

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

13-94-451

На правах рукописи

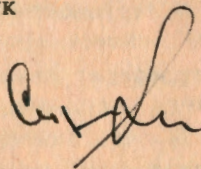
УДК 539.1.07

СИРОТИН
Александр Петрович

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
НЕЙТРОННО-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ

Специальность: 01.04.01 — техника физического
эксперимента, физика приборов,
автоматизация физических исследований

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Приходько В.И.

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Тишин В.Г.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Цупко-Ситников В.М.

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Григорьев Ю.В.

Ведущая организация:

Московский инженерно-физический институт, г.Москва.

Защита состоится "15" февраля 1995 года на заседании специализированного совета Д 047.01.05. при Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка и Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московская область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "12" марта 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного совета Таран Ю.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, в исследовательских центрах мира, имеющих нейтронные источники (Гестах и Юлих в ФРГ, Лос-Аламос в США и др.), активно ведутся исследования в области физики конденсированных сред, в том числе:

- работы по определению и изучению кристаллографических структур металлов, сплавов, керамик и горных пород по спектрам упруго рассеянных нейтронов;
- изучение переходных процессов в кристаллах;
- исследования структуры фазовых состояний, индуцированных импульсным магнитным полем, и кинетики магнитных фазовых переходов в монокристаллических образцах.

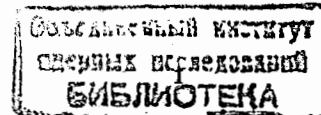
В ряде случаев это предъявляет повышенные требования как к системам управления экспериментальной установкой и условиям проведения эксперимента, так и к системам накопления спектрометрической информации. В частности, увеличивается объем детекторной информации и производительность систем регистрации.

В ряде ядерно-физических исследований с ростом количества регистрируемых параметров актуальна задача разработки аппаратных средств для предварительной цифровой фильтрации спектрометрической информации. Например, в исследованиях по изучению угловых и поляризационных корреляций в реакциях радиационного захвата частиц.

Для повышения эффективности работы экспериментальной установки актуальной является задача совершенствования структурной схемы системы автоматизации спектрометра.

Таким образом, для обеспечения физических исследований на импульсных реакторах ИБР-2 и ИБР-30 были разработаны аппаратные средства, обеспечивающие:

- управление различными гониометрами, поворотными платформами и другими исполнительными механизмами (ИМ) в составе нейтронных дифрактометров;
- управление и контроль за условиями проведения эксперимента по определенной программе изменения этих условий;
- регистрацию спектрометрической информации от большого количества детекторов в буферных запоминающих устройствах;
- предварительный аппаратный отбор спектрометрической информации.



Целью работы являлась разработка электронной аппаратуры: для автоматизации управления различными типами гониометров, устройствами смены образцов, юстируемыми коллиматорами, поворотными платформами и другими механическими устройствами в составе экспериментальных установок; для управления температурой в самом широком диапазоне от гелиевой до 1500 С как в режиме стабилизации, так и по заданной программе; для управления импульсной магнитной установкой; для организации накопления спектрометрической информации от большого количества детекторов и для ее предварительного цифрового отбора с целью сжатия и экспресс-анализа.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработаны оригинальные электронные средства для регистрации спектрометрической информации от большого количества детекторов в буферных запоминающих устройствах, обеспечивающие как надежный прием информации от детектора, так и отсутствие двойного счета импульса в соседних временных каналах;

- впервые разработано сопряжение магистрали КАМАК и шины Q (LSI-11) с применением принципа "полной прозрачности", обеспечивающего доступ с магистрали КАМАК ко всем устройствам и оперативной памяти микропроцессорной шины Q, что существенно повышает надежность микропроцессорных блоков, позволяя передавать управление от микропроцессора к управляющей ЭВМ, подключенной к магистрали КАМАК;

- разработано целое семейство многофункциональных микропроцессорных блоков различного назначения на основе сопряжения магистрали КАМАК и шины Q для контроля и управления температурой, параметрами импульсной магнитной установки и различными исполнительными механизмами;

- выполнен анализ и разработаны подходы к параметризации управления ИМ различного типа в составе экспериментальной установки и на их основе реализовано описание всех особенностей ИМ в виде отдельного текстового файла;

- разработан специализированный процессор для организации многопараметровых измерений;

- впервые разработаны цифровые фильтры для двух и трех 12-разрядных параметров, совместившие цифровую фильтрацию, кодирование информации и функцию запуска регистрации многопараметрового события;

- разработан интерфейс буферного запоминающего устройства (до 2М 24-разрядных слов), позволяющий вести накопление в режимах +1, +N и последовательного заполнения памяти.

Практическая ценность работы состоит в том, что на основе разработанных автором электронных блоков и при его непосредственном участии созданы действующие измерительные системы для:

- исследования кристаллографических структур металлов, сплавов, керамик и горных пород по спектрам упруго рассеянных нейтронов на нейтронном спектрометре высокого разрешения (НСВР, ИБР-2);

- исследования структуры фазовых состояний, индуцированных импульсным магнитным полем, и кинетики магнитных фазовых переходов в монокристаллических образцах на спектрометре СНИМ-2 (ИБР-2);

- изучения угловых и поляризационных корреляций в реакциях радиационного захвата частиц на спектрометре УКОР ("угловые корреляции", ИБР-2 и ИБР-30);

- изучения спектрометрии множественности излучений на спектрометре "Ромашка" (ИБР-30);

- проведения исследований на спектрометре неупругого рассеяния нейтронов переменного разрешения (НЕРА-ПР, ИБР-2).

Кроме этих спектрометров, разработанные автором системы управления исполнительными механизмами, регулирования температуры и накопления информации используются в ряде других спектрометров на реакторах ИБР-2 и ИБР-30: МУР, КДСОГ, ФДВР, ДН-2 и ДВР.

С помощью этих измерительных систем на указанных спектрометрах проведен ряд интересных исследований и получены новые физические результаты, например, по изучению кристаллографических структур металлов, сплавов, керамик и горных пород на нейтронном спектрометре высокого разрешения. Причем, полученная разрешающая способность спектрометра, не уступает другим аналогичным установкам на нейтронных источниках.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в виде сообщений и препринтов ОИЯИ, журнальных статей, докладывались на семинарах ЛНФ, представлялись на XI (Братислава, 1983г., Чехословакия), XII (Дубна, 1985г., Российская федерация) и XV (Варшава, 1992г., Польша)

Международных симпозиумах по ядерной электронике.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 137 страницах, включая 45 рисунков и таблицу. Список литературы содержит 103 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы. Представлены цель и научная новизна работы. Обоснована ее практическая ценность. Дано краткое описание содержания диссертации по главам.

I

В первой главе сформулированы основные требования к системам автоматизации нейтронно-спектрометрических измерений. Здесь же рассмотрены методы и подходы к построению систем управления исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок (ЭУ). Сделан краткий обзор систем управления исполнительными механизмами.

Рассмотрен метод "полной прозрачности" при проектировании сопряжения магистрали КАМАК и шины Q для создания многофункциональных микропроцессорных блоков управления ИМ. Предложенное решение позволяет получить доступ не только к ОЗУ, но и ко всем БИС, подключенным к микропроцессорной шине, что дает возможность при необходимости передать управление от микропроцессора (МП) управляющему персональному компьютеру (ПК) и, тем самым, повысить надежность системы в целом.

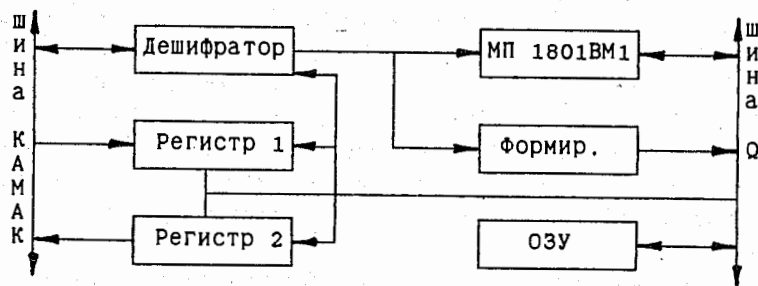


Рис.1. Блок-схема сопряжения магистрали КАМАК с шиной Q.

Блок-схема сопряжения "КАМАК-Q" представлена на рис.1. Емкость ОЗУ 4Кх16 бит является достаточной для большинства

задач управления и контроля в системах автоматизации физического эксперимента ЛНФ. Микропроцессорная шина Q работает под управлением либо МП, либо формирователя, который вырабатывает сигналы управления по командам магистрали КАМАК, связанным с обращением к шине Q. Регистры служат для временного хранения информации при обмене данными между магистралью КАМАК и шиной Q.

Таким образом, сопряжение магистрали КАМАК с шиной Q позволяет получить доступ к любому адресуемому элементу на шине Q и управлять микропроцессором во время выполнения программы управления и контроля.

Автором разработан комплекс аппаратных средств управления ИМ: блоки управления шаговыми двигателями для отработки заданного количества шагов и по заданной программе движения в стандарте КАМАК, блок управления шаговыми двигателями на базе микропроцессора K1801ВМ1 и сопряжения "КАМАК-Q", блок управления текстурным гониометром и блок контроля за состоянием физической установки в стандарте VME. Разработаны подходы к параметризации управления исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок на основе блока управления исполнительными механизмами. Впервые описание всех особенностей различных типов ИМ выполнено в виде текстового файла, доступного для редактирования при наладке систем управления. Рассмотрен модульный подход к проектированию систем управления исполнительными механизмами экспериментальных установок. Описаны специализированные функциональные шины для непосредственного управления ИМ и целый ряд адаптеров для подключения исполнительных механизмов различного типа, применяемых в составе спектрометров ЛНФ.

Автором рассмотрены и применены методы построения оптимального по быстродействию закона управления для ИМ различного типа. Вопросы управления движением решены на уровне микропрограммы микропроцессора, что существенно повысило быстродействие систем управления.

Разработанные автором аппаратные средства для создания систем управления исполнительными механизмами различных типов эффективно используются в составе экспериментальных установок ДН2, СНИМ2, ФДВР, ДВР, НЕРА-ПР, МУРН и НСВР на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 ЛНФ.

II

Во второй главе анализируются подходы к построению систем контроля и управления параметрами физической установки в стандартах КАМАК и VME. Описан прецизионный микропроцессорный регулятор температуры на основе сопряжения "КАМАК-Q", а также программируемый регулятор температуры с возможностью подключения до 8 датчиков температуры. Рассмотрен программный регулятор температуры на основе ЦАП, АЦП и процессорного блока в стандарте VME. Представлена система контроля и управления импульсной магнитной установкой ИМУ-2 спектрометра СНИМ-2 на базе многофункционального микропроцессорного блока управления.

Существенно упрощен протокол обмена данными и командами с управляющим ПК благодаря тому, что ОЗУ многофункциональных микропроцессорных блоков доступно для записи и чтения по командам с магистрали КАМАК. Это важно, т.к. в некоторых системах аналогичного назначения поддержка диалога с управляющим ПК приводит к ухудшению качества регулирования во время взаимодействия ПК с микропрограммой регулятора.

Существенно расширены возможности контроля за параметрами ЭУ. В частности, ведется регистрация большого количества графиков их изменения и предусмотрена возможность регистрации некоторых показателей качества регулирования, например, графика отклонений температуры от заданного значения, в том числе и во время изменения температуры с заданной скоростью. Подобного сочетания предоставляемых пользователю возможностей не имеет ни одна из аналогичных систем регулирования.

Автором рассмотрена и применена методика построения адаптивного регулятора в составе ЭУ с законом регулирования (ПИД), близким к оптимальному. Применение методики идентификации объекта регулирования для коррекции параметров регулятора позволило получить достаточное качество регулирования в самом широком диапазоне изменения параметров объекта регулирования.

Представленные в данной главе регуляторы температуры имеют возможность для задания не только скорости изменения температуры, но и произвольного закона ее изменения, аппроксимированного отдельными линейными участками. Это необходимо, например, при исследовании "фазовых" переходов в образце на спектрометре ДН-2.

Применение разработанного автором многофункционального

блока управления на основе микропроцессора для автоматизации управления импульсной магнитной установкой позволило объединить в рамках одного блока несколько задач управления экспериментом:

- контроль за мощностью реактора по отсчетам мониторингового счетчика прямого пучка и автоматическая приостановка измерений до ее восстановления;

- контроль за наличием и частотой стартов реактора и автоматическая приостановка измерений до их восстановления;

- задание экспозиции по числу стартов реактора, отсчетам мониторингового счетчика или времени;

- контроль и управление импульсной магнитной установкой в условиях интенсивных помех (ток до 250кА, напряжение до 10кВ).

Существенно расширены возможности контроля ИМУ-2 в процессе работы: снятие графика заряда конденсаторной батареи, контроль величины текущих приращений напряжения и др.

Предложенные подходы к созданию систем контроля и управления параметрами физической установки позволили придать им необходимые функциональные возможности. Опыт эксплуатации в течении длительного времени подтвердил высокую надежность систем на основе разработанных автором многофункциональных блоков контроля и управления параметрами ЭУ.

III

В третьей главе анализируется применение методов цифровой фильтрации информации в системах предварительного отбора. Описаны блоки цифровых окон для предварительной сортировки спектрометрической информации для двух, трех и более параметров, совместившие цифровую фильтрацию, кодирование информации и функцию запуска регистрации многопараметрового события.

В блоках цифровых окон (БЦО, БЦО-24) в качестве цифровых фильтров используются ЭУ емкостью 4К, что и определяет количество границ разбиения спектра. Важным элементом систем отбора спектрометрической информации являются схемы, идентифицирующие полезность зафиксированного события, т.е. реализующие функцию запуска его регистрации. Каждый цифровой фильтр имеет свою функцию запуска, которая реализована на базе ЭУ 4К*1 бит:

$$G_n = \sum_{i=1}^{4k} A_i P_i, \quad (1)$$

где G_n - функция запуска n-го параметра;
 A_i - значение n- параметра, $i=1-4096$;
 P_i - признак полезности A_i .

Общая функция запуска для многопараметровой системы на базе нескольких БЦО имеет вид:

$$G_{\Sigma} = (E_1 + \dots + E_n) * (G_1 + E_1) + \dots (G_n + E_n), \quad (2)$$

где E_n - признак использования в качестве активного элемента G_n ($E=0$ - данный параметр не влияет на G_{Σ}).

Вид булевой функции запуска (2) задается программно от ПК путем занесения в ЗУ соответствующей информации.

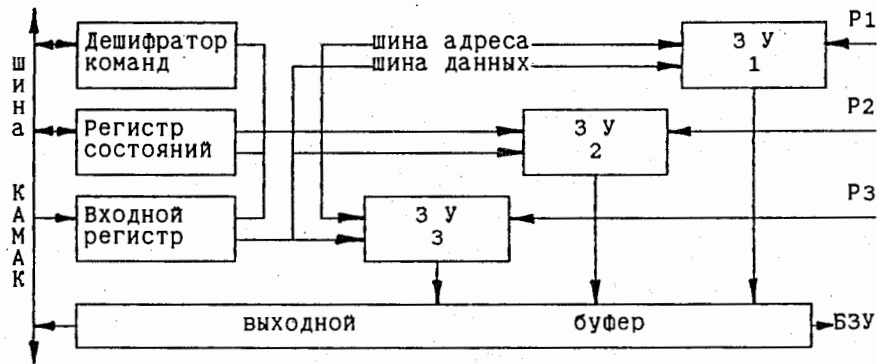


Рис.2. Блок-схема блока цифровых окон (БЦО).

Блок-схема БЦО представлена на рис.2. В качестве цифровых фильтров в блоке использованы ЗУ, доступные с шины КАМАК для записи и чтения, а стороны передней панели - только для чтения. Код, принимаемый с кодировщика, является адресом для ЗУ, а считанные из него данные поступают через выходной буфер, как адрес буферного запоминающего устройства (БЗУ).

В качестве примера эффективного применения методов цифровой фильтрации рассмотрено использование цифрового фильтра и специализированного процессора для организации многопараметровых измерений типа амплитуда, время и номер амплитудного кодировщика (A+B+N) в составе системы накопления спектрометра "угловой корреляции" (УКОР).

В результате применения разработанных автором блоков цифровой фильтрации удалось получить существенное повышение

информативности накопленных данных в буферном запоминающем устройстве. Применение устройств цифровой фильтрации в многомерных спектрометрах существенно расширяет их функциональные возможности, например, для проведения экспресс-анализа накапливаемой информации непосредственно в ходе эксперимента.

В данной главе представлены разработанные автором аппаратные средства для регистрации спектрометрической информации от большого количества детекторов в буферных запоминающих устройствах: блок организации анализа и блок счетчиков; программируемый блок счетчиков для организации 16 каналов накопления; блок счетчиков для организации 32 каналов накопления в стандарте VME. Предложенные способы съема информации со счетчиков детекторных импульсов позволяют избежать как потерь информации, так и устранить двойной счет импульса, пришедшего на границе двух соседних временных каналов.

Проведен сравнительный анализ основных методов построения многодетекторных систем накопления спектрометрической информации. Сделанные выводы имеют практическую ценность для правильного выбора режима накопления в зависимости от загрузки и количества детекторов. С ростом количества детекторов на спектрометрах ЛНФ традиционный способ накопления "+1" в БЗУ, а с ним и кодировщики номера детектора постепенно уступят место методу регистрации "+N" либо другим высокопроизводительным способам регистрации и накопления спектрометрической информации.

Выполнен краткий обзор буферных накопительных устройств различной емкости. Описан интерфейс накопительных запоминающих устройств емкостью до 2М 24-разрядных слов.

Представленные в данной главе электронные средства предварительного отбора и организации накопления спектрометрической информации нашли широкое применение в составе спектрометров ДН2, КДСОГ, НЕРА-ПР, МУРН, НСВР, "Ромашка" и др. на реакторах ИБР-2 и ИБР-30.

IV

В четвертой главе приводится описание некоторых систем автоматизации эксперимента, реализованных на основе разработанных автором электронных блоков и при его непосредственном участии.

В качестве примера реализации отмеченных выше технических решений описана система регистрации детекторной информации (рис.3.) спектрометра "Ромашка", построенная на базе ПК и аппаратуры в стандарте КАМАК.

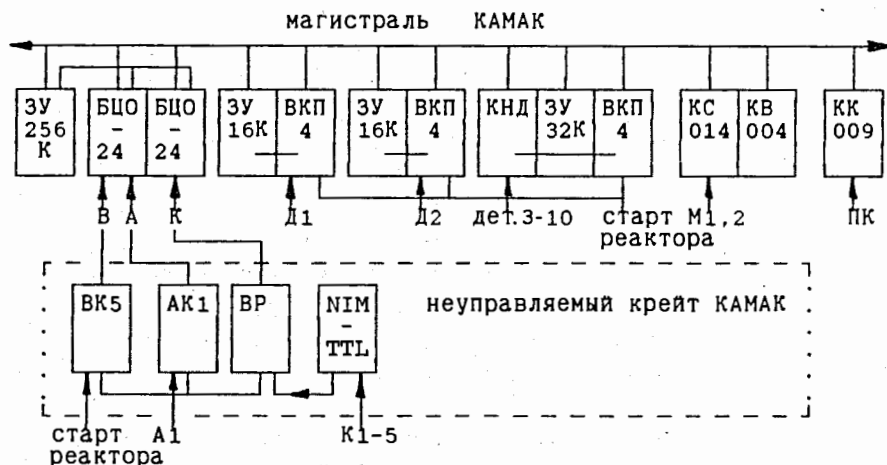


Рис.3. Блок-схема системы накопления информации спектрометра "Ромашка".

В состав системы входят: два независимых временных анализатора на основе временного кодировщика ВКП4 и ЗУ 16К; временной анализатор с кодировщиком номера детектора на 8 входов и система накопления на базе ЗУ 256К и БЦО-24 для многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой данных. Многопараметровый код А+В+К поступает на соответствующие входы блоков БЦО-24, где из них формируется 18-разрядный адрес, по которому в ЗУ 256К будет добавлена 1 в соответствующий спектр кратности.

Применение программируемых цифровых фильтров существенно расширяет функциональные возможности измерительной системы для проведения экспресс-анализа накапливаемой информации по временным спектрам в амплитудных окнах и амплитудным спектрам во временных окнах. В ходе эксперимента осуществляется накопление не только кратностей в амплитудных окнах, но и единичных кратностей для непрерывного контроля за идентичностью, эффективностью и надежностью работы детекторов с

записью результатов контроля вместе с измеряемой физической информацией.

С помощью представленной измерительной системы для регистрации импульсов с использованием сочетания метода времени пролета и метода спектрометрии множественности можно получать трехмерные распределения множественности гамма-квантов для отдельных резонансов. Один из примеров трехмерного изображения спектров приведен на рис.4., где по оси X и Y - энергия нейтронов и кратность совпадений, по оси Z - число событий.

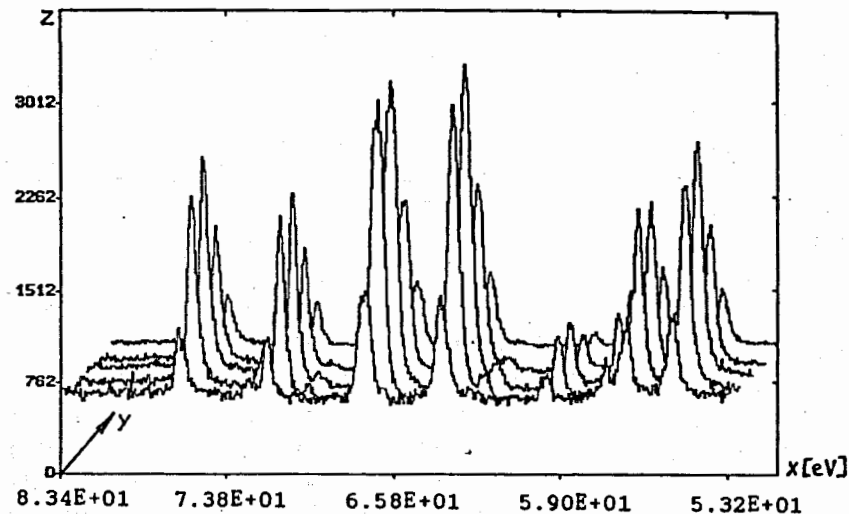


Рис.4. Трехмерное изображение распределения множественности гамма-квантов от радиационного захвата нейтронов Гафнием-177.

Спектрометрическую систему для установки "Ромашка" можно рассматривать как один из результатов на пути выработки унифицированных аппаратно-программных решений для систем автоматизации экспериментов в рамках определенной проблемной области.

В данной главе описана система накопления, управления и контроля нейтронного спектрометра высокого разрешения НСВР на реакторе ИБР-2 в стандарте КАМАК и в стандарте УМЕ. Рассмотрены особенности проектирования систем автоматизации эксперимента с применением стандарта УМЕ.

В рамках реализации проекта "Спектрометра количественного

анализа текстуры" (СКАТ) на установке НСВР предусматривается замена детекторной системы и увеличение количества детекторов до 26 (в перспективе до 64), что приведет к значительному увеличению объема спектрометрической информации. Кроме этого, потребность в удаленном управлении ходом эксперимента, а также в применении высокопроизводительных графических средств для обработки и визуализации информации сделали необходимым переход от стандарта КАМАК к VME.

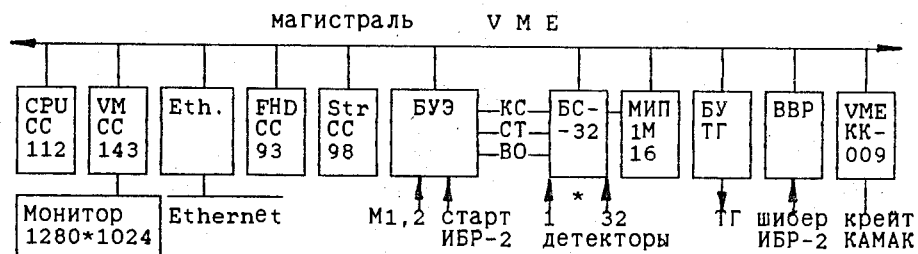


Рис. 5. Система накопления, управления и контроля спектрометра НСВР.

На рис. 5 показана разработанная для НСВР система накопления, управления и контроля спектрометра в стандарте VME. Процессорный блок CPU, контроллер сети Ethernet, контроллер видеомонитора (CC143), контроллер стримерной ленты (CC98) и контроллер дисков (CC93) обеспечивают функционирование спектрометра в сети Ethernet, а также управление регистрацией, накоплением и визуализацией спектрометрической информации и контроль условий проведения эксперимента. Блок VME-KK009 предназначен для подключения крэйта КАМАК к системе VME через наиболее распространенный в ОИЯИ контроллер крэйта КАМАК КК009.

Многодетекторная система регистрации и накопления спектрометрической информации, реализованная на базе модуля инкрементной памяти 1М*16 бит (МИП, разработка В.Е.Резаева), блока счетчиков (БС, разработка автора) и блока управления экспериментом (БУЭ, разработка М.Л.Коробченко), имеет следующие характеристики:

- количество детекторов - от 1 до 32 и более при параллельном включении нескольких БС-32;

- количество временных каналов - 16364;
- ширина временного канала - 2,4,8,...256 мкс;
- количество событий, регистрируемых в одном временном канале для одного детектора, - не более 255.

Блок управления экспериментом синхронно со стартами реактора формирует временные интервалы, в каждом из которых БС-32 регистрируются пришедшие импульсы от 32 детекторов.

Блок управления текстурным гониометром (БУТГ) обеспечивает управление текстурным гониометром (ТГ) спектрометра. В спектрометре НСВР ТГ имеет две оси вращения. На каждой оси размещены два датчика, ограничивающих диапазон перемещения, а также до двух контрольных точек для индикации определенных положений, наиболее часто используемых в ходе эксперимента. Блок управления текстурным гониометром в стандарте VME обеспечивает управление шаговыми двигателями двух осей ТГ (поочередно с программно задаваемой скоростью) и режим поиска любого из датчиков-концевиков.

Входной/выходной регистр в стандарте VME (ВВР) дает возможность не только прочитать состояние каких-либо условий, например, состояние шибера, перекрывающего нейтронный пучок, или фазировки прерывателя пучка нейтронов, но и получить прерывание программы в случае, когда нарушено определенное сочетание данных условий.

В четвертой главе также рассмотрена система накопления, управления и контроля для проведения нейтронных исследований с импульсным магнитным полем спектрометра СНИМ-2 на реакторе ИБР-2. Система контроля и управления импульсной магнитной установкой, созданная на основе многофункционального микропроцессорного блока, подтвердила высокую надежность разработанных автором электронных модулей в условиях интенсивных помех (ток до 250 кА, напряжение до 10 кВ).

Разработанные автором аппаратные средства автоматизации контроля и управления исполнительными механизмами, предварительного отбора спектрометрической информации, организации накопления информации от большого количества детекторов в буферных запоминающих устройствах органично вошли в состав представленных в данной главе спектрометров, а также спектрометров НЕРА-ПР, КДСОГ, МУРН, УКОР, ДВР, ДН2 и ФДВР на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 ЛНФ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты представленной диссертации заключаются в создании комплекса электронной аппаратуры для управления и контроля условий проведения эксперимента, организации накопления и предварительного отбора спектрометрической информации, управления всем комплексом исполнительных механизмов ряда спектрометров. В результате были решены следующие задачи:

1. Для построения систем управления исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок разработан комплекс аппаратных средств: типа "регистр ввода/вывода", блоки для отработки заданного количества шагов ("программируемый счетчик"), многофункциональные микропроцессорные блоки управления и контроля ИМ, специализированные функциональные шины для непосредственного управления ИМ и ряд адаптеров для подключения исполнительных механизмов различного типа, применяемых в составе спектрометров ЛНФ.

Разработанное автором сопряжение магистрали КАМАК и шины Q обеспечило простой и эффективный "протокол" взаимодействия многофункциональных микропроцессорных блоков управления ИМ с программой эксперимента.

В программном обеспечении разработанных автором систем управления ИМ спектрометров эффективно используется метод параметризации управления и контроля ИМ, отличающихся типами двигателей или их электромеханическими интерфейсами, датчиками положения, а также различными динамическими и механическими характеристиками. Впервые описание всех особенностей различных типов ИМ выполнено в виде текстового файла, доступного для редактирования при наладке систем управления. Разработанная автором методика построения систем управления имеет уникальные возможности по адаптации к различным типам ИМ в составе ЭУ.

2. Автором разработан целый ряд систем управления параметрами экспериментальных установок на основе многофункциональных микропроцессорных блоков. Рассмотрена и применена методика построения адаптивного регулятора в составе ЭУ с ПИД законом регулирования, близким к оптимальному. Применение методики идентификации объекта регулирования для коррекции параметров регулятора позволило получить достаточное

качество регулирования в самом широком диапазоне изменения параметров объекта регулирования.

Представленные в диссертации регуляторы температуры отличают большие функциональные возможности для задания не только скорости изменения температуры, но и произвольного закона ее изменения, аппроксимированного отдельными линейными участками.

Применение многофункционального микропроцессорного блока для автоматизации управления импульсной магнитной установкой позволило объединить в рамках одного блока несколько задач управления экспериментом: контроль за мощностью и частотой стартов реактора; задание экспозиции по числу стартов реактора, отсчетом мониторингового счетчика или времени; контроль и управление импульсной магнитной установкой в условиях интенсивных помех.

3. В диссертации представлены разработанные автором оригинальные аппаратные средства для регистрации спектрометрической информации от большого количества детекторов в буферных запоминающих устройствах. Предложенные способы съема информации со счетчиков детекторных импульсов позволяют избежать как потерь информации, так и устранить двойной счет импульса, пришедшего на границе двух соседних временных каналов.

Проведенный автором сравнительный анализ методов построения многодетекторных систем накопления спектрометрической информации и сделанные выводы имеют практическую ценность для правильного выбора режима накопления в зависимости от загрузки и количества детекторов.

Автором разработаны цифровые фильтры, совместившие цифровую фильтрацию, кодирование информации и функцию запуска регистрации многопараметрового события. Применение устройств цифровой фильтрации в многомерных спектрометрах обеспечивает возможность проведения экспресс-анализа накапливаемой информации непосредственно в ходе эксперимента.

4. Разработан интерфейс буферного запоминающего устройства (до 2 М 24-разрядных слов), позволяющий вести накопление в режимах +1, +N и последовательного заполнения памяти.

5. На основе разработанных автором электронных блоков и при его непосредственном участии созданы измерительные системы:
- для исследования кристаллографических структур металлов,

сплавов, керамик и горных пород на спектрометре НСВР;

- для исследования структуры фазовых состояний, индуцированных импульсным магнитным полем на спектрометре СНИМ-2;

- для изучения угловых и поляризационных корреляций в реакциях радиационного захвата частиц на спектрометре УКОР;

- для изучения спектрометрии множественности излучений на спектрометре "Ромашка";

- спектрометра неупругого рассеяния нейтронов переменного разрешения НЕРА-ПР.

Кроме этих спектрометров, разработанные автором системы управления исполнительными механизмами и регулирования температуры, а также системы накопления информации входят во многие спектрометры на реакторах ЛНФ: МУРН, КДСОГ, ФДВР, ДН-2 и ДВР.

С помощью этих измерительных систем проводится широкий спектр физических исследований на мировом уровне, например, разрешающая способность спектрометра НСВР, не уступает другим аналогичным установкам на нейтронных источниках (Гестах и Юлих в ФРГ, Лос-Аламос в США, Ржеж в Чехии).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Вагов В.А., Зимин Г.Н., Северьянов В.М., Сиротин А.П., Шелев А.С. Блоки управления шаговыми двигателями по заданной программе движения: Сообщение ОИЯИ Р10-85-635. -Дубна, 1985. -4с.
2. Вагов В.А., Коробченко М.Л., Сиротин А.П. Многодетекторная система регистрации и накопления спектрометрической информации на базе ОЗУ 16К * 24р // XII международный симпозиум по ядерной электронике, Дубна, 2-6 июля 1985г./ ОИЯИ Д13-85-793. -Дубна, 1985. -С.237-239.
3. Нитц В.В., Островной А.Н., Рян Кван Ха, Сиротин А.П., Широков В.К. Система автоматической ориентации монокристаллов на базе трехосного гониометра с шаговыми двигателями: Сообщение ОИЯИ Р10-86-270. -Дубна, 1986. -6с.
4. Вагов В.А., Новожилов В.Е., Сиротин А.П., Шибяев В.Д. Блок цифровых окон для сортировки спектрометрической информации: Сообщение ОИЯИ Р10-86-562. -Дубна, 1986. -5с.

5. Вагов В.А., Коробченко М.Л., Сиротин А.П. Блок управления и контроля на базе микропроцессора К1801ВМ1 в стандарте КАМАК: Сообщение ОИЯИ 13-86-742. -Дубна, 1986. -4с.
6. Вагов В.А., Сиротин А.П. Блок управления шаговыми двигателями на базе микропроцессора К1801ВМ1: Сообщение ОИЯИ 13-87-316. -Дубна, 1987. -4с.
7. Вагов В.А., Владимиров В.А., Ермаков В.А., Зимин Г.Н., Сиротин А.П. Спектрометрические накопительные запоминающие устройства повышенной емкости: Сообщение ОИЯИ 13-89-131. -Дубна, 1989. -7с.
8. Вагов В.А., Георгиев Д., Замрий В.Н., Нитц В.В., Роганов А.Б., Соловьев Б.Н., Сиротин А.П., Широков В.К., Яковлев А.Н. Система управления и контроля импульсной магнитной установки ИМУ-2 спектрометра СНИМ-2: Сообщение ОИЯИ 13-89-133. -Дубна, 1989. -9с.
9. Замрий В.Н., Роганов А.Б., Сиротин А.П. Прецизионный регулятор температуры со встроенным 16 - разрядным микропроцессором: Сообщение ОИЯИ Р13-89-508. -Дубна, 1989. -7с.
10. Замрий В.Н., Роганов А.Б., Сиротин А.П., Журавлева Т.Б., Островной А.И., Тишин В.Г. Прецизионный регулятор температуры со встроенным микропроцессором // ПТЭ. -1991. -N2. -С.229.
11. Журавлева Т.Б., Островной А.И., Сиротин А.П., Тишин В.Г. Спектрометрическая система для автоматизации многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой данных: Сообщение ОИЯИ 13-89-712. -Дубна, 1989. -16с.
12. Барабаш И.П., Браньковски Е., Воронов Ю.Н., Георгиев Д., Ермаков В.А., Журавлева Т.Б., Вальтер К., Лазин В.И., Островной А.И., Сиротин А.П. Параметризация управления некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок на реакторах ИБР-2, ИБР-30: Сообщение ОИЯИ 13-89-818. -Дубна, 1989. -16с.
13. Браньковски Е., Ермаков В.А., Челноков М.Л., Сиротин А.П., Широков В.К. Многодетекторная система регистрации и накопления спектрометрической информации на базе запоминающего устройства 64К*24 бит // XV международный симпозиум по ядерной электронике, Варшава, 29 сентября - 2 октября 1992г./ ОИЯИ Д13-92-581. -Дубна, 1992. -С.254-258.
14. Квиткова Н.И., Сиротин А.П. Коллективные команды в системе управления автоматическим накоплением экспериментальных данных. Сообщение ОИЯИ Р10-89-292. Дубна, 1989. -5с.

15. Богдзель А.А., Вагов В.А., Ляпин Д.И., Саламатин И.М., Сиротин А.П., Тишин В.Г. Цифровая фильтрация информации в многомерном спектрометре УКОР: Сообщение ОИЯИ 13-92-121. -Дубна, 1992. -6с.
16. Вагов В.А., Вальтер К., Сиротин А.П., Тишин В.Г., Фойтус К. Система накопления, управления и контроля нейтронного спектрометра высокого разрешения НСВР на реакторе ИБР-2: Сообщение ОИЯИ 13-92-122. -Дубна, 1992. -4с.
17. Владимиров В.А., Георгиев Д., Зен Ен Кен, Лазин В.И., Островной А.И., Петухова Т.Б., Саламатин И.М., Сиротин А.П., Трепалин В.А. Управление некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок ТЕХТ, ДВР на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 // XV международный симпозиум по ядерной электронике, Варшава, 29 сентября - 2 октября 1992г./ ОИЯИ Д13-92-581. -Дубна, 1992. -С.282-285.
18. Георгиев Д., Нитц В.В., Роганов А.Б., Сиротин А.П. Система управления и контроля импульсной магнитной установки ИМУ-2 спектрометра СНИМ-2 для исследований с прямоугольными импульсами магнитного поля. Сообщение ОИЯИ Р13-94-77. Дубна, 1994. -6с.
19. Георгиев Г.П., Костина А.А., Островной А.И., Петухова Т.Б., Сиротин А.П., Тишин В.Г. Развитие спектрометрической системы для автоматизации многопараметровых измерений с аппаратной сортировкой информации "Ромашка": Сообщение ОИЯИ Р13-94-78. -Дубна, 1994. -9с.
20. Островной А.И., Петухова Т.Б., Роганов А.Б., Сиротин А.П. Программируемые блоки управления и контроля параметров экспериментальных установок на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 в стандарте КАМАК и VME: Сообщение ОИЯИ Р13-94-76. -Дубна, 1994. -14с.
21. Зен Ен Кен, Исаков Н.Н., Кирилов, А.С., Коробченко М.Л., Островной А.И., Резаев В.Е., Сиротин А.П., Хайнитц И. Система накопления, управления и контроля спектрометра НСВР в стандарте VME: Сообщение ОИЯИ Р13-94-73. -Дубна, 1994. -16с.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 ноября 1994 года.