

TESTE PARA MONITORAR AS
CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS DE TRANSMISSORES
DE PRESSÃO DO TIPO BALANÇO DE FORÇAS

A. J. SOARES
IPEN-CNEN/SP
R. P. DA SILVA; O. C. NAPOLITANO
FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

RESUMO

Este trabalho apresenta um teste simples, que se aplica a transmissores de pressão do tipo balanço de forças, para monitorar possíveis alterações em suas características dinâmicas. O teste é simples, não necessita que os transmissores sejam removidos do local onde estão instalados, e pode ser feito a partir da sala de controle. Alguns resultados obtidos com transmissores utilizados na central de Angra I são apresentados.

INTRODUÇÃO

O sistema de proteção de uma usina nuclear utiliza a informação de sensores de processo cuja resposta não é instantânea. Devido ao ambiente hostil em que muitos sensores estão localizados, os seus componentes podem sofrer alterações com o tempo, mais especificamente com a fluência. Consequentemente, suas características dinâmicas podem ser alteradas. Geralmente a sua resposta fica mais lenta, e se a degradação for muito grande, o tempo de resposta pode superar os valores estabelecidos na especificação técnica da instalação, colocando em risco a segurança da mesma. Para evitar que isto ocorra, é necessário um programa de testes periódicos, visando monitorar possíveis degradações no tempo de resposta dos sensores ligados ao sistema de proteção.

TIPOS DE TESTES

Os testes utilizados para medida do tempo de resposta de instrumentos podem ser classificados como diretos ou indiretos. Testes diretos são aqueles nos quais uma perturbação conhecida é aplicada ao instrumento, e o parâmetro de interesse é obtido de forma direta, através da monitoração da resposta do mesmo. Testes indiretos são aqueles nos quais o parâmetro de interesse é obtido através de uma análise da resposta do instrumento, assumindo-se um modelo dinâmico para o mesmo.

Para sensores de pressão, o teste direto consiste em aplicar, na linha de pressão na qual o sensor está instalado, uma perturbação em forma de uma rampa de inclinação constante. Um sensor de resposta rápida (chamado sensor de referência) é utilizado para monitorar a perturbação, e o intervalo de tempo decorrido desde o instante em que o sensor de referência atinge um valor pré-determinado, e o instante em que o sensor de processo atinge o mesmo valor é definido como sendo o tempo de atraso⁽¹⁾. A figura 1 mostra, de forma esquematizada, o tempo de atraso de um sensor.

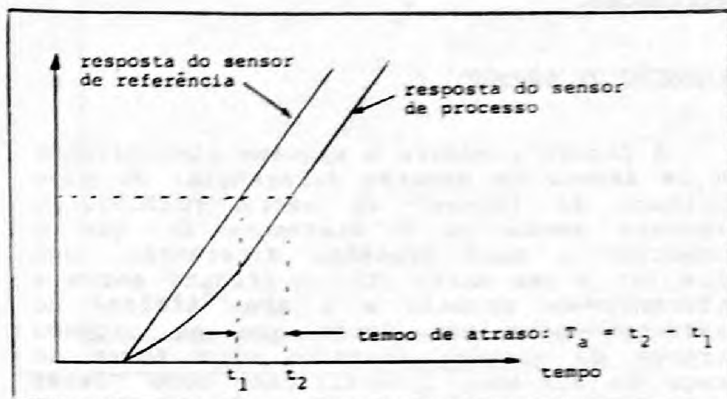


Figura 1 - Resposta de um sensor de pressão mostrando o tempo de atraso

Com relação aos testes indiretos, atualmente existem dois tipos aplicáveis a sensores de pressão, sendo que um deles é exclusivo para sensores do tipo "balanço de forças".

O primeiro tipo de teste indireto utiliza a técnica de análise de ruído, e pode ser aplicado à instrumentação em geral⁽²⁾. Este teste baseia-se na hipótese de que os sensores instalados na usina sofrem a ação de uma perturbação randômica, com um espectro contínuo de frequências e amplitude constante. No caso de sensores de pressão, a perturbação randômica é explicada como sendo a combinação de ondas de choque (vibrações) que se propagam pela estrutura mecânica do sistema, com as ondas de pressão que se propagam através do fluido que chega até o sensor.

De uma forma geral, os testes que utilizam a técnica de análise de ruído são aceitos como testes para monitoração da degradação do tempo de resposta. Isto significa que, um programa que utilize a técnica de análise de ruído tem três fases: a primeira envolvendo uma medida direta, a segunda envolvendo uma curva de referência (baseline), que deve ser concomitante com a primeira, e a terceira, chamada fase de vigilância, envolvendo a obtenção periódica das curvas que serão comparadas com a curva de referência. Qualquer diferença entre a curva obtida na fase de vigilância e a curva

de referência deve ser analisada para identificação das causas, e possíveis correlações com o tempo de resposta do instrumento.

O segundo tipo de teste indireto, aplicável a instrumentos de pressão é conhecido como teste PI (Power Interrupt test). O teste PI aplica-se exclusivamente a sensores do tipo balanço de forças, tendo sido desenvolvido para instrumentos da marca FOXBORO⁽³⁾. O teste é simples, consistindo em desligar o sensor de sua fonte de alimentação (remover a força que equilibra o sistema), esperar alguns segundos, religar a fonte de alimentação e monitorar o sinal do sensor até que ele atinja, novamente, o regime de equilíbrio. Ao contrário da análise de ruído, o teste PI permite medir o tempo de atraso, e não apenas monitorar a sua degradação.

OPERAÇÃO DO SENSOR

A figura 2 mostra o esquema simplificado de um sensor de pressão diferencial do tipo "balanço de forças" da marca FOXBORO. O elemento sensor é o diafragma D, que é submetido a duas pressões diferentes, uma alta (H) e uma baixa (L). O produto entre a diferença de pressão e a área efetiva do diafragma gera uma força que se propaga através do sistema mecânico para mover um braço de alavanca (identificado como "lever system" na fig. 2) e um disco de ferrite. O disco de ferrite faz parte de um transformador diferencial, e seu deslocamento gera um sinal de erro que realimenta o circuito eletrônico do sensor, causando uma variação na corrente DC que passa pelo circuito. A corrente DC, que também representa o sinal de saída do instrumento, passa por uma bobina (feedback coil) colocada perpendicularmente a um campo magnético, gerando uma força magnética proporcional à corrente. A variação na corrente DC gera uma variação na força magnética, que é a força de reação, e uma vez que o instrumento seja o apropriado para o intervalo de medida, a força de reação tende a cancelar a força gerada pela diferença de pressão (dai o nome balanço de forças). Como a força de reação é gerada pela corrente DC (o campo magnético é constante), entende-se que, qualquer perturbação na corrente DC gera um transiente no instrumento.

Com relação ao movimento do braço de alavanca (lever system), ele é fisicamente limitado. No sentido horário a limitação é devida à estrutura do instrumento, e no sentido anti-horário a limitação é causada pela presença de um "stop" colocado especificamente para esse fim. A limitação no movimento do braço de alavanca representa uma limitação no deslocamento do disco de ferrite, e consequentemente, uma limitação na amplitude do sinal de erro que é gerado pelo transformador diferencial. Alguns experimentos mostraram que uma degrau de cerca de 15% do intervalo de operação do sensor é suficiente para fazer com que o braço de alavanca atinja o "stop", aí permanecendo até que a força de reação seja suficientemente forte para reequilibrar o sistema. Enquanto o braço de alavanca permanece no "stop", o deslocamento do disco de ferrite e a magnitude do sinal de erro são máximas, e constantes. Isto significa que, para degraus de pressão acima de 15% do intervalo de operação do instrumento, a sua

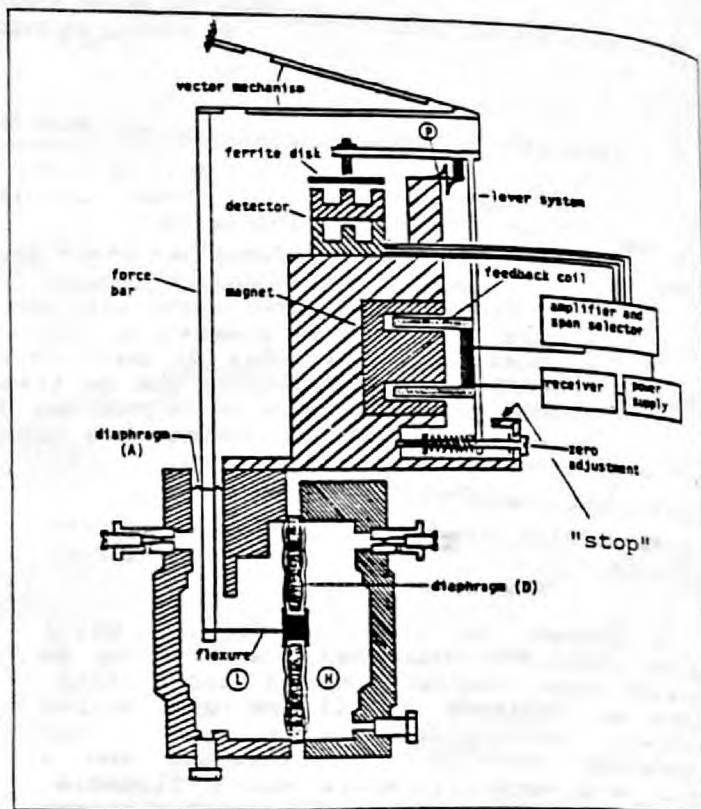


Figura 2 - Transmissor de pressão do tipo balanço de forças

resposta pode ser dividida em tres partes. A primeira parte corresponde ao intervalo durante o qual o braço de alavanca sai de sua posição de equilíbrio e atinge o ponto "stop"; a segunda corresponde ao intervalo de tempo durante o qual o braço de alavanca permanece no ponto "stop", e a terceira corresponde ao intervalo de tempo durante o qual o braço de alavanca deixa o ponto "stop" e retorna à posição de equilíbrio. Para ilustrar a presença das tres partes foi feito um teste no qual foi aplicado uma perturbação na forma de um degrau de 69% do intervalo de medida de um instrumento específico⁽⁴⁾. O resultado é mostrado na figura 3.

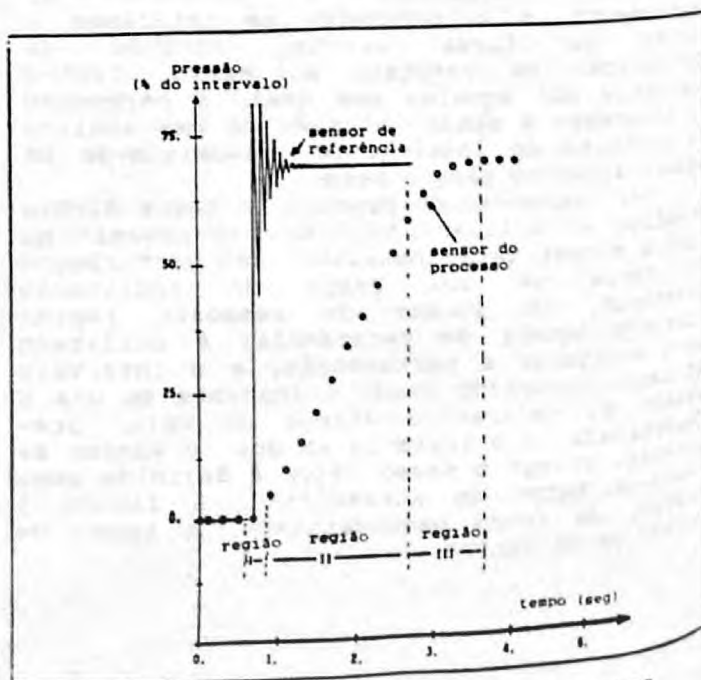


Figura 3 - Resposta do transmissor a uma perturbação em forma de degrau

Como pode ser visto na figura 3, é na segunda parte da resposta do instrumento (enquanto o braço de alavanca permanece no ponto "stop") que aparece o maior gradiente, ou seja, podemos dizer que esta é rampa mais inclinada que o instrumento consegue seguir. Esta rampa é definida como sendo a "rampa crítica" do instrumento. Podemos dizer que, para rampas com inclinações inferiores à da rampa crítica o ponto "stop" nunca será atingido, e o instrumento pode ser visto como um sistema linear. Já para rampas com inclinações superiores à da rampa crítica o ponto "stop" é atingido, e o instrumento comporta-se como um sistema não-linear, ou seja, o tempo de atraso irá depender da "rampa" imposta ao instrumento. A figura 4 mostra a resposta típica de um instrumento quando submetido a várias rampas.

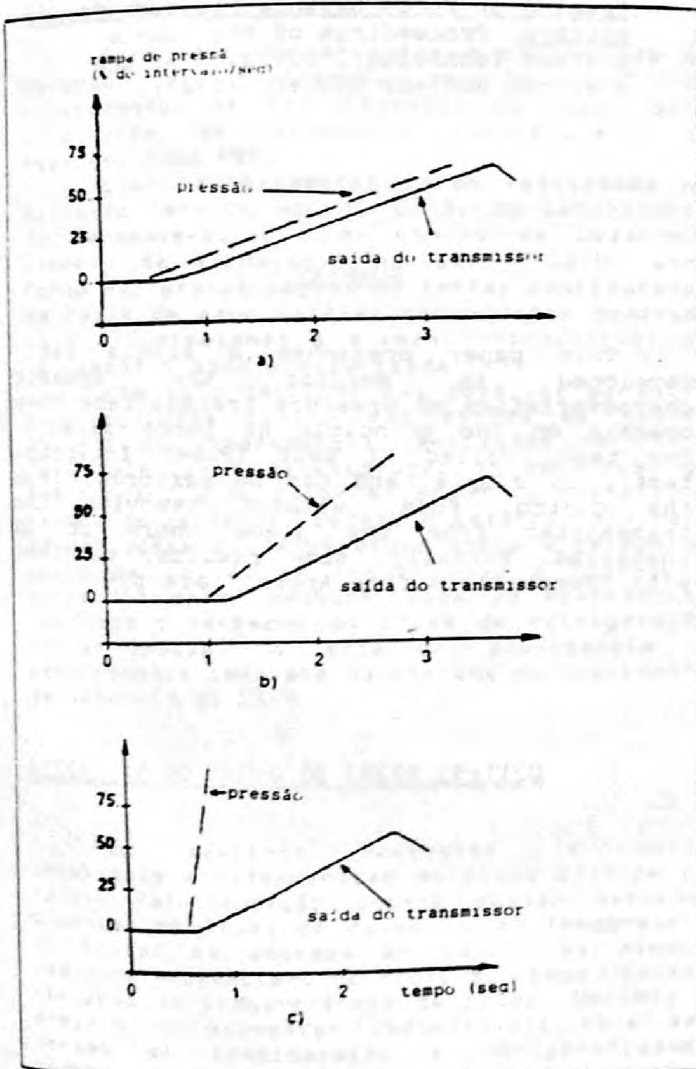


Figura 4 - Resposta do transmissor a "rampas" de pressão iguais a: a) 23, b) 49, c) 468% do intervalo de operação, por segundo

TESTE PI

De acordo com o que foi exposto nos parágrafos anteriores, uma característica importante do instrumento é o fato de o braço de alavanca atingir o ponto "stop". Uma forma simples de fazer com que isto ocorra, é interrompendo a alimentação elétrica do

instrumento. Quando isto é feito, desaparece a força de reação, e o braço de alavanca vai para o ponto "stop". Quando o instrumento é reenergizado, o braço de alavanca já está no ponto "stop", e o instrumento vai responder como se tivesse sofrido uma perturbação em forma de degrau. A figura 5 mostra a similaridade na resposta do instrumento quando o mesmo é submetido a uma perturbação em forma de um degrau e ao teste PI.

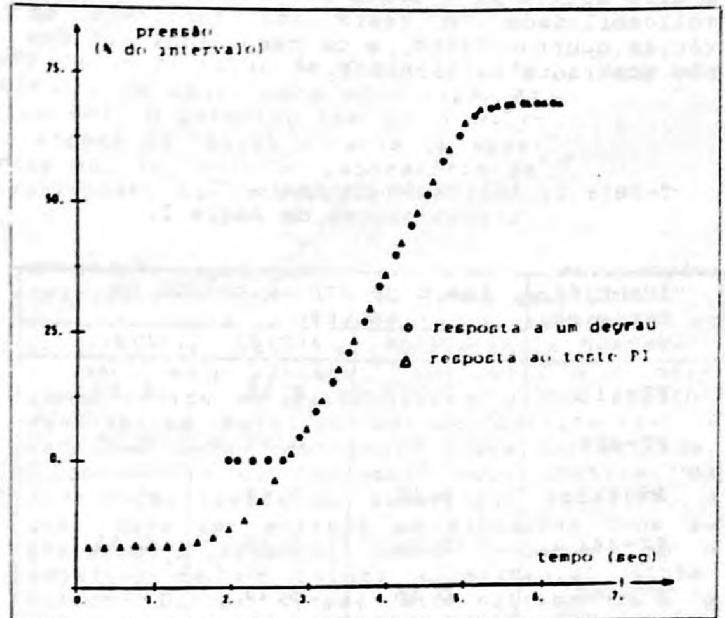


Figura 5 - Resposta do transmissor ao teste PI, comparado com a resposta a uma perturbação em forma de degrau

É importante notar que, pelo fato de o instrumento não ser um sistema linear, o tempo total de atraso do instrumento é uma função da inclinação da rampa, da pressão inicial e da pressão final a que é submetido o instrumento. A figura 6 mostra a comparação entre o resultado obtido para o tempo de atraso obtido através do teste PI com resultados experimentais.

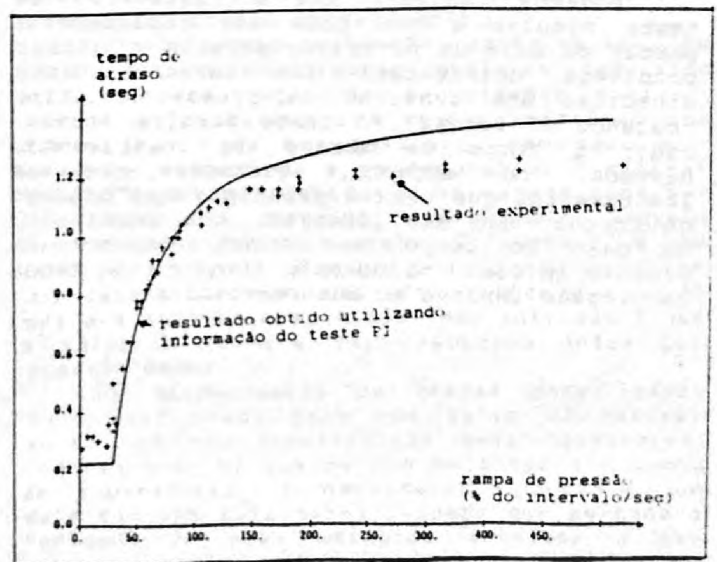


Figura 6 - Tempo de atraso previsto, usando informação do teste PI, comparado com dados experimentais

APLICAÇÃO DO TESTE PI AOS SENSORES DE ANGRA I

Na Usina Nuclear Almirante Alvaro Alberto (Angra I), existem 42 sensores de pressão (absoluta e diferencial), que são utilizados para medidas de pressão, vazão e nível, e que são ligados ao sistema de proteção da instalação. Desse total, 31 são do tipo balanço de força, da marca FOXBORO, e a eles aplica-se o teste PI. Para mostrar sua aplicabilidade, o teste foi realizado em várias oportunidades, e os resultados obtidos são mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Aplicação do teste PI a transmissores de Angra I.

identificação do sensor	tempo de atraso medido em segundos		
	ago/84	abr/87	jun/89
FT-411	0,32	0,32	0,29
FT-414	0,46	0,40	0,38
PT-429	0,47	0,48	0,42
LT-461	0,16	0,14	0,11
FT-466	0,16	0,12	0,12
FT-467	0,22	0,18	0,18
PT-468	0,32	0,32	0,31
FT-476	0,16	0,18	0,16
FT-477	0,16	0,16	0,15
PT-483	0,26	0,28	0,28

CONCLUSÃO

Podemos concluir que o teste PI, um teste simples e que pode ser realizado a partir da sala de controle, permite monitorar possíveis degradações das características dinâmicas dos sensores de pressão do tipo "balanço de forças". O teste permite, ainda, medir o tempo de atraso do instrumento. Devemos, no entanto, destacar que os instrumentos que usam o princípio de "balanço de forças" não são lineares, e o resultado, no caso do tempo de atraso, depende da pressão inicial, da pressão final, e da rampa de pressão imposta ao instrumento.

REFERÊNCIAS

- (1) Cain, D.G. and Foster C.G. A Practical Means for Pressure Transducer Response Verification, Nuclear Technology, Dec. 1977, Vol. 36, pp 275-284
- (2) Hashemian, H.M. and Petersen, K.M. Response Time Testing of Pressure Transmitter in Nuclear Power Plants, relatório apresentado na "First Annual ISA/EPRI Joint Controls and Automation Conference Florida, 1991.
- (3) Soares, A.J. Study and Dynamic Modeling of a Pressure Transducer that is Based on the Principle of Force Balance, Ph.D. Dissertation, The University of Tennessee Knoxville, Dec.1982
- (4) Soares, A.J. et alii, Response Time Testing of Force Balance Pressure Transmitters, Proceedings of the Remote Systems Technology, Division of the American Nuclear Society (1983).

SUMMARY

This paper presents a single test, developed to monitor the dynamic characteristics of pressure transmitters that operate on the principle of force balance. The test, called PI test (Power Interrupt test), is simple, and can be performed from the control room, without removing the transmitter from the place where it is installed. Finally, some results, obtained with transmitters from Angra I are presented.