

MEDIDAS DOS TEMPOS DE RESPOSTA DOS SENSORES
DE SEGURANÇA DO REATOR PWR ANGRA I,
UTILIZANDO A TÉCNICA DE ANÁLISE DE RUÍDO

Alvaro L. G. Carneiro e Aucyone A. da Silva
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP
Eduardo A. O. Filho e Paulo R. L. Lopes
Coordenadoria Para Projetos Especiais - COPEP-SP
Olívio C. Napolitano
Centrais Elétricas de Furnas/Angra I

RESUMO

Este trabalho apresenta a implementação da metodologia de medidas dos tempos de resposta dos sensores do Sistema de Segurança do Reator P.W.R. Angra I, por meio da técnica de análise de ruído. As vantagens desta técnica consistem na rapidez do fornecimento dos dados, na consideração dos efeitos intrínsecos à linha do sensor e a não interferência na operação normal do reator. Os resultados expostos neste trabalho, foram obtidos no IV ciclo de recarga do combustível e são comparados com os resultados obtidos por meio de outras técnicas convencionais.

INTRODUÇÃO

A medida periódica do tempo de resposta dos sensores relacionados a segurança de uma instalação nuclear, é de fundamental importância, considerando a necessidade do conhecimento de parâmetros que forneçam uma idéia precisa do comportamento dinâmico dos sensores, durante o funcionamento da instalação. Além disso, cabe ressaltar a necessidade de um levantamento da avaliação das características dos sensores ao longo da operação normal do reator, verificando-se possíveis ocorrências de degradação na instrumentação, que possam afetar a segurança da planta.

Entre as técnicas de medidas do tempo de resposta, [1], [2] encontra-se a técnica de análise de ruído que se destaca das demais pelas seguintes razões:

1. Rapidez no fornecimento dos resultados experimentais;
2. Consideração dos efeitos intrínsecos existentes na linha do sensor;
3. Aplicabilidade a vários tipos de sensores;
4. Não interferência na operação normal do reator durante a realização das medidas.

Considerando estas vantagens, foi iniciado no IV ciclo de recarga do combustível, um programa de medidas periódicas de tempo de resposta de diversos sensores relacionados ao Sistema de Segurança do Reator P.W.R. Angra I, no sentido de estabelecer um banco de dados, favorecendo na avaliação das condições gerais dos sensores instalados.

Neste trabalho encontram-se alguns resultados recentemente obtidos.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Análise de Ruído. A análise de ruído baseia-se na monitoração das flutuações naturais existentes nos sinais fornecidos pelos sensores. Basicamente a técnica consiste no desacoplamento do nível D.C. do sinal do sensor, analisando-se somente a componente A.C. que corresponde às flutuações estatísticas do evento associado ao sensor.

O sinal é então analisado no domínio do tempo, via analisador Fourier, o qual fornecerá as informações necessárias para obtenção do tempo de resposta.

Tempo de Resposta do Sensor. A flutuação estatística obtida do sinal do sensor, considerando a potência do reator estabilizada, pode ser considerada como a resposta do sensor submetido a uma excitação que represente a natureza estatística do processo que está sendo monitorado.

A partir do sinal do sensor analisado no domínio do tempo e utilizando-se a Técnica Auto-Regressiva, pode-se obter um modelo específico para o sensor. Simulando-se uma entrada tipo degrau aplicada ao Modelo Auto-Regressivo, obtém-se então uma estimativa do tempo de resposta, que pode ser definido como o tempo necessário para a resposta do modelo atingir 63,2% do seu valor de equilíbrio.

Técnica Auto-Regressiva [3]. Em linhas gerais, a Técnica Auto-Regressiva consiste em representar o sinal do sensor $x(t)$ no domínio do tempo através de séries temporais auto-regressivas da forma:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n a_i x(t-i\Delta t) + \omega(t) \quad (1)$$

Sendo $\omega(t)$ um ruído branco estacionário de entrada, o ajuste da função auto-regressiva (1) do sinal de resposta do sensor, nos fornece os parâmetros a_i 's, chamados parâmetros auto-regressivos (A.R.), os quais são utilizados na obtenção da resposta do sensor, $x_1(k)$, a um impulso de entrada. A equação utilizada na obtenção dos parâmetros AR's é dada por:

$$x_1(k) = \sum_{i=1}^n a_i x_1(k-i) \quad (2)$$

A resposta do sensor a uma variação tipo degrau, pode ser obtida da seguinte forma:

$$x_1(t) = \int_0^t x_1(\tau) d\tau \quad (3)$$

Uma vez obtidos os parâmetros AR's, podemos calcular o espectro "teórico" de densidade de potência (PSD) através de:

$$PSD(f) = \frac{\sigma^2 \Delta t}{\left[1 - \sum_{k=1}^n \alpha_k \exp(-j.2\pi.f.k.\Delta t) \right]^2} \quad (4)$$

onde:

- σ Variância do ruído;
- Δt Intervalo de amostragem;
- f Frequência em Hz ($0 < f < 1/2 \Delta t$);
- n Ordem do modelo AR utilizado

A escolha da ordem "n" obedece a critérios de escolha de vários parâmetros descritos na referência [4].

Implementação da Técnica de Análise de Ruído. A implementação da técnica de análise de ruído para medidas dos tempos de resposta de sensores relacionados a segurança de uma instalação nuclear de potência, é considerada simples devido as facilidades de instalação de toda a instrumentação envolvida, nos sistemas de segurança do reator.

O importante a ser considerado, é que todos os testes e medidas dos sensores são realizados durante a operação normal do reator, sem qualquer interferência que possa comprometer a operação do mesmo.

Para o reator PWR Angra I, foi iniciado um programa de medidas dos tempos de resposta dos sensores relacionados à segurança do reator, durante o IV ciclo de recarga do combustível. O objetivo principal, consiste no levantamento de um banco de dados para acompanhamento das características operacionais dos sensores ao longo dos próximos ciclos.

O procedimento de medida implantado encontra-se descrito na figura 1.

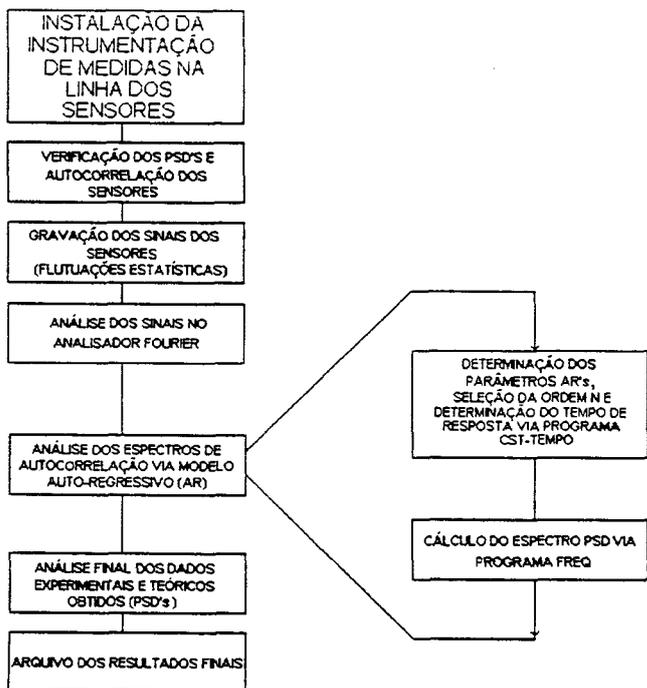


Figura 1: PROCEDIMENTO DE MEDIDA

O Sistema de Medidas utilizado é apresentado na figura 2.

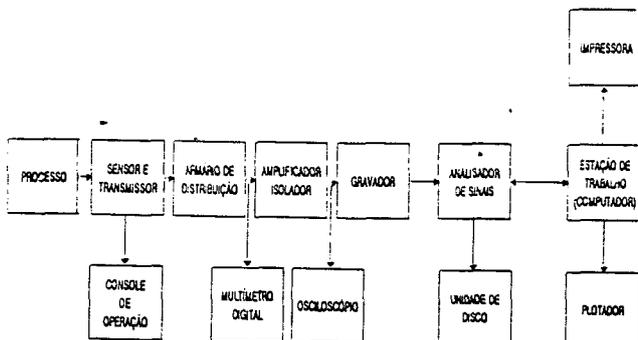


Figura 2: Diagrama de blocos do sistema de medidas

Basicamente, após a instalação da instrumentação eletrônica junto aos sensores, os sinais AC são analisados no domínio temporal na faixa de frequência de 0,01Hz a 10Hz obtendo-se o espectro de auto-correlação (fig.3), e no domínio de frequência obtendo-se o espectro de densidade de potência (PSD) (fig.4).

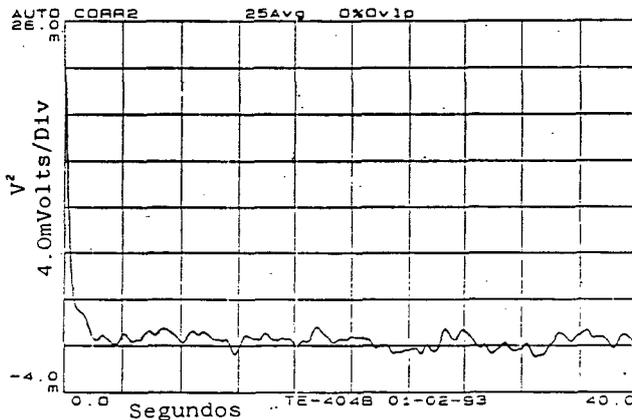


Figura 3: Espectro de Auto-Correlação

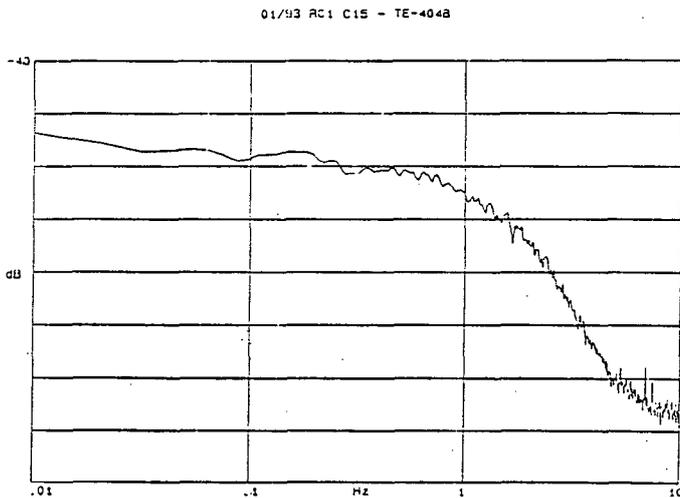


Figura 4: Espectro "PSD"

Paralelamente a este procedimento, os sinais são gravados e analisados "on-line" utilizando-se a Técnica Auto-Regressiva contida nos programas computacionais descritos na figura 1.

Todos os resultados são arquivados de modo que no futuro possam ser analisados conjuntamente com as novas medidas experimentais.

Resultados Experimentais. A tabela 1 apresenta uma amostragem dos resultados obtidos das medidas dos tempos de resposta de alguns sensores (temperatura, pressão e fluxo).

Alguns resultados são comparados com a Técnica "Power Interrupt" [5], conhecida também como "off-on". Esta técnica é aplicada somente aos sensores do tipo balanço de força e de fabricação "Foxboro".

TABELA 1 : Resultados Experimentais

Sensor	T _{ruído} (s)	T _{esperado} (s)	Localização
TE 404A	0,57	---	Temp Perna Quente Loop-1
TE 404B	0,49	---	Temp Perna Fria Loop-1
TE 401A	0,51	---	Temp Perna Quente Loop-2
TE 401B	0,77	---	Temp Perna Fria Loop-2
FT 415	0,31	0,32 off-on	Fluxo Refrig. Loop-2
FT 413	0,34	0,36 off-on	Fluxo Refrig. Loop-1
FT 414	0,38	0,40 off-on	Fluxo Refrig. Loop-2
PT 478	0,25	0,24 off-on	Pressão GV-2
PT 468	0,37	0,32 off-on	Pressão GV-1

CONCLUSÕES

Consideramos os resultados obtidos satisfatórios levando em conta que as respostas dos sensores analisados, estão bem próximas aos valores dados por outra técnica de medida, e que as assinaturas dos sensores (PSD's) estão de acordo com as conhecidas na literatura existente.

Novas medidas foram programadas para serem realizadas periodicamente, em diferentes recargas de combustíveis, de modo a consolidar no Reator Angra I a implementação da Técnica de Análise de Ruído para medidas de tempos de resposta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a COPESP e a Direção da Usina Nuclear Angra I/Centrais Elétricas de Furnas, pelo apoio a realização deste experimento e ao Sr. Cesar Luiz Veneziani pela diagramação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Hashemian, H.M. et alii - Sensor Response Time Monitoring Using Noise Analysis - Progress in Nuclear Energy (21) 583-592, 1988
- [2] Hashemian, H.M. & Petersen, H.M. - On Line measurement of response time of pressure transmitter using noise analysis - SMORN VI Gatlinburg, TN, USA, 1991.
- [3] Upadhyaya, B.R. & Kerlin, T.W. - In-Situ Response Time Testing of Platinum Resistance Thermometers - EPRI -NP-834 ,V2 July, 1978
- [4] Carneiro, A.L.G. et alii - Medidas de Tempos de Resposta no Reator Angra I - Relatório Interno COPESP. Dez , 1992
- [5] Soares, A.J. et alii - Teste para Monitorar as Características Dinâmicas e Transmissões de Pressão do Tipo Balanço de Forças - IV CGEN, 1992, Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This paper presents the experiment of measuring the Time Response of several sensors related to the Angra I PWR Safety System, using the Noise Analysis Technique. The main advantages of this technique are: it permits to perform all measurements from control room while the plant is operating and considering all contribution of sensing line to the overall response time of the sensors. The experimental data shown in his paper is compared with the "Power Interrupt" results.