



**XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG**  
Paper CREEM2010-SM-08

## **INSTRUMENTAÇÃO DE UM LOOP DE TESTES DESTINADO À AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE ROTORES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSÍVEIS**

**Denis Soares de Freitas, Thiago Caetano, Juliano O. Moraes, Sinésio D. Franco**

UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Mecatrônica  
Campus Universitário – Santa Mônica - CEP 38400-902 - Uberlândia – Minas Gerais  
E-mail para correspondência: denissfreitas@hotmail.com

### **Introdução**

O desgaste é uma das principais causas de falhas em equipamentos utilizados na produção de petróleo e fonte permanente de gastos em manutenção de componentes. Estudos e projetos de P&D nesta área são fundamentais para a redução dos custos de produção, aumento da segurança e proteção do meio ambiente.

Nos sistemas de Bombeio Centrífugo Submerso (BCS) de poços de petróleo, a presença de areia traz consigo uma série de problemas, destacando-se a rápida degradação de componentes mecânicos, entre eles os rotores das bombas.

A degradação reduz o rendimento e compromete a capacidade de bombeamento devido ao desbalanceamento dos rotores, resultando também na falha dos mancais (Wilson, 1990). Dessa forma, um monitoramento adequado dos parâmetros de produção, associado à otimização de componentes dessas bombas, constituem ferramentas imprescindíveis no gerenciamento de sistemas de produção como este.

Uma ferramenta útil para avaliar o desgaste erosivo e corrosivo de rotores de BCS's em diferentes condições de operação pode ser uma plataforma de controle e aquisição de dados em loops montados em laboratório.

### **Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e implementação de um sistema de controle e aquisição dos parâmetros relativos ao processo de desgaste em rotores de BCS's montadas em um loop no LTAD. Tal plataforma deve ser monitorada a partir de um software supervisor com o intuito de facilitar a visualização dos dados e a sua interpretação.

### **Metodologia**

Foi feito um estudo detalhado do circuito de teste, possibilitando a identificação dos equipamentos que o compõem, suas características construtivas e de operação, bem como os fluidos e sólidos em suspensão a serem utilizados nos testes.

Desta forma, verificou-se que os parâmetros que carregam informações importantes do processo e que necessitam ser monitorados são: vibrações, temperatura do fluido, pressões na entrada e saída da BCS, torque e rotação no eixo do motor e vazão do fluido bombeado.

As faixas de operação do circuito são: pressão de 0 a 4 bar, temperatura entre 5 e 70 °C e vazão de 4,4 a 30,0 m<sup>3</sup>/h.

As bombas são acionadas por um motor elétrico de 50 HP e 3555 rpm, controlado remotamente por um inversor de frequência. Os ensaios serão realizados utilizando misturas contendo água do mar sintética, petróleo e traços de areia em suspensão. Essas informações são relevantes uma vez que os sensores utilizados precisam ser adequados a essa aplicação visto que estarão em contato direto com esses elementos.

Uma vez de posse das características de funcionamento do circuito foi realizada uma análise dos possíveis modos de comunicação que podem ser utilizados para a integração dos sensores e atuadores com o sistema supervisor. Para essa análise foram avaliadas as vantagens e desvantagens de cada plataforma, relacionando-as com as necessidades do projeto. Dentro das características observadas podem ser citadas: o grau de imunidade a ruídos, o custo dos equipamentos, a economia na montagem, o tipo de comunicação (analogica ou digital), a facilidade de implementação e a possível integração ao software supervisor.

No monitoramento das vibrações são utilizados acelerômetros PCB Modelo 352C67 da PCB Piezotronics®, em que os sinais são condicionados por um módulo condicionador de sinais da National

Instruments. Além da sua confiabilidade e eficiência, esses sensores tem uma boa integração com o LabVIEW®, ambiente onde será desenvolvido o software supervisor.

A vazão é medida através de um sensor de vazão mássica Metroval RHM40-4FS1P, baseado no princípio de coriolis. A medição da rotação é feita através de um encoder HEIDENHAIN ROD 426 e, por sua vez, o torque é medido pelo torquímetro HBM T22/500Nm.

O sensor de vazão e o encoder transmitem os sinais em forma de pulsos digitais cuja informação relevante é proporcional à frequência dos pulsos. Já o torquímetro transmite o sinal em tensão na forma analógica convencional. A aquisição dos sinais é feita através de uma placa de aquisição também da National Instruments, PCI-6221. Para esses sensores a utilização dessa plataforma de comunicação é eficiente e confiável, além da simplicidade na sua implementação, baixo custo, característico de sistemas analógicos, e facilidade na comunicação da placa de aquisição com o LabVIEW®.

Entretanto, sensores de pressão e temperatura que utilizam comunicação analógica são geralmente muito sensíveis a ruídos que podem ser causados principalmente pela presença de inversores de frequência alimentados pela mesma rede elétrica. Portanto, para solução desse problema, os sensores adquiridos para este fim utilizam a comunicação digital. Sua comunicação é compatível com o protocolo Foundation Fieldbus, que permite ainda economias na fiação e na montagem dos equipamentos (Bordim *et al.*, 2006). A comunicação com o programa é feita através de um servidor OPC externo via HSE (High Speed Ethernet), que é integrado a um módulo que aquisição e armazena as informações dos sensores (Departamento de Engenharia de Aplicações da Área Nacional e Internacional Departamento de Treinamento Smar Equipamentos Industriais Ltda, 1998).

Para criação do software supervisor foi utilizado o ambiente de desenvolvimento de aplicação de softwares da National Instruments, LabVIEW®, devido à sua facilidade de interação com uma ampla faixa de dispositivos e plataformas de comunicação.

Para o desenvolvimento do programa foi definido primeiramente o algoritmo que indica a sequência de tarefas a serem executadas: o conjunto de parâmetros de entrada necessários para que seja iniciado o ensaio (duração do ensaio, rotação nominal do conjunto moto-bomba e amplitude máxima de vibração permitida), a sequência de abertura das conexões e de acionamento dos dispositivos, aquisição e tratamento dos dados. Rotinas de segurança, apresentação dos resultados e salvamento dos dados também foram incorporadas ao software supervisor. Nesta etapa houve um estudo detalhado das características de transmissão de dados de cada dispositivo a ser conectado ao sistema, para que a comunicação pudesse ser estabelecida de maneira apropriada.

Após a conclusão do software supervisor, foi feita a integração do sistema e os devidos testes para sua validação ou possíveis alterações que se fizeram necessárias.

## **Resultados**

Os sensores adquiridos atenderam as especificações, apresentando alta imunidade a ruídos e boa velocidade de transmissão de dados. A placa de aquisição foi instalada e foram feitos testes relativos ao seu funcionamento e a sua comunicação com o software supervisor, que apresentaram os resultados esperados.

Os acelerômetros foram testados com o software supervisor e também apresentaram o desempenho eficiente. A estrutura mecânica se encontra ainda em fase de montagem no LTAD, sendo assim os demais dispositivos serão testados à medida que a estrutura for sendo montada, de forma a se obter maior economia de tempo diagnosticando de antemão possíveis alterações necessárias.

## **Conclusões**

O sistema de controle e aquisição para o loop de testes de desempenho das BCS foi desenvolvido com sucesso, restando o término da montagem da estrutura mecânica e a conseqüente validação dos componentes de forma unificada. Os testes com os acelerômetros apresentaram os resultados esperados e espera-se que na validação do sistema final, ele apresente a funcionalidade e a confiabilidade necessárias ao processo.

## **Referências Bibliográficas**

- Bordim, J. L., Silva, J. Y. M. A., Cruz, M. M. F., Rosado, R.M., “Redes Industrias – Fieldbus”, Monografia, UnB-Universidade de Brasília, Brasília-DF, 13p., 2006.
- Departamento de Engenharia de Aplicações da Área Nacional e Internacional Departamento de Treinamento Smar Equipamentos Industriais Ltda, “Como Implementar Projetos com Foundation Fieldbus”, 32p., 1998.
- Wilson, Brown L., “The Effects of Abrasives on Electrical Submersible Pumps”, Paper, Jornal SPE Drilling Engineering, Vol.5, pp.171-175, 1990.