



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P13-94-78

Г.П.Георгиев, А.А.Костина, А.И.Островной,
Т.Б.Петухова, А.П.Сиротин, В.Г.Тишин

РАЗВИТИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
МНОГОПАРАМЕТРОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
С АППАРАТНОЙ СОРТИРОВКОЙ
ИНФОРМАЦИИ «РОМАШКА»

1994

Георгиев Г.П. и др.

Развитие спектрометрической системы для автоматизации многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой информации «Ромашка»

Описывается система, построенная на базе персонального компьютера IBM PC/AT и аппаратуры в стандарте КАМАК и предназначенная для многопараметровых измерений на спектрометрической многодетекторной установке «Ромашка». Система позволяет проводить трехмерный анализ, регистрируя одновременно время, амплитуду, номер детектора или кратности совпадений. Для сжатия регистрируемой информации используются два блока цифрового отбора. Накопление спектров производится в запоминающем устройстве 256К 16-разрядных слов. Кроме основного канала накопления трехмерной информации имеются два автономных одномерных канала, состоящих каждый из временного кодировщика и запоминающего устройства на 4К 16-разрядных слов, и один канал, состоящий из временного кодировщика и кодировщика номера детектора для 8 детекторов. Программное обеспечение системы реализовано на языке Паскаль в системе MS-DOS. Оно позволяет управлять процессом проведения экспериментов в интерактивном и автоматическом режимах.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

Перевод А.И.Островного

Georgiev G.P. et al.

P13-94-78

Development of Spectrometric System for Automation of Multiparameter Measurements with Hardware Data Sorting «Romashka»

The system based on personal computer IBM PC/AT and CAMAC equipment for multiparameter measurement on the spectrometric multidetector set-up «Romashka» is described. The system allows to perform three-dimensional analysis with registration of time, amplitude, detector number or number of coincidence at the same time. Two units of digital data selection are used for registered data decreasing. Data accumulation takes place in the memory unit with capacity of 256K 16-bits words. Besides the main channel of three-dimensional data accumulation there are two autonomous one-dimensional data acquisition channels, each consisting of time coder and memory unit with capacity of 4K 16-bits words, and one channel, consisting of time coder and coder of detector number for 8 detectors. Software was implemented using Pascal language in MS-DOS system. The software allows to control experiments through interactive and automatic regime of fulfilling.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

На протяжении ряда лет в Лаборатории нейтронной физики используются спектрометрические системы для автоматизации многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой информации /1,2/. И все это время параллельно развиваются два подхода к их автоматизации: накопление спектров в буферных запоминающих устройствах (ЗУ) большой емкости и накопление спектров в памяти компьютера (ПК) или на его диске под постоянным контролем ПК.

В настоящей работе будет рассмотрен первый вариант спектрометрической системы для автоматизации многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой информации, позволяющий сделать более гибким подход к накоплению спектров в ЗУ.

1. Детекторная аппаратура

Для измерения спектра множественности гамма-квантов при взаимодействии резонансных нейтронов с ядрами используется многосекционный сцинтилляционный детектор типа "Ромашка" /3,4/, расположенный на 500-метровой пролетной базе импульсного нейтронного бустера ИБР-30.

Детектор состоит из 16 независимых секций - кристаллов $\text{NaJ}(\text{TI})$ размером $122 \times 122 \times 152 \text{ мм}^3$, просматриваемых каждый своим фотоумножителем, и имеет сквозной вакуумный канал для прохождения коллимированного пучка нейтронов и размещения исследуемых образцов внутри детектора /4/.

Для каждого акта взаимодействия нейтрона регистрируется его время пролета и кратность совпадений гамма-квантов. Параметры взаимодействия фиксируются в памяти регистрирующей системы, если суммарная энергия зарегистрированных детектором гамма-квантов находится в пределах одного из двух энергетических окон - от 2 до 8 или от 0,35 до 0,5 МэВ - с помощью которых идентифицируются акты радиационного захвата и рассеяния соответственно. Порог регистрации импульсов каждой секции детектора составляет 0,1 МэВ.

Структурная схема спектрометра "Ромашка" представлена на рис.1. Сигналы с выходов ФЭУ через эмиттерные повторители поступают параллельно на интегральные дискриминаторы ИД и на сумматор С. Выходной сигнал сумматора дискриминируется двумя дифференциальными дискриминаторами ДД и поступает как стробирующий сигнал на кодировщик кратности совпадения ККС, одновременно на соответствующие входы которого поступают

логические сигналы с интегральных дискриминаторов. ККС вырабатывает сигнал "стоп" для временного кодировщика ВК-5 и пятиразрядный двоичный код кратности для БЦО-24. Код кратности включает в себя информацию о кратности излучений зарегистрированного события, а в случае однократных совпадений - информацию о номере секции детектора, в которой произошла регистрация. Спектрометрическая аппаратура (ИД, ККС, ДД и С) находится на расстоянии 10 м от детектора, измерительный модуль - в измерительном центре ЛНФ на расстоянии 700 м от детектора.

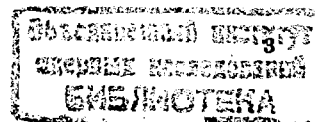
2. Спектрометрическая система с аппаратной сортировкой информации "РОМАШКА"

Существуют различные варианты организации накопления многомерной спектрометрической информации. Одним из наиболее распространенных в ЛНФ является вариант с использованием многофункционального "спецконтроллера" /1,2/, обслуживающего амплитудные и временные кодировщики в дополнительном неуправляемом крейте. При дальнейшем развитии спектрометра "Ромашка" /2/ функции спецконтроллера, используемые в данной системе, вошли в специально разработанный блок цифровых окон.

На рис.1. приведена блок-схема системы накопления многомерной спектрометрической информации спектрометра "Ромашка". По старту реактора запускается временной кодировщик ВК-5 и разрешает работу амплитудного кодировщика /5/. При срабатывании детектора его номер или кратность сработавших детекторов с соответствующим признаком будет принята во входном регистре ВР, и одновременно на ВК-5 поступит детекторный сигнал. Амплитудный сигнал поступит на АК1К /5/. Далее, код А+В+К поступает на соответствующие входы блоков БЦО-24, где из них формируется 18-разрядный адрес, по которому будет добавлена 1 в соответствующий спектр буферного запоминающего устройства.

В состав системы входят еще два канала для временного анализа одиночных детекторов (ВКП4+ЗУ16К) и многодетекторный временной анализатор на 8 входов (ВКП4+ЗУ32К+КНД). Счетчик КСО14 контролирует мониторинные сигналы. Таймер КВ004 отсчитывает астрономическое время.

По сравнению с первоначальным вариантом системы /2/ в предлагаемой введены дополнительные возможности:



- один из каналов накопления временных спектров дополнен кодировщиком номера детектора (КНД) для 8 детекторов;
- для накопления многомерного спектра время, амплитуда и кратность ("В+А+К") ОЗУ расширена до 256К 24-разрядных слов;
- разработан блок цифровых окон БЦО-24 для работы совместно ОЗУ 256К.

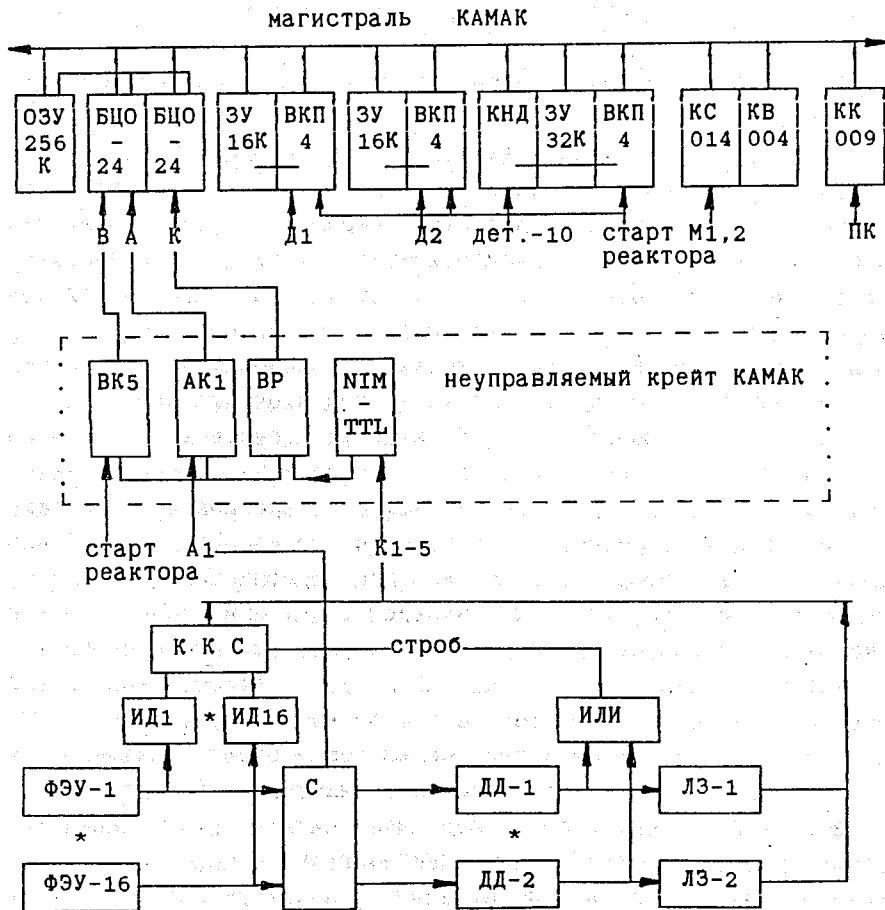


Рис.1. Блок - схема системы накопления многомерной спектрометрической информации спектрометра "Ромашка".

Это позволяет накапливать как временные спектры в амплитудных окнах, так и амплитудные спектры во временных окнах без изменения коммутации входных сигналов, что существенно повысило гибкость системы, ее контрольные функции во время проведения эксперимента.

Благодаря увеличению емкости буферного ЗУ и новым возможностям БЦО-24 по сравнению БЦО /6/ в процессе эксперимента накапливаются не только кратности в амплитудных окнах, но и единичные кратности для непрерывного контроля за идентичностью, эффективностью и надежностью работы детекторов с записью результатов данного контроля вместе с измеряемой физической информацией.

2. Блок цифровых окон БЦО-24.

На рис.2. представлена блок-схема блока цифровых окон.

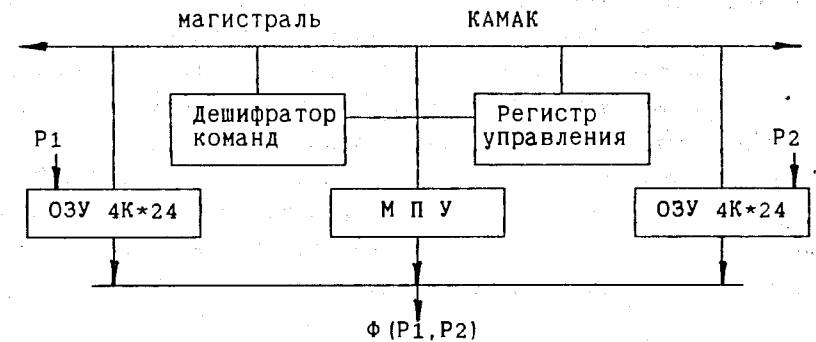


Рис.2. Блок-схема блока цифровых окон БЦО-24.

Дешифратор команд реализует следующие функции КАМАК:

- FOA0 - чтение данных из выбранного ЗУ.....Q=1,
- FOA1 - чтение регистра управления.....Q=1,
- F16A0 - запись данных в выбранное ЗУ.....Q=1,
- F16A1 - запись регистра управления.....Q=1.

Разряды регистра управления имеют следующее назначение:

- 1-12бит - адрес выбранного ЗУ,
- 13,14 бит - выбор ЗУ1 или ЗУ2 соответственно,
- 16 бит - разрешение работы БЦО-24 в режиме цифрового фильтра (0- режим КАМАК).

Запись 0 в 16 разряд регистра управления разрешает доступ к ЗУ1 или ЗУ2 с магистрали КАМАК. Запись одного 24-разрядного слова производится следующим образом: запись адреса с битом выбора ЗУ и запись данных по этому адресу. Чтение одного 24-разрядного слова производится следующим образом: запись адреса с битом выбора ЗУ и чтение данных по этому адресу.

В режиме цифрового фильтра БЦО-24 может работать как с одним параметром, так и с двумя. В первом случае 12-разрядный параметр P1 поступает на ЗУ1 как адрес, а информация с выхода 24-разрядного ЗУ1 передается на переднюю панель блока. После записи соответствующей информации ЗУ1 выполняет функции цифрового фильтра, где вход - 12 разрядов (адрес) и выход 24 разряда (данные). Выходной код имеет разрядность 1-12, причем размещен он может быть в выходном 24-разрядном слове произвольным образом. Если разрешена работа одновременно двух ЗУ1 и ЗУ2, то каждый из них занимает в 24-разрядной выходной функции $\Phi(P1, P2)$ места, определяемые программно. Реально это дает возможность, например, при накоплении типа "амплитуда + время", просмотреть временные спектры в амплитудных окнах или амплитудные спектры во временных окнах.

В выходной функции занимаемые фильтрами разряды перекрываются, как показано на рис.3. Это позволяет перераспределять, в зависимости от условий эксперимента, разряды выходной функции БЦО между этими параметрами.

фильтр 1...	1	2	3	4	5	6	7	8	*	20	21	22	23	24
фильтр 2...	1	2	3	4	5	6	7	8	*	20	21	22	23	24
$\Phi(P1, P2)$...	1	2	3	4	5	6	7	8	*	20	21	22	23	24

Рис.3. Распределение разрядов выходной функции.

Микропрограммное устройство (МПУ) в режиме цифрового фильтра ожидает запросы от выбранных входных параметров P1 или P2, проводит операцию чтения с соответствующих ЗУ, выставляет запрос к "внешнему" буферному запоминающему устройству и после подтверждения приема им информации снова ожидает запросы от P1

или P2. БЦО-24 может работать как фильтр одного из параметров P1 или P2, так и как фильтр двухпараметрового события P1+P2. 24 бит каждого ЗУ может выполнять роль функции запуска соответствующего фильтра, т.е. если 0- событие игнорируется, 1- входной код находится в заданном диапазоне.

Допускается объединение нескольких БЦО-24 по выходу, что позволяет получить цифровой фильтр для многопараметрового события с необходимым количеством параметров. Количество параметров ограничивается только емкостью буферного ЗУ и допустимой степенью "сжатия" информации. "Мертвое" время БЦО-24 200нс существенно меньше времени обработки информации в применяемых буферных ЗУ (700нс - 2мкс). Поскольку $\Phi(P1, P2)$ является 24-разрядным адресом для буферного ЗУ, то ее емкость не должна превышать 16М слов.

БЦО-24 может найти применение для экспресс-анализа и в других многомерных системах для контроля "качества" информации без продолжительной обработки большого ее объема, накапливаемого на магнитном диске или ленте, т.к. с его помощью в буферном ЗУ накапливаются уже "готовые" для анализа спектры. И в большинстве случаев их достаточно как для контроля за ходом эксперимента, так и для первичной оценки всей накопленной на диске или ленте информации.

3. Программное обеспечение

Программное обеспечение системы разработано на основе накопленного опыта эксплуатации /2/. Оно включает программы: для подготовки системы к измерениям, для тестирования используемой аппаратуры КАМАК, для автоматизации процесса проведения измерений, для оперативного анализа накопления данных.

В системе используется четыре физических канала накопления спектрметрической информации, один из которых работает через блоки цифрового отбора. В зависимости от количества параметров в системе используется один или два цифровых фильтра. Работа каждого БЦО-24 определяется двумя таблицами, которые описывают различные режимы работы блока. Существует специальная команда, позволяющая создавать и редактировать таблицы в интерактивном режиме. При этом контролируется правильность вводимой

информации и существует целая система удобных для пользователя подсказок. Созданные таблицы запоминаются в виде файлов на диске ПК. Имена файлов генерируются программой автоматически, а пользователю таблицы доступны по их номеру.

Программа измерений управляет четырьмя каналами накопления с помощью интерактивных команд: начало, останов и продолжение измерения, запись данных на диск и др. Управление каждым каналом осуществляется независимо, однако существует специальная команда, с помощью которой пользователь имеет возможность создать логический канал, включающий либо все, либо часть из четырех физических. Программа интерпретирует канал накопления для 8 детекторов как один физический канал. К нему применимы все перечисленные команды управления.

Помимо интерактивного режима возможно организовать серию измерений для каждого из каналов, в том числе и для логического. При подготовке серии определяется количество измерений в ней, задается время накопления данных в одном измерении – либо астрономическое время, либо величина мониторингового счета. Специальные команды позволяют инициировать выполнение серии измерений, остановить, продолжить или прекратить ее выполнение.

Для оперативного анализа накапливаемой информации созданные программы позволяют вывести на экран терминала ПК спектры, объем которых может составлять 32–256К в виде поверхностей или карты уровней, из файла либо из запоминающего устройства. Существует возможность первичной обработки спектра. Это арифметические операции с файлами спектров и константами, запись части спектра в отдельный файл и объединение нескольких спектров в один файл для дальнейшей обработки.

Программное обеспечение системы реализовано на языке программирования Паскаль в операционной системе MS-DOS.

Заключение

С помощью представленной измерительной системы для регистрации импульсов с использованием сочетания метода времени пролета и метода спектрометрии множественности можно получать трехмерные изображения распределения множественности гамма-квантов для отдельных резонансов (рис.4.).

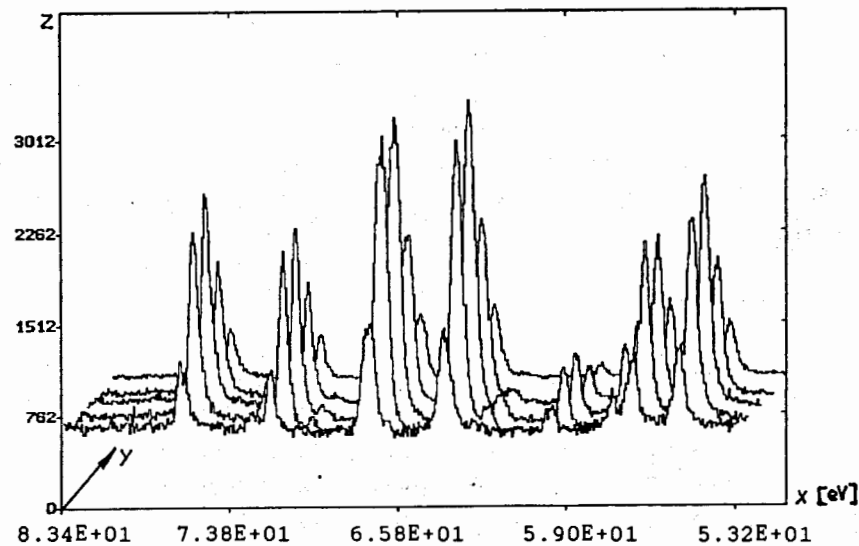


Рис.4.Трехмерное изображение распределения множественности гамма-квантов от радиационного захвата нейтронов гафнием-117. По оси X и Y – энергия нейтронов и кратность совпадений, по оси Z – число событий.

В заключение необходимо отметить, что БЦО-24, являясь дальнейшим развитием блоков предварительного аппаратного отбора спектрометрической информации, позволяет существенно расширить возможности спектрометра:

- существенно повышена гибкость и расширены функциональные возможности для проведения экспресс-анализа накапливаемой информации по временным спектрам в амплитудных окнах и амплитудным спектрам во временных окнах;

- с 16 до 24 бит расширена выходная функция $\Phi(P1, P2)$, которая является 24-разрядным адресом для буферного ЗУ, т.е. емкость буферного ЗУ может достигать 16М слов;

- объединение нескольких БЦО-24 по выходу позволяет получить цифровой фильтр для многопараметрового события с необходимым количеством параметров.

Благодаря новым возможностям спектрометрической системы "РОМАШКА" стал возможен контроль за идентичностью, надежностью работы детекторов с записью результатов данного контроля вместе с измеряемой физической информацией.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность А.В.Виноградову и Г.Ни за содействие технической реализации системы.

Литература

1. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, 13-89-164, Дубна, 1989.
2. Журавлева Т.Б. и др. ОИЯИ, 13-89-712, Дубна, 1989
3. Мурадян Г.В., Атомная энергия, 1981, т. 50, с. 394.
4. Георгиев Г.П. и др., Препринт ОИЯИ, Р3-88-555, 1988.
5. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, 13-84-145, Дубна, 1984.
6. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, Р10-86-562, Дубна, 1986.