

SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE UM LOOP PARA REALIZAR ENSAIOS DE CORROSÃO - EROSÃO

Gabriela V. Lima, Juliano O. Moraes, Sinésio D. Franco, Vera L. D. S. Franco

Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia Caixa Postal 38400-089, Uberlândia, MG, Brasil

E-mails: gabriela.vieira.lima@hotmail.com, j_oseias@yahoo.com, sdfranco@ufu.br, vlfranco@ufu.br

Resumo - Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição e monitoramento de dados para um circuito de testes de corrosão e erosão. Este equipamento realizará testes em componentes e equipamentos utilizados na exploração de petróleo. Para o acompanhamento dos resultados dos testes e a aquisição dos sinais advindos dos sensores, bem como o comando dos inversores de frequência via computador, foi desenvolvido um programa em LabVIEW®. O programa desenvolvido possui uma interface intuitiva, que permite o acompanhamento dos testes dos materiais em tempo real, através de indicadores numéricos e gráficos. Ele também possibilita o armazenamento de todos os dados adquiridos, bem como, comentários, alarmes ou erros que possam ocorrer ao longo dos testes. Além disso, o programa permite o controle de acionamento e rotação das bombas hidráulicas, através dos inversores de frequência, garantindo a automatização e segurança dos testes.

Palavras-Chave – Corrosão, Erosão, Instrumentação, LabVIEW, Monitoramento.

INSTRUMENTATION AND MONITORING SYSTEM FOR A LOOP TO PERFORM TESTS OF CORROSION - EROSION

Abstract - This paper describes the development of a data acquisition and monitoring system for a corrosion and erosion flow Loop. Its purpose to test corrosion and erosion in components and equipment used in oil exploration. To monitor the results of the tests, acquisition of signals from the sensors and also the command of the frequency inverter a computer program was developed in LabVIEW®. The developed program has an intuitive interface which allows the monitoring of materials tests in real time, using numerical and graphical indicators. It is also possible to store all the data acquired as well as feedback, alarms or errors that can occur throughout the tests. Beyond this, by means of the developed computer program providing automation and safety tests, the

control of the rotation by frequency inverter and of the pumps becomes possible.

Keywords – Corrosion, Erosion, Instrumentation, LabVIEW, Monitoring.

I. INTRODUÇÃO

Na exploração marítima de petróleo, devido à ação combinada da erosão e da corrosão, componentes e equipamentos, como por exemplo, as válvulas do tipo *choke*, apresentam uma vida útil bastante curta nas suas sedes, carcaças e plugues [1], conforme apresentado nas Figuras 1 e 2.



Fig. 1. Válvula *choque* mostrando região onde predomina a erosão.



Fig. 2. Válvula *choque* mostrando região onde predomina a corrosão.



X CEEL - ISSN 2178-8308
24 a 28 de setembro de 2012
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

Com a exploração de petróleo em águas profundas, a frequente substituição de componentes de exploração torna o processo extremamente caro. Desta forma, à necessidade de se obter novos materiais que diminuam os gastos em manutenção dos dutos e seus componentes incentivou o desenvolvimento de um sistema de análise de desgaste por corrosão e erosão [3].

Neste contexto foi projetado e construído um circuito de testes, conforme ilustrado na Figura 3. O circuito desenvolvido é formado por tubulações de aço inoxidável, através das quais podem ser transportados fluidos (óleo, gás e água), com a presença de abrasivos e velocidades de até 5 m/s [2], [4].

O circuito de testes tem como finalidade realizar ensaios com diferentes materiais, assim, torna-se de fundamental importância o monitoramento e o controle dos parâmetros de ensaio e de segurança, visando à automação do processo e a realização segura de ensaios.



Fig. 3. Circuito de testes para ensaios de corrosão e erosão.

II. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de uma plataforma de instrumentação, envolvendo o monitoramento de todos os sensores e o controle do equipamento é fundamental para uma operação segura e com resultados confiáveis. A representação esquemática do sistema desenvolvido é exibida na Figura 4.

Para a seleção dos sensores foi necessário à realização de um estudo detalhado de todo o circuito de testes. Foram identificados os diferentes elementos que compõe o sistema, suas características de operação e construção e os fluidos e materiais utilizados durante os ensaios.

Assim, foram identificados os parâmetros que carregam informações sobre o processo e que devem ser monitorados: temperatura, vazão, pressão e potencial hidrogeniônico (pH) do fluido ensaiado.

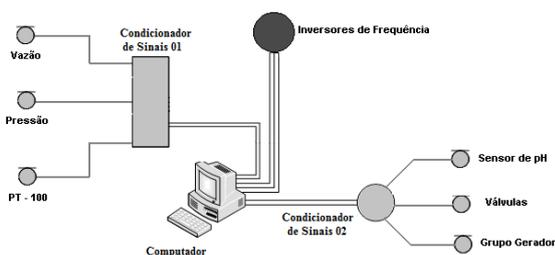


Fig. 4. Representação esquemática do sistema desenvolvido.

As faixas de operação do equipamento Loop são: pressão de até 4 bar, temperaturas entre 5 e 70 °C e taxa de vazão de até 75 m³/h ou 150 m³ /h, dependendo da bomba utilizada.

Os ensaios de corrosão e erosão poderão ser realizados com misturas sintéticas contendo água do mar, óleo e areia em suspensão. Essa informação é essencial, pois os sensores utilizados devem ser adequados para esta aplicação, uma vez que eles irão entrar em contato direto com este fluido.

A. Instrumentação

Os sensores instalados na tubulação do circuito de testes foram: de temperatura, pressão e vazão. E o sensor de pH foi alocado no tanque que armazena o fluido utilizado durante o ensaio.

Para a aquisição de temperatura, o sensor escolhido foi o termoresistor PT-100. Este sensor opera da seguinte forma: as variações de temperatura geram variações na resistência elétrica do sensor. Como o mesmo foi construído no modo quatro fios, ele possui uma alta precisão, diminuindo possíveis erros de medição.

Para a aquisição de pressão, foi utilizado um sensor de pressão absoluta, capaz de medir pressões de líquidos ou gases. Este sensor mede valores de pressão de até 10 bar, possui uma sensibilidade nominal de 2mV/V, e a capacidade de ser montado em qualquer posição.

Para a medição de vazão, foi utilizado um sensor de vazão mássico. Este medidor é baseado no princípio de Coriolis, o mais indicado para a medição de vazão em fluidos multifásicos. O sensor é acompanhado por um transmissor capaz de converter a leitura de vazão em um sinal pulsado.

Para realizar a aquisição destes três sensores, e respectivamente a sua transferência para o computador, utilizou-se um condicionador de sinais, o *Spider8 - HBM*. Este equipamento é responsável por alimentar os sensores, realizar a aquisição dos sinais, a amplificação, a filtragem e a conversão analógico-digital. O condicionador é capaz de fornecer até 9600 valores por segundo, com uma resolução de 16 bits por canal.

Para realizar a aquisição de pH, foi utilizado um sensor composto por um eletrodo e um transmissor. O eletrodo é imerso no tanque que armazena o fluido do ensaio, sendo capaz de medir valores de 0 a 14 unidades de pH. O transmissor é capaz de converter o sinal do eletrodo em um sinal padrão de corrente, variando de 4 a 20 mA.

A tubulação do circuito de testes possui cinco válvulas (aberto-fechada), que permitem a saída e o retorno do fluido, promovendo a circulação de água, óleo ou gás no sistema. Para possibilitar que o programa de supervisão do circuito de testes reconheça o estado lógico das válvulas, foram instaladas nas mesmas, cinco chaves fim de curso.

A fim de realizar a comunicação das chaves fim de curso e do sensor de pH com o computador, foi utilizada uma placa de aquisição de dados. A placa de aquisição de dados possui 68 pinos de entradas e saídas, variando em conexões digitais e analógicas. A aquisição de dados é realizada através da leitura de 100 amostras a uma frequência de 1 kHz. O dispositivo trabalha com o padrão TTL (*Transistor-Transistor Logic*) de comunicação digital.

B. Programa de Aquisição e Monitoramento

Para viabilizar a aquisição e o monitoramento dos sinais dos sensores instalados no equipamento, foi desenvolvido um programa supervisorio na plataforma LabVIEW®, versão 8.5.

O programa foi desenvolvido para ser intuitivo e de fácil utilização, permitindo o seu uso mesmo por um usuário que não possua conhecimentos específicos de programação em LabVIEW®.

1) Aquisição de Dados

A aquisição de dados dos sensores de pressão, vazão e temperatura, ocorrem através do condicionador de sinais Spider8. O mesmo é conectado ao computador através da porta paralela, com configuração “Mode Nibble”, cuja capacidade é realizar 6500 aquisições/s.

As rotinas de aquisição desenvolvidas no software LabVIEW®, permitem toda configuração do Spider8, ou seja, é possível configurar o canal de entrada de cada sensor, escolher a quantidade de dados que serão adquiridos por segundo e converter o sinal elétrico obtido em valores físicos de pressão, vazão e temperatura.

A transferência dos dados advindos do sensor de pH e das chaves fim de curso para o computador ocorre através da placa de aquisição, como mencionado anteriormente. As rotinas de aquisição desenvolvidas no software LabVIEW®, para a leitura destes dados permitem a conversão do sinal elétrico obtido para valores físicos de pH, além de possibilitar o monitoramento gráfico das chaves fim de curso.

2) Interface Homem – Máquina

A Figura 5 exibe a interface principal do programa supervisorio desenvolvido em LabVIEW®, construído de modo a tornar-se didático e de simples utilização.



Fig. 5. Interface principal do programa de aquisição e monitoramento.

Através da interface principal, o operador tem a possibilidade de visualizar as seguintes abas: Informações de Ensaio, Informações de Materiais, Comentários, Célula de Teste, Tanque, Válvulas e a aba de Segurança, obtendo todas as informações referentes ao ensaio realizado.

A aba ‘Informações de Materiais’, possibilita ao operador visualizar a qualquer instante, os parâmetros de ensaio fornecidos no início do programa: a descrição do fluido utilizado no ensaio, bem como o seu valor de vazão, a sua fração e velocidade.

A aba ‘Informações de Ensaio’, possibilita ao operador visualizar outros parâmetros definidos no início da operação, são eles: o tempo de duração do ensaio, a vazão total do fluido transportado, a temperatura do fluido no início do ensaio e a identificação do operador.

A aba ‘Válvulas’ possui cinco *leds*, que indicam se as válvulas hidráulicas do equipamento, que permitem a circulação de fluido no sistema, estão abertas ou fechadas.

Quando o operador acessa as abas ‘Célula de Teste’ e ‘Tanque’, é possível visualizar os indicadores numéricos e gráficos referentes aos sensores de pressão, temperatura e pH, instalados na tubulação do equipamento e no tanque que reserva o fluido ensaiado, ilustrado nas Figuras 6 e 7.

Na aba ‘Célula de Teste’ é possível visualizar também a descrição e quantidade de materiais abrasivos utilizados durante o ensaio.



Fig. 6. Interface referente à aba ‘Célula de Teste’.



Fig. 7. Interface referente à aba ‘Tanque’.

Através da aba ‘Segurança’, o operador pode visualizar e alterar os valores máximos de temperatura e pressão, garantindo a segurança do ensaio. A aba “Comentários” permite salvar informações observadas durante os testes.

Na interface principal é possível observar também a barra de progresso do ensaio, e um indicador gráfico referente ao sensor de vazão. Além disso, há *leds* que indicam se o ensaio está em curso, se ocorreu algum erro ou se já foi finalizado e *leds* e alarmes sonoros que sinalizam se os níveis de pressão, temperatura e vazão estão dentro da

faixa de segurança definida pelo operador, além dos botões para iniciar ou cancelar o ensaio.

3) *Automatização dos Inversores de Frequência*

O circuito de testes pode operar através de três bombas hidráulicas distintas. Duas bombas são bombas de deslocamento positivo que operam com uma vazão máxima de 75 m³/h cada uma. A outra é uma bomba centrífuga, cuja capacidade máxima é de 150 m³/h. Cada bomba hidráulica é acionada por um motor elétrico, cujo controle de rotação é realizado por inversores de frequência.

A fim de possibilitar o acionamento automático das bombas hidráulicas pelo programa supervisor, garantindo que o operador possa realizar os ensaios remotamente, foi construído um circuito eletrônico, composto por entradas e saídas digitais e analógicas, que conecta o programa supervisor com o inversor de frequência de cada motor.

O circuito eletrônico recebe do programa supervisor o nível de vazão e a bomba hidráulica a ser utilizada durante o ensaio. Através de um microprocessador PIC, ele verifica se as válvulas hidráulicas estão habilitadas e aciona o inversor de frequência da bomba hidráulica a ser utilizada.

Entretanto, após realizar os testes preliminares, foi constatado que os ruídos, gerados pelos inversores de frequência e motores elétricos, impediam a atuação do microcontrolador PIC, presente no circuito eletrônico, e desta forma, o sistema era incapaz de controlar os inversores de frequência.

Como não foi possível eliminar o problema dos ruídos, uma vez que são inerentes ao sistema de acionamento das bombas hidráulicas, optou-se por realizar o acionamento dos inversores de frequência através de um protocolo de comunicação serial.

A comunicação entre o programa supervisor e os inversores de frequência ocorre através do padrão físico de comunicação serial RS-232.

Como os inversores utilizados no circuito de testes, são de fabricantes distintos, foi necessário trabalhar com dois protocolos de comunicação diferentes, o Modbus-RTU e o protocolo USS, conforme observado na Figura 8.

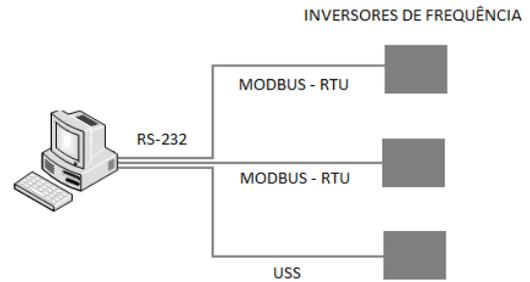


Fig. 8. Protocolos de comunicação dos inversores de frequência com o computador.

Estes protocolos são baseados no mecanismo de controle de acesso do tipo mestre-escravo, onde a estação mestre (programa supervisor em LabVIEW[®]) envia mensagens para comandar o escravo (inversor de frequência).

Como a versão utilizada do LabVIEW[®] não possui bibliotecas específicas para esses protocolos, foi necessário desenvolver rotinas completas de comunicação para os inversores. O programa construído permite o acionamento e o controle de rotação dos motores elétricos, via inversores de frequência.

Após os testes preliminares com o programa supervisor, foi possível acionar e controlar as bombas hidráulicas de forma remota.

C. *Resultados*

Para validar o programa supervisor desenvolvido em LabVIEW[®], foram realizados ensaios no circuito de testes, conforme observado nas Figuras 9 e 10.

Na Figura 9 é possível visualizar os dados do sensor de pressão, de temperatura e de vazão. Já na Figura 10 observa-se a aquisição do sensor de pH.

Nas interfaces apresentadas é possível visualizar também o progresso do ensaio, o *led* indicando que o ensaio está em curso e os *leds* dos sensores indicando que a aquisição de dados está dentro dos valores admissíveis.

A avaliação dos sinais dos sensores baseou-se na comparação das medições realizadas em laboratório com a curva de calibração dos mesmos.

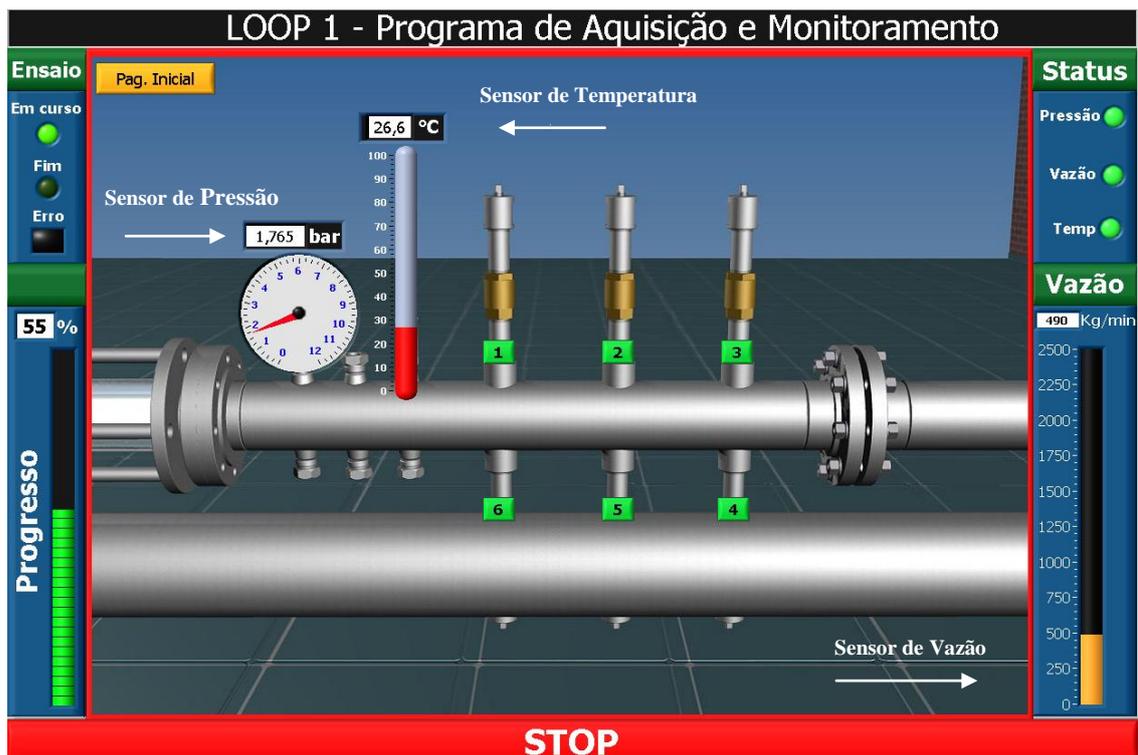


Fig. 9. Interface exibindo a aquisição de dados (1).

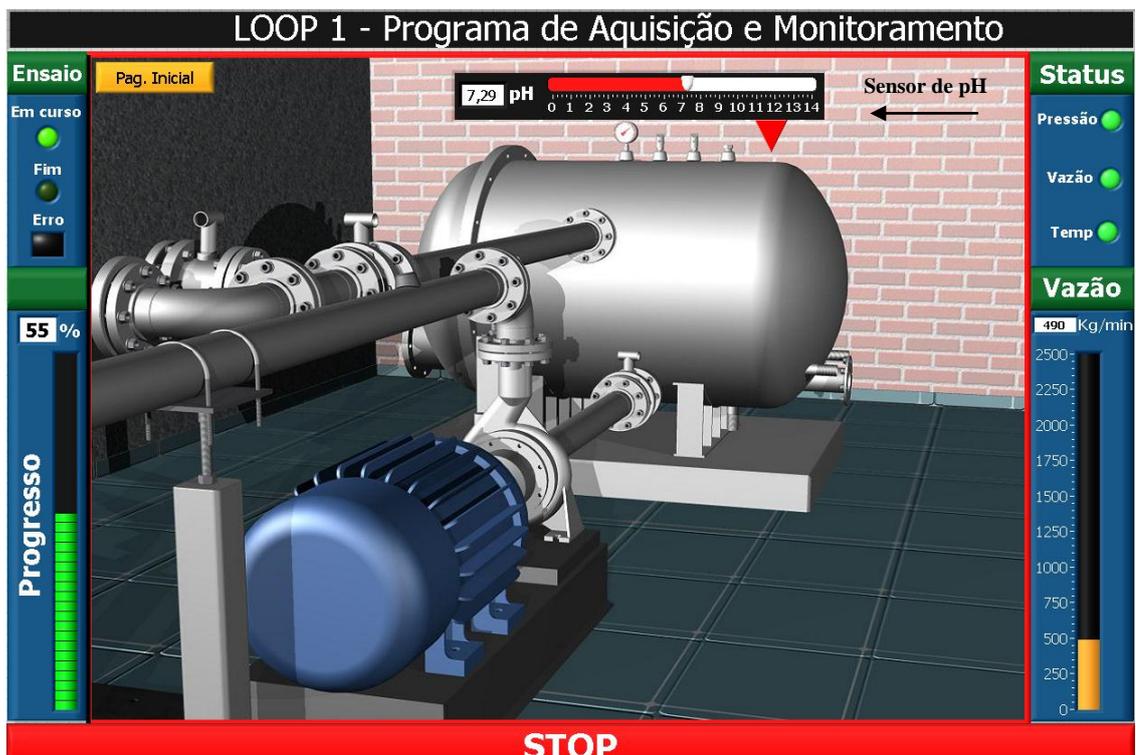


Fig. 10. Interface exibindo a aquisição de dados (2).

III. CONCLUSÕES

Com o planejamento e desenvolvimento do sistema de instrumentação do circuito de testes, foi possível obter uma plataforma mais robusta às interferências externas, tais como ruídos elétricos e mecânicos, inerentes ao sistema.

A instalação dos sensores e o desenvolvimento do programa supervisor em LabVIEW®, possibilitou a aquisição e o monitoramento em tempo real dos parâmetros que carregam importantes informações sobre o processo.

A implementação da plataforma de aquisição e monitoramento do Loop, possibilitou a realização de ensaios de corrosão e erosão. Os resultados destes ensaios irão auxiliar nas pesquisas para obtenção de novos materiais a serem utilizados na exploração de óleo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Petrobras e ao CNPQ pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ahlen, C. H., Bardal, E., Marken, L. and Solem, T., 1997. "New Ceramic-Metallic Materials for Choke Valves in Oil Production", Proceedings of the Eurocorr, Trondheim Norway.
- [2] Chen, Y., Hong, T., Gopal, M. and Jepson, W., 2000. "EIS Studies of a Corrosion Inhibitor Behavior Under Multiphase Flow Conditions", Corrosion Science 42, pp 979-990.
- [3] Franco, S., 2005. "Corrosão/Erosão em Componentes da Indústria de Petróleo", Relatório Técnico.
- [4] Hong, T. and Jepson, W., 2000. "Corrosion Inhibitor Studies in Large Flow Loop at High Temperature and High Pressure", Corrosion Science 43, pp 1839-1849.