



Validação de um módulo de aquisição automático de dados para aplicações em trocadores de calor

Gabriel de Moura Costa², gabriel_m_costa18@hotmail.com

Thiago Tonon¹, thiago.tonon@ifpr.edu.br

Murilo Silva Colombo², murilo.sc.sc@gmail.com

Edno Gentilho Junior¹, edno.junior@ifpr.edu.br

Cid Marcos Gonçalves Andrade², cmgandrade@uem.br

Oswaldo Curty da Motta Lima², ocmlima@uem.br

Resumo: Sistemas de troca de calor são muito utilizados nas indústrias para reaproveitar a energia em forma de calor entre processos distintos, transferindo calor de uma fonte quente para um processo que precisa de aquecimento, reduzindo assim a necessidade de um número alto de caldeiras, fornos e sistemas de refrigeração em uma planta, o que acarreta também em uma redução dos custos de operação. Devido a sua importância em plantas industriais é imprescindível que os alunos de engenharia química entendam sua operação por completo. Sendo assim, este artigo apresenta os testes de validação e os resultados de um módulo de aquisição automático de dados, desenvolvido com o intuito de suprir a necessidade de melhoria da interação dos alunos com as atividades práticas em sistemas de trocas de calor.

Palavras-chave: Instrumentação, Trocador de Calor, Arduino, Aquisição e Armazenamento de Dados.

1 Introdução

Trocadores de calor são equipamentos amplamente utilizados na indústria para realizar o processo da troca térmica entre dois fluidos de diferentes temperaturas, possibilitando o resfriamento e o aquecimento de fluidos.

Sua principal aplicação nos processos químicos industriais em geral é a recuperação e a reutilização do calor já inserido no processo, transferindo a energia gerada em uma parte do

processo para outra, minimizando, por exemplo, a necessidade de diversas caldeiras e condensadores em uma mesma planta, tornando-as assim mais compactas e diminuindo o custo operacional da mesma (ARAÚJO et al, 2010), (BEJAN et al, 2003), (DE CAMPOS et al, 2006), (KREITH et al, 2012).

Os principais tipos de trocadores de calor, classificados por sua geometria são: trocadores de calor tubulares, de placas e de superfície estendida, sendo os principais exemplos das duas primeiras classes, o trocador de calor casco e tubo (shell and tube) e o trocador de calor por placas (plate and frame), respectivamente (ARAÚJO et al, 2010), (KREITH et al, 2012).

Sendo assim, a proposta deste trabalho é apresentar o teste de validação de um módulo de monitoramento e aquisição automático de dados, de fácil implantação, manipulação e baixo custo, aplicado a um sistema de troca térmica entre dois radiadores cujo objetivo é melhorar a interação do aluno com as atividades práticas.

2 Protótipo Experimental

Para este experimento foi colocado em contato dois radiadores de pequeno porte com 7/8" de diâmetro, utilizando pasta térmica e prendedores, de forma a garantir o máximo contato possível. Cada radiador possui 3 passagens horizontalmente com 8 passagens verticais. Dessas as duas passagens internas de cada trocador foram colocadas em contato de forma a conseguir a maior área de troca térmica

1 - Instituto Federal do Paraná – IFPR Paranavaí

2 - Universidade Estadual de Maringá

possível.

Para o desenvolvimento do módulo de aquisição automático de dados foi utilizado a plataforma Arduino MEGA. O Arduino é uma plataforma open-source que permite fácil prototipagem e desenvolvimento de hardwares e softwares. Este equipamento é capaz de receber e enviar dados a componentes eletrônicos através de suas portas digitais e analógicas. Nele podemos encontrar um processador de dados, uma entrada USB para comunicação e um conector para alimentação externa.

O módulo de aquisição automático de dados é composto de 8 entradas para sensores de temperatura digitais e 9 entradas para sensores de vazão. Além disso conectados a caixa existem 2 botões, um para início e outro para o encerramento da aquisição de dados.

Com o objetivo de poder armazenar os dados adquiridos pelo sistema, foi utilizado um módulo micro SD, que permite a gravação e leitura de dados em um cartão micro SD, que pode ser removido e conectado a um computador, posteriormente, para a retirada de dados.

De forma a habilitar a exibição em tempo real dos dados monitorados pelo módulo foram utilizados em conjunto com 4 displays LCD 4x20, módulos de comunicação I²C que possibilitam a utilização de vários displays em um mesmo barramento de transmissão de dados endereçando única e individualmente cada display.

Para monitorar o tempo de funcionamento do projeto foi utilizado um relógio digital RTC DS1307 conectado ao Arduino utilizando o mesmo barramento dos displays.

Com o intuito de medir a temperatura foram utilizados sensores digitais DS18B20, fabricado pela Dallas Semiconductor. Este equipamento atua como um termômetro podendo medir temperaturas de -55°C a 125°C, e pode ser encontrado encapsulado o que atribui a ele resistência a água, podendo assim ser imerso nos fluidos. O mesmo possui um circuito integrado que realiza a conversão do sinal de temperatura medido em sinal digital e o transmite através do protocolo de comunicação 1-Wire. Este protocolo de comunicação se mostra a principal característica deste sensor, pois permite que cada

sensor de temperatura tenha um endereço diferente, assim permitindo que inúmeros sensores sejam ligados ao mesmo barramento de comunicação e ocupem apenas 1 porta de comunicação do Arduino MEGA.

Com o objetivo de medir a vazão foram utilizados sensores YF-B1, um sensor de efeito hall que mede com precisão a vazão que corre por ele através da contagem de pulsos eletromagnéticos, que acontecem toda vez que o rotor interno do sensor completa uma volta. Sua escolha se deve ao seu tamanho compacto, a capacidade de medição de vazão entre 1 e 25 L/min e a resistência a temperaturas de até 120°C. Este sensor não possui um circuito integrado de conversão de sinal nem o protocolo 1-Wire, assim cada sensor utilizado deve ser ligado a uma porta digital e a contagem dos pulsos deve ser feita através de programação, já que o mesmo envia esses pulsos como um sinal elétrico para o Arduino MEGA.

3 Resultados e discussões

A Figura 1 mostra o sistema do teste de validação do módulo de aquisição automático de dados. O setup consiste do sistema de troca térmica entre dois radiadores, duas eletrobombas de vazão 10L/min para bombeamento de água, 4 sensores de vazão e 4 sensores de temperatura, posicionados um em cada extremidade do projeto sendo elas: a entrada de fluido quente, a saída do fluido quente, a entrada de fluido frio e a saída de fluido frio.

O objetivo deste teste foi verificar se o módulo de aquisição automático de dados é capaz de detectar a variação de temperatura causado pelo sistema de troca térmica e também se há vazamentos na linha de transmissão a partir da medição de ambas as variáveis (temperatura e vazão) nas extremidades da planta.

Para isso então, foram criadas variações de temperatura no sistema de forma a alterar a quantidade de troca térmica para que houvesse um aumento ou diminuição da diferença de temperatura dos fluidos de forma a incitar ou diminuir a troca de calor, e posteriormente repetido o teste provocando vazamento nas linhas de transmissão de forma a verificar se o sistema detectaria a diferença entre a vazão de

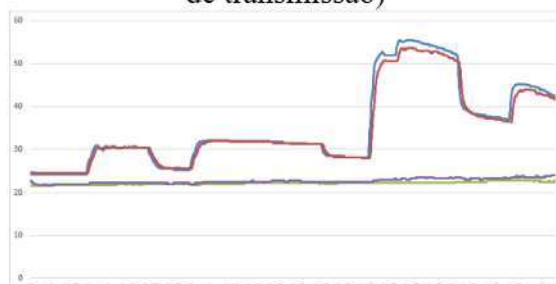
entrada e de saída.

Figura 1 – Setup do sistema de validação



Fonte: Autoria Própria

Figura 2 – Teste 1 (com vazamento nas linhas de transmissão)



Fonte: Autoria Própria

Figura 3 – Vazão Teste 1 (com vazamento nas linhas de transmissão)



Fonte: Autoria Própria

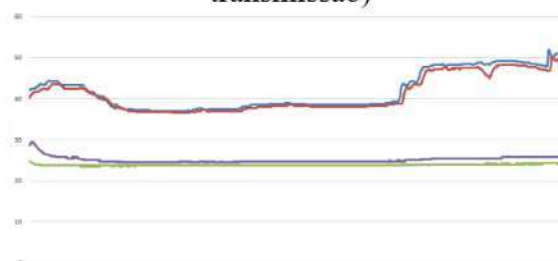
O primeiro teste foi executado sob condições não favoráveis de operação (com vazamento nas duas linhas de fluxo de água) e sob temperatura ambiente.

Como mostra a Figura 2, a temperatura de saída quente (linha vermelha) acompanha a temperatura de entrada quente (linha azul), porém defasando a temperatura entre 0 a 1°C, conforme aumenta a diferença de temperatura entre o fluido frio e o fluido quente.

Isso é perceptível ao olharmos para o terceiro pico no gráfico de temperatura no final da Figura 2, onde a diferença entre a temperatura de entrada do fluido quente e a temperatura de entrada do fluido frio (linha verde) atinge sua diferença máxima e da mesma forma é atingido o pico de diferença entre a entrada e a saída do fluxo de fluido quente. O mesmo ocorre para o fluido frio, onde a diferença de temperatura máxima entre a entrada e a saída do fluxo de fluido frio é atingida quando a diferença entre a temperatura de entrada do fluido quente e a temperatura de entrada do fluido frio é máxima. A quantidade de calor ganho pelo fluido frio é equivalente à quantidade de calor perdido pelo fluido quente em °C

Devido aos medidores de vazão posicionados nas extremidades das linhas do processo, é possível perceber uma grande diferença na vazão tanto para o fluxo entrada e a saída quente quanto para o frio, devido aos vazamentos presentes nas linhas de fluxo da planta, conforme indica a Figura 3.

Figura 4 – Teste 2 (sem vazamento nas linhas de transmissão)



Fonte: Autoria Própria

Figura 5 – Vazão Teste 2 (sem vazamento nas linhas de transmissão)



Fonte: Autoria Própria

O segundo teste foi feito sob condições

ideais de operação (sem vazamento nas linhas de transmissão) e sob temperatura ambiente.

Como mostra a Figura 4, a temperatura de saída quente (linha vermelha) acompanha a temperatura de entrada quente (linha azul), porém defasando entre 0 a 2°C a temperatura, conforme aumenta a diferença de temperatura entre o fluido frio e o fluido quente.

Isso é perceptível ao olharmos para o pico de temperatura no final da Figura 4, onde a diferença entre a temperatura de entrada do fluido quente e a temperatura de entrada do fluido frio (linha verde) atinge sua diferença máxima, assim como para o primeiro experimento. O mesmo ocorre para o fluido frio.

Devido aos medidores de vazão posicionados nas extremidades das linhas do processo, é possível perceber uma pequena variação entre a entrada e a saída que pode ser desconsiderada devido a pequena turbulência presente na planta, conforme mostra a Figura 5.

Comparando-se os 2 experimentos apresentados, é possível perceber que as presenças de vazamento nas linhas de fluxo apresentam grande influência na quantidade de calor trocada pelo sistema combinado de radiadores, de forma que mesmo que a temperatura de entrada do fluido quente e do fluido frio fosse exatamente a mesma, o sistema não seria capaz de trocar a mesma quantidade de calor.

Também é possível inferir, comparando apenas, os gráficos de vazão, que os sensores de vazão são sensíveis a pequenas turbulências e a vazamentos nas linhas de fluxo, podendo detectar esses vazamentos através da comparação dos dados medidos nas entradas e nas saídas do sistema. As vazões não atingiram o máximo da capacidade das eletrobombas devido a presença de bolhas nas linhas de fluxo.

4 Conclusões

Para alcançar o objetivo de validar o módulo de monitoramento e aquisição automático de dados, foi então desenvolvido um experimento através de um sistema de troca térmica entre dois radiadores de pequeno porte, de forma que fosse possível aplicar pulsos de temperatura no sistema e monitorar seu

comportamento através do equipamento desenvolvido.

Durante a operação do módulo aplicado ao sistema desenvolvido, foi possível perceber que o equipamento é sensível para detectar pequenas variações de temperatura, mesmo sob condições não ideais de vazão, como apresentam as figuras 2 e 4. Da mesma forma, o módulo foi capaz de detectar a diferença de fluxo nas entradas e nas saídas do sistema, devido às pequenas turbulências e quando submetidos a um experimento com vazamento nas linhas de fluxo.

Os experimentos foram repetidos duas vezes, de forma que se pode atestar a receptibilidade do sistema e a qualidade dos dados, e a replicação dos resultados garante que os dados foram adequados e condizentes com o esperado, em todas os testes.

A próxima etapa a ser seguida é a instalação e aplicação do mesmo equipamento em um trocador de calor localizado no laboratório de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, de forma que o mesmo seja utilizado para o estudo prático de engenharias Química, Elétrica e Software, para melhorar a compreensão dos alunos em relação ao funcionamento do trocador de calor e a programação, circuitos, controle e automação.

5 Agradecimentos

Agradecemos às instituições CAPES e CNPq pelo suporte e financiamento das pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.C.C. "Trocadores de Calor". São Carlos: EdUFSCar, 2010, 108p. – Série Apontamentos.
- BEJAN, Adrian; KRAUS, Allan D. **Heat transfer handbook**. John Wiley & Sons, 2003.
- DE CAMPOS, Mario Cesar M. Massa; TEIXEIRA, Herbert CG. **Controles típicos de equipamentos e processos industriais**. Edgard Blücher, 2006.
- KREITH, Frank; MANGLIK, Raj M.; BOHN, Mark S. **Principles of heat transfer**. Cengage learning, 2012.