

Л-33

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 681.142.5

10-86-93

Ле Кхак Мань

**РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ
И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
НА НЕЙТРОННЫХ ПУЧКАХ
РЕАКТОРОВ ЛНФ ОИЯИ**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат технических наук
младший научный сотрудник

Тишин В.Г.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
старший научный сотрудник

Цупко-Ситников В.М.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Чубаров С.И.

Ведущее предприятие:

Ленинградский институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова АН СССР

Автореферат разослан " " "

1986 года.

Защита диссертации состоится " " 1986 года
в часов на заседании Специализированного совета Д047.01.05
при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций
Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна, Московской
области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Ю.В.Таран

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

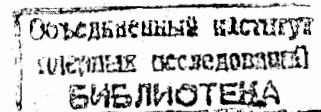
Актуальность темы

В настоящее время уделяется большое внимание широкому внедрению систем на основе микропроцессоров и микро-ЭВМ как одной из главных задач ускорения научно-технического прогресса. Быстро развивающаяся микропроцессорная техника находит все более широкое применение в автоматизированных и вычислительных системах. Внедрение микропроцессорной техники в практику физического эксперимента позволяет создавать аппаратуру для сложных физических установок, облегчить работу пользователя за счет более простого проблемно-ориентированного программного обеспечения. Широкое применение средств на основе микропроцессоров в лабораториях прежде всего дает большие возможности для повышения эффективности научных исследований, увеличения надежности и качественного улучшения аппаратуры, снижения общей стоимости комплексов измерительных, вычислительных и управляющих систем. Использование микропроцессорной техники для решения различных задач физических экспериментов на нейтронных пучках реакторов Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ является актуальной задачей.

Цель настоящей работы заключается в разработке аппаратуры и создании программного обеспечения на базе микропроцессоров для прерывателя нейтронного пучка на реакторе ИБР-2, в автоматизации измерений и обработке данных установки корреляционного анализа ультрахолодных нейтронов, а также в разработке электронной аппаратуры для нейтронного дифрактометра с однокоординатным позиционно-чувствительным нейтронным детектором с высокоомным анодом и создании микропроцессорной системы с программным обеспечением для дифракционных исследований на нейтронных пучках. Работа велась в Лаборатории нейтронной физики с 1981 года.

Научная новизна и основные положения, защищаемые в диссертации

1. Разработаны и внедрены в практику физического эксперимента микропроцессорная система и программное обеспечение для управления и автоматизации работы прерывателя нейтронного пучка реактора ИБР-2.
2. Реализован на базе микропроцессорной техники метод автоматического регулирования прерывателя нейтронного пучка с диском большой массы, с высокой точностью регулировки.



3. Разработан блок преобразования данных для прерывателя нейтронного пучка.

4. Разработана автономная микропроцессорная измерительно-вычислительная система и программное обеспечение для корреляционного анализа ультрахолодных нейтронов.

5. Разработаны два блока временного кодирования на 4096 и 512 каналов с генераторами псевдослучайной функции для осуществления режима корреляционного анализа.

6. Разработана электронная аппаратура и программное обеспечение автоматизированной системы на базе микропроцессорного кредитконтроллера для нейтронного дифрактометра.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что с помощью разработанных автором дополнительных электронных блоков и программного обеспечения с использованием микропроцессорных систем на базе кредитконтроллеров и промышленных блоков КАМАК внедрены в физические исследования на реакторах Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ автономные автоматизированные микропроцессорные системы, способные решать ряд экспериментальных физических задач.

Апробация диссертации. Основные материалы диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, XII Международном симпозиуме по ядерной электронике (Дубна, 1985 г.), а также опубликованы в виде сообщений ОИЯИ.

Публикации: По материалам диссертации опубликовано семь работ.

Объем работы: Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Она содержит 92 страницы машинописного текста, 32 рисунка, 2 таблицы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность и важность работы, сформулирована ее цель.

В первой главе сформулированы основные особенности использования микропроцессоров и микро-ЭВМ в задачах автоматизации физических экспериментов.

В первой части главы описываются направления и темпы развития микропроцессоров и микро-ЭВМ. С момента создания первого микропроцессора - универсальной БИС с программируемой логикой - прошло всего 14 лет, а число разных типов микропроцессоров выросло до 400. За

это время сменилось четыре поколения микропроцессоров. При этом в отличие от обычного развития вычислительной техники каждое последующее поколение микропроцессоров не вытесняет предыдущее, а дополняет его и мирно сосуществует с ним, так как для каждого поколения имеются свои наиболее целесообразные области применения.

Развитие БИС можно разделить на следующие этапы:

- период с 1971 по 1974 год - начало развития микропроцессоров с битами не более 4 разрядов; период с 1974 по 1977 год - создание простейших 8-разрядных однокристалльных БИС или контроллеров типов 8080; 8051; 8048; 8022; период с 1977 по 1978 год - создание 16-разрядного микропроцессора типа 8086 и основанную на нем микропроцессорную систему iAPX 86 с расширенными возможностями по сравнению с предыдущим 8080. Микропроцессор 8086 имеет 16-разрядную шину данных и 20-разрядную шину адреса. В кристалле 8086 содержится более 29000 деталей; период с 1978 по 1980 год - создание 16-разрядных микропроцессоров 80186 и iAPX 186. На этом этапе расширяется возможность 8086. За это время выпускается около 30 типов 16-разрядных микропроцессоров: 8086, 8088, 28000, 68000, TMS 9900 и др. Период с 1980 по 1982 год - создание новых микропроцессоров с быстродействием лучше, чем 8086 - это iAPX 286; период с 1982 по 1984 год - создание 32-разрядных микропроцессоров. Фирма "Bell Laboratories" выпустила однокристалльный 32-разрядный микропроцессор, в котором содержится более 100 тысяч КМОП транзисторов, причем только ALU содержит 20 тысяч транзисторов. Фирма "National Semiconductor" выпустила однокристалльный 32-разрядный микропроцессор типа NS16032. Эти микропроцессоры работают с тактовой рабочей частотой 10 МГц, время операции сложения около 100 нс.

В настоящее время наиболее известный 32-разрядный микропроцессор - это iAPX 432. В микропроцессоре типа iAPX 432 предусмотрена работа с операндами с плавающей запятой в трех форматах: 32, 64, 80 разрядов. В таком типе микропроцессора содержится около 1 миллиона транзисторов.

В настоящее время во всем мире выпускается более 100 типов персональных микро-ЭВМ, годовой выпуск превышает один миллион штук. В 1985 году предусмотрен выпуск от 10 до 12 миллионов персональных микро-ЭВМ.

Описываются особенности использования однокристалльных микропроцессоров, секционных микропроцессоров и однокристалльных микро-ЭВМ.

Микропроцессоры как интегральные схемы характеризуются типом корпуса, числом выводов корпуса, видом технологии изготовления, степе-

нию интеграции, помехоустойчивостью, числом источников питания, их номиналами и допусками на номиналы, потребляемой мощностью, нагрузочной способностью активных выводов, устойчивостью к механическим, кинематическим и радиационным воздействиям. В вычислительной технике микропроцессоры характеризуются разрядностью обрабатываемых данных и выполняемых команд, способностью к наращиванию разрядности, тактовой частотой, числом команд внутренних регистров, уровнями прерывания, возможностью режима прерывания, типом интерфейса, способностью к обработке десятичных кодов, объемом адресуемой памяти, прямым доступом к памяти, наличием и объемом стека, типом, числом входных и выходных шин и их разрядностью, объемом программного обеспечения. Микропроцессоры, применяемые в цифровой автоматике и вычислительной технике, называются универсальными. А микропроцессоры, предназначенные для построения одного типа вычислительных машин, называются специализированными. Микропроцессоры могут быть классифицированы по ряду признаков, отражающих их двойственную природу. По разрядности обрабатываемых данных микропроцессоры могут быть 2-, 4-, 8-, 12-, 16-, 24-, 32-разрядными. Однако развитие технологии производства микропроцессоров приводит к их специфическим определенным характеристикам и параметрам.

При решении вопроса определения требуемого числа типов микропроцессоров и микро-ЭВМ необходимо учитывать существующую диалектическую противоположность между универсальностью, многофункциональностью и специализацией микропроцессоров и микропроцессорных систем. Повышение степени универсальности микропроцессоров приводит к сокращению необходимого числа типов микропроцессоров, следовательно, к снижению затрат на разработку и производство, т.е. общей стоимости. На рис.1 показана связь выбора микропроцессоров в зависимости от стоимости приборов.

Кроме того, стоимость аппаратуры зависит также от выбора конкретных вычислительных средств и сложности задач (рис.2).

Во второй части главы описывается программное обеспечение для микропроцессорных систем. Программное обеспечение микро-ЭВМ и микропроцессорных систем является важнейшей проблемой, порождающей многие трудности эффективного применения микропроцессорной техники и пользователей. По статистическим данным в настоящее время только один процент населения мира может программировать.

Вопросы создания языка ЭВМ как естественного языка, который станет широко доступным любому пользователю-непрограммисту, ожидают решения в конце XX или начале XXI века.

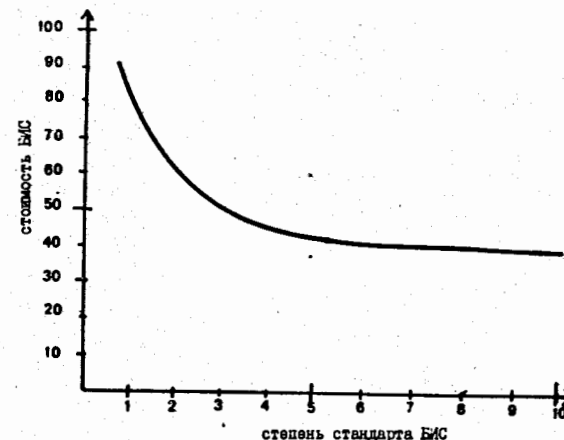


Рис. 1. Связь между стоимостью и степенью стандарта БИС.

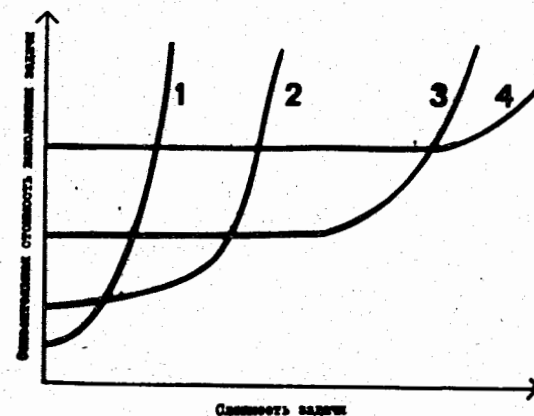


Рис. 2. Экономически целесообразные области применения различных методов проектирования: 1) логические схемы; 2) микроконтроллер; 3) микро-ЭВМ; 4) мини-ЭВМ.

В настоящее время большинство разрабатываемых программ для МПС пишутся на языке ассемблера. На языке ассемблера высококвалифицированным программистом могут быть написаны программы, самые эффективные с точки зрения времени выполнения (от 100 до 300 раз быстрее, чем БЕЙСИК) и объема занимаемой памяти. На языке ассемблера трудно выполняются длинные программы.

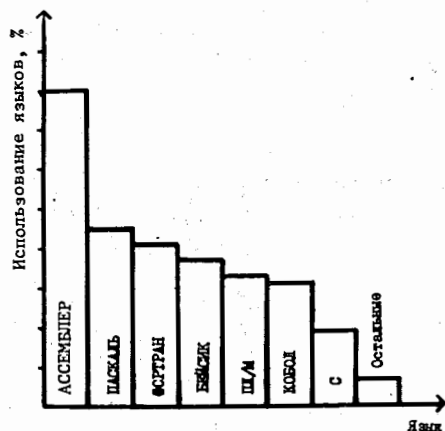


Рис. 3. Использование языков программирования для МПС.

В настоящее время в мировой практике используется большое число языков для микропроцессорных систем (рис.3). Имеется большое число компиляторов с этих языков для различных типов микропроцессоров и микро-ЭВМ.

В конце главы описывается использование микропроцессорной техники для автоматизации в экспериментальной физике. Даны основные направления применения микропроцессоров в экспериментальной физике: построение автономных систем, разработка микропроцессорных систем с использованием принципа децентрализации управления, использование микропроцессоров для разгрузки коммуникационных линий передачи, создание интеллектуальных терминалов, воплощение новых идей на базе микропроцессоров.

Очень большое значение для разработчиков электронной аппаратуры для физических экспериментов сигнал стандарт КАМАК, который все электронные блоки и модули в автоматизированной системе соединяет через стандартные шины передачи информационных и управляющих сигналов, используя магистральную организацию цепей обмена данными между

блоками при помощи микропроцессорного контроллера. Приведено сравнение разных типов микропроцессорных контроллеров. Рассматривается использование микропроцессоров в области построения приборов в экспериментальной физике.

Вторая глава посвящена использованию микропроцессора для автоматического регулирования работы прерывателя нейтронного пучка реактора ИБР-2 /1,2,3/. Основным требованием, предъявляемым к работе прерывателя на импульсном реакторе, является обеспечение заданной точности совпадения момента прохождения отверстием прерывателя канала нейтропровода реактора с моментом генерации реактором импульса мощности. При частоте генерирования реактором импульса мощности 5 Гц (период - 200 мс) работа прерывателя должна обеспечить точность совпадения с нейтронным пучком не хуже $\pm 0,5$ угловых градусов или $\pm 0,14\%$ от периода следования импульса мощности реактора.

Прерыватель представляет собой стальной диск диаметром 1205 мм, масса диска - 750 кг. Этот диск соединен через муфту с валом асинхронного двигателя. Так как число оборотов асинхронного двигателя имеет почти линейную зависимость от частоты питающего напряжения, то управление скоростью двигателя путем изменения частоты позволяет применить систему пропорционального регулирования с мягкой характеристикой управления. Для привода двигателя используется промышленный преобразователь частоты типа ППЧ-15У4 с диапазоном регулирования выходного напряжения 20-230 В и частоты - от 5 до 60 Гц.

Составить единое уравнение движения механической системы прерывателя для процесса регулирования весьма трудно из-за наличия ряда нелинейных факторов воздействия на систему. Однако общий характер уравнения следящей системы позволяет найти алгоритм воздействия на систему в различные фазы движения вращающегося диска. Это уравнение имеет вид

$$I\ddot{\beta} + k\dot{\beta} + p\beta = \omega_g,$$

где I - момент инерции вращающихся масс, приведенных к оси двигателя, β - угол рассогласования, ω_g - угловая скорость диска, k и p - коэффициенты. Динамическая погрешность системы зависит от способа регулирования и, как показывает теория, значительно уменьшается при стабилизации системы с помощью не только угла рассогласования, но и его производной. Сокращается затухание колебаний.

Для описываемой системы в режиме стабилизации зависимость управляющего напряжения $U_{уп}$ от угла и его производной может быть представлена в виде

$$U_{уп} = U_1 \pm U_2(\dot{\beta}) \pm U_3(\beta),$$

- где U_1 - постоянное напряжение, зависящее от скорости диска прерывателя;
- U_2 - величина напряжения, зависящая от величины угла рассогласования;
- U_3 - величина напряжения, зависящая от величины производной угла рассогласования.

Знаки в уравнении зависят от фазы движения диска прерывателя. Реализация этой зависимости осуществляется микропроцессорной системой автоматического регулирования работы прерывателя нейтронного пучка реактора ИБР-2.

Микропроцессорная система управления прерывателем состоит из блоков: генератор, счетчики, интерфейс для прерывателя (ЦАП), интерфейс графического дисплея, запоминающее устройство ОЗУ/ППЗУ соответственно на 32К и 8К байт, микропроцессорный контроллер и входной блок.

Для данной системы был разработан входной блок, который выполняет следующие операции:

- а) измерение периода вращения модулятора реактивности T_D (период реактора),
- б) измерение периода вращения диска прерывателя T_{II} (период прерывателя),
- в) измерение угла рассогласования вращения модулятора реактивности и диска прерывателя от воздействий на систему в течение одного периода вращения (модуль разности $T_D - T_{II}$),
- г) определение знака угла рассогласования.

Информация о ω и знаке ω в виде двоичного кода поступает в микропроцессорное устройство. Последнее по программе, записанной в память с учетом входных данных, вычисляет функцию

$$N = M \pm m \pm n,$$

где $M = C\omega g$, $m = p\omega$, $n = k\omega$, C, p и K - коэффициенты. Число N после обработки информации микропроцессором подается в виде двоичного кода на ЦАП, и далее с ЦАП в виде управляющего напряжения - на стойку привода двигателя прерывателя.

Программное обеспечение системы выполняет следующие функции:

- в режиме "а" - увеличивается $U_{упр}$ от 0 до U_I в течение времени T_1 ;
- в режиме "в" - к напряжению U_I добавляется $\pm U_2$ с временем воздействия Δt ;
- в режиме "г" - к напряжению U_I добавляется $(\pm U_2 \pm U_3)$ с временем воздействия Δt ;
- в режиме "д" - к напряжению U_I добавляется постоянное значение $\pm \Delta U_1$;
- в режиме "б" - уменьшается $U_{упр}$ от U_I до 0 в течение времени T_2 .

В конце главы приводятся результаты испытаний микропроцессорной системы с прерывателем нейтронного пучка на реакторе ИБР-2.

Третья глава посвящена разработанной автономной измерительно-вычислительной системе для корреляционного анализа ультрахолодных нейтронов /4,5,7/.

По мере развития вычислительной техники находят все более широкое применение корреляционные методы в разных областях физики. В спектроскопии нейтронов по времени пролета первые применения корреляционного метода относятся ко второй половине 60-х годов. Как правило, в этих работах использовался механический прерыватель с ротором, на котором вырезались щели в соответствии с используемым оптимальным кодом. Полной реализации всех преимуществ метода при использовании механических прерывателей препятствовали три жестких требования:

- 1) точность воспроизведения теоретической квазислучайной последовательности на диске прерывателя;
- 2) постоянство периода вращения прерывателя на протяжении всего цикла измерений;
- 3) очень малые изменения фазы прерывателя в каждом периоде его вращения.

Недостаточно строгое выполнение этих требований приводит к искажениям в получаемой кросс-корреляции, таким, как ложные максимумы и провалы, непостоянный уровень фона, ухудшение энергетического разрешения и т.п.

В последние годы в нейтронной спектрометрии используются модуляторы интенсивности нейтронов, не основанные на механических прерывателях.

Для модуляции потока ультрахолодных нейтронов разработан тонкопленочный ферромагнитный затвор. Введение в практику корреляционной спектрометрии нейтронов электромагнитных модуляторов интенсивности позволяет обеспечить практически идеальную синхронизацию модулятора и временного анализатора, существенно увеличивает быстродействие и светосилу. Для проведения корреляционных измерений с ультрахолодными нейтронами создана измерительно-вычислительная система, которая состоит из следующих блоков: временной кодировщик - ВК-1; временной кодировщик - ВК-2; запоминающее устройство ЗУ на 4096 24-разрядных чисел; запоминающее устройство ОЗУ/ППЗУ соответственно на 32К и 8К байт; микропроцессорный кредит-контроллер на базе микропроцессора КР5801К80; интерфейс графического дисплея; микропроцессорный интерфейс кассетного магнитофона; кассетный магнитофон; графический дисплей, алфавитно-цифровой дисплей.

Для данной системы разработаны блоки временного кодирования ВК-1 и ВК-2.

Временной кодировщик ВК-2 имеет 8 отдельных детекторных входов и 127, 255 и 511 временных каналов, переключаемых с передней панели. Ёмкость ЗУ позволяет использовать все 8 входов при любом числе временных каналов. Кодировщик номера детектора регистрирует только один из поступивших детекторных сигналов. При поступлении одновременно большего числа сигналов происходит блокировка сигнала "Запрос ЗУ" или сигнала ЛАМ. Ширина временного канала выбирается с передней панели, начиная со 100 мкс через 100 мкс до 1000 мкс. Временной кодировщик генерирует псевдослучайную бинарную последовательность чисел $Z_j = 0; 1, j = 1, 2, 3, \dots, k$ с периодом $k = 2^n - 1$, где k в нашем случае равно 127, 255 либо 511, в зависимости от выбранного числа каналов.

Генератор псевдослучайной последовательности представляет собой сдвигающий регистр с соответствующими обратными связями на 7, 8 или 9 разрядов. Тактовыми сигналами сдвигового регистра служат каналные импульсы временного кодировщика. Временной кодировщик во время измерений может выдавать информацию либо через разъем на передней панели на внешнее ЗУ, либо через магистраль КАМАК в ЗУ кредит-контроллера.

Временной кодировщик ВК-2 имеет только один детекторный вход и 4096 временных каналов. Ширина каналов может быть выбрана переключателем на передней панели блока: 64, 128 и 256 мкс. Генератор псевдослучайной последовательности выполнен в виде 12-разрядного сдвигового регистра с соответствующими обратными связями. В остальном же этот кодировщик аналогичен описанному выше.

Программы для данной системы корреляционного анализа УХН обеспечивают выполнение следующих функций:

- а) тестирование и стирание ОЗУ, установка начального уровня в области памяти, выделенной для конечного спектра, тестовая проверка корреляционных вычислений;
- б) накопление информации от временных кодировщиков;
- в) обработка первичных спектров - вычисления в соответствии с корреляционной функцией;
- г) запись и чтение информации на кассетном магнитофоне;
- д) изображение спектров на графическом дисплее;
- е) вывод информации на алфавитно-цифровой дисплей типа МЕРА или цифropечатающее устройство типа DZM-180.

Для каждого канала конечного спектра вычисляется нижеприведенная матрица:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= Z_1 m_2 + Z_2 m_3 + \dots + Z_k m_1 \\
 K_2 &= Z_1 m_3 + Z_2 m_4 + \dots + Z_k m_2 \\
 &\vdots \\
 K_j &= Z_1 m_{j+1} + Z_2 m_{j+2} + \dots + Z_k m_j \\
 &\vdots \\
 K_{k-1} &= Z_1 m_k + Z_2 m_1 + \dots + Z_k m_{k-1} \\
 K_k &= Z_1 m_1 + Z_2 m_2 + \dots + Z_k m_k
 \end{aligned}$$

где K_j - канальная информация конечного спектра, k - число обрабатываемых временных каналов, $Z_j = "+"$ или $Z_j = "-"$ - знак псевдослучайной функции в канале, m_j - канальная информация первичного спектра. Количество одновременно обрабатываемых спектров равно 1+8, при $k = 127, 255, 511$ и 4095.

Время обработки спектра при различном числе временных каналов равно: при $k = 127 - 4$ с; $k = 255 - 20$ с; $k = 511 - 80$ с; $k = 4095 - 4800$ с.

В четвертой главе описывается микропроцессорная система нейтронного дифрактометра с однокоординатным позиционно-чувствительным детектором /6,7/.

В последние годы в физических экспериментах по нейтронной дифрактометрии получили широкое распространение газовые нейтронные пропорциональные He^3 -счетчики с высокоомным анодом, используемые как однокоординатные позиционно-чувствительные детекторы (ПЧД). Их достоинствами являются простота изготовления, хорошие пространственное разрешение и линейность позиционной характеристики. В этой главе приводится описание комплекса электронной аппаратуры для нейтронного дифрактометра с однокоординатным ПЧД. В состав комплекса входят предусилители, спектрометрические усилители, быстрые амплитудно-цифровые преобразователи, цифровой спецпроцессор для определения кода позиции по кодам двух амплитудных сигналов с концов ПЧД. Также дается описание программного обеспечения для работы дифракционной установки с микропроцессорным контроллером. При разработке таких устройств основное внимание уделяется проблемам позиционного разрешения, линейности по позиции, однородности эффективности регистрации по позиции, интегральной и дифференциальной линейности в спектрах позиции, быстродействию системы.

Важнейшим параметром, которому уделяется основное внимание практически во всех публикациях, является позиционное разрешение, определяемое шумами, вносимыми резистивным электродом детектора, входными цепями предусилителей, собственным позиционным разрешением детектора. Приводится анализ оптимизации соотношения сигнал-шум в зависимости от условий фильтрации сигнала с ПЧД и его формы.

Координата позиции X , т.е. точки регистрации нейтрона в детекторе, вычисляется из соотношения двух амплитуд сигналов, получаемых с концов детектора A_1 и A_2 по формуле /6/:

$$\frac{x}{L} = \frac{A_2 + \frac{R_h}{R_d} (A_2 - A_1)}{A_1 + A_2}$$

(R_h и R_d - сопротивления нагрузки и анодной нити, L - длина нити детектора).

Для съема сигналов с двух концов анодной нити применены малошумящие предусилители с большим входным сопротивлением, выполненные по схеме усилителя напряжения. При данной конфигурации входных цепей для оценки позиционного разрешения, обусловленного шумовым вкладом сопротивления анодной нити и сопротивлениями нагрузки детектора,

необходимо брать не величину полного заряда, а амплитуду тока или величину приведенного напряжения на сопротивлениях нагрузки. Изменения амплитуды импульсов тока, вызываемые различными факторами, вносят существенный вклад в оценку позиционного разрешения. Чем меньше регистрируемый импульс тока при фиксированном резистивном шуме, тем хуже позиционное разрешение.

Для микропроцессорной системы нейтронного дифрактометра разработан специализированный блок амплитудного кодирования, состоящий из двух быстрых амплитудно-цифровых преобразователей (АЦП) на 1024 канала, логики управления режимами работы и связей со спецпроцессором. Амплитудно-цифровые преобразователи работают по принципу Вилкинсона с двухступенчатым быстро-медленным разрядом запоминающей емкости. В таком АЦП разрядное устройство работает следующим образом. Сначала происходит быстрый разряд запоминающей емкости. Формируется адресная серия для 5 старших разрядов адресного счетчика (старшие 32 канала). Оставшаяся часть напряжения на запоминающей емкости разряжается током медленного разряда, в 32 раза меньшим, чем ток быстрого разряда. При этом формируется адресная серия для 5 младших разрядов адресного счетчика (младшие 32 канала). При частоте генератора адресной серии 25(50) МГц максимальное время преобразования разработанного АЦП равно 2,56 (1,28) мкс.

В состав системы входят блоки КАМАК: блок двоянного спектрометрического усилителя, блок двоянного амплитудно-цифрового преобразователя (2 x АЦПОБ), блок спецпроцессора, интерфейс графического дисплея, блок запоминающего устройства (ОЗУ, ПОЗУ), интерфейс магнитофона, микропроцессорный контроллер на микропроцессоре K58СМК80.

Для осуществления работы системы разработано соответствующее программное обеспечение, которое позволяет производить накопление спектров, вывод информации на алфавитно-цифровой и графический дисплей, цифрочечатающее устройство, запись и чтение информации на кассетном магнитофоне, предварительную обработку спектров.

Разработанная электронная аппаратура вместе с пропорциональным ³He позиционно-чувствительным детектором нейтронов с высокоомным анодом используется на нейтронном дифрактометре на реакторе ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. При регистрации пучка нейтронов шириной 2 мм полученная ширина пика на полувысоте равна 6 мм. Отклонение эффективности регистрации нейтронов от константы в центральной части детектора длиной 25 см не превышает 5%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Сформулированы основные требования к автоматизированным системам на базе микропроцессоров и аппаратуры в стандарте КАМАК для экспериментальных исследований в ЛФФ ОИЯИ.

2. Проведен анализ современного состояния структур и программного обеспечения микропроцессоров и микро-ЭВМ.

3. На основе разработанных блоков кодирования, управления и обработки данных и микропроцессорного кредитконтроллера создана и внедрена в практику физического эксперимента микропроцессорная система управления и стабилизации фазы вращения диска прерывателя нейтронного пучка на реакторе ИБР-2.

4. Разработан алгоритм управления и программное обеспечение для микропроцессорной системы прерывателя нейтронного пучка.

5. Реализован на практике метод автоматического регулирования прерывателя нейтронного пучка с диском большой массы, с высокой точностью регулировки.

6. Разработаны блоки временного кодирования с генераторами псевдослучайной функции для осуществления режима корреляционного анализа.

7. На основе разработанных блоков временного кодирования, аппаратуры в стандарте КАМАК и микропроцессорного кредитконтроллера создана автономная измерительно-вычислительная система сбора, накопления, предварительной обработки и визуального представления информации для корреляционного анализа ультрахолодных нейтронов.

8. Разработано удобное для пользователей программное обеспечение с возможностями восстановления истинных спектров из первичных по сложному алгоритму корреляционной функции для созданной автономной измерительно-вычислительной системы корреляционного анализа УХН.

9. Разработан комплекс входной аппаратуры в составе предусилителя, спектрометрического усилителя и быстрого АЦП на 1024 канала для нейтронного дифрактометра с однокоординатным позиционно-чувствительным детектором с высокоомным анодом.

10. На основе разработанной входной аппаратуры, аппаратуры в стандарте КАМАК, микропроцессорного кредитконтроллера и разработанного программного обеспечения создана и внедрена микропроцессорная система для нейтронных дифракционных исследований с однокоординатным позиционно-чувствительным детектором с высокоомным анодом.

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. В.Н.Крючков, Ле Кхак Мань, К.Г.Родионов, Б.Н.Соловьев, В.Г.Тишин. Микропроцессорная система для прерывателя нейтронного пучка. ОИЯИ, ПП-84-794, Дубна, 1984.
2. Ле Кхак Мань, К.Г.Родионов, В.Г.Тишин. Программное обеспечение микропроцессорной системы прерывателя нейтронного пучка ИБР-2. ОИЯИ, РП-85-115, Дубна, 1985.
3. В.Н.Крючков, Ле Кхак Мань, К.Г.Родионов, Б.Н.Соловьев, В.Г.Тишин. Использование микропроцессора для автоматического регулирования работы прерывателя нейтронного пучка ИБР-2. Доклад на XII Международном симпозиуме по ядерной электронике. ОИЯИ, ДПЗ-85-359, Дубна, 1985, с.95.
4. И.П.Барабаш, О.И.Елизаров, Ле Кхак Мань, Ю.Н.Покотиловский, К.Г.Родионов, В.Г.Тишин, В.Д.Шибает. Автономная измерительно-вычислительная система для корреляционного анализа УХН. ОИЯИ, РГО-85-713, Дубна, 1985.
5. В.Д.Шибает, Я.Хараста, Ле Кхак Мань. Программируемый временной кодировщик. ОИЯИ, ГО-84-345, Дубна, 1984.
6. В.И.Горделий, Г.Ф.Жиронкин, Ле Кхак Мань, В.Е.Новожилков, К.Г.Родионов, В.Г.Тишин. Комплекс электронных блоков для однокоординатного позиционно-чувствительного нейтронного детектора. Доклад на XII Международном симпозиуме по ядерной электронике. ОИЯИ, ДПЗ-85-359, Дубна, 1985, с.81.
7. Ле Кхак Мань, К.Г.Родионов, В.Г.Тишин. Интерфейс КАМАК бытового магнитофона для записи цифровой информации. ОИЯИ, ГО-83-134, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 февраля 1986 года.