

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Método de Reconstrução da Distribuição de Potência Pino a Pino em Reatores Nucleares Usando Pseudo-Harmônicos

Danielle Gonçalves Teixeira¹

Fernando Carvalho da Silva²

Aquilino Senra Martinez³

Programa de Engenharia Nuclear, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ

1 Introdução

Os métodos de reconstrução [1] visam obter informações mais precisas a respeito do núcleo de um reator nuclear, após cálculos de malha grossa. O método de reconstrução proposto consiste em obter o fluxo de nêutrons heterogêneo reconstruído a partir da equação da difusão 2D, para dois grupos de energia [3], discretizada pelo método de diferenças finitas (MDF) [3], tendo como condições de contorno as distribuições de fluxos nas faces de um elemento combustível (EC) homogêneo oriundos do método de expansão nodal (NEM) [2]. Usamos o MDF para obter um operador auto-adjunto associado ao termo de Fuga + Remoção cujas autofunções são os pseudo-harmônicos [4], que formam uma base para o espaço de interesse. A partir daí, calculamos a distribuição de fluxo homogêneo. Portanto, a solução da equação da difusão é obtida combinando os pseudo-harmônicos com os fluxos médios nas faces. Aplicamos o método de modulação e normalização [1] no fluxo homogêneo para obter o fluxo heterogêneo reconstruído pino a pino.

2 Modelagem do sistema

A equação da difusão foi discretizada pelo MDF com esquema centrado na malha no domínio de um EC homogêneo. As condições de continuidade de fluxo e de corrente são usadas para determinar o fluxo na face da célula, que depende da posição dentro do EC. Assim, as equações da difusão que descrevem os 9 casos são escritas na forma matricial

$$\begin{pmatrix} B_1 - \frac{1}{k_{eff}}F_{11} & -\frac{1}{k_{eff}}F_{12} \\ -S_{21} & B_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vec{\phi}_1 \\ \vec{\phi}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{s}_1 \\ \vec{s}_2 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

onde B_g , $F_{gg'}$, e $S_{gg'}$ ($g = 1, 2$) são as matrizes de fuga mais remoção, as de fissão e de espalhamento, respectivamente, e \vec{s}_g é a fonte externa formada pelos fluxos nas faces das

¹dteixeira@con.ufrj.br

²fernando@nuclear.ufrj.br

³aquilino@lmp.ufrj.br

células. Como B_g é simétrica, o método dos pseudo-harmônicos (MPH) pode ser aplicado e o fluxo de nêutrons homogêneo da equação (1) tem a forma

$$\begin{pmatrix} \vec{\phi}_1 \\ \vec{\phi}_2 \end{pmatrix} = \sum_{j=1}^N \left[C_{j,1} \begin{pmatrix} \vec{w}_{1,j} \\ \vec{0} \end{pmatrix} + C_{j,2} \begin{pmatrix} \vec{0} \\ \vec{w}_{2,j} \end{pmatrix} \right], \quad l = 1, \dots, N, \quad (2)$$

onde N é o número total de células, $\vec{w}_{g,l}$ são os pseudo-harmônicos e $\lambda_{g,l}$ são os autovalores. Além disso, os pseudo-harmônicos são os autovetores do problema de autovalores:

$$B_g \vec{w}_{g,j} = \lambda_{g,j} \vec{w}_{g,j}; \quad g = 1, 2 \text{ e } j = 1, \dots, N. \quad (3)$$

Substituindo a equação (2) na equação (1), fazendo uso da equação (3) e aplicando o processo de Ortogonalização de Gram-Schmidt obtemos $\vec{\phi}_1 = \sum_{i=1}^N \alpha_i \vec{w}_{1,i}$ e $\vec{\phi}_2 = \sum_{i=1}^N \alpha_{i+N} \vec{w}_{2,i}$.

Já o fluxo heterogêneo, reconstruído para cada célula do EC, $\vec{\phi}_{g,Rec}^{ij,het}$, é obtido a partir do método de modulação e normalização que é o produto da função forma de fluxo, f_g^{ij} , por $\vec{\phi}_g^{ij,hom}$ que são os componentes do vetor $\vec{\phi}_g$.

3 Conclusões

O método proposto visa obter uma distribuição de potência heterogênea com uma precisão aceitável e com um tempo computacional reduzido quando comparado ao MDF.

Os métodos usados foram o MDF, o método de modulação, NEM e o MPH que possui características que facilitaram os cálculos e a implementação computacional.

Os resultados preliminares mostraram um desvio máximo de 5,373% para o $g = 1$ e 5,925% para o $g = 2$ no EC localizado no centro do núcleo. Para os EC mais próximos ao baffle-refletor do reator os desvios aumentaram consideravelmente. Esse comportamento indica que devemos dar um tratamento mais adequado aos fluxos nas faces das células do EC.

Referências

- [1] K. Koeke, M. R. Wagner, The Determination of the Pin Power Distribution in a Reactor Core on the Basis of Coarse Mesh Methods, *Atomkerneneegie*, v. 30, p. 136, 1977.
- [2] F. C. Silva, A. S. Martinez, Aceleração do Método De Expansão Nodal usando Diferenças Finitas De Malha Grossa. In: *Encontro de Modelagem Computacional*, 6, Nova Friburgo, 2003.
- [3] A. C. M. Alvim, *Métodos Numéricos em Engenharia Nuclear*, 1nd ed, São Paulo, Centauro, 2007.
- [4] J. M. Gomit, J. Planchard, A. Sargeni, Pseudo-Harmonics Method, *Bulletin de la Direction des Etudes et Recherche -EDF*, v. 1, p. 61-66, 1985.