

MUDANÇAS NAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO REATOR IEA-R1 NO RÉGIME DE OPERAÇÃO DE 48 HORAS CONTÍNUAS

João Manoel Losada Moreira e Roberto Frajndlich

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, CNEN
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
05422-970, São Paulo, Brasil

RESUMO

O reator de pesquisa IEA-R1 vem operando desde 1957 a uma potência térmica igual a 2Mw num ritmo de operação de 8 horas diárias, 5 dias por semana. Devido a crescente demanda de radioisótopos produzidos neste tipo de reator que tem ocorrido nesta década, principalmente na área de diagnóstico e terapia de diversas enfermidades, o IPEN estuda uma forma de alterar o ritmo de funcionamento do reator IEA-R1 para 48h contínuas na semana. Este ritmo de operação procura nesta primeira etapa conciliar aumento na demanda de radioisótopos com produção de elementos combustíveis e estruturação das equipes de operação. Em uma segunda etapa está sendo estudado o aumento da potência para 5MW e operação contínua em ciclos mais longos.

A principal mudança que vai ocorrer nas condições operacionais do reator IEA-R1 em um regime de operação de 48 horas contínuas é o aumento do excesso de reatividade do reator. O valor passará para 4800 pcm para compensar a reatividade negativa do Xe-135.

INTRODUÇÃO

A mudança no ritmo de operação do reator irá proporcionar inúmeras vantagens tais como: [1]

- . aumento na produção do I-131 para diagnóstico de função tireoidiana diminuindo a importação pelo País de 80% para 40% da atual com uma economia em torno de US\$ 100.000,00/ano.
- . viabilidade de produção de alguns radioterápicos tais com: ^{153}Sm , ^{186}Re , ^{166}Ho , ^{165}Dy , os quais atualmente são de grande interesse para uso no tratamento de alívio de dor em pacientes com metastase ossea e artrite reumática;
- . aumento na eficiência de irradiação e rendimento na utilização do reator em experimentos prolongados;
- . menor desgaste dos equipamentos e componentes;
- . maior disponibilidade para manutenção;
- . preparação para operação contínua e elevação de potência para produção de Molibdenio-99.

Esta mudança tem levado em consideração aspectos administrativos e técnicos. Sob o ponto de vista administrativo pode-se citar a dificuldade na formação das equipes para atender aos turnos noturnos. Sob o ponto de vista técnico houve a necessidade de alterar o capítulo XVII do Relatório de Análise de Segurança [3]

“Especificações Técnicas do Reator IEA-R1” referentes as condições operacionais do reator IEA-R1 no regime de operação de 48 horas contínuas.

Os novos limites de segurança e as novas condições operacionais do reator IEA-R1 no novo regime de operação foram estabelecidas de acordo com as normas da AIEA [4,5].

Troca de correspondência entre o IPEN e a CNEN foi iniciado para o estabelecimento dos novos limites de segurança e condições operacionais visando a obtenção de autorização para o novo regime de operação. Esta autorização foi concedida em 30.01.95.

No novo regime de operação não há alteração do nível potência do reator de forma que não houve alteração nos limites de segurança vigentes. Entretanto, o aumento da concentração de Xe em equilíbrio no reator devido à operação contínua de 48 horas requer um maior excesso de reatividade no núcleo. As condições operacionais afetadas pelo excesso de reatividades foram alteradas.

Este trabalho apresenta inicialmente informações sobre a operação contínua do reator ocorrida em 17.07.93, a nova configuração da equipe da operação, os limites de segurança do reator, as novas condições operacionais e as conclusões.

OPERAÇÃO CONTINUA EXPERIMENTAL

No dia 17 de julho de 1993, as 14:12 h o reator IEA-R1 completava pela primeira vez em sua história 48 h de operação ininterrupta para analisar a reatividade do Xenônio ($Xe-135$) em seu núcleo uma vez que este elemento tem alta seção de choque de absorção de nêutrons e influi diretamente no valor do excesso de reatividade necessária para se operar o reator.

A elevação do valor do excesso de reatividade que compense o aumento de reatividade de Xe no núcleo e o controle da operação do reator são analisados abaixo.

A figura 1 mostra a curva de reatividade do envenenamento do Xe no Reator IEA-R1 durante uma operação de 48 horas contínuas em 2 Mw. Nota-se que a reatividade do Xe em equilíbrio é de 2500 pcm e que o pico de Xe após o desligamento é tal que o excesso de reatividade atingiu 2800 pcm.

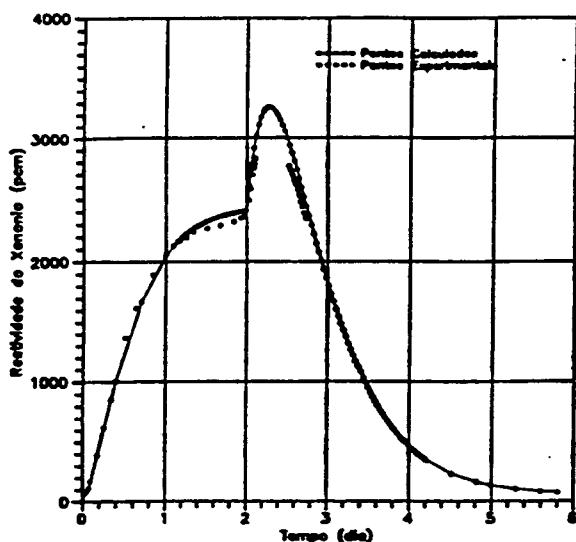


FIGURA 1- Curva de reatividade do Xe calculada e experimental.

NOVAS NECESSIDADES DE PESSOAL

Segundo previsões será necessária a formação de 5 equipes contendo cada uma 1 supervisor e 2 operadores de reator, 1 supervisor e 2 técnicos de proteção radiológica.

No primeiro turno (das 08:00 às 17:00 h) o reator será operado por duas equipes uma vez que neste período se processará a entrada e saída de materiais a serem irradiados e o treinamentos dos operadores. No segundo e terceiro turno o reator será operado por uma equipe por turno. Uma quinta equipe estará em escala de férias, conforme tabela abaixo.

TABELA 1. Formação das Equipes de Operação

TURNO	EQUIPE/CARGO	Nº DE SERVIDOR	HORARIO
1	SUPERVISOR(OSR)	2	8 h - 17 h
	OPERADOR(OR)	2	
	TECNICO EM PR	4	
	SUPERVISOR DE PR	2	
2	SUPERVISOR (OSR)	1	16h - 00:36h
	OPERADOR (OR)	2	
	TÉCNICO EM PR	2	
3	SUPERVISOR (OSR)	1	0 h - 08:20 h
	OPERADOR (OR)	2	
	TÉCNICO EM PR	2	
FÉRIAS	SUPERVISOR	1	OBS.: OS SERVIDORES TÊM DIREITO POR LEI A 20 DIAS SEMESTRAIS
	OPERADOR (OR)	2	
	TÉCNICO EM PR	2	
		TOTAL 25 PESSOAS	

O esquema de turnos apresentado acima diz respeito as operações experimentais no reator IEA-R1. Para implantação definitiva da operação contínua de 48 horas será necessária uma autorização especial do governo para que se possa obter o regime de turno de 6 horas e providenciar o pagamento de horas extras.

LIMITES DE SEGURANÇA E VALORES DOS LIMITES DE SEGURANÇA

Os limites de segurança para o reator IEA-R1 tem como objetivo assegurar a integridade do núcleo do reator IEA-R1 para operar continuamente em 2 Mw, embora os sistemas de refrigeração primário e secundário do reator IEA-R1 tenham sido projetados para dissipar potência de até 5 Mw. Os limites de segurança não foram alterados em relação ao regime de operação do reator de 8 horas por dia uma vez que a potência máxima de operação do reator, 2 Mw não foi alterada. Os limites de segurança são aplicados a operação em regime de convecção natural e de convecção forçada. Para o caso de operação em convecção as variáveis monitoradas são a potência térmica do reator e a altura de água da piscina sobre o núcleo. Para o caso de operação em regime de convecção forçada monitora-se estas mesmas variáveis, a temperatura do refrigerante na saída do núcleo e a vazão do refrigerante através do núcleo.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS LIMITANTES PARA O REATOR IEA-R1

As condições operacionais limitantes para o novo regime de operação do reator IEA-R1 abrangem os parâmetros do núcleo do reator, sistemas de controle e de segurança, sistema de refrigeração do reator IEA-R1, confinamento do edifício do reator IEA-R1, sistema de ventilação, grupos geradores de emergência, sistemas de monitoração da radiação e de efluentes, experimento, armazenamento do combustível e sistemas de interligações auxiliares. A mudança do regime de operação do reator

provocou alteração nas condições operacionais que são afetadas pelo excesso de reatividade do núcleo que para compensar a reatividade negativa do Xe-135 passou a ter um valor muito maior, 4800 pcm. Somente ocorreram alterações nas condições operacionais dos parâmetros do núcleo.

Excesso de Reatividade

O objetivo desta especificação é assegurar que a operação do reator com o excesso de reatividade especificado atenda as necessidades de operação e que os limites de segurança não serão excedidos. O excesso de reatividade total do núcleo não deve exceder 4800 pcm. Os requisitos de reatividade para o reator operar em 2 MW durante 48 horas são: a) requisito para reatividade de Xenônio: 2800 pcm. Para compensar o xenônio em equilíbrio é necessário 2500 pcm. Para compensar uma necessidade de religamento após um desligamento durante 2 horas é necessário cerca de 300 pcm; b) requisitos para operação durante 20 semanas: 1400 pcm. Consumo de reatividade para uma operação de 48 horas por semana, durante 20 semanas ou 5 meses sem troca de combustível; c) requisito devido ao defeito de potência: 100 pcm; d) requisito devido a experimentos: 500 pcm. Estes requisitos somam 4800 pcm.

Possíveis acidentes no reator IEA-R1 envolvendo o excesso de reatividade

Os possíveis acidentes de inserção de reatividade no reator IEA-R1 são retirada incontrolada de barra de controle, resfriamento rápido e inserção de reatividade devido a um experimento. O mais sério dos acidentes postulados acima é o de retirada incontrolada de barra dado que a reatividade dos experimentos esta limitada em 500 pcm e um resfriamento rápido do núcleo é impossível devido ao grande volume de água da piscina do reator.

No acidente de retirada incontrolada de barra, somente a fração do excesso de reatividade equivalente a movimentação da barra é liberada. Para que todo o excesso de reatividade do reator IEA-R1 seja liberado é necessário que as 3 barras de segurança e a de controle sejam retiradas incontroladamente do reator. Este tipo de evento é muito pouco provável de ocorrer uma vez que, durante os mais de 30 anos de operação do reator jamais ocorreu uma retirada incontrolada de duas ou mais barras de controle/segurança, além disto, não se tem referência deste tipo de ocorrência em reatores similares ao IEA-R1. Eventos de retirada inadvertida de barra causaram scram por período curto desligando o reator com segurança.

Um experimento no reator IEA-R1 pode no máximo absorver 500 pcm. Em caso de acidente com um experimento apenas esta fração do excesso de reatividade, 500 pcm, será liberada. Uma barra de controle tem pelo menos 5 vezes mais reatividade que um experimento. Em caso de acidente, o reator será desligado por período curto,

as barras de controle e segurança caem por gravidade no núcleo e o reator é desligado com um $k_{ef} < 0,95$.

Margem de desligamento

O objetivo desta especificação é assegurar que a operação do reator será controlada e o reator desligado em qualquer tempo, e que os limites de segurança não serão excedidos. Exige-se que 1) as barras de controle e de segurança devem ser capazes de desligar o reator e não permitir que os limites de combustível sejam ultrapassados, mantendo-se a barra mais reativa fora do núcleo - critério de barra presa. A margem de desligamento deve ser maior que 2000 pcm o que equivale a um k_{ef} do núcleo do reator desligado menor que 0,98; e que 2) a reatividade das barras de controle e de segurança somadas deve ser capaz de absorver em torno de duas vezes o excesso de reatividade máximo do núcleo. O k_{ef} do núcleo do reator desligado deve ser menor que 0,97.

O critério 1 especifica que deve ser possível desligar o reator mantendo a barra mais reativa fora do núcleo. É requerido que os limites do combustível não sejam ultrapassados. Isso implica na rapidez de atuação do sistema de controle de reatividade, atendida pela velocidade de movimentação das barras de controle e de segurança. O critério 2 busca garantir uma margem de segurança de desligamento de aproximadamente 100% sobre o excesso de reatividade

As barras de segurança e de controle do reator IEA-R1 tem valores entre 2500 e 3100 pcm, de acordo com a configuração de núcleo menos e mais reativa, respectivamente. A reatividade de todas as barras está entre 10000 e 12400 pcm. O reator desligado com todas as barras inseridas leva o reator a uma reatividade de desligamento de -5000 pcm à -7400 pcm ou $k_{ef} < 0,95$.

O reator IEA-R1 pode ser desligado mantendo a barra mais reativa presa, completamente retirada do núcleo, fornecendo uma margem de desligamento de -2500 pcm ou um $k_{ef} = 0,975$.

Coefficientes de reatividade e queima de combustível

As especificações de coeficientes de reatividade e de queima de combustível não foram alteradas. Os coeficientes de reatividade de temperatura do combustível, temperatura do moderador e global de vazio devem ser negativos. A especificação de queima de combustível busca assegurar que se trabalhe em um limite de queima que preserve a integridade do elemento combustível. O valor máximo de queima de cada elemento combustível não deve ultrapassar o limite de 50% de átomos de U-235.

A experiência internacional mostra que os elementos combustíveis podem atingir taxa de queima superior a 50% em operação normal. Esse limite garante a integridade do elementos combustível. Os elementos combustíveis de fabricação IPEN/CNEN/SP são

construídos com especificações técnicas semelhantes aos americanos, franceses e alemães. Eles são inspecionados regularmente, de acordo com o programa de acompanhamento de performance no reator IEA-R1, para garantir a sua integridade nas operações do reator. Espera-se, também, que atinjam com seguranças taxas de queima superior a 50%.

CONCLUSÕES

Dentro do que foi exposto acima, conclui-se que a operação contínua, 48 horas, é uma necessidade, uma vez que irá propiciar, entre outras vantagens, um aumento significativo na produção de radioisótopos com a consequente diminuição das importações e produção de novos isótopos.

Conclui-se também que o reator esta tecnicamente apto para este tipo de operação e devidamente autorizado pelo órgão licenciador. As principais alterações técnicas que ocorrem com a operação contínua em 2 Mw são o aumento para 4800 pcm de excesso de reatividade para compensar o envenenamento do Xe. No momento aguarda se apenas soluções administrativas com relação a formação das equipes e mudança de horário dos servidores que trabalharão nos turnos noturnos.

ABSTRACT

The IEA-R1 research reactor operates since 1957 at 2 Mw power level in a cycle of 8 hours per day, 5 days per week. Due to the recent growth of radioisotope demand in Brazil in the last decade for medical diagnosis and therapies, the IPEN started efforts to increase the reactor power level to 5 Mw, and to operate the reactor continuously in a cycle of 10 to 20 days. Due to the necessary time to perform the building and systems modifications, it has been decided to take an intermediate step which is to change the operating cycle of the IEA-R1 reactor to operate continuously 48 hours per week. This new operating cycle will increase immediately the radioisotope production in the country.

This work shows the required changes in the IEA-R1 reactor for operation at 2 Mw, 48 hours continuously. The principal technical change regards the operating conditions of the reactor, namely, the required excess reactivity which now will amount to 4800 pcm in order to compensate the Xe poisoning at equilibrium at 2 Mw. The new operating crew will be formed of 5 groups composed of one supervisor, 2 reactor operators and 2 radio-protection technicians.

REFERÊNCIAS

- [1] Informações cedidas pela Gerência de Desenvolvimento de Produtos e Serviços em 16.03.94
- [2] Manual de Operação do Reator IEA-R1, São Paulo, 1984.
- [3] Relatório de Análise, de Segurança do IEA-R1 Modificado, São Paulo, 1974.
- [4] Safe Operation of Research Reactors and Critical Assemblies, International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 35, IAEA Safety Standards, Vienna, 1984.
- [5] SAR Standard Format and Contents. "Chapter 14 - Technical Specifications, US Nuclear Regulatory Commission, EUA, 1993.
- [6] F. Pintaud, Moreira, J. M. L. e Santos, A., Análise do experimento de operação contínua do reator IEA-R1, Relatório Interno, IPEN/CNEN-SP, 06.12.93; M. F. Pintaud; Bitelli, U. d.; Jerez, R. e Ferreira, P. S. B., Análise do experimento de operação contínua do IEA-R1, Relatório Interno, IPEN/CNEN-SP, 14.07.93.