

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

95-140

P3-95-140

В.В.Журавлев, Д.А.Корнеев, Е.И.Литвиненко, Д.И.Ляпин

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ
СПЕКТРОМЕТРА
НА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНАХ СПН-1

1995

В ЛНФ ОИЯИ на реакторе ИБР-2 действует спектрометр по времени пролета на поляризованных нейтронах СПН-1. В основном он предназначен для проведения деполаризационных и рефлектометрических экспериментов, требующих большой светосилы и умеренного разрешения. В частности, на нем ведутся исследования микромагнетизма в ферромагнетиках и сверхпроводниках, а также исследования моно и мультислойных магнитных и сверхпроводящих тонких пленок.

1. Общая организация спектрометра

Спектрометр СПН-1 расположен на 8 канале реактора ИБР-2. На схеме спектрометра (рис.1) представлено расположение его основных узлов. Пучок нейтронов с замедлителя реактора формируется сходящимся в горизонтальной плоскости нейтроноводом длиной 10м. Основными отличительными элементами спектрометра, позволяющими проводить поляризационные эксперименты, являются два зеркальных поляризующих FeCo изогнутых нейтроновода. Первый используется в качестве поляризатора падающего пучка, а второй - в качестве анализатора поляризации пучка, пропущенного через образец. Анализатор поляризации пучка установлен на поворотной платформе и настраивается на пучок, проходящий через образец. Изменение знака поляризации падающего пучка осуществляется с помощью спин-флиппера, представляющего собой систему токовых катушек, создающих магнитное поле определенной конфигурации. Для снижения фона запаздывающих нейтронов и сателлитных вспышек реактора в кольцевом коридоре реактора установлен двухдисковый прерыватель нейтронов со встречным вращением и раздельным управлением дисков. Образец размещается между полюсами электромагнита, установленного на 3^х-осном гониометре. После образца нейтроны могут регистрироваться двумя детекторами. Первый используется в режиме анализа поляризации. Второй детектор используется в рефлектометрическом режиме для регистрации зеркально отраженных нейтронов.

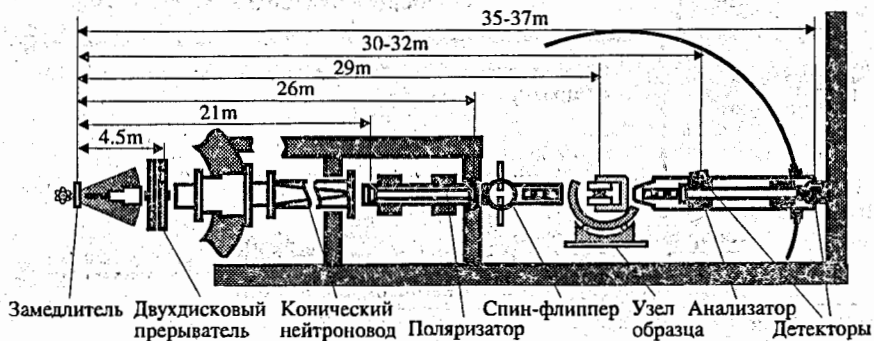
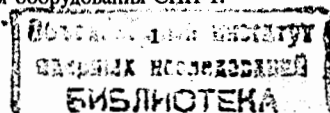


Рис.1. Схема размещения оборудования СПН-1.



За время с начала эксплуатации установки СПН-1 (1985 год) аппаратура и электроника прошли несколько этапов развития, отраженных в публикациях /1-6/. В настоящей работе описаны конфигурация и программное обеспечение измерительно-вычислительного модуля на базе аппаратуры КАМАК и ПЭВМ РС/АТ. Общая схема измерительно-накопительного модуля и автоматизации экспериментов показана на рис.2.

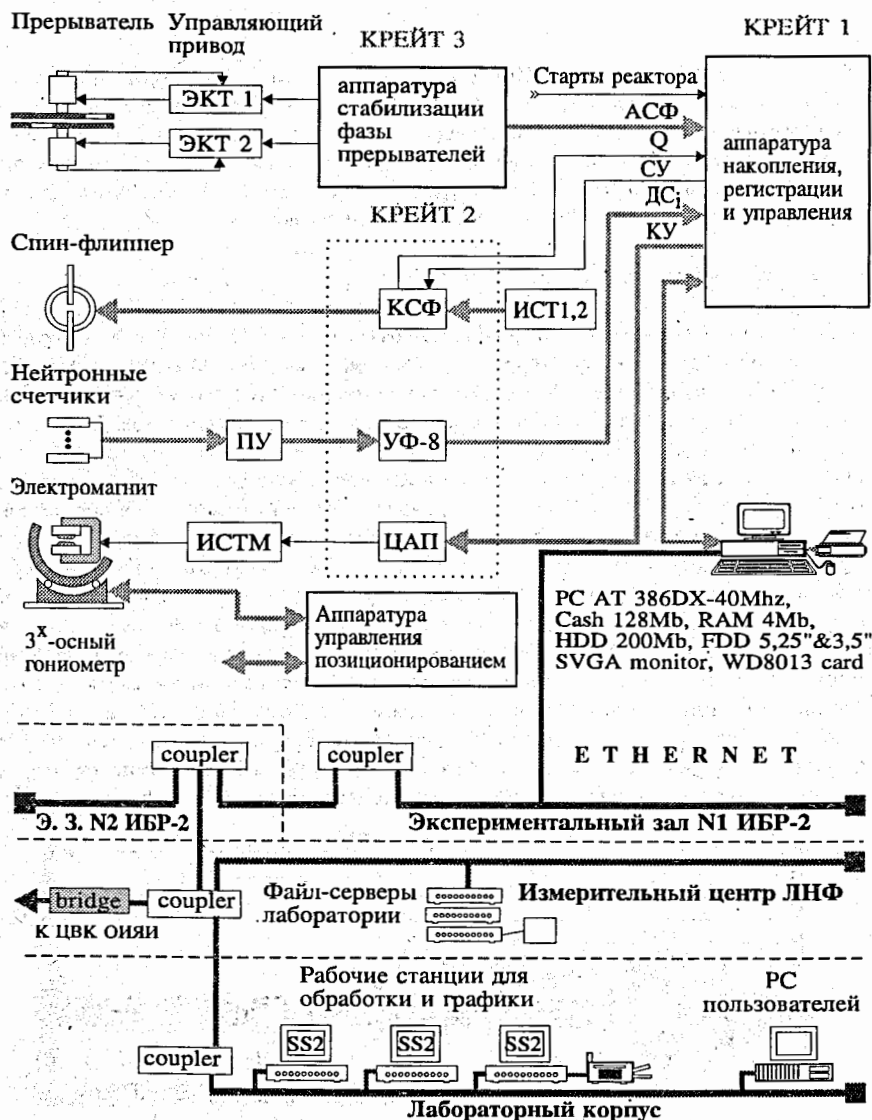


Рис.2. Организация измерительно-накопительного модуля.

Аппаратура модуля выполнена в виде трех крейтов КАМАК и стойки управления позиционированием узлов спектрометра.

Двигатели двухдискового прерывателя нейтронов (скорость вращения дисков 300, 600 или 900 об/мин) подключены к тиристорному электроприводу типа ЭКТ-2Д-63 с выходной мощностью 40 кВт, управляемому от аппаратуры стабилизации сдвига фазы прерывателей (крейт 3) относительно стартовых импульсов реактора ИБР-2. Точность стабилизации фазы прерывателей - ± 300 мксек при периоде работы реактора - 207 мсек. При уходе фазы прерывателей более $\pm 1,5$ мсек. в крейт 1 выдается аварийный сигнал расфазировки АСФ.

В крейте 2 размещена управляющая и измерительная электроника. Коммутатор спин-флиппера КСФ позволяет прерывать ток и выдает сигнал состояния Q о наличии тока в обмотках спин-флиппера (1А), подключенных к двум источникам стабильного тока ИСТ1,2 (блоки Б5-47). КСФ управляется из крейта 1 сигналом СУ. Источник стабильного тока для питания обмоток электромагнита (0-130В, 0-10А, точность стабилизации тока - $\pm 0,2\%$), выполненный на базе тиристорного регулятора БТ-1004А /7/ создает максимальное поле на образце от 1.2 до 12 кЭ в зависимости от величины зазора электромагнита. Источник управляется аналоговым сигналом от цифроаналогового преобразователя (ЦАП), на вход которого подается цифровой код КУ из крейта 1. Сигналы с детекторов типа СНМ /8/ через предусилители ПУ и усилители-формирователи УФ-8 /11/ поступают в крейт 1.

Аппаратура управления позиционированием выполнена автономно на базе микро-ЭВМ К-1520 /6/ и служит для управления тремя осями гониометра, поворотом платформы и поперечным смещением нейтронных труб.

Аппаратура накопления и управления (крейт 1) подключена к компьютеру РС АТ386, который через сеть ETHERNET подключен к локальной вычислительной сети лаборатории и ОИЯИ.

2. Электроника накопления, регистрации и управления

На рис.3 показана схема накопления данных, регистрации и управления. Для накопления спектрометрической информации в измерительно-накопительном модуле СПН-1 используется разработанный и освоенный в ЛНФ комплект программируемых спектрометрических блоков ВКП-4, ОЗУ-64 и КНД /12/.

Детекторные сигналы ДС₁ поступают на входы коммутатора номера детектора КНД /11/. По сигналу запроса КНД на выходе временного кодировщика ВКП-4 /9/ формируется код временного канала детекторного сигнала относительно старта реактора и временное окно (Т), ширина которого определяется шириной и количеством каналов. Смешанный код временного канала и номера детектора с КНД подается в качестве адресного кода на вход накопительного запоминающего устройства ОЗУ-64 /10/. ОЗУ-64 программируется для работы в инкрементном режиме работы по внешней магистрали (изменение данных, хранящихся в памяти, на единицу в ячейке, адрес которой принят на входе). Для разделения спектров при включенном ("темная" позиция) и при выключенном ("светлая" позиция) спин-флиппере ОЗУ-64 разбивается на две части перезаписью статусного слова в КНД. При этом в накопительной памяти ОЗУ-64 могут накапливаться спектры от 8 детекторов по 4К временным каналам по "темной" и "светлой" позициям (ТП и СП) с глубиной накопления по каждому каналу 2^{16} .

Программно управляемый размножитель импульсов Р (УР6-136 /13/), имеющий 16 отключаемых выходов, переделан на 2 входа с 8 выходами по каждому входу и позволяет

осуществить программный старт-стоп измерений по заданному числу стартов, измерение числа рабочих стартов и интегрального счета детектора (монитор) как в ТП, так и в СП. Количество стартов накопления (время экспозиции) по ТП и СП записывается в *счетчик экспозиции* КС013, который после отсчета выдает запрос на прерывание в РС по L. В *счетчике* КС014 по входу 1 считаются "рабочие" старты, которые затем используются для нормировки. Сигналы детекторов с выходов 1,2 входа 2 множителя подаются на входы 2,3 КС014 для интегрального счета по ТП и СП при стробировании по временному окну ВКП.

На вход 4 счетчика КС014 поступают старты реактора ИБР-2 для измерения частоты работы реактора с точностью $\pm 0,02\%$ (время измерения - 10ч), что необходимо для вычисления сдвиги фонового импульса при обработке спектров).

Организация накопления спектрометрических данных по каналу прямого доступа непосредственно в инкрементную память обеспечивает минимальное мертвое время регистрации данных. Максимальная нагрузка по входу накопительного модуля составляет $2,5 \times 10^5$ н/сек. Коммутатор номера детектора КНД имеет на входе промежуточное запоминающее устройство на 16 слов, что позволяет обеспечить максимальную импульсную нагрузку до 10^6 н/сек для 16 нейтронов.

Адресация и подача управляющих кодов на ЦАП источника питания электромагнита (КУ) и на коммутатор спин-флиппера (один разряд из СУ) производится через выходные регистры I,II КВ002.

Входной регистр КР005 служит для приема аварийных сигналов АС (шибер закрыт, прерыватель расфазирован, нет воды в обмотках магнита и др., всего до 16 сигналов) и сигналов состояния СС (спин-флиппер включен и др., всего до 16 сигналов), при этом аварийные сигналы одновременно

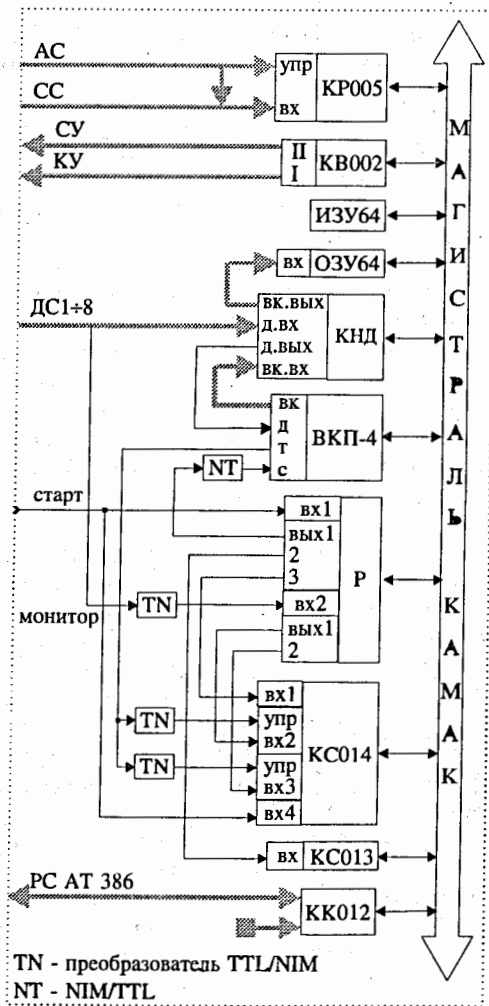


Рис.3. Электроника накопления данных, регистрации и управления.

подаются на управляющий вход (L1) для запроса на прерывание РС. По сигналу на управляющем входе в КР005 автоматически записываются сигналы состояния.

На рис.4 приведена временная диаграмма работы модуля накопления. Цикл измерения начинается с включения спин-флиппера управляющим сигналом СУ. После программной задержки t_{d1} (для установления тока в обмотках спин-флиппера) через множитель Р разрешаются старты накопления детекторных сигналов ДС₁ во временном окне Т по ТП. После отсчета N_{tp} организована задержка t_{d2} для обработки последнего старта ($t_{d2} = N \times T$, где N - количество каналов, T - ширина канала), затем закрывается Р и выключается спин-флиппер. Аналогично происходит накопление по СП.

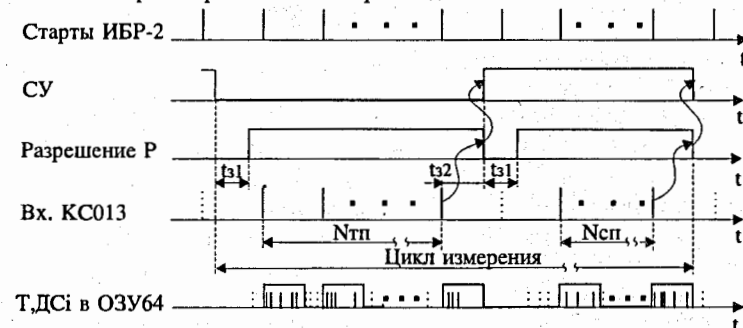


Рис.4. Временная диаграмма работы модуля накопления.

3. Организация программного обеспечения

Программный комплекс для накопления и первичной обработки экспериментальных данных включает следующие программы: SPNBASE - программа управления базой данных и первичной обработки; SPNMAIN - программа для автоматического накопления данных и контроля за условиями эксперимента; SPNSCAN - программа сканирования пучка.

Физические данные, накопленные в ходе эксперимента, и данные, описывающие условия его проведения, сохраняются в файлах базы данных. База данных организована в виде набора деревьев, каждое из которых содержит информацию за один цикл работы реактора (2-3 недели) и имеет 5 уровней разделения данных: Cycle (данные о дате цикла реактора и комментарий), Method (деполяризация или рефлектометрия), Sample (данные об образце, время начала и конца измерения с образцом и комментарий), Measure (информация о состоянии аппаратуры спектрометра) и Spectrum (имена файлов спектров). Элементы Cycle, Method и Sample создаются пользователем перед началом эксперимента с помощью программы SPNBASE. Остальные элементы создаются автоматически программой SPNMAIN во время измерений. Каждое дерево базы данных описывается тремя файлами: файлом базы данных (системный рекорд базы данных, описывающий ее текущее состояние), файлом каталога (двусвязный список с регулярной структурой всех элементов текущего дерева базы, использующийся для поиска элементов в базе данных) и файлом данных (файл с нерегулярной структурой, в который записываются данные для каждого уровня дерева в процессе их создания). Эти три файла имеют стандартизованные имена, в которых зашифрованы, в том числе, номер цикла реактора в году и личный идентификатор пользователя, который запрашивается при входе в программы комплекса для затруднения несанкционированного доступа. Файлы

базы данных сохраняются на жестком диске персонального компьютера, обслуживающего измерения, и могут записываться по сети Ethernet на диски лабораторных файл-серверов (рис.2) для просмотра и первичной обработки экспериментальных данных с рабочего места пользователя во время эксперимента.

Программа SPNBASE позволяет создавать элементы базы данных первых трех уровней, просматривать, изменять информацию и удалять элементы всех уровней; копировать текущее дерево базы данных; проводить просмотр спектров, их первичную обработку и преобразовывать файлы спектров в формат ASCII.

Программа SPNMAIN перед началом измерений запрашивает у пользователя задание на эксперимент (длительность измерения, длительность экспозиций СП и ТП, количество каналов, ширина канала и величина задержки ВКП, параметры аварийного контроля и т.д.), которое может загружаться из файла задания, и требует настроиться на одну из ветвей Cycle-Method-Sample базы данных. Затем она проводит измерение в соответствии с заданием и производит контроль записанных в задании условий проведения эксперимента. При нарушении этих условий (например, снижение счета детектора ниже пороговой величины или присутствие аварийных сигналов) программа прекращает накопление спектрометрической информации. При отсутствии аварийных сигналов на входном регистре КР005 в процессе эксперимента программа периодически через интервалы времени t_{31} (см. рис.4) создает и записывает в файлы базы данных элементы Measure и Spectrum до тех пор, пока не закончится заданное время измерений. При этом данные каждый раз суммируются в уже имеющиеся на диске файлы спектров. В файлы спектров дублируется также информация об элементе Measure. Во время измерений можно просматривать спектры текущих измерений и некоторые функции от них. Имеется возможность в процессе измерения создавать и записывать в базу данных файлы поляризации, деполяризации и коэффициентов отражения, используя математические операции с накапливаемыми спектрами в ТП и СП позициях.

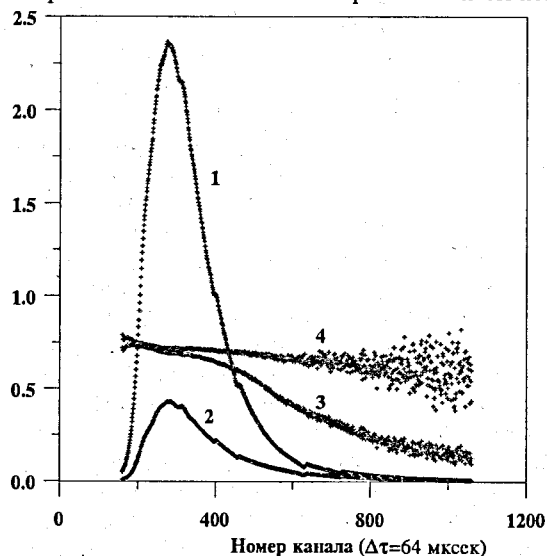


Рис.5.

На рис.5 изображены реальные спектры, занесенные в базу данных непосредственно в процессе накопления данных во время эксперимента с образцом кремнистого железа (толщ. 300 мкм) в пучке нейтронов при магнитном поле 467 эрстед. Кривые 1,2 - счет детектора в светлой и темной позициях соответственно (в относительных единицах). Кривая 3 - поляризация пучка после образца, которая есть разность текущих светлой и темной позиций, деленная на их сумму. Кривая 4 - деполяризация, которая есть отношение спектра текущей поляризации к спектру поляризации падающего пучка, созданному в предыдущем измерении, т.е. взятому из другой ветки дерева базы данных.

Программа SPNSCAN предназначена:

1) для организации процедуры определения профиля прямого и отраженного пучков и координаты их центра с целью настройки детектора на один из пучков;

2) для измерения зависимости счета детектора в СП или ТП позициях, а также их отношения (так называемого γ -отношения), от величины изменяемого физического параметра (например, магнитного поля).

Представленный измерительно-накопительный модуль функционирует с 1993 года. Дальнейшая перспектива его развития изложена в работе /14/.

В заключение авторы выражают благодарность О.В.Володину, О.И.Елизарову, А.И.Островному, А.В.Петренко, Л.П.Черненко за помощь в работе, полезные обсуждения, советы и критические замечания.

Работа частично поддерживалась фондом РФФИ (грант 02-93-2517).

Литература

1. Gunter S. et all. Wissenschaftl. Berichte d. THL, 1983, 1, p. 135.
2. Беттге М. и др. ОИЯИ, Р11-80-422, Дубна, 1980.
3. Беттге М. и др. ОИЯИ, 11-82-448, Дубна, 1982.
4. Гюнтер З. и др. ОИЯИ, 11-83-530, Дубна, 1983.
5. Гюнтер З. и др. ОИЯИ, 11-84-482, Дубна, 1984.
6. Гюнтер З. и др. ОИЯИ, Р10-88-455, Дубна, 1988.
7. Омельченко Б.Д. и др. ОИЯИ, 13-80-469, Дубна, 1980.
8. Королев В.И. и др. ПТЭ, 1969, №4, с.208.
9. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 10-84-158, Дубна, 1984.
10. Вагов А.А. и др. ОИЯИ, 13-89-131, Дубна, 1989.
11. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, Р10-90-88, Дубна, 1990.
12. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, Р10-91-155, Дубна, 1991.
13. Басиладзе С.Г. Нгуен Тхи Ша, ОИЯИ, 13-11783, Дубна, 1978.
14. Новожилов В.Е. и др. ОИЯИ, Р10-94-8, 1994.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 марта 1995 года.