

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-85-628

М.П.Белякова, С.А.Долгий, Н.А.Жильцова, Ким И Ен,
Ю.В.Куликов, Г.П.Николаевский, Пак Ен Ун

**СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ**

Направлено на III Всесоюзную конференцию
"Методы и средства измерений параметров
магнитного поля", Ленинград, 1985 г.

1985

Проведение физических экспериментов и условия эксплуатации электрофизической аппаратуры и оборудования на современных ускорителях требуют знания с высокой точностью объемной карты магнитных полей элементов магнитной оптики каналов передачи заряженных частиц, анализирующих, спектрометрических, сверхпроводящих магнитов и квадрупольных линз.

Величина измеряемых объемов магнитных полей колеблется в пределах от $0,001 - 4,5 \text{ м}^3$.

В методике измерения магнитных полей с применением датчиков Холла такие карты могут быть получены путем многочисленных точечных измерений магнитных полей внутри объемов магнитов. Задача очень трудоемкая, т.к. количество измеряемых точек магнитного поля может достигать нескольких сотен тысяч, а точность измерения абсолютных значений индукции должна быть не хуже $0,1\%$.

Такая точность накладывает повышенные требования к механическим системам: высокая мобильность и надежность.

Анализ требуемой точности измерений, объема информации и частичной ее обработки дает возможность реализовать эту задачу с помощью автономной программируемой системы, управляемой микропроцессором.

Использование этой системы освобождает вышестоящие стационарные ЭВМ от первичной обработки информации и позволяет целесообразнее и эффективнее использовать средства сбора и передачи данных.

Функционально система состоит из двух отдельных конструктивных узлов (рис. 1):

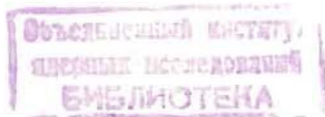
- а) координатно-измерительное устройство с соответствующим пространственным расположением датчиков Холла и блоком управления;
- б) измерительная и регистрирующая автономная система на базе микропроцессора **INTEL-8080**.

Система осуществляет следующие режимы работы:

- 1) измерение абсолютной величины индукции магнитного поля,
- 2) измерение относительного распределения магнитного поля,
- 3) определение градиентов линз.

Абсолютная величина вектора магнитной индукции определяется с точностью не хуже $0,1\%$, а направление его с точностью 15° .

Эта задача решается с помощью трехкомпонентного термостатированного датчика, выполненного на базе выпускаемых промышленностью преобразователей Холла типа ПХ 602 817А.



Три преобразователя Холла расположены на металлическом кубике (латунь) на взаимно перпендикулярных плоскостях, помещенном в термостатированный объем.

- Рабочая температура - $42^{0\pm} 0,1^{0\text{C}}$,
- размеры кубика - $8 \times 8 \times 8 \text{ мм}^3$,
- перпендикулярность граней кубика составляет $90^{\circ} \pm 3'$,
- расстояние между центрами активных поверхностей одиночных датчиков Холла равно 4 мм.

Преобразователи Холла предварительно откалиброваны с помощью ядерного магнитного резонанса.

Известно, что напряжение на холловских электродах в первом приближении пропорционально нормальной составляющей магнитной индукции B_n к плоскости преобразователя и может быть вычислено по формуле:

$$U_x = R_n \cdot J \cdot B_n \cdot \frac{1}{d}$$

где R_n - постоянная эффекта Холла,

J - ток возбуждения преобразователя,

B_n - составляющая вектора магнитной индукции \vec{B} , перпендикулярной плоскости преобразователя,

d - толщина преобразователя.

На этом свойстве ПХ и основан метод определения абсолютной величины вектора магнитной индукции:

$$|\vec{B}| = \sqrt{B_{nx}^2 + B_{ny}^2 + B_{nz}^2}$$

В каждой точке пространства объема магнита дважды измеряется три компонента поля B_x, B_y, B_z при движении каретки в прямом и обратном направлениях.

При относительном методе измерения один из датчиков Холла является измерительным, а второй, установленный неподвижно в некоторой точке магнитного поля, мониторинг, показания которого сравниваются с показаниями измерительного

$$\alpha = \frac{U_m - U_s}{U_m}$$

Точность измерения при этом режиме составляет 0,02%.

Оба способа позволяют определить градиенты магнитных элементов.

Напряжения преобразователей Холла измеряются цифровыми вольтметрами типа ЦИ513 и TR-1652 с временем преобразования 20 мс.

Выходные величины цифровых вольтметров являются источниками сигналов для микропроцессорной системы. Система принимает информацию одновременно от пяти преобразователей Холла с возможностью контроля тока возбуждения ПХ и тока измеряемого магнитного элемента.

В качестве системы отсчета выбрана оптико-механическая система, состоящая из линейки с калиброванными щелями, расположенной вдоль координатно-измерительного устройства, источника света, фотодиода и системы запуска.

- Ширина щели - $0,5 \pm 0,01 \text{ мм}$

- Количество щелей - любое, и определяется длиной измеряемого объекта и шагом измерения.

Привязка рамы координатно-измерительного устройства и датчика к измеряемому объему осуществляется геодезическими методами с точностью не хуже $1,0 \pm 0,5 \text{ мм}$.

Пуск, изменение направления движения, регулировка скорости, остановка движения каретки, на которой перемещается измерительный датчик Холла с фотодатчиком, выбор шага измерения вдоль оси измеряемого объема (ось "у" в прямоугольной системе координат), осуществляются с помощью блока управления. Кроме перечисленных функций блок управления формирует импульс для запуска цифровых вольтметров и импульсы "Старт", "Стоп" для микропроцессорной системы.

Величина шага измерения по оси Y заносится в обратном коде в механический клавишный регистр первого счетчика Сч1, сигнал которого запускает цифровые вольтметры. Число точек данного измерения (одной линии в плоскости объема) заносится в обратном коде в клавишный регистр основного счетчика Сч2. Величина шага измерения и общее число измеряемых точек в направлении оси Y выведено на устройство съема цифровой информации.

После измерения установленного числа точек в линии движение каретки в прямом направлении прекращается, двигатель изменяет направление движения на обратное (180°), и каретка с измерительным датчиком возвращается в исходное состояние. Блок управления выдает сигналы "Начало измерений" и "Конец измерений" линии, формирует сигнал запуска цифровых вольтметров, дает разрешение на запись информации в интерфейсы цифровых вольтметров.

При использовании цифровых вольтметров для измерения напряжений на датчиках Холла скорость движения каретки определяется шириной щели и временем преобразования цифрового вольтметра. При ширине щели 0,5 мм и времени преобразования 20 мс скорость равняется 25 мм/с. В случае применения АЦП для измерений скорость движения каретки значительно увеличивается.

Исходя из режимов измерений, точности и надежности, объема получаемой информации, скорости и методов обработки информации, автономная измерительная система имеет следующий модульный состав: система расположена в двух кейсах КАМАК.

I. Первый кейс - микропроцессорная система "MISKA":

а) кейс-контроллер типа ККИ-66I, выполненный на базе микропроцессора INTEL8080, работает в двух режимах:

- осуществляет двусторонний обмен информацией с внешними устройствами и модулями пользователя. В этом режиме вырабатываются стандартные сигналы КАМАК;

- производит запись и чтение модулей памяти, управляет работой периферийных устройств, датчиков и производит запуск всей измерительной системы. В этом режиме генерируются сигналы магистрали INTVL-3000 - формирование адресов, данных, статуса, управления и прерывания.

Модуль выполнен в стандарте КАМАК, ширина панели - 3 м.

Потребление тока при напряжениях: +6В - 4мА, -6В - 1мА, -12В - 20мА, +12В - 70мА, +24В - 40мА;

б) оперативное запоминающее устройство ОЗУ-462 (ОЗУ-468) - используется для записи программ управления работой системы, режимов измерений и сбора данных. Выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 1М;

в) постоянное программируемое запоминающее устройство ПЗУ-463 - используется для записи программы запуска системы и обслуживания микро-ЭВМ. Выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 1М;

г) интерфейс перфолатора и фотосчитывателя ИПС-573 используется для ввода программ управления, ввода информации на перфоленту. Выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 1М;

д) интерфейс магнитофона ИММ-578 - используется для вывода служебной информации и результатов измерений на магнитофонную ленту. Выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 1М;

е) блок набора констант БНК-512 - используется для задания констант и другой служебной информации в режимах измерений. Выполнен в стандарте КАМАК, ширина - 4М.

2. Во втором крейте расположены модули интерфейсов цифровых вольтметров, преобразователи уровней датчиков Холла, модуль управления преобразования и съема информации с датчиков Холла.

Для обеспечения связи с оператором в систему включен дисплей СМ7902.

Объем информации, получаемой при измерении одной линии в прямом и обратном направлениях, составляет:

а) максимальное количество линий в плоскости - 200.

б) максимальное количество плоскостей в зазоре магнита - 200.

Объем памяти на измерение одной линии составляет от 20+45 Кбайт.

Основой крейт-контроллера измерительной системы является микропроцессор INTEL3080. Это определяет набор команд для управления работой на магистрали. Функционально контроллер выполнен таким образом, что в данной автономной системе можно использовать программное обеспечение системы Inteltec 8/MOD80.

Программное обеспечение включает монитор "MISKA", программу управления магнитофоном, прикладные программы для режимов измерений.

Монитор-программа предназначена для обеспечения связи оператора с микро-ЭВМ. Программа управления магнитофоном осуществляет запись данных из буферной памяти на магнитную ленту. Прикладные программы выполняют все необходимые операции, связанные с управлением всей системой.

Алгоритм работы программ построен таким образом, что в самом начале работы стирается буферная память и регистрируется уровень приоритета прерывания. Затем идет цикл ожидания прерывания 1 - происходит проверка 1- сигналов интерфейсов вольтметров. Затем выполняется цикл ожидания прерывания 2 - чтение показаний вольтметров в буферную память, чтение служебной информации с блока набора констант. Затем осуществляется перезапись данных из буферной памяти на магнитную ленту или вывод контрольной информации на дисплей.

Блок-схема программы приведена на рис. 2.

Данная система позволяет:

- сократить использование аппаратуры,
- освободить стационарные ЭВМ,
- сократить время измерений,
- облегчить обработку результатов измерений.

Система разработана и используется в ОИЛИ.

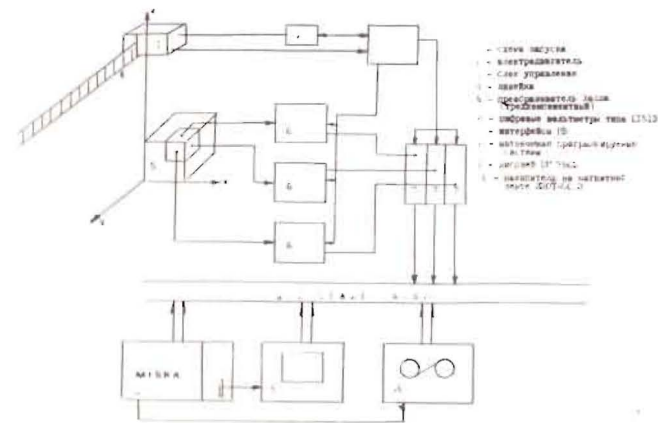


Рис. 1.

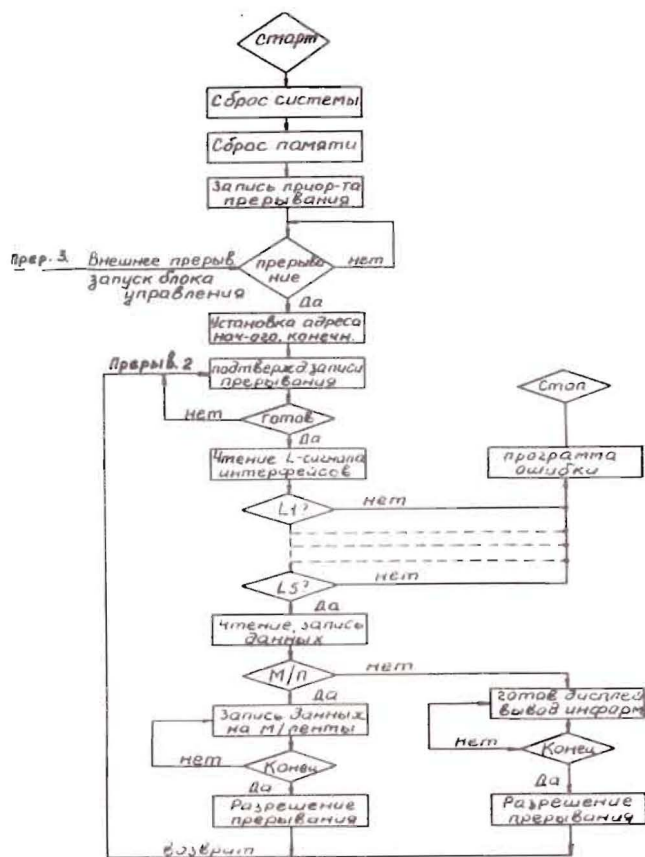


Рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немеш Т. ОИЯИ, IO-II232, Дубна, 1978.
2. Немеш Т. ОИЯИ, IO-I2106, Дубна, 1979.
3. Немеш Т. ОИЯИ, IO-II695, Дубна, 1978.
4. Рапп Х. ОИЯИ, IO-80-57I, Дубна, 1980.
5. Кукушкин А.А. и др. ОИЯИ, I3-II662, Дубна, 1978.
6. Колпаков И.Ф. и др. ОИЯИ, II-6122, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 августа 1985 года.

Внимание организаций и лиц, заинтересованных в получении публикаций Объединенного института ядерных исследований

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.