

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

© 1995, В.Г. Бровченко, В.А. Жуков, А.М. Кириченко, Г.В. Лебедев, С.А. Манжай, С.А. Тарараксин, Л.А. Юков, Г.В. Яковлев

Российский Научный Центр "Курчатовский институт"

Решение проблем ядерной энергетики, обеспечение гарантий безопасности требует проведения большого объема нейтронно-физических исследований на различных объектах (включая энергетические и исследовательские реакторы, критические сборки, хранилища отработанного топлива и т.д.). Особенность этих исследований — большой диапазон изменения нейтронного потока (10 — 12 порядков — начиная с очень малых уровней потока), необходимость учета существенного различия в физике процессов исследуемых объектов и соответственно необходимость реализации большого набора измерительных методик. Работы по созданию автоматизированных систем комплексных исследований нейтронно-физических параметров сред, содержащих делящиеся элементы, в Российском Научном Центре "Курчатовский Институт" (РНЦ "КИ") ведутся давно; создан ряд систем указанного назначения, характеризующихся единой идеологией функционального построения. В данной работе приводится краткое описание одной из последних разработок.

Автоматизированная измерительная система для проведения комплексных нейтронно-физических исследований ядерных установок предназначена для регистрации и обработки информации о временном распределении потока нейтронов при использовании импульсных детекторов нейтронов (ионизационные камеры деления (КД), борные или гелиевые счетчики (ГС)). Она обеспечивает, благодаря гибкости и многофункциональности, обусловливаемым адекватным комплектом модулей, выбранной структурой и соответствующим прикладным программным обеспечением, проведение исследований широким набором методик: Росси-альфа, Фейнмана, корреляционных, основанных на применении импульсных источников нейтронов и т.д. — всего более 10. Система построена на основе средств в стандарте КАМАК; в ее комплект входит персональная ЭВМ IBM PC.

Общие характеристики системы:

число измерительных каналов	8
мертвое время (тракта с КД КНТ-54-1)	0,2 мкс
минимальная ширина временного окна	0,5 мкс
тип детектора	КД КНТ-54-1, ГС СНМ-18
длина слова регистра канала	16 разрядов
объем буферной памяти на канал	64 К слов
общее число модулей КАМАК	12

Структура системы приведена на рис.1. Детектор нейтронов (ионизационная камера деления типа КНТ-54-1 или гелиевый счетчик СНМ-18) подключается к предусилителю БУС-А15, имеющему дифференциальный вход. Дифференциальное включение позволяет существенно (до 40 дБ) снизить уровень наводок и помех в условиях проведения измерений на энергонасыщенных объектах, например, на атомных электростанциях. Кроме того, предусилитель имеет два выхода — "обычный" (50 Ом) и выход с трансформаторной гальванической развязкой. Такое решение позволяет решить проблемы помехозащищенности при передаче импульсных сигналов на большие расстояния (300—500 м). Высоковольтное напряжение от модуля 1904 (300—500 В для КД и 500—1500 В для ГС) подается на блок коммутации (БКП-1) и из него по отдельному кабелю — на предусилитель; собственно на детектор напряжение питания подается по входному сигнальному кабелю. Коэффициент преобразования предусилителя — 270 КОм для дифференциального включения; собственное время нарастания — 25 нс; напряжение внутренних шумов на выходе — 16 мВ.

С выхода предусилителя сигнал через БКП-1 поступает на вход 4-канального интегрального дискриминатора БСА-А18 (время срабатывания —

30 нс; число программно устанавливаемых уровней дискриминации — 255, от 50 мВ до 5 В). На входе каждого канала дискриминатора предусмотрен усилитель, имеющий программно управляемый коэффициент усиления: 1; 2; 4; 16.

С выхода дискриминатора сигнал поступает на вход 4-канального модуля БСТ-3А - счетчика импульсов. Этот модуль имеет особенности, обеспечивающие его применение в различных измерительных методиках. Модуль выполняет функции временного селектора, т.е. производит счет приходящих на вход импульсов за заданный внешним генератором интервал времени и перезапись полученного результата в буферную память. Минимальный интервал регистрации при счете импульсов (ширина временного окна) определяется не столько техническими возможностями модуля БСТ-3А, сколько временем записи данных в буферное ОЗУ (модули БУП-2А и БЗУ-512) и составляет 0,5 мкс на один измерительный канал. БСТ-3А реализован с учетом требования: время переключения с одного временного окна на другое не должно превышать (1—2)% ширины окна. Каждый счетный канал имеет два 16-разрядных счетчика, работающих по принципу “пинг-понг” (когда один считает входные импульсы, из другого производится перезапись результатов счета за предыдущий интервал времени в буферную память). Связь счетчиков импульсов БСТ-3А с буферной памятью обеспечивается по передней панели модулей (соответственно их

взаимодействие осуществляется “без участия” управляющей ЭВМ). Временное окно задается модулем таймера БТЦ-А4. С выхода БТЦ-А4 последовательность управляющих импульсов (интервал между импульсами определяет ширину временного окна) поступает на входы синхронизации модулей счетчиков Т.

Подсистема буферной памяти состоит из двух модулей КАМАК: модуля управления — БУП-2А и матрицы памяти БЗУ-512. Данные от счетчиков импульсов БСТ-3 по внешней параллельной шине поступают на вход модуля управления БУП-2. В зависимости от номера модуля БСТ-3 (устанавливается аппаратно в модуле) БУП-2 записывает информацию в соответствующую область памяти модуля БЗУ-512; число областей задается аппаратно; объем — программно. При переполнении любой из областей памяти вырабатывается импульс, по которому формируется сигнал блокировки входов счетчика и сигнал прерывания LAM. Как правило, этот сигнал обозначает окончание цикла набора данных.

Приняв сигнал LAM, контроллер крейта ККП-3А формирует прерывание управляющего компьютера IBM PC. Для PC этот сигнал означает команду на считывание данных из модуля БЗУ-512, выполнение программы подготовки аппаратуры к запуску нового цикла измерений, обработку полученных данных по соответствующему алгоритму.

В данной работе описана автоматизированная

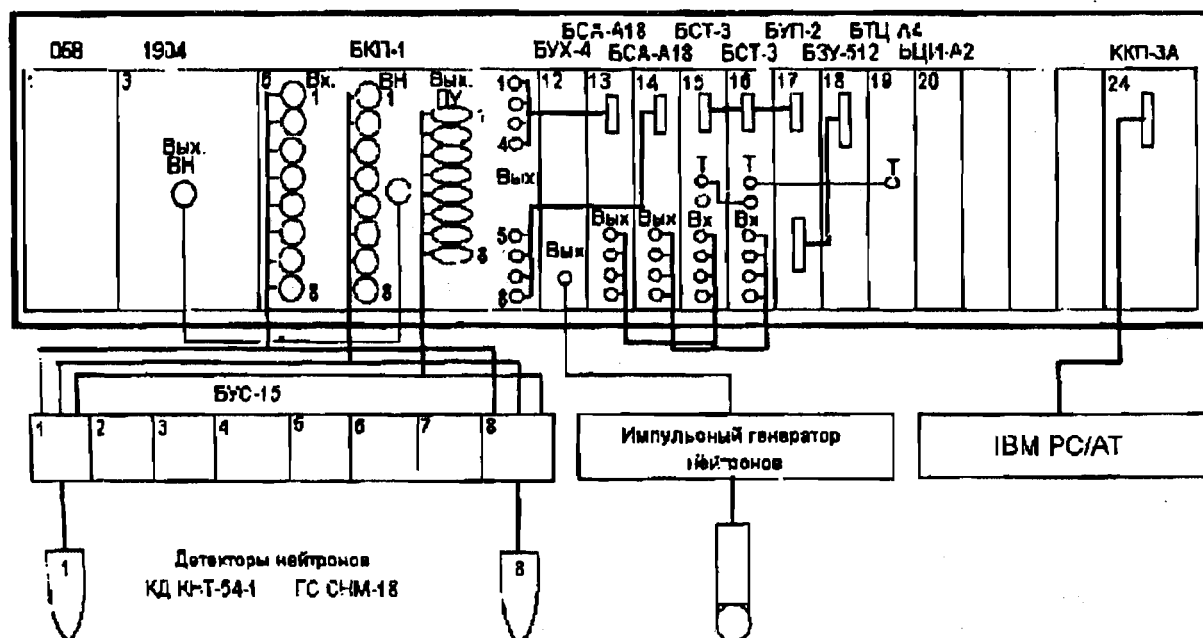


Рис. 1

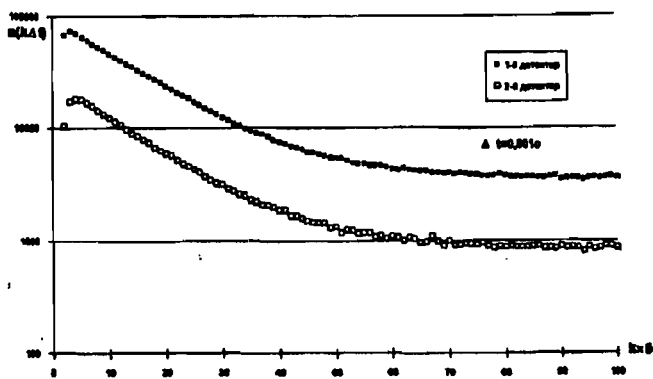


Рис.2

система, рассчитанная на использование импульсных детекторов нейтронов и соответствующих измерительных методик. Дополнительное применение токовых детекторов с необходимой аппаратурой позволяет существенно расширить круг решаемых задач. Так, применение специализированного электрометрического усилителя разработки РИЦ "КИ" (модуля БЭУ-4) позволяет проводить измерения при проведении исследований реакторных установок (например, методом "обратной" кинетики) в динамическом диапазоне измерения нейтронного потока (пропорционального ему тока) — до 180 дБ. Применение специализированного малошумящего предусилителя со стандартным АЦП позволяет проводить исследования флуктуаций нейтронного потока (ширина полосы спектра сигнала — до 10 кГц).

В 1994 году специалистами РИЦ "КИ" в рамках международной коллаборации проводились работы по исследованию нейтронно-физических параметров критической сборки "PROTEUS" в Paul Scherrer Institut (PSI), Швейцария. Для сравнительных измерений использовались прототип описываемой системы и комплекс PSI, построенный на базе оборудования фирм ORTEK и CANBERRA. Были получены полностью сопоставимые результаты, при этом мертвое время системы РИЦ "КИ" составляло 0,4 мкс, а комплекса PSI - 1,2 мкс, что позволило проводить измерения с помощью системы РИЦ "КИ" при более высоких нагрузках по входу. Мертвое время определялось методом Сринивасана.

Другим примером использования систем РИЦ "КИ" (Рис.2) являются измерения плотности потока нейтронов во времени импульсным методом двумя детекторами на критборке "PROTEUS" (измерения проведены Лебедевым Г.В.) в 1994 г.

Системы РИЦ "КИ" данного назначения использовались также на исследовательском реакторе LR-0 в Чехии, на физическом стенде бортового космического реактора "ТОПАЗ" в РИЦ "КИ", на разрушенном блоке Чернобыльской АЭС и др. В частности, в Чехии была реализована корреляционная методика (с определением автокорреляционной функции потока нейтронов), позволявшая определять мощность реакторной установки в абсолютных единицах вплоть до десятков киловатт.

AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM FOR COMPLEX NEUTRON-PHYSICAL STUDIES OF NUCLEAR REACTORS

V.G. Brovchenko, V.A. Zhukov, A.M. Kirichenko, G.V. Lebedev, S.A. Manzhai,
S.A. Tararaksin, L.A. Yukov, G.V. Yakovlev

The nuclear power engineering and safety assurance problems require a great number of neutron-physical experiments to be performed on various plants (including power and research reactors, critical assemblies, exhaust fuel storage, etc.). Those investigations are characterized by the wide range of neutron flux variation (10-12 orders beginning from very low flux levels), the need for taking account of substantial differences in the physics of processes occurring in the objects studied and hence the necessity to use a wide range of measurement techniques. The Russian Scientific Centre "Kurchatov Institute" (RSC KI) has been long involved in construction of automated systems for complex studies of media neutron-physical parameters. The systems developed for this purpose are characterized by a unified approach to their functional structure. A brief outline of one of the latest designs is given.