

Пороговая неустойчивость реактора к возникновению пространственных ксенонных колебаний

В. Н. СЕМЕНОВ

УДК 621.039.514

Изучение практической устойчивости реактора к возникновению пространственных ксенонных колебаний показывает, что амплитуда установившихся колебаний и запас до потери устойчивости зависят от знака и величины нелинейных членов [1, 2], которые при обычном линейном анализе отбрасываются. В настоящей работе показано, что в реакторах с неоднородной активной зоной возможна неустойчивость порогового типа (например, реактор, устойчивый к малым возмущениям, теряет свою устойчивость при возмущении достаточно большой амплитуды). Запас до потери устойчивости зависит от величины неоднородности активной зоны и величины коэффициента затухания, вычисленного в линейном приближении. Получено выражение для «пороговой» амплитуды (запас до потери устойчивости). Для описания пространственно-временного распределения нейтронов $\Phi(x, \tau)$ используется интегральное уравнение в квазистационарном приближении:

$$\begin{aligned} \Phi(x, \tau) = & \Phi_0(x) + \\ & + \int_V T(x', x) \left[\frac{K_\infty(x', \Phi(x', \tau), \rho_{Xe}(x', \tau))}{K_{\text{эфф}}\{\Phi\}} - \right. \\ & \left. - \frac{K_\infty^0(x')}{K_{\text{эфф}}^0} \right] \Phi(x', \tau) dV', \end{aligned} \quad (1)$$

где ядро $T(x', x)$ — обобщенная функция Грина, обеспечивающая сохранение нормировки полной мощности; $K_\infty(x, \Phi, \rho_{Xe})$ — локальный коэффициент размножения, зависящий от локальной мощности и локального отравления ксеноном ρ_{Xe} ; функционал $K_\infty\{\Phi\}$ описывает действие безынерционной гомогенной системы регулирования, компенсирующей любое изменение реактивности и поддерживающей полную мощность постоянной:

$$K_{\text{эфф}}\{\Phi\} = K_{\text{эфф}}^0 \frac{\int_V K_\infty(x, \Phi, \rho_{Xe}) \Phi \Phi_0 dV}{\int_V K_\infty^0(x) \Phi \Phi_0 dV}. \quad (2)$$

Индекс «нуль» в выражениях (1) и (2) относится к критическому реактору без обратных связей, у которого

коэффициент размножения решетки равен $K_\infty^0(x)$. Уравнения обратной связи по ксенону и яду записываются в обычном виде.

Путем разложения отклонения решения от стационарного решения в ряд по собственным функциям $\psi_n(x)$ ядра $T(x', x)$ задача сводится к исследованию уравнений для коэффициентов разложения, описывающих зависимость решения от τ . Предполагается, что реактор находится вблизи границы области устойчивости. Удерживая только две первые гармоники и учитывая, в отличие от работы [2], их взаимодействие, с помощью второго метода Ляпунова можно проанализировать практическую устойчивость решения. Получены явные выражения для функций Ляпунова. Выражение для амплитуды установившихся колебаний $b_{1\text{уст}}$ (если коэффициент раскочки $\alpha \geq 0$) и для пороговой амплитуды b_1 , порог — запас до потери устойчивости (если коэффициент затухания $\alpha \leq 0$) имеет вид

$$b_1^2 = \frac{2\alpha}{A},$$

где A определяется нелинейными членами. Для реакторов со слабой неоднородностью зоны по $K_\infty(x)$ во всех случаях $A > 0$, поэтому b_1 мало, когда α мало и больше нуля. При этом распределение $\psi_1(x)$ устойчиво практически. Для реакторов с сильно неоднородной по $K_\infty(x)$ активной зоной (например, для двухзонного с $\frac{V_2}{V_{a.3}} \leq 0,4$ и с выравненным полем) при достаточно больших уровнях мощности возможно явление пороговой неустойчивости по амплитуде возмущения b_1 , порог (математически этот случай соответствует $A < 0$ и $\alpha \lesssim 0$).

(№ 634/6683. Статья поступила в Редакцию 3/XII 1971 г., аннотация — 19/VII 1972 г. Полный текст 0,7 а. л., 6 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Margolis, S. Kaplan. WAPD-T-1156, WAPD-BT-21, 1960.
2. Г. П. Гущин, И. С. Постников, Е. Ф. Сабаяев. «Атомная энергия», 27, вып. 5, 402 (1969).

Экспериментальная проверка однокаскадной схемы регулирования выходной температуры теплоносителя на реакторе БОР-60

В. А. АФАНАСЬЕВ, В. М. ГРЯЗЕВ, В. Н. ЕФИМОВ

УДК 621.039.56:621.039.526

Система автоматического регулирования мощности ядерных энергетических установок с реакторами на быстрых нейтронах не исключает появления значительных и опасных термонапряжений в конструктивных компонентах реактора и технологического оборудования [1]. В работах [2, 3] рассматриваются схемы регулирования, в которых регулируемым параметром является не нейтронная мощность реактора, а температура

теплоносителя на выходе из реактора. Такие схемы регулирования снижают величину возникающих в результате отклонений входных параметров изменений температур как в активной зоне, так и в контуре АЭС после реактора.

На быстром натриевом реакторе БОР-60 [4] была разработана и прошла испытание однокаскадная система регулирования выходной температуры теплоносителя