande maioria das pequenas indústrias.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Aluno orientado: pesquisa sobre a temática, desenvolvimento e testes do projeto, documentação das produções(relatório e resumo expandido).

Professor Orientador: concepção da ideia, financiamento do projeto, orientação dos trabalhos, revisão das produções.

Professor Colaborador: colaboração na orientação do trabalho, na discussão de ideias, no desenvolvimento e testes do projeto.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa e seus integrantes pela estrutura e suporte.

Ao orientador pela valiosa orientação e apoio durante a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

RIBEIRO, M. A. *Válvulas de Controle e Segurança*. 5º edição. Salvador: [s.n.], 1999.

OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 5º edição. São Paulo: Pearson Education, 2010.

RAJAN, R; VISHNOI, P; AGARWAL. Liquid Level Control of Conical Tank Using Fractional Order PID Controller: State of Art. *Recents Advences and Trends in ELETRICAL ENGINEERING*, India, New Delhi v.1, p.148-154, 2014.

PERÉZ-OCÓN, F; RUBIÑO, M; ABRIL, J.M. Fiber-optic liquid-level continuos gauge. *ELSEVIER.* Espanha, v. 125, p. 124-132, 2006.

NUNES, K. *Desenvolvimento da Válvula de Controle de Vazão para Motor de Foguete Híbrido.* 2019. Dissertação(Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

NISE, N. *Engenharia de Sistemas de Controle.* 6º edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, GEN, 2012.

MARGOLIS, M; WELDIN, N. *Arduino Cookbook.* Califórnia: O'Reilly, 2011.