

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА АЭС

Банзак Г.В.

*Одесская государственная академия технического регулирования и  
качества, ул. Кузнечная, 15, г. Одесса, Украина, 65020*

Одним из основных показателей технологического регламента безопасной эксплуатации (ТРБЭ) блоков АЭС является расход теплоносителя в контурах. Однако погрешность определения этого параметра штатным методом достигает 4...8 % от проектного расхода по разным петлям блока. Например, по результатам пуско-наладочных работ (ПНР) и начала эксплуатации второго блока Калининской АЭС погрешность расхода теплоносителя через петлю составила 600 м<sup>3</sup>/час (3%) [1,2]. Основной вклад дает погрешность паспортной напорной характеристики главного циркуляционного насоса (ГЦН).

На блоках малой серии проблема усугубляется тем, что реальное значение расхода значительно выше проектного и практически равно максимально допустимому по ТРБЭ.

Неопределенность в этом вопросе приводит к тому, что расход теплоносителя является единственным эксплуатационным параметром таблицы допустимых режимов, для которого в ТРБЭ не приведено значение погрешности.

Оценим эффективность решения такой задачи с помощью существующей сегодня на АЭС системы спектрометрии.

Корреляционный анализ сигналов датчика позволяет определить среднее время транспорта неоднородностей гамма-активности потока теплоносителя между двумя измерительными сечениями трубопровода и, следовательно, оценить время транспорта самого потока. Для этого используется алгоритм вычисления взаимно-корреляционной функции (ВКФ) сигналов  $X(t)$  и  $Y(t)$ , и определения времени задержки второго сигнала относительно первого.

После монтажа вторичной аппаратуры были выполнены измерения уровня шума, приведенного ко входу, при разомкнутом входе усилителя, т.е. неподключенной ионизационной камере. Полученные величины составили  $\sim 2 \cdot 10^{-12}$  и  $\sim 4 \cdot 10^{-12}$  А в диапазоне частот  $f_v = 0 \dots 10$  и  $f_v = 0 \dots 30$  Гц, соответственно, т. е. приблизительно 0,01 % от уровня выходного тока ИК.

Абсолютное значение постоянного тока камер определялось по выходному напряжению усилителей, которые предварительно калибровались в лабораторных условиях. Оно составило при номинальной мощности реакторного блока  $3 \cdot 10^{-8}$  А, что соответствует ожидаемому по результатам расчетно-экспериментальных обоснований.

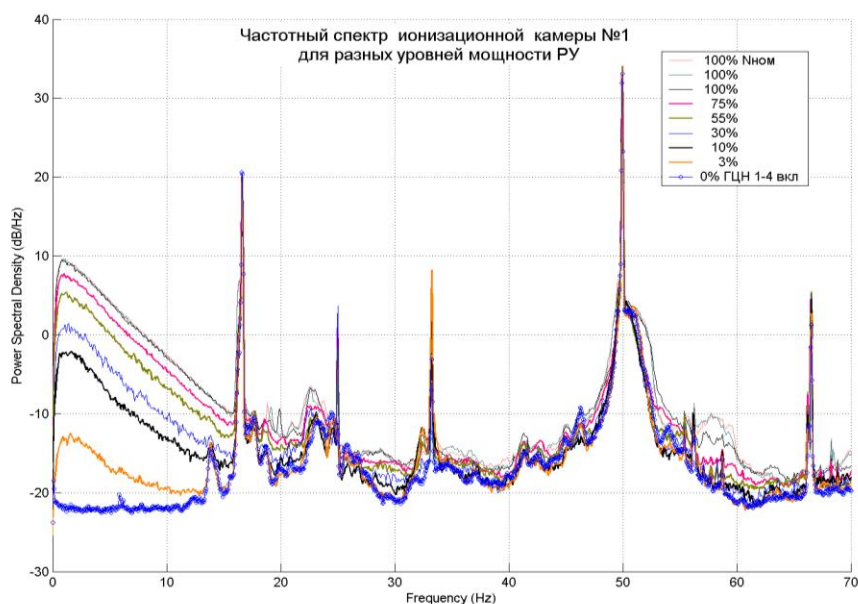


Рисунок 1 – Спектральная плотность мощности сигналов: частотный спектр сигналов ионизационной камеры для разных уровней мощности реактора

Из анализа спектральной плотности мощности (СПМ) нефильтрованного сигнала ИК №1 можно сделать выводы (рис. 1):

- значительная часть мощности сигнала сосредоточена в низкочастотной области;

- при увеличении уровня мощности реактора спектр меняется только в диапазоне 0-15 Гц, а форма СПМ выше 15 Гц полностью определяется работой ГЦН.

Это позволяет ограничиться диапазоном 0-15 Гц при расчете взаимно-корреляционной функции (ВКФ).

Высокий уровень корреляции ( $\rho = 0,7$ ) обеспечивает хорошую точность определения максимума временного сдвига ( $\tau = 118$  мс). Из графика видно, что система обеспечивает надежную регистрацию расхода уже при 3 % от номинальной мощности реактора.

### Список литературы

1. Matsson I. Studies of Nuclear Fuel Performance Using On-site Gamma-ray Spectroscopy and In-pile Measurements / Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, ISSN 1651-6214; 191, 2006. – 103 p.

2. Банзак О.В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений / О.В. Банзак, О.В. Маслов, В.А. Мокрицкий: Под ред. В.А. Мокрицкого, О.В. Маслова. – Монография. – Одесса : Изд-во «ВМВ», 2013. – 220 с.