

原子力発電所等における停止時未臨界監視手法の開発

(1) 未臨界監視手法の開発目的と仕様

Development of subcriticality monitoring method during shutdown and refueling modes of NPP

(1) Development purposes and specifications of subcriticality monitoring method

*田代 祥一¹, 東條 匡志¹, 影山 隆夫¹, 島津 洋一郎²

¹GNF-J, ²福井大学

停止中の核種の崩壊に伴う反応度変化を高精度に補正できるマイクロ燃焼モデルを備えた BWR 炉心シミュレータによる中性子源強度評価技術と、高ノイズ環境下での反応度評価を行うべく、開発・改良が行なわれてきた反応度計によるノイズフィルタリング技術とを融合させることにより、原子炉停止中の未臨界状態を監視する手法を開発する。

キーワード：未臨界監視，燃料シャフリング，BWR 炉心シミュレータ，反応度計，中性子源

1. 背景

原子炉の未臨界度を測定する手法は様々提案されているが、特殊な炉心状態や計装システムを必要とすることから、商用炉の未臨界監視には実用化されずに今日に至っている。未臨界度をリアルタイムに監視できれば、例えば制御棒の誤引き抜きなどの事象を検知でき、反応度事故を未然に防ぐことが期待され、安全性の向上に寄与できると考えられる。

2. 開発目的と仕様

本研究における未臨界度（反応度）の評価は、中性子の動特性方程式を反応度について解いた(1)式を基にしている。当式は既存の反応度計にも適用されているが、反応度計は一般的に臨界近傍の計数率 $n(t)$ が比較的高い状態で用いられることから(1)式の最後の項は無視している。本研究が対象とする深い未臨界状態における評価では、同項の見積もりの良し悪しが評価精度に支配的な影響を与える。

$$\rho(t) = \beta_{\text{eff}} - \frac{1}{n(t)} \sum_{i=1}^6 \beta_i \left\{ n(0)e^{-\lambda_i t} + \lambda_i \int_0^t e^{-\lambda_i(t-\tau)} n(\tau) d\tau \right\} - \frac{Q(t) \cdot \Lambda}{n(t)} \quad (1)$$

対象炉心の炉心特性パラメータ $(\beta, \lambda, \Lambda)$ は、BWR 炉心シミュレータ AETNA^[1]により得られる。更に AETNA に搭載されたマイクロ燃焼モデルにより、検出器への実効的な中性子源強度 $Q(t)$ も高精度に評価することができる。また、計数率が低い環境ではノイズの影響が相対的に大きくなるが、反応度計で開発されてきたノイズフィルタリング技術^[2]を適用することで、ノイズの影響を緩和できることが見込まれる。

すなわち、本研究において、BWR 炉心シミュレータ技術と反応度計技術を融合させることにより、原子炉停止中の未臨界状態を監視する手法の開発を行う。

3. 結論

初年度は、測定原理の未臨界監視への適用性について各種検討を行った。今後は、未臨界監視試作機を作成し、実機信号などを用いて手法の検証を行うとともに、当手法の BWR 以外の適用についても検討を行う。

参考文献

[1] (株)GNF-J 「炉心核熱水力特性解析システム システム全般」, GLR-005 システム編

[2] Shimazu, Y., Rooijen, W.F.G., Ann. Nucl. Energy 66, 161–166 (2014).

本研究は、「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「原子力発電所等における停止時未臨界監視手法の開発」の成果である。

*Shoichi Tashiro¹, Masayuki Tojo¹, Takao Kageyama¹ and Yoichiro Shimazu²

¹GNF-J, ²Univ. of Fukui