

MEDIDA DE REATIVIDADE NO REATOR IEA-R1

por

Paulo S.B.Ferreira e João M.L.Moreira

RESUMO -- Técnicas utilizadas em medidas de Reatividade de Reatores Nucleares são descritas. Experimentos de determinação da Faixa de Potência, através do Ponto de Adição de Calor Nuclear, de reatividade Diferencial e Integral de Barra e de coeficiente de reatividade através de técnicas como período estável, queda de barra e cinética inversa são apresentadas para realização no Reator IEA-R1.

INTRODUÇÃO

Existem várias técnicas para medida de reatividade envolvendo sofisticados equipamentos e embasamentos teóricos. Apresentaremos nesta aula os cuidados e os procedimentos experimentais necessários para se fazer medidas de reatividade. O embasamento teórico para as técnicas desenvolvidas aqui foram apresentadas no capítulo de teoria sobre medida de reatividade. Como foi mencionado anteriormente, para medidas práticas ou rotineiras, a técnica mais apropriada envolve a solução da equação de cinética inversa produzindo resultados de medida de reatividade em tempo real. Utilizando o mesmo equipamento, o módulo eletrônico do reatímetro, mediremos reatividade de barras de controle utilizando as técnicas de queda de barra, período estável e de cinética inversa.

DETERMINAÇÃO DO PONTO DE ADIÇÃO DE CALOR NUCLEAR

A obtenção experimental do Ponto de Adição de Calor Nuclear é feita inserindo-se uma reatividade positiva no núcleo do reator, que encontra-se inicialmente crítico em um nível de potência baixo da ordem de poucos watts. Monitora-se por meio de um registrador gráfico x-t a evolução da potência e da reatividade do sistema. O ponto de Adição de Calor Nuclear é determinado quando observa-se uma variação no crescimento exponencial da potência e uma diminuição no valor de reatividade. A partir deste ponto existe calor nuclear suficiente para causar uma realimentação termo-hidráulica negativa de reatividade.

O efeito de realimentação termo-hidráulica negativa só pode ser determinado pela técnica de cinética inversa via um reatímetro que funcione em tempo real. As outras técnicas de medida de reatividade não são apropriadas pois não indicam a reatividade instantânea.

CALIBRAÇÃO DE BARRAS DE CONTROLE

A calibração de uma barra de controle pode ser feita pelas técnicas de cinética inversa (reatímetro em tempo real), período estável ou queda de barra. Apresentaremos nesta seção os detalhes experimentais envolvidos nas medidas com cada uma destas técnicas.

Calibração de Barra com um Reatímetro Digital

A calibração de barra de controle é feita levantando a curva diferencial de reatividade desta. Movimenta-se a barra de controle alguns degraus e mede-se a reatividade com o reatímetro. Anota-se a posição inicial da barra, o número de degraus movimentados e reatividade fornecida pelo reatímetro. Após feito isto, retorna-se o reator a criticalidade compensando a reatividade em excesso inserindo outra barra de controle. Anota-se também a posição inicial desta barra de compensação, assim como o número de degraus necessários para compensar a reatividade. Desta forma ca libra-se as duas barras ao mesmo tempo.

Os valores de reatividade e da posição da barra podem ser anotadas em uma tabela ou na folha de registro gráfico do registrador x-t. A reatividade pode ser lida no visor do microcomputador e a posição da barra é obtida da instrumentação da mesa de controle.

A criticalidade do reator pode ser verificada observando se a potência do reator encontra-se constante. Entretanto se o reator estiver com um período muito longo é muito difícil garantir a criticalidade. A maneira mais adequada de se monitorar a criticalidade é com o reatímetro. Quando este indicar reatividade em torno de zero por aproximadamente 2 minutos, pode se considerar que o reator encontra-se estabilizado e crítico.

A curva de reatividade diferencial de barra é obtida fazendo-se a razão entre a reatividade introduzida em cada movimentação de barra e o número de degraus envolvido na movimentação. A curva de reatividade integral é obtida integrando numericamente a curva de reatividade diferencial.

Calibração de Barra Via Período Estável

A técnica do período estável, para medida de reatividade, baseia-se na observação da população de nêutrons do reator quando esta evolui como uma exponencial pura ou período estável. Portanto, é necessário sempre que se espere um tempo suficientemente longo após cessar o movimento da barra para que haja a acomodação dos precursores de neutrons atrasados. O período pode ser obtido por meio da medida do tempo de dobramento na parte assintótica do transiente, isto é, o tempo necessário para que a potência do reator dobre o seu valor. Uma vez determinado o período, utiliza-se a equação Inhour para obter a reatividade.

Para se levantar as curvas de reatividade diferencial e integral de uma barra de controle utilizando a técnica de período estável, segue-se o mesmo procedimento mencionado acima para a técnica de cinética inversa. A reatividade devido a uma movimentação de barra, a posição inicial da barra e o número de degraus da movimentação são anotados em uma tabela. As curvas de reatividade diferencial e integral são obtidas com o mesmo procedimento estipulado na seção de realização dos experimentos.

A compensação do excesso de reatividade em que o reator se encontra é feita por meio de outra barra. Pode-se calibrar, desta forma, duas barras ao mesmo tempo.

A grande desvantagem desta técnica para calibração de barra de controle de reatores de pesquisa em relação à baseada na equação de cinética inversa vem da necessidade de se ter que esperar um tempo longo para que o reator atinja a condição de período estável. Pode ocorrer que se ultrapasse o ponto de adição de calor e se contamine os resultados com realimentação termo-hidráulica indesejável, se a inserção de reatividade é muito grande. A estabilização da potência do reator no valor estipulado de medida demora mais tempo. O tempo necessário para se calibrar uma barra é bem superior ao necessário com um reatímetro digital.

Calibração de Barra Via Queda de Barra

Esse método consiste em inserir rapidamente ou deixar cair as barras de controle no núcleo do reator para se medir sua reatividade integral. Esta é estimada por meio da razão entre os níveis de potência do reator antes e depois da queda da barra. Depois da queda da barra no núcleo, que é equivalente ao desligamento do mesmo, é necessário reposicionar a barra de controle do reator na posição crítica para proceder a calibração de outras barras. Este procedimento é bastante demorado.

Neste experimento, a potência do reator é monitorada por meio de um registrador x-t de alta velocidade e precisão pois o tempo de queda de uma barra é de frações de segundo. Uma velocidade do registrador x-t de aproximadamente 2 cm/s permite que se estime a razão entre os níveis de potência antes e depois da queda da barra com precisão.

Para se ter um resultado de reatividade integral correto com esta técnica dev-se sempre considerar correções para a redistribuição de fluxo neutrônico durante a medida.

INSTRUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

A instrumentação necessária para realizar as medidas de reatividade são um canal de medida de potência neutrônica do reator IEA-R1, sua eletrônica associada e um reatímetro digital. A seguir descrevem-se estes equipamentos.

Canal de Medida de Potência Neutrônica

Será posicionado junto ao refletor do reator IEA-R1 um detetor de He-3 de neutrons configurado para funcionar como uma câmara de ionização. A eletrônica associada ao detetor inclui a fonte de alta tensão e cabos de sinal de corrente. O sinal do detetor é lido pelo eletrômetro do reatímetro.

Reatímetro Digital

O reatímetro digital resolve a equação de cinética inversa

em tempo real, fornecendo a reatividade instantânea em função do tempo. O sistema completo de um reatímetro digital é composto de um módulo eletrônico que contém placas conversoras analógico-digital (A/D) e digital-analógico (D/A), um microcomputador digital e um programa de computador que resolve a equação de cinética inversa. A figura 1 mostra esquematicamente o reatímetro digital que será utilizado neste experimento.

O sinal da câmara de ionização é mandado para o módulo eletrônico. Este lê a corrente da câmara via um picoamperímetro que fornece um sinal de tensão de 0 a 10 V. Este sinal é convertido em dígitos de 0 a 4096 por uma placa conversora A/D e são transmitidos ao microcomputador digital. O programa existente no micro controla a aquisição de dados do módulo eletrônico, resolve a equação de cinética inversa, transmite o resultado de reatividade para a impressora, para o visor e também para registradores x-t ou x-y via placa conversora D/A.

Registadores x-t

Será utilizado um registrador x-t de duas placas para o acompanhamento da potência e da reatividade em função do tempo.

REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

A primeira parte do experimento consiste na determinação do ponto de adição de calor sensível no reator. Neste procedimento, todas as ações a serem realizadas sobre o reator serão executadas pelo operador do reator.

- 1) Instala-se a instrumentação citada no item 4 e verifica-se o seu funcionamento correto.
- 2) Os dados necessários ao reatímetro devem ser inseridos no programa. Estes dados são os parâmetros cinéticos do reator IEA-R1, o intervalo de tempo, Δt , de aquisição de dados, as reatividades mínimas e máximas para saída no registrador x-t, e outros dados de controle especificados no manual. O instrutor deve passar estes dados.
- 3) Estabiliza-se o reator - crítico - em uma potência baixa, sabida menor que o nível de potência onde inicia-se a adição de calor sensível no reator.
- 4) Insere-se uma reatividade positiva por meio da retirada da barra de controle de alguns degraus. A reatividade inserida deve ser entre 30 e 60 pcm.
- 5) Monitora-se no registrador x-t a evolução de potência e da reatividade em função do tempo. O ponto de adição de calor é aquele em que a reatividade começa a cair.
- 6) Anota-se no formulário contínuo do registrador x-t, o nível de potência e a corrente do detetor do ponto de adição de

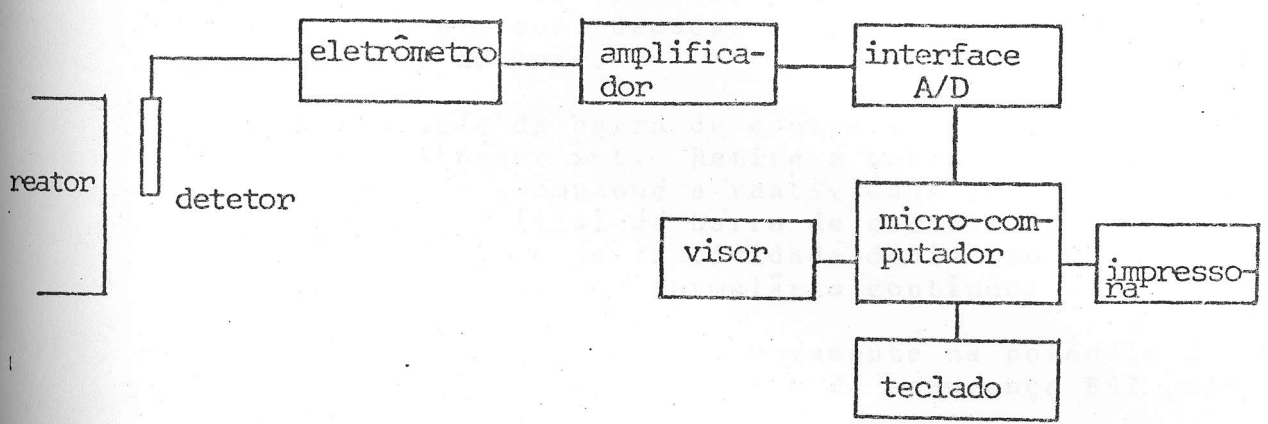


Figura 1 - Esquema do Reatímetro

calor.

A parte seguinte do experimento consiste na calibração da barra de controle pelas várias técnicas citadas anteriormente. Será medida parte das curvas diferencial da barra de controle utilizando as técnicas do reatímetro e período estável. A reatividade integral da barra de controle será medida utilizando a técnica de queda de barra. O procedimento para medida de reatividade diferencial via reatímetro digital é ;

- 7) Estabilize o reator com reatividade igual a zero em um nível de potência duas décadas e meia abaixo do ponto de adição de calor nuclear.
- 8) Anote a posição da barra de controle no formulário contínuo do registrador x-t. Retire a barra de controle algumas posições e acompanhe a reatividade no registrador. Anote a posição final da barra de controle no formulário contínuo. O valor da reatividade devido ao movimento da barra pode ser lido do formulário contínuo.
- 9) Estabilize o reator crítico novamente na potência do item 7. Faça isto inserindo a barra de segurança BSl para compensar a reatividade.
- 10) Repita os itens 8 e 9 três vezes.
- 11) Obtenha a curva diferencial desta seção da barra de controle fazendo a razão entre a reatividade devido a movimentação da barra e o número de passos.
- 12) Levante a curva diferencial da barra de controle em papel milimetrado.

O procedimento para se medir a reatividade utilizando a técnica do período estável é o mesmo do citado acima. Para se obter a reatividade, neste caso inferida a partir do período estável, é necessário no item 8 esperar tempo suficiente para que a potência do reator esteja evoluindo temporalmente com um período estável. O procedimento para medida de reatividade diferencial de barra pela técnica do período estável é :

- 13) Verifique nas tabelas da referência 2 o tempo necessário de espera para que o reator atinja regime de período estável para reatividades de 30 a 60 pcm.
- 14) Fazer os itens 7 e 8. Anote também, no item 8, tempo de dobramento da potência depois que o reator evolua em regime de período estável. Espere o tempo necessário definido no item 13.
- 15) Fazer os itens 9 a 12.

A medida de reatividade integral da barra de controle pela técnica de queda de barra tem o procedimento seguinte :

- 17) Estabilize o reator meia década abaixo do ponto de adição de calor mantendo a barra de controle completamente reatificada. O nível de potência a ser estabilizado deve ser tal que a pena no registrador de potência esteja o mais alto possível na escala.
- 18) Anote as posições de todas as barras de segurança e o nível de potência.
- 19) Passe o registrador x-t para uma operação de alta velocidade, entre 5 a 10 cm/s.
- 20) Desmagnetize o mecanismo de controle da barra de controle para que esta caia dentro do núcleo.
- 21) Meça o nível de potência no registrador x-t desconsiderando o undershoot que ocorra no sinal de potência. Anote o nível de potência do reator.
- 22) A reatividade integral da barra é obtida a partir da razão entre a potência antes e depois da queda de barra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOREIRA, J. M. L. & LEE, J. C., Space Analysis of Reactor-Control-Rod-Worth Measurements. Nuclear Science and Engineering: 86,91-105 (1984).
- TOPPEL, B. J., Nuclear Science and Engineering: 5,88 (1959).

ABSTRACT

This work describes several experiments in the IEA-R1 reactor for core reactivity measurements. An experiment is described for determining the power level in which sensible nuclear heat starts to affect the core reactivity. Experiments for determining control rod integral and differential worths and reactivity coefficients are also described with detail. The reactivity measuring techniques are based on inverse kinetics (digital reactivity meter), stable period and rod-drop.