

Для обоснования такого метода контроля были выполнены эксперименты на реакторе первого блока Армянской АЭС. Транспортную энергию в петлях первого контура теплоносителя определяли двумя способами: по тепловому балансу и по содержанию ^{16}N в теплоносителе. Первый способ основан на измерении разности температуры теплоносителя в горячих и холодных участках циркуляционных петель штатными термомпарами, второй связан с регистрацией γ -излучения ^{16}N с помощью датчиков, предназначенных для определения расхода теплоносителя в петлях [2] (см. настоящий выпуск, с. 420). Поскольку радиоактивность теплоносителя водоохлаждаемых реакторов пропорциональна плотности потока нейтронов, по изменению интенсивности γ -излучения ^{16}N можно судить об изменении энерговыделения в той части объема активной зоны, через которую циркулирует теплоноситель данной петли.

Эксперименты проводили в начале и конце второй кампании реактора на мощности около 35% номинальной при идентичных условиях отвода пара из парогенераторов. Первая серия опытов состояла в определении мощности отдельных петель при симметричном энергораспределении в активной зоне. Во второй и последующих сериях перед аналогичными измерениями энергораспределение предварительно «возмущали» путем полного погружения поглотителей одной или двух автоматических регулирующих каскадов (АРК) соответственно в один или два сектора активной зоны. Такая же последовательность сохранялась в конце кампании.

В таблице представлено отношение мощности петель при возмущенном и симметричном энергораспределении.

Оно показывает реакцию мощности отдельных петель на введение поглотителей в активную зону. Данные, полученные двумя способами, согласуются в пределах погрешности измерений.

Чтобы удостовериться в том, что перераспределение тепловой энергии в циркуляционных петлях, вызванное деформацией энергораспределения, соответствует его изменению в прилегающих к ним секторах активной зоны, энерговыделение в секторах было рассчитано по трехмерной программе БИПР [3]. В расчетах моделировали состояние реактора во время экспериментов. Обусловленные деформацией энергораспределения в активной зоне экспериментальные значения изменения мощности циркуляционных петель сопоставляли с расчетными изменениями энерговыделения в секторах. Выявлено слабое смешивание потоков теплоносителя различных циркуляционных петель при равенстве расхода по ним. Эта особенность позволяет контролировать энергораспределение в активной зоне путем измерения мощности петель вне реакторными средствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мительман М. Г. и др. Детекторы для внутрореакторных измерений энерговыделения. М., Атомиздат, 1977.
2. Богачек Л. Н. и др.— Атомная энергия, 1979, т. 46, вып. 6, с. 390.
3. Петруничи Д. М., Беляев Е. Д., Киреева И. Л. Препринт ИАЭ-2518, М., 1975.

Поступило в Редакцию 08.09.80

УДК 621.039.555

Радиоизотопные источники световых импульсов

СОБОРНОВ О. П., ЩЕГЛОВ О. П.

Применяемые для контроля за стабильностью энергетического диапазона сцинтилляционного гамма-спектрометра реперные источники — излучатели α -частиц — используются различными способами: наносятся на пластинку кристалла Cs(Tl) или металлическую подложку, которые помещают в корпус детектора с кристаллом NaI(Tl) [1] или с кристаллом Cs(Tl) [2]; распределяются равномерно по объему сцинтиллятора [3]; покрываются путем напыления тонким слоем Cs(Tl) [4] и, наконец, вместе с платиновой подложкой и кристаллом заливаются прозрачным силиконовым каучуком [5].

Однако, как показали исследования [2], использование таких детекторов ограничено различием температурных зависимостей световых выходов сцинтилляторов при α - и γ -возбуждении (рис. 1) и увеличением скорости счета фона детекторов в рабочем диапазоне энергии γ -излучения. Последний недостаток, однако, может быть устранен за счет некоторого ухудшения спектрометрических параметров системы. Детекторы с реперными α -источниками наиболее целесообразно использовать в гамма-спектрометрах, работающих при постоянной температуре и значительных импульсных нагрузках, т. е. когда основным источником нестабильности системы является фотоумножитель.

Существует область, где система сцинтиллятор — источник α -излучения, представляющая собой генератор световых вспышек, используется наиболее эффективно, а именно: в качестве устройства для контроля параметров фотоэлектронных приборов. Для этого предлагается применять источники световых импульсов на основе тонких кристаллов Cs(Tl) в сочетании с излучающими α -частицы радионуклидами, нанесенными на подложку из металла или полимерных материалов (например, терилена).

Такие источники отличаются автономностью, компактностью, стабильностью параметров во времени, простотой изготовления, спектром излучения, соответствующим (или близким) к спектру излучения устройств, работающих с исследуемым фотоприемником (250—800 нм, $\lambda_{\text{макс}} = 560$ нм), способностью генерировать вспышки, в 5—7 раз превышающие по яркости вспышки от γ -источника ^{137}Cs (при отсутствии протяженного континуума), высоким энергетическим разрешением (4—6%) и, наконец, низкой эффективностью регистрации γ -квантов, создающих све-

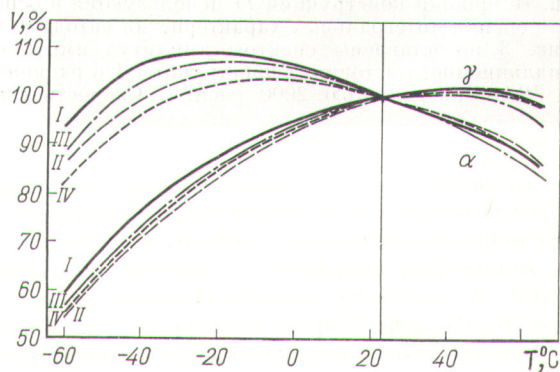


Рис. 1. Изменение амплитуды сигнала четырех сцинтилляционных блоков (I—IV) детектирования с кристаллами CsI(Tl) диаметром 63×63 мм и ФЭУ-118 в интервале температуры от -60 до $+65^\circ\text{C}$ при возбуждении γ -квантами ^{137}Cs и α -частицами реперного источника

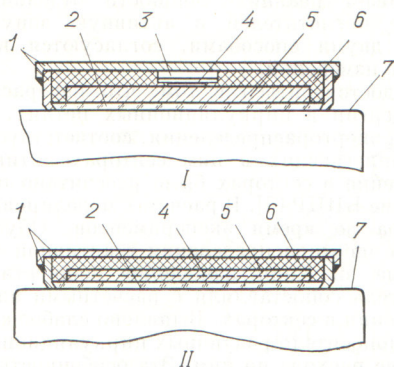


Рис. 2. Конструкции радиоизотопных источников световых импульсов с «точечным» (I) и распределенным (II) α -излучателями: 1 — алюминиевый корпус с крышкой; 2 — стеклянное окно; 3 — фиксатор диска с радионуклидом; 4 — нанесенный на подложку радионуклид, излучающий α -частицы; 5 — кристаллы CsI(Tl); 6 — фторопластовый отражатель; 7 — катод фотоумножителя

товой фон и способных влиять на характеристики источника.

Поскольку интенсивность излучения используемых нами источников составляет 500—20 000 имп./с (в зависимости от назначения) и определяется при изготовлении с высокой точностью [2], они могут служить эталонами для определения эффективности регистрации всплеск фотоприемником.

Конструкции двух типов источников представлены на рис. 2. В них используются радионуклиды с периодом полураспада свыше 400 лет, например ^{241}Am (433 г.), ^{230}Th ($7,5 \cdot 10^4$ лет), ^{233}Pu ($2,44 \cdot 10^4$ лет), нанесенные слоем, близким к мономолекулярному, на поверхность диаметром 2—3 мм полированного диска диаметром ($5 \div 10$) \times $0,3$ мм из нержавеющей стали или на пленку из полимерного материала. Кристалл CsI(Tl) должен иметь минимальную толщину, определяемую длиной пробега α -частиц в его среде, т. е. ~ 20 мкм, а максимальную — требуемой равномерностью свечения по площади окна. Диаметр кристалла в зависимости от задач исследования может быть от нескольких миллиметров до десятка сантиметров.

Источники световых всплеск конструкции I, имеющие разрешение по линии ^{241}Am ($E_\alpha = 5,486$ МэВ) 4,5—6,0%, применяются для оценки разрешения и равномерности световой анодной чувствительности по площади фотокатода (топография чувствительности), стабильности работы ФЭУ, времени установления рабочего режима (время готовности), линейности световой характеристики и других параметров. Источники конструкции II используются в основном для оценки интегральных характеристик катода ФЭУ. На рис. 3 представлены спектры амплитуд импульсов сцинтилляционного источника конструкции I с радионуклидом ^{241}Am активностью 2000 расп./с. Скорость счета

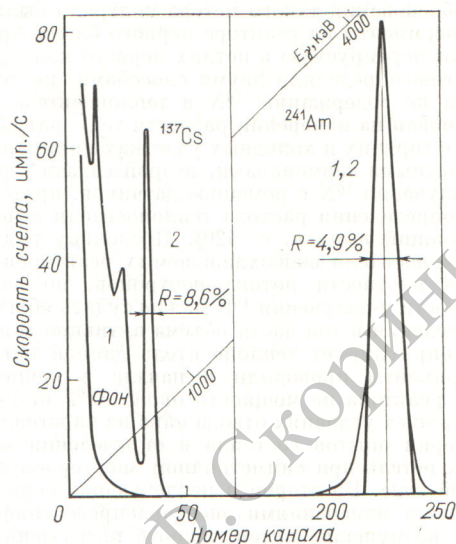


Рис. 3. Спектры излучения радиоизотопного источника световых импульсов конструкции I (см. рис. 2), полученные с ФЭУ-110 с γ -излучателем (1) и без него (2)

α -частиц в пределах пика с разрешением $R = 4,9\%$ составляет ~ 1000 имп./с, γ -эквивалент 4,3 МэВ. На втором спектре (помимо пика от ^{241}Am) показано распределение импульсов от точечного γ -источника ^{137}Cs , испускающего 10^5 квант./с в угле 4λ и расположенного непосредственно на поверхности источника световых импульсов.

Опыт эксплуатации показал высокую стабильность и надежность описанных источников. Применение их для исследования параметров ФЭУ позволит снизить стоимость испытательной аппаратуры, повысить производительность работ, а также улучшить точность измерения параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цирлин Ю. А. и др. — Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерное приборостроение, 1973, вып. 20, с. 48.
2. Сурков Ю. А., Соборнов О. П., Лебедев И. А. — Приборы и техника эксперимента, 1977, № 2, с. 65.
3. Проспект фирмы «Харшоу», 1975.
4. Колчин А. А. и др. — Приборы и техника эксперимента, 1975, № 5, с. 25.
5. Nejedlá V. e.a. — Jaderná energie, 1977, г. 23, N 5, с. 179.
6. ГОСТ 11612.0—75 — ГОСТ 11612.16—75.

Поступило в Редакцию 29.10.80