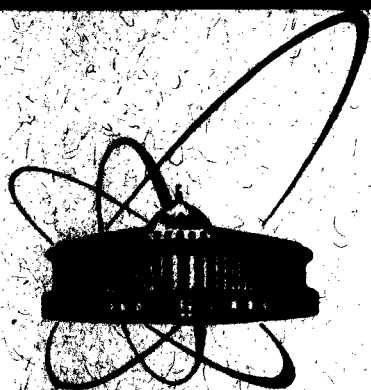


89-818



**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

Б 24

13-89-818

**И. П. Барабаш, Е. Браньковски, Ю. Н. Воронов,  
Д. Георгиев, В. А. Ермаков, Т. Б. Журавлева,  
К. Вальтер, В. И. Лазин, А. И. Островной,  
А. П. Сиротин**

**ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ  
НЕКОТОРЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ  
В СОСТАВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
НА РЕАКТОРАХ ИБР-2, ИБР-30**

**1989**

В течение ряда лет при создании систем автоматизации экспериментальных установок (ЭУ) на реакторах ИБР-2, ИБР-30 преобладал подход, при котором управление исполнительными устройствами спектрометров реализовывалось либо в виде автономных подсистем<sup>1,2</sup>, либо блоков в стандарте КАМАК, управляемых от ЭВМ<sup>3</sup>. Оба варианта лишены необходимой гибкости как по отношению к возможности адаптации к различным параметрам ЭУ, так и возможности реализации удобных для пользователя программ, в которых применены операции автоматического управления различными параметрами спектрометров. Причем в последнем случае в программе эксперимента необходимо управлять (или контролировать) несколькими одновременно протекающими процессами, что влечет повышение требований к управляющей ЭВМ (необходимы развитая система прерываний и возможность организации мультипрограммной работы ЭВМ) и усложняет прикладное программное обеспечение систем автоматизации экспериментов. Рост количества параметров регулирования ЭУ ведет к снижению качества регулирования, например, температуры.

Перечисленные проблемы привели к необходимости применения микро-ЭВМ или микропроцессоров в разрабатываемых устройствах управления экспериментальным оборудованием и необходимости разделения функций управления между этими устройствами и управляющей ЭВМ. В ряде случаев управление различными достаточно сложными устройствами реализуется с помощью специализированных микро-ЭВМ<sup>4</sup> или микропроцессорных контроллеров КАМАК<sup>5,6</sup>, которые соединены с управляющей ЭВМ посредством линии связи. В этом случае программе управления экспериментом необходимо реализовать функции связи двух или более компьютеров. Другим возможным решением, позволяющим упростить программу эксперимента, может быть использование микропроцессоров внутри блоков КАМАК<sup>7-10</sup>. В этом случае устройство может выполнять строго определенные, но достаточно сложные операции, например, управлять исполнительными механизмами спектрометра (ИМ)<sup>9</sup>, выполнять функции контроля и регулирования параметров спектрометра<sup>7,8</sup> (операции, характеризующиеся необходимостью длительного и циклического выполнения небольшой последовательности команд, медленным изменением параметров контролируемых процессов, малым объемом информации, которая требуется пользователю и соответственно передается в управляющую экспериментом ЭВМ).

Опыт создания блоков управления на базе МП<sup>7-10</sup> / позволяет сделать вывод о том, что максимальная гибкость и удобства для программирования предоставляют вариант программной совместимости управляющей ЭВМ и используемого МП. Возможность использования программно несовместимых ЭВМ и МП обеспечивается реализацией в стандарте КАМАК и наличием в ОЗУ МП "развитого" блока управляющей и контрольной информации.

Автоматизация управления исполнительными механизмами (ИМ), работающими в составе экспериментальных установок (ЭУ), не может перечеркнуть огромного многообразия существующих ИМ и электромеханических интерфейсов управления их перемещением. Однако унификация возможна при использовании программируемых микропроцессорных блоков управления исполнительными механизмами (БУИМ) в стандарте КАМАК<sup>9</sup> / . БУИМ для подключения к ИМ использует функциональные шины. Далее через специально разработанные адаптеры функциональных шин производится аппаратное подключение соответствующих электромеханических интерфейсов ИМ. Программная унификация определяется стандартом КАМАК; программным интерфейсом БУИМ, обеспечивающим доступ к блоку контрольной и управляющей информации в ОЗУ БУИМ; применением сменных подпрограмм, реализующих электромеханический интерфейс ИМ, а также параметризацией механических и динамических особенностей ИМ. Аппаратная унификация достигается с помощью двух типов функциональной шины, реализованных в БУИМ.

#### 1. Функциональные шины для подключения ИМ к БУИМ

Силовая функциональная шина (СФШ)<sup>9</sup> / разработана для непосредственного, без дополнительных усилителей, подключения ИМ, например, трехосного гониометра ГКС-100:

- 1-4 — коммутатор обмоток шаговых двигателей (ДШИ — 200) либо другая функция в выбранном устройстве (активный уровень -24/5В, ток — до 3А);
- 5-12 — позиционный код номера двигателя 1-8 (активный уровень +24/5В, ток — до 3А);
- 25,26 — индикация ограничения движения ("правый" и "левый" концевики (ПК и ЛК);
- 30 — вход на прерывание микропрограммы в МП, например, от датчика шагов; 32 — общий.

В процессе длительной эксплуатации блока управления шаговыми двигателями<sup>9</sup> / (БУШД-3) в составе спектрометра СНИМ-2 и других ЭУ выявились недостатки СФШ; т.к. количество ИМ в составе ЭУ часто

превышает 8, появились компактные датчики положения, что привело к необходимости разработки функциональной шины (ФШ) для подключения к БУИМ через соответствующие адаптеры различных ИМ. При разработке БУИМ была учтена необходимость преемственности с БУШД-3 и одновременно с реализацией ФШ была сохранена СФШ.

Функциональная схема БУИМ, во многом повторяя БУШД-3, имеет следующие особенности:

— дешифратор-усилитель номера двигателя расширен для управления 16 ИМ. На передней панели блока выведен еще один разъем СФШ с тем отличием, что вместо позиционного кода номера двигателя 1-8 в расписании разъема поставлен позиционный код 9-16;

— контрольный регистр, служивший для приема состояний концевиков, дополнен до 6 бит, что позволило ввести дополнительно контроль четырех контрольных точек (КТ), одна из которых может, являясь датчиком шагов, вызывать прерывание микропрограммы МП;

— введен дополнительно входной регистр для приема 16-разрядного кода с датчика положения, причем возможен прием кода как в десятичном, так и в двоичном виде. Если разрядность датчика превышает 16, то одна из функций в выбранном устройстве может быть ориентирована на чтение дополнительной информации.

Таким образом, область применения БУИМ с разработкой ФШ и соответствующих адаптеров ФШ существенно расширена.

Функциональная шина (ФШ) реализована также на 32-контактном разъеме, но имеет более широкие возможности:

- 1-8 — выполняемая функция в выбранном устройстве, например, коммутатор обмоток шагового двигателя, либо номер этого устройства в любом коде, причем количество разрядов, отводимое на коммутатор и номер, определяется программно (обычно коммутатор и номер ИМ — по 4 разряда);
- 9-14 — индикация каких-либо состояний ИМ, например, концевиков или контрольных точек;
- 15 — пуск чтения датчика положения ИМ (импульс 35 мкс, показания снимаются с датчика по его окончании);
- 16 — общий;
- 17-32 — шестнадцатиразрядный код датчика положения в десятичном (0-9999), двоичном (0-65535) или другом коде.

При необходимости можно отказаться от использования СФШ и ФШ, для чего из БУИМ возможен вывод их модификаций для широкого спектра ИМ.

## 2. Программирование БУИМ

Микропрограмма, разработанная для управления шаговыми двигателями<sup>19/</sup>, была ориентирована на управление трехосным гониометром ГКС-100 в составе спектрометра СНИМ-2<sup>11/</sup>. Каждый ИМ определялся комплексом параметров: стартовая скорость, характеристика разгона и останова, люфт, программные ограничения диапазона перемещения (положение ЛК и ПК) и др. Для автоматизации ИМ, обладающих различными электромеханическими интерфейсами, введены дополнительные параметры, определяющие тип интерфейса управления ИМ и тип или отсутствие датчика положения. Микропрограмма БУИМ допускает расширение списка программных интерфейсов (коммутатор) управления ИМ, каждому из которых присвоен номер. В микропрограмме БУИМ возможно обращение к программным интерфейсам ИМ восьми типов:

- 1 — двигатель имеет 4 обмотки и на линиях ФШ 1-4 реализуется следующая последовательность: (12-23-34-41) или (12-41-34-23), в зависимости от направления движения;
  - 2 — двигатель имеет 6 обмоток и на линиях ФШ 1-6 реализуется следующая последовательность: (12-23-34-45-56-61) или (12-61-56-45-34-23), в зависимости от направления движения;
  - 3 — двигатель оснащен релейным коммутатором и линии 1-3 используются для его управления: 1 — включить быструю скорость, 2 — включить медленную скорость, 3 — направление движения;
  - 4 — двигатель оснащен блоками электроники с импульсным управлением: 1 — "серия +", каждый импульс которой соответствует "шагу" ИМ в направлении ПК, 2 — "серия —", каждый импульс которой соответствует "шагу" ИМ в направлении ЛК;
  - 5 — коммутатор шагового искателя аналогичен п.4 со скважностью импульсов 1;
  - 6 — коммутатор трехосного текстурного гониометра<sup>13/</sup> (ГДР) спектрометра НСВР<sup>19/</sup>: 1 — "серия", 2 — направление движения;
  - 7 — двенадцатитактный коммутатор двигателя с числом обмоток 6 (12-123-23-234-34-345-45-456-56-561-61-612);
  - 8 — двигатель имеет релейный коммутатор: 3 — включить движение к ЛК, 4 — включить движение к ПК, 1 — медленно, 2 — быстро.
- Для выбора определенного типа коммутатора каждому двигателю в управляющих параметрах БУИМ задается номер одного из приведенных выше коммутаторов. Тип выбранного датчика положения определяется также номером из приведенного списка:
- 1 — датчик положения отсутствует и текущее положение определяется программно по количеству шагов с использованием программного счетчика положения, разрядность которого составляет 32;

2 — аналогично п.1, но вводится коэффициент пересчета, т.е. не каждый импульс приводит к модификации текущего положения; значение данного коэффициента задается для каждого двигателя в списке управляющих параметров БУИМ;

3 — имеется 16-разрядный датчик положения с индикацией в двоичном, десятичном или ином виде.

Увеличение разрядности датчика положения допускается переобозначением одной из функций ФШ или СФШ в функцию чтения второго 16-разрядного слова датчика. Список типов коммутатора и типов датчиков может быть расширен, теоретически, до 65535. Причем это, как правило, не ведет к увеличению длины микропрограммы БУИМ, т.к. для каждой ЭУ характерен ограниченный набор типов датчиков и коммутаторов. В исходном тексте микропрограммы содержится описание конфигурации системы управления и контроля ИМ: типы применяемых датчиков, коммутаторов и т.д. Это описание используется для основной трансляции текста микропрограммы, что и позволяет ограничить ее объем. Вместе с программой в ОЗУ МП загружается и текст с названием спектрометра и датой последней редакции программы для ее идентификации. Таким образом, блок БУИМ путем перезагрузки программы в ОЗУ МП другой программы настраивается на взаимодействие с ИМ другого спектрометра. Объем программы обычно не превышает 2К, и 2К отводится для хранения графиков разгона и останова. Для хранения программы может быть использовано ППЗУ МП (4К слов), входящее в состав БУИМ.

В таблице представлена полная информация о параметрах ИМ, а также статусная и управляющая информации:

Таблица

Адрес (восьмеричный)	Содержание
1. 1000-1076	Статусное слово (16 бит) для каждого из 32 ИМ.
2. 1100-1276	Положение (мл.слово — 16 бит, ст.слово — 16 бит), в котором был встречен ЛК.
3. 1300-1476	Положение (2 слова), в котором был встречен ПК.
4. 1500-1676	Задание цели движения (2 слова).
5. 1700-2076	Текущее положение (2 слова).
6. 2100-2176	Данные коммутатора ИМ (1 слово).
7. 2200-2376	Положение (2 слова), в котором должен быть встречен ЛК.
8. 2400-2576	Положение (2 слова), в котором должен быть встречен ПК.

9. 2600-2676 Ограничение участка графика, отводимого на разгон и последующий останов, что позволяет при одной стартовой скорости дифференцировать ИМ по максимальной скорости.
10. 2700-2776 Номер графика разгона и останова:  
1 — с количеством точек 256 и 8 точками излома.  
2 — с количеством точек 2048 и 16 точками излома.
11. 3000-3076 Значение люфта, выборка которого производится подходом к заданному положению только справа.
12. 3100-3176 Исходное положение ИМ после выполнения команды "начальная установка" (умноженное на 3 дает положение для гарантированного съезда с концевика).
13. 3200-3276 Возможная ошибка при проверке положения по концевнику; при поиске концевика к цели добавляется это значение для надежного достижения концевика.
14. 3300-3376 Коэффициент пересчета шагов, т.е. каждый бит цели интерпретируется как 65535/значение коэффициента.
15. 3400-3476 Тип датчика положения (1-3).
16. 3500-3516 Крутизна на 8 участках графика разгона 1 (например, 1,1,1,1,1,2,4,8. График разбит на 8 участков по 32 шага на 1-5 участках из стартовой задержки (программный счетчик) вычитается по 1 после каждого шага; на 6 — через 2 шага вычитается по 1; на 7 — через 4 шага вычитается по 1; на 8 — через 8 шагов вычитается по 1).
17. 3520-3556 Крутизна на 16 участках графика разгона 2. График разбит на 16 участков по 128 шагов.
18. 3560 Стартовая задержка для графика 1.
19. 3562 Стартовая задержка для графика 2.
20. 3564-3662 Тип коммутатора ИМ.
21. 3664 Количество двигателей 1-32, т.е. при этом можно сократить объем вводимой информации.

В таблице каждому ИМ соответствует 16-разрядное слово статусной и управляющей информации:

- 1,2,3,4 — команды Р, L, R, N и К соответственно;  
6 — ИМ имеет общую базу с другими ИМ;  
7 — по команде Р цель достигнута правильно;  
8 — был встречен ЛК;  
9 — ЛК встречен правильно;  
10 — был встречен ПК;

- 11 — ПК встречен правильно;  
12 — (авария) невозможно съехать с ЛК;  
13 — (авария) невозможно съехать с ПК;  
14 — (авария) при движении вправо встречен ЛК;  
15 — (авария) при движении влево встречен ПК;  
16 — движение выполнено верно, т.е. все заказанные команды завершены удачно.

Команды управления N, P, L, R и K являются для ИМ "макрокомандами", из которых могут быть составлены любые алгоритмы перемещения.

#### 2.1. Алгоритм начальной установки /N/

Для ИМ без датчика положений осуществляется ускоренное движение влево до достижения ЛК. Повторное движение к ЛК необходимо для точного определения его положения, которое берется за начальную точку отсчета. Далее ИМ перемещается к ПК, опять к ЛК, и устанавливается в исходное положение (п.12 таблицы). Положение концевиков заносится в таблицу. Для ИМ с датчиком положения показания датчика заносятся в таблицу как текущее положение ИМ.

#### 2.2. Алгоритм обработки заданного положения /P/

В таблицу записывается код цели для соответствующего ИМ, далее запускается микропрограмма БУИМ. К требуемому положению подход производится только справа, чем и обеспечивается выборка люфта. Количество шагов, необходимое для выборки люфта, указано в п.11 и должно быть меньше п.12, чтобы не задевать концевики.

#### 2.3. Алгоритм поиска ЛК /L/

Из текущего положения ИМ, для которого задана команда L, перемещается к ЛК и осуществляет съезд с него в исходное положение (п.12). Микропрограмма запоминает положение ИМ до начала движения и по алгоритму Р способна вернуть его в положение, занимаемое до начала выполнения алгоритма L.

#### 2.4. Алгоритм поиска ПК R аналогичен алгоритму L

#### 2.5. Алгоритм поиска контрольных точек /K/

Алгоритм поиска К необходим, если кроме ограничений ЛК и ПК имеются контрольные точки. Одновременно с заданием команды К необходимо указать направление поиска R или L, а также в таблице п.4. (цель движения) записать позиционный код контрольной точки (КТ):

1 бит — поиск КТ номер 1 (ЛК);  
 2 бит — поиск КТ номер 2 (ПК);  
 3, 4, 5, 6 бит — поиск КТ номера 3, 4, 5, 6 соответственно;  
 Оставшиеся разряды цели не используются. По завершении любого из перечисленных алгоритмов N, P, L, R, K формируется статусное слово каждого двигателя и вырабатывается запрос к ЭВМ.

Для выполнения команд N, R, L в таблице необходимо возобновить п.1, 6, 9-21, команд P и K — п.1 и 4. Код цели движения должен быть в диапазоне: п.7 + п.12. < Цель < п.8 - п.12, т.к. наезд на концевики при выполнении команд P и K нежелателен. Необходимо отметить, что команды N, R, L, P допускается задавать в любом сочетании. очередность их выполнения соответствует приведенной записи. Например, команда R, P выполняется следующим образом: поиск ПК; проверка места его встречи с п.8 таблицы, занесение в статусное слово (п.1. таблицы) результата проверки; возврат в положение, занимаемое к моменту получения команды. Таким образом, разработанный набор "макрокоманд" K, N, R, L, P позволяет реализовать самые сложные перемещения, встречающиеся в процессе управления ИМ экспериментальных установок.

3. Нейтронный спектрометр высокого разрешения (НСВР) <sup>13/</sup> расположен на 7 пучке реактора ИБР-2. Упрощенная схема подвижных частей текстурного дифрактометра приведена на рис.1.

Управление трехосным текстурным гониометром 4 (ТТГ) проводилось либо в ручном режиме, либо с помощью перфоленточного устройства из ИВЦ ЛНФ. Каждая ось оснащена 4-тактным шаговым двигателем производства ГДР. С целью повышения эффективности управления ИМ спектрометра реализованы автоматический контроль и управление на базе микропроцессорного блока БУИМ. На рис.2 представлена

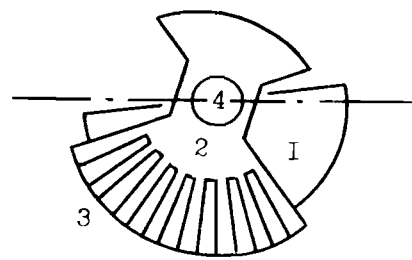


Рис.1. Схема исполнительных механизмов текстурного дифрактометра НСВР.

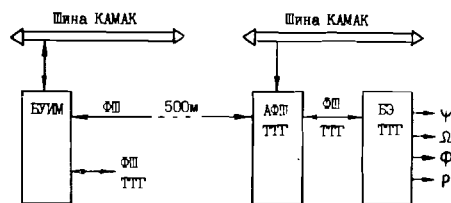


Рис.2. Блок-схема управления ИМ текстурного дифрактометра НСВР.

блок-схема дистанционного управления ИМ НСВР с измерительного модуля <sup>13/</sup> в ИВЦ ЛНФ. Блок управления исполнительными механизмами (БУИМ) является модификацией БУШД-3 <sup>19/</sup> и имеет на передней панели выход ФШ и функциональной шины управления трехосным гониометром (ФШ-ТТГ) производства ГДР:

- 1-4 — выбор оси гониометра (Ψ, Ω, Φ и Р — резервный канал управления);
- 5-8 — направление изменения угла поворота соответствующей оси;
- 9-12 — импульсы для работы шаговых двигателей гониометра;
- 13-16 — ограничители угла поворота (ЛК);
- 17-20 — ограничители угла поворота (ПК);
- 21-24 — контрольные точки номер 3 осей гониометра;
- 25 — контрольная точка номер 4 оси Ω; 32 — общий.

Адаптер функциональной шины спектрометра (АФШ-ТТГ) предназначен для преобразования сигналов ФШ в управление трехосным текстурным гониометром. Наличие в БУИМ аналогичной ФШ-ТТГ позволяет, при размещении измерительного модуля НСВР рядом с ЭУ, исключить АФШ-ТТГ.

На оси Ψ текстурного гониометра имеется одна КТ, которая является точкой начала отсчета. Никаких ограничений по этой оси нет. Угол меняется от 0 до 360 градусов. Текущее положение определяется по количеству шагов от контрольной точки. Полный оборот вокруг оси Ψ составляет ~66000 шагов. Благодаря плавному изменению скорости с 200 Гц до 1 кГц, сокращено максимальное время перемещения до ~1 мин.

На оси Ω кроме ЛК и ПК имеются две контрольные точки, определяющие поворот образца на 90 градусов вокруг вертикальной оси Ω. Подход к КТ возможен с любой стороны, за чем обязана следить программа эксперимента. КТ так же, как и концевики, могут быть использованы для проверки текущего положения путем перемещения на ближайшую КТ, либо концевик, с последующим возвратом в заданное положение. Диапазон перемещения по второй оси составляет ~21500, однако из-за механических особенностей данного ИМ пришлось реализовать релейный закон ускоренного движения: максимальная скорость составила 200 Гц при стартовой — 40 Гц. Время максимального перемещения составило ~2 мин.

На оси Φ размещена одна КТ, соответствующая совпадению оси Ψ с осью пучка, и концевики (ПК, ЛК). Диапазон перемещения составляет ~5100, параметры релейного закона ускоренного перемещения — соответственно 40 и 20 Гц. Время максимального перемещения составило ~2 мин. Резервный канал предназначен для управления предпола-

гаемой четвертой осью гониометра, перпендикулярной оси  $\Psi$ . По параметрам управления и наличию КТ ось Р аналогична оси  $\Psi$ .

Для перемещения подвижной платформы 2 в настоящее время используется трехфазный двигатель с ручным включением. Угловое перемещение платформы 2 контролируется с помощью углового датчика. Электромеханический интерфейс управления подвижной платформой 2 требует программной коммутации типа 8 (1 — включить движение к ЛК, 2 — включить движение к ПК) со стороны ФШ. Показания датчика положения предполагается вводить в БУИМ через ФШ. Скорость перемещения в данном ИМ не регулируется.

Испытания надежной работы управляемого ТТГ проводились из ИВЦ ЛНФ на расстоянии  $\sim 500$  м от экспериментальной установки, хотя БУИМ предполагается разместить не далее 20 м от ЭУ. Принятые программные и конструкторские решения позволяют расширять количество ИМ спектрометра за счет подключения к ФШ новых электронных блоков АФШ-ТТГ или разработанных специально. Например, возможен перевод детекторов 3 на автоматическое перемещение относительно платформы 2.

4. Нейтронный дифрактометр ДН-2<sup>14</sup> расположен на пучке 6-а реактора ИБР-2. Упрощенная схема подвижных частей дифрактометра приведена на рис.3. На поворотной платформе расположен детектор D. Угол поворота контролируется 16-разрядным "абсолютным" угловым датчиком. Для перемещения платформы используется трехфазный двигатель с релейным управлением (тип программируемого коммутатора 8). Движение ограничено концевиками (ЛК, ПК). Диапазон изменения углов составляет 0-180 градусов. Дифрактометр оснащен трехосным гониометром ГКС-100 (ПНР), у которого отсутствуют датчики положения осей. Это компенсируется тем, что в качестве двигателей используют

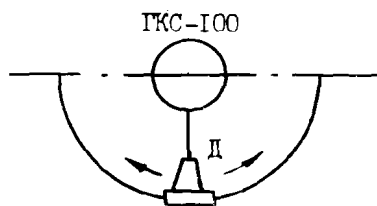
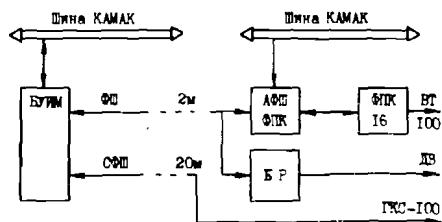


Рис.4. Блок-схема системы управления ИМ нейтронного дифрактометра ДН-2.

Рис.3. Схема исполнительных механизмов нейтронного дифрактометра ДН-2.



ся 4-тактные шаговые двигатели типа FDS/A51 (Англия). На каждой оси имеются ограничения на перемещение (ЛК, ПК).

Блок-схема системы управления ИМ ДН-2 представлена на рис.4. БУИМ, оснащенный ФШ и СФШ, расположен в управляемом крейте на расстоянии  $\sim 20$  м от ИМ ДН-2. Для индикации угла поворота платформы использован трансформаторный угловой датчик типа ВТ100<sup>15</sup> совместно с блоком электроники ФПК-16<sup>15</sup>. Для данного спектрометра разработан адаптер ФШ для подключения 4 датчиков положения (АФШ-ФПК). Каждому из датчиков присваивается номер 1-16, под которым он используется в микропрограмме БУИМ. Возможно подключение на ФШ до 4 АФШ-ФПК, что позволяет адресоваться к 16 угловым датчикам. Управление соответствующим двигателем осуществляется через СФШ и блок реле (БР) релейной коммуникацией трех фаз обмоток двигателя. Коммутируется только направление движения с постоянной скоростью, хотя программный коммутатор типа 8 имеет возможность выбирать две скорости (медленно и быстро).

Для непосредственного управления осями ГКС-100 без дополнительных усилителей используется силовая функциональная шина. При адресации к ИМ 1-3 выбираются двигатели ГКС-100, при обращении к 4 — включается трехфазный двигатель поворота платформы в соответствующем направлении. Текущее положение осей гониометра контролируется по количеству шагов от какого-либо концевика. После завершения определенного цикла измерений возможна проверка достоверности занимаемого положения по ближайшему концевика. По динамическим характеристикам оси ГКС-100 очень близки: стартовая скорость — 200 Гц, максимальная скорость — 400 Гц. Максимальное время поворота вокруг вертикальной оси составило  $\sim 50$  с, а по другим —  $\sim 10$  с, что делает приемлемым проверку текущего положения по ближайшему концевика. При проверке работоспособности системы управления ГКС-100 была получена точность перемещения  $\pm 1$  шаг шагового двигателя для всех осей гониометра (1 шаг  $\sim 1,5$ ).

Предложенная схема управления ИМ ДН-2 позволяет сделать программное обеспечение измерительного модуля инвариантным к различным типам датчиков и двигателей.

5. Блок-схема системы управления поворотным механизмом спектрометра (n-p)(n- $\alpha$ )<sup>16</sup> на реакторе ИБР-30 представлена на рис.6. Индикация угла поворота стола 1 (рис.5), на котором крепится камера 2, аналогична дифрактометру ДН-2. Однако для управления перемещением использован шаговый двигатель ШД-5м с шестью обмотками управления. Микропрограмма реализует управление движением через два типа

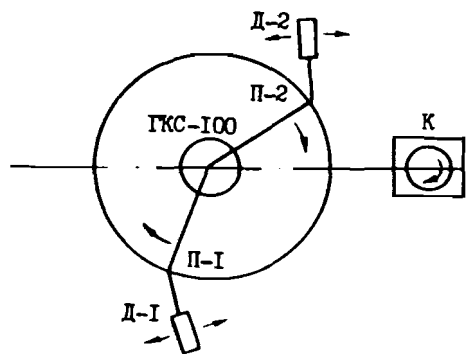
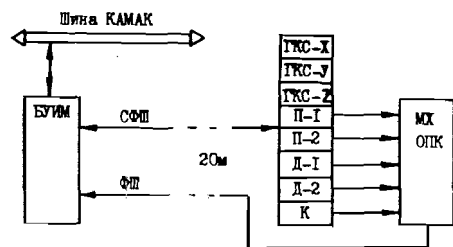


Рис.8. Схема исполнительных механизмов спектрометра СНИМ-2.

Рис.9. Блок-схема системы управления ИМ спектрометра СНИМ-2.



ной оси и трехосный гониометр ГКС-100. Блок-схема системы управления ИМ спектрометра СНИМ-2 представлена на рис.9. Все ИМ спектрометра оснащены шаговыми двигателями типа FDS-/A51 или ДШИ-200, а угловыми датчиками — только криостат К, плечи 1,2 и детекторы 1,2. Двигатели подключены непосредственно к силовой ФШ, имеют по 4 обмотки и управляются программно коммутацией типа 1. ФШ, в данном случае, используется только для приема цифровой информации с мультиплексора оптических преобразователей "Угол-код" (МХ-ОПК).

По своим параметрам, динамическим характеристикам гониометр ГКС-100 аналогичен применяемому в ДН-2. Управление угла поворота криостата осуществляется аналогично вертикальной оси Z гониометра, хотя для определения угла поворота использован оптический преобразователь "Угол-код".

Совместное использование на криостате К, плечах 1,2 и детекторах 1,2 шаговых двигателей и угловых датчиков неоправдано, однако это лишний раз подчеркивает поразительную гибкость параметризации управления и контроля исполнительными механизмами, что позволяет совместное использование самых различных типов двигателей и датчиков положения.

В перспективе планируется на плечо 1, 2 поместить компактные поворотные механизмы с вертикальной осью вращения, совпадающей с осями вращения детекторов 1, 2 соответственно. Управление их поворотом будет производиться двигателями того же типа, а датчики положения — аналогично ДН-2 (ВТ-100, ПФК-16, АФШ-ПФК).

8. Дифрактометр на реакторе ИЯИЯЭ БАН<sup>18/</sup> по своей кинематической схеме во многом повторяет ДН-3<sup>11/</sup>. Однако для перемещения плеч дифрактометра использованы трехфазные двигатели с релейными коммутаторами иного типа. Разработанный программный коммутатор вошел в микропрограмму БУИМ под номером 3. Трехосный гониометр оснащен шаговыми двигателями с 4 обмотками, а перемещение ограничено концевиками. Скорость перемещения плавно регулируется программно от 200 Гц до 1 кГц. В отличие от дифрактометров ДН-2, ДН-3, в данном случае гониометр имеет возможность линейного перемещения относительно пучка. Управление этим перемещением осуществляется аналогично. Для целей управления ИМ спектрометра использована СФШ, что позволило отказаться от применения дополнительных усилителей. Для съема показаний с угловых датчиков, аналогичных используемым в дифрактометре ДН-3, использована ФШ. При точном выполнении заданного положения возможны несколько итерационных движений, что обусловлено инерционностью и конструктивными особенностями ИМ.

9. Предполагаемая система управления ИМ (рис.11) спектрометра МУРН<sup>14/</sup> состоит из БУИМ и двух типов адаптеров ФШ (АФШ-1 и АФШ-2). Упрощенная схема ИМ спектрометра представлена на рис.10<sup>11/</sup>. Стол 1 (С1) служит для установки юстируемого коллиматора, стол 2 (С2) — для установки кассеты с образцами или гониометра ГКС-100. V1 — управляемая заслонка из ванадиевой фольги, D1 и D2 — системы детекторов, перемещаемые вдоль пучка в одно из семи фиксированных положений, каждое из которых обозначено концевиком.

Все приведенные ИМ существовали на ЭУ и ранее<sup>14/</sup>. Однако автоматически управлялись от ЭВМ только устройство смены образцов и V1, а остальные имели ручное электромеханическое управление. Разработанные ранее электромеханические интерфейсы ручного управления

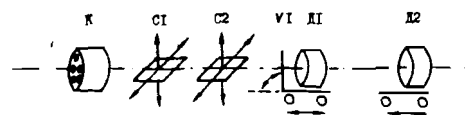
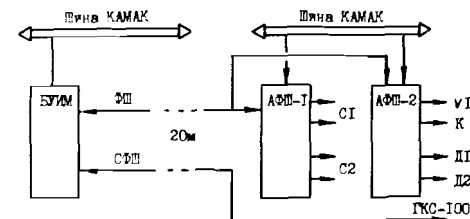


Рис.10. Схема исполнительных механизмов спектрометра МУРН.

Рис.11. Блок-схема предлагаемой системы управления ИМ спектрометра МУРН.





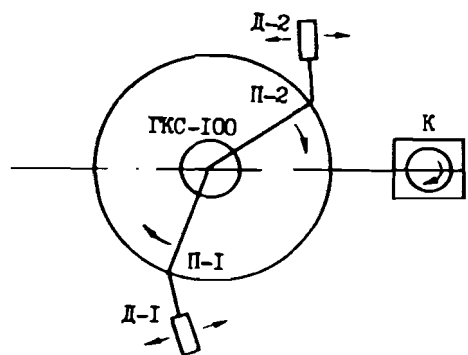
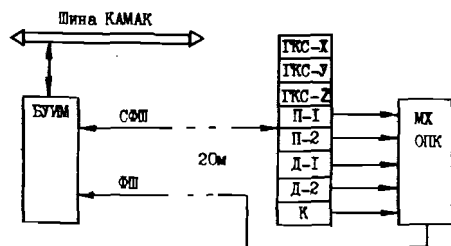


Рис.8. Схема исполнительных механизмов спектрометра СНИМ-2.

Рис.9. Блок-схема системы управления ИМ спектрометра СНИМ-2.



ной оси и трехосный гониометр ГКС-100. Блок-схема системы управления ИМ спектрометра СНИМ-2 представлена на рис.9. Все ИМ спектрометра оснащены шаговыми двигателями типа FDS-/A51 или ДШИ-200, а угловыми датчиками — только криостат К, плечи 1,2 и детекторы 1,2. Двигатели подключены непосредственно к силовой ФШ, имеют по 4 обмотки и управляются программно коммутацией типа 1. ФШ, в данном случае, используется только для приема цифровой информации с мультиплексора оптических преобразователей "Угол-код" (МХ-ОПК).

По своим параметрам, динамическим характеристикам гониометр ГКС-100 аналогичен применяемому в ДН-2. Управление угла поворота криостата осуществляется аналогично вертикальной оси Z гониометра, хотя для определения угла поворота использован оптический преобразователь "Угол-код".

Совместное использование на криостате К, плечах 1,2 и детекторах 1,2 шаговых двигателей и угловых датчиков неоправдано, однако это лишнее подчеркивает поразительную гибкость параметризации управления и контроля исполнительными механизмами, что позволяет совместное использование самых различных типов двигателей и датчиков положения.

В перспективе планируется на плечо 1, 2 поместить компактные поворотные механизмы с вертикальной осью вращения, совпадающей с осями вращения детекторов 1, 2 соответственно. Управление их поворотом будет производиться двигателями того же типа, а датчики положения — аналогично ДН-2 (ВТ-100, ПФК-16, АФШ-ПФК).

8. Дифрактометр на реакторе ИЯИЯЭ БАН<sup>118</sup> по своей кинематической схеме во многом повторяет ДН-3<sup>111</sup>. Однако для перемещения плеч дифрактометра использованы трехфазные двигатели с релейными коммутаторами иного типа. Разработанный программный коммутатор вошел в микропрограмму БУИМ под номером 3. Трехосный гониометр оснащен шаговыми двигателями с 4 обмотками, а перемещение ограничено концевиками. Скорость перемещения плавно регулируется программно от 200 Гц до 1 кГц. В отличие от дифрактометров ДН-2, ДН-3, в данном случае гониометр имеет возможность линейного перемещения относительно пучка. Управление этим перемещением осуществляется аналогично. Для целей управления ИМ спектрометра использована СФШ, что позволило отказаться от применения дополнительных усилителей. Для съема показаний с угловых датчиков, аналогичных используемым в дифрактометре ДН-3, использована ФШ. При точном выполнении заданного положения возможны несколько итерационных движений, что обусловлено инерционностью и конструктивными особенностями ИМ.

9. Предполагаемая система управления ИМ (рис.11) спектрометра МУРН<sup>114</sup> состоит из БУИМ и двух типов адаптеров ФШ (АФШ-1 и АФШ-2). Упрощенная схема ИМ спектрометра представлена на рис.10<sup>111</sup>. Стол 1 (С1) служит для установки юстируемого коллиматора, стол 2 (С2) — для установки кассеты с образцами или гониометра ГКС-100. V1 — управляемая заслонка из ванадиевой фольги, D1 и D2 — системы детекторов, перемещаемые вдоль пучка в одно из семи фиксированных положений, каждое из которых обозначено концевиком.

Все приведенные ИМ существовали на ЭУ и ранее<sup>114</sup>. Однако автоматически управлялись от ЭВМ только устройство смены образцов и V1, а остальные имели ручное электромеханическое управление. Разработанные ранее электромеханические интерфейсы ручного управления

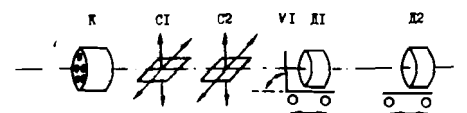
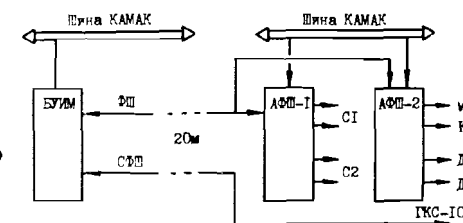


Рис.10. Схема исполнительных механизмов спектрометра МУРН.

Рис.11. Блок-схема предлагаемой системы управления ИМ спектрометра МУРН.



показали свою надежность и "дружелюбие" к пользователю. Управление сменным коллиматором, перемещением детекторов 1, 2, ванадиевой за- слонкой V1 имеют следующий интерфейс:

1-8 — позиционный код выбора одного из 5 сменных коллиматоров, задания одного из 8 положений D1 и D2, либо код управления ввод/вы- вод V1 из пучка;

9 — выбор данного ИМ (+24В);

10-17 — индикация о текущем положении ИМ;

23 — общий.

При снятии сигнала "Выбор" исполнение команды прекращается. С целью согласования этого интерфейса и ФШ БУИМ разработан адаптер ФШ для подключения подобных устройств (АФШ-1). Один блок АФШ-1 управляет поочередно V1, D1, D2 либо сменным коллиматором К. Управление двухкоординатными столами 1, 2 осуществляется высокомо- ментными двигателями постоянного тока (ВМД), укомплектованными блоками электроники со следующим интерфейсом управления:

1 — серия "+" (каждый импульс соответствует шагу ИМ вправо, к ПК);

2 — серия "-" (каждый импульс соответствует шагу ИМ влево, к ЛК);

3-4 — индикация ограничений слева и справа (ЛК и ПК);

7 — общий.

Программно управление ВМД со стороны ФШ осуществляется ком- мутатором типа 4. Скорость перемещения ИМ регулируется плавно от 200 Гц до 2,5 кГц, что соответствует 12-150 оборотам ВМД в мин. Один оборот ВМД составляет 1000 шагов. Это разбиение обеспечивается оптической системой: диск с прорезями и фотодатчик на оси ВМД. Для сопряжения ФШ с интерфейсом ВМД разработан адаптер АФШ-2, обеспечивающий подключение до 4 ВМД с переключаемыми номерами от 1 до 16. АФШ-1,2 конструктивно выполнены в станции КАМАК шири- ной 1М.

Предполагается непосредственное подключение к БУИМ трехосного гониометра ГКС-100 через силовую ФШ аналогично дифрактометрам ДН-2, ДН-3. Блок БУИМ для работы в составе системы управления ИМ спектрометра МУРН опробован при работе с ГКС-100, а также с ВМД по- стоянного тока.

10. Спектрометр неупругого рассеяния переменного разрешения (НЕРА-ПР) создается на 7 пучке реактора ИБР-2. В состав спектрометра входят 64 поворотных ИМ, оснащенных шаговыми двигателями ДШИ-200, концевиками ЛК и ПК, датчиком нулевого угла. Программно

определен тип коммутатора 1. Движение осуществляется с плавным изменением скорости от 100 до 500 Гц в границах, определяемых концевиками ЛК и ПК. Датчик нулевого угла программно определен как контрольная точка номер 3, к которой возможен подход с любой стороны аналогично спектрометру НСВР. Предполагается на управление каждого 16 двигателей поставить один БУИМ, что позволит одновременное пере- мещение 4 двигателей спектрометра. Проверка текущего положения осуществляется по ближайшему концевiku или контрольной точке. Для подключения ИМ к ФШ был разработан адаптер ФШ (АФШ-3) для под- ключения 16 ИМ, включающий дешифрацию номера двигателя, блок пи- тания (+48В, 6А) и усилители для подключения обмоток двигателей. Была проверена совместная работа БУИМ с опытным экземпляром ИМ спектрометра.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БУИМ, являющийся дальнейшим развитием БУШД-3<sup>19</sup>, дополнен специально разработанными функциональными шинами (СФШ и ФШ). Это позволило реализовать разнообразные структурные схемы систем управления ИМ некоторых ЭУ на реакторах ИБР-2, ИБР-30.

Разработанные СФШ и ФШ обеспечивают надежное управление неко- торых ИМ через соответствующие адаптеры на расстоянии до 500 м.

Разработан комплект адаптеров ФШ (АФШ-ТТГ, АФШ-ПФК, АФШ-1, 2, 3) для подключения самых разнообразных ИМ. АФШ-1, 2 спроектированы на одной печатной плате и содержат унифицированные функциональные узлы (дешифратор номера ИМ 1-16, мультиплексоры, оптронные развязки и др.). Это дает возможность создавать на ее основе новые адаптеры ФШ.

Выполнено подключение к БУИМ: восьми типов двигателей или их электромеханических интерфейсов, трех типов датчиков положения, причем многие ИМ обладают различными динамическими характери- стиками. Возможны самые разные сочетания типов коммутатора и дат- чика.

Разработанный в<sup>17-10</sup> принцип "полной прозрачности" микропро- цессорной шины Q со стороны шины КАМАК, в данной работе демонст- рирует "дружелюбие" к программированию со стороны управляющей ЭВМ. Определенная часть ОЗУ МП используется в качестве блока конт- рольной и управляющей информации, доступ к которой отличается про- стотой и надежностью, т.к. нет необходимости в разработке специального протокола обмена данными между МП и управляющей ЭВМ.

В программном обеспечении БУИМ глубоко разработан метод параметризации управления и контроля ИМ, отличающихся двигателями или их электромеханическими интерфейсами, датчиками положения, а также различными динамическими и механическими характеристиками. Причем каждый из 16 (32) двигателей имеет полное описание этих особенностей в "развитом" блоке контрольной и управляющей информации в ОЗУ МП.

Разработана микропрограмма управления ИМ с учетом их классификации по самым различным параметрам, список которых можно наращивать.

В заключение авторы выражают благодарность В.А.Владимирову за полезные консультации по вопросам применения некоторых электронных компонентов, и В.Фойтусу за помощь в комплексном запуске системы управления трехосного текстурного гониометра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шимане Ч., Шульц В., Ондрейка К. — ОИЯИ, 13-10931, Дубна, 1977.
2. Елизаров О.И. и др. — ОИЯИ, 10-12764, Дубна, 1979.
3. Балагуров А.М. и др. — ОИЯИ, P10-85-781, Дубна, 1985.
4. Балуга Г. и др. — ОИЯИ, 11-84-252, Дубна, 1984.
5. Гюнтер Э. и др. — ОИЯИ, P10-88-455, Дубна, 1988.
6. Белкенрот Р. и др. — ОИЯИ, 11-83-531, Дубна, 1983.
7. Замрий В.Н. и др. — ОИЯИ, P13-89-508, Дубна, 1989.
8. Вагов В.А. и др. — ОИЯИ, 13-89-133, Дубна, 1989.
9. Вагов В.А., Сиротин А.П. — ОИЯИ, 13-87-316, Дубна, 1987.
10. Вагов В.А. и др. — ОИЯИ, 13-87-316, Дубна, 1987.
11. Ананьев Б.Н. и др. — ОИЯИ, P13-89-517, Дубна, 1989.
12. Matz W. et al. — Report ZFK-452, ZFK Rossendorf, 1981.
13. Ананьев Б.Н. и др. — ОИЯИ, P13-84-827, Дубна, 1984.
14. Останевич Ю.М. — ОИЯИ, P13-85-310, Дубна, 1985.
15. Домрачев В.Г., Матвеевский В.Р., Смирнов Ю.С. — Схемотехника цифровых преобразователей перемещений: справочное пособие. М: Энергоатомиздат, 1987, с.54.
16. Богдзель А.А. и др. — ОИЯИ, P10-85-246, Дубна, 1985.
17. Ильхамов Р.А. и др. — ОИЯИ, P13-85-288, Дубна, 1989.
18. Petrov K., Krezhov K., Konstantinov P. — J. of Phys. & Chem. of Sol., 1989, vol.50, No.6, p.577.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 декабря 1989 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.