

УДК 539.1.074

Н.Е. САПОЖНИКОВ<sup>1</sup>, А.В. СКАТКОВ<sup>2</sup>, Е.С. БЫКОВА<sup>1</sup><sup>1</sup> Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности<sup>2</sup> Севастопольский национальный технический университет, Украина

## ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

В статье показана возможность технической реализации переносного индивидуального широкополосного радиометра повышенной точности, позволяющего диагностировать радиационную обстановку в реальном масштабе времени.

**радиационные измерения, амплитудный селектор-анализатор, энергетическая зависимость чувствительности**

### Введение

Известные ныне технические средства радиационного контроля, в силу целого ряда причин организационного и технического характера, обладают весьма высокой погрешностью, основной вклад в которую вносит энергетическая зависимость чувствительности (ЭЗЧ) первичных измерительных преобразователей.

Попытки компенсации этой погрешности, описанные в целом ряде работ, позволяют повысить точность измерений лишь в достаточно узком энергетическом диапазоне.

Известен метод автокомпенсации, позволяющий принципиально расширить диапазон энергий измеряемых сигналов при одновременном повышении точности измерений, однако сложность его аппаратной реализации и невозможность перестройки алгоритма работы спектрометра серьезно ограничивает возможности его применения в атомной энергетике.

### Основной материал

Для расширения диапазона измерений до 20 МэВ с одновременным повышением точности предлагается применить автокомпенсацию энергетической

зависимости чувствительности во всем энергетическом диапазоне измерений [1].

Для этого на первом этапе предлагается осуществить метрологическое тестирование вещества детектора сцинтиллятора и, тем самым, вычислить значения поправочных коэффициентов энергетической зависимости чувствительности во всем энергетическом диапазоне.

Затем вычисленные значения поправочных коэффициентов в виде двоичных кодов использовать для проведения автокомпенсации в реальном масштабе времени.

За базовую целесообразно принять стандартную структурную схему сцинтиллятор – фотоэлектронный умножитель в импульсном режиме – многоканальный амплитудный анализатор (рис. 1). Ионизирующее излучение, взаимодействуя с веществом детектора, вызывает в нём сцинтилляции, по интенсивности пропорциональные энергии ионизирующих частиц. За счет оптической связи сцинтилляций с катодом ФЭУ, на последнем формируются электрические импульсы, амплитуда которых пропорциональна интенсивности отдельных сцинтилляций, т.е. энергии ионизирующих частиц. Эти импульсы с выхода ФЭУ усиливаются предусилителем, который на схеме не показан, и передаются на вход амплитудного селектора-анализатора.

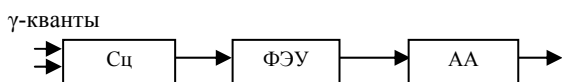


Рис. 1. Структурная схема спектрометра

Функциональная схема амплитудного селектора-анализатора сцинтилляционного спектрометра представлена на рис. 2.

На этом рисунке обозначено:  
 – С×С – схема сравнения;  
 – Mod2 – элемент, выполняющий суммирование по модулю 2;  
 – P<sub>Г</sub> – регистры, хранящие поправочные коэффициенты,  $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_L, S$  – комбинационные сумматоры.

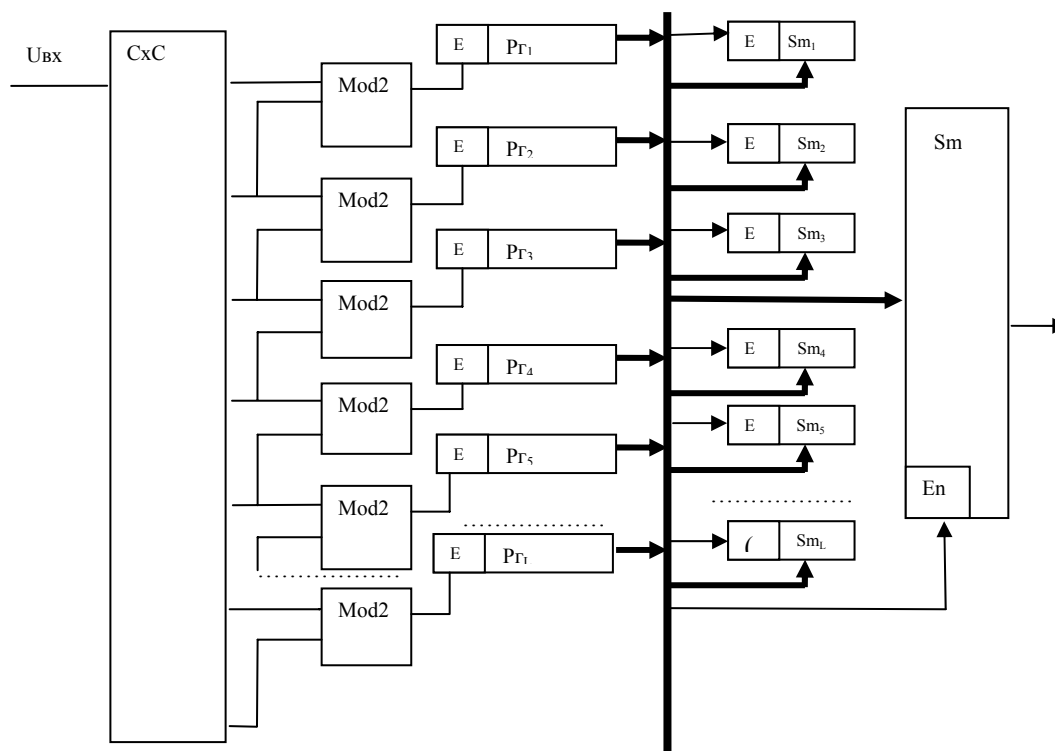


Рис. 2. Функциональная схема амплитудного селектора-анализатора

Схема сравнения С×С на входе в амплитудный селектор-анализатор представляет собой совокупность двухвходовых элементов сравнения (в роли которой может выступать как компаратор, так и триггер Шмидта), на первый вход  $i$ -го из которых подается опорное напряжение  $U_{on}$ , причем эти напряжения отличаются друг от друга на величину  $\Delta U$ , которые определяются в соответствии с  $L$  поддиапазонами измерений и реализуются с помощью резистивного делителя.

Вторые входы элементов сравнения объединены, и на них подано напряжение, равное амплитуде входного импульса  $U_{вх}$ . При выполнении условия

$U_{on} = U_{вх}$  на выходе соответствующего элемента сравнения появляется «1». Так как соседние выходы элементов сравнения попарно подаются на входы сумматоров по модулю 2, то единичный сигнал появится на выходе того из них, на вход которого будут одновременно поданы «1» и «0».

аким образом, последние, по сути, срабатывают при попадании импульса в определенный поддиапазон напряжений.

Таким образом, каждой амплитуде импульса с выхода ФЭУ будет соответствовать «своя единица» на  $i$ -м выходе селектора, где  $i = 1, 2, \dots, L$ . Каждый  $i$ -й выход селектора, при наличии на нём «единицы»,

подключает параллельные выходы  $i$ -го регистра, выполняя операцию логического умножения

$$X_i = 1 \& X_i, \quad (1)$$

где  $X_i$  – значение  $i$ -го коэффициента компенсации, к первой группе параллельных входов  $i$ -го комбинационного сумматора, представляющего собой  $K$ -входовой групповой сумматор с параллельным переносом, где  $K$  – число разрядов регистра из блока  $L$  регистров, и  $K+2$  – разрядный регистр сдвига, параллельные входы которого подключены к соответствующим выходам группового сумматора, а выходы – ко второй группе входов  $i$ -го комбинационного сумматора.

Тем самым, одно из  $L$  вычисленных заранее при проведении метрологического эксперимента с используемым типом сцинтиллятора значений коэффициентов компенсации ЭЗЧ поступает на входы сумматора  $S_i$  и сумматора  $S$ .

После окончания измерений на выходах сумматоров  $S_1$ - $S_L$  (в их регистрах сдвига) будет находиться энергетический спектр измеряемого сигнала, а на выходах сумматора  $S$  – мощность его экспозиционной дозы.

При большой величине  $L$  аппаратный объём амплитудного селектора-анализатора оказывается чрезвычайно большим. Действительно, при представлении каждого поправочного коэффициента в виде  $K = 16$ -и разрядного двоичного кода и при  $L = 100$ , количество базовых логических элементов, составляющих амплитудный селектор-анализатор, составит примерно  $10^7$ , что чрезвычайно велико для переносного прибора, даже при реализации его на ПЛИС.

## Выводы

Для уменьшения аппаратного объёма анализатора предлагается в блоке регистров для хранения компенсационных коэффициентов использовать регистры сдвига, а сами коэффициенты представить в виде двоичного последовательного кода. Тогда выражение (1) представится в виде

$$X_i = 1 \& (x_1; x_2; \dots; x_j; \dots; x_n) \quad (2)$$

и для последовательного суммирования произведений вместо комбинационных сумматоров можно использовать двоичные накопительные счётчики. Аппаратный объём спектрометра уменьшится по сравнению с предыдущим вариантом не менее чем на два порядка.

К сожалению, это приводит к сужению частотного спектра измеряемого сигнала, однако для решения поставленной задачи это не является критичным

## Литература

1. Moriuchi S., Miyanaga I. A spectrometric method for measurement of low-level gamma exposure data // Health. Phys. – 1966. – V. 12, no. 4. – P. 541-551.
2. Сапожникова А.В., Хайков В.Л. Широкодиапазонный гамма-радиометр повышенной точности // Ред.ж.ДАНН. – 18 с.Деп.В УкрИНГЭИ 02.12.96., №241, уч.96.

Поступила в редакцию 15.02.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.