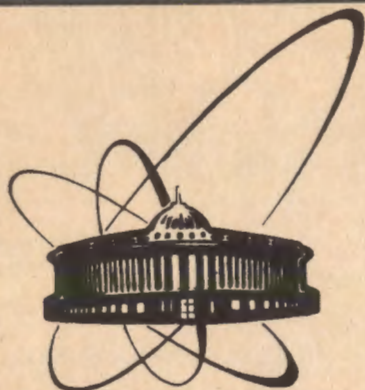


91-476



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P9-91-476

Ю.Г.Аленицкий, А.Л.Беляев, А.Ф.Чеснов,
С.И.Чеснова

СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ИЗОХРОННОГО ЦИКЛОТРОНА

1991

В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для исследования на модели магнитной системы изохронного циклотрона У-120И создан комплекс оборудования и программное обеспечение на основе ПЭВМ "Правец-16" (IBM PC/XT).

Система для измерения магнитного поля включает в себя:

а) измерительную штангу с датчиком Холла (точность $\pm 1 \cdot 10^{-4}$) /1/;

б) электронные устройства, обеспечивающие связь между ПЭВМ и цифровым вольтметром (ЦВ), а также между ПЭВМ и приводом азимутального перемещения;

в) пакет программ для управления всей системой в целом, ведения диалога экспериментатора с ПЭВМ и обработки результатов измерения.

На рис.1 представлена блок-схема системы измерения магнитного поля.

Измерительная штанга обеспечивает перемещение датчика Холла в полярных координатах r, φ . В качестве азимутального привода используется шаговый двигатель ШД-5Д1М с блоком питания, описанным в /2/. Связь с блоком питания осуществляется через выходной регистр КВ002 /3/, с помощью которого передаются управляющие команды от ПЭВМ с частотой ≈ 3 кГц. Конструкция штанги позволяет измерить магнитное поле в диапазоне радиусов $0 \div 61,5$ см в медианной плоскости ($z=0$) и на расстоянии от нее до 2,0 см. Шаг измерения магнитного поля может быть выбран 0,5; 2,5 и 5° соответственно. Точность установки датчика по азимуту и радиусу соответственно равна $\pm 0,02^{\circ}$ и $\pm 0,1$ мм.

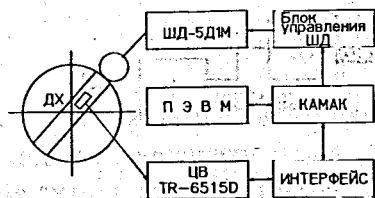


Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы измерения магнитного поля.

Напряжение с датчика измеряется ЦВ (TR-6515Д). Для запуска и приема информации с ЦВ разработан интерфейс /4/ в

стандарте КАМАК. Функциональная схема блока представлена на рис.2. Запуск ЦВ осуществляется по команде NA(0)F(25) по сигналу "Запуск" (длительность ≥ 200 мкс, положительной полярности с амплитудой 12В). Данные с ЦВ, по окончании измерения, записываются в двух 16-разрядных входных регистрах (сигналы данных имеют положительную полярность с амплитудой 12В) и на выходе формируется сигнал L. После этого код измеренной величины совместно с контрольными битами может быть считан командами NA(0..1)F(0). Сигнал Z сбрасывает регистры блока и блокирует сигнал L. Блок выполняет следующие команды:

NA(0..1)F(0)	чтение входных регистров и сброс L	Q = 1
NA(0)F(8)	проверка наличия сигнала L	Q = L
NA(0)F(10)	сброс триггера L	Q = L
NA(0)F(24)	блокировка сигнала L	Q = 0
NA(0)F(26)	разблокировка сигнала L	Q = 0
NA(0)F(25)	запуск вольтметра	Q = 0

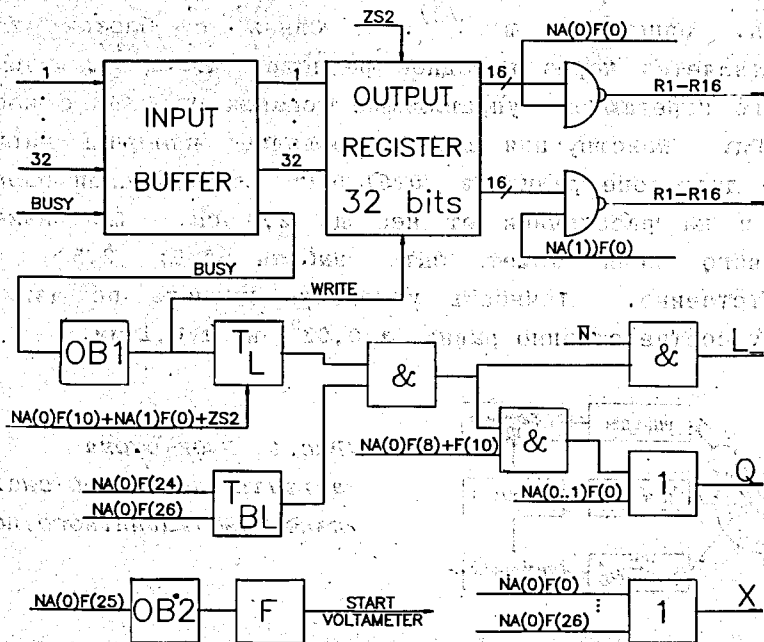


Рис.2. Функциональная схема интерфейса цифрового вольтметра TR 6515 D.

При выполнении указанных команд выдается сигнал X=1. Потребляемый ток: 0,6 А по цепи "+6В" и 1,0 А по цепи "+12В". На рис.3 приведена блок-схема программ управления измерительным стендом. Все программы написаны на языке FORTRAN-77. Головная программа - YEXP осуществляет ввод исходной информации и последовательный вызов трех других подпрограмм. В начале работы на экране дисплея появляется информация о порядке включения управляющей и регистрирующей аппаратуры. Далее осуществляется инициализация крейта КАМАК и интерфейса ЦВ. Если по какой-либо причине данные блоки не задействованы (например, не включены), выдается соответствующая информация. Данные, определяющие порядок работы, вводятся с дисплея в режиме диалога (дата и номер эксперимента, радиальные и азимутальные шаги и границы перемещения штанги по радиусу и азимуту, номера анализируемых гармоник магнитного поля и другая информация, часто изменяемая в процессе моделирования). Общая логика работы такова, что измеряется и обрабатывается каждый радиус отдельно. Результаты измерений выводятся на дисплей вначале в мВ, а затем, по командам оператора, осуществляется перевод измеренных величин в единицы магнитного поля и фурье-анализ в результате вызова подпрограммы HARM. Такой режим позволяет контролировать результаты измерений для каждого радиуса и, в случае ошибки, производить повторные измерения.

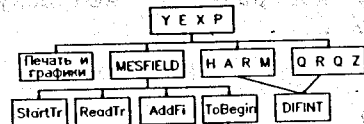


Рис.3. Блок-схема программ управления измерительным стендом и обработки результатов.

Организация движения штанги по азимуту, прием и анализ кодовой информации от ЦВ в ПЭВМ осуществляется программой MESFIELD. Параметры для данной программы определяются в программе YEXP. В MESFIELD входят подпрограммы, выполняющие следующие операции:

- 1) START_TR - запуск ЦВ;
- 2) READ_TR - чтение двоично-десятичной информации с ЦВ и преобразование в код измеряемой величины;
- 3) ADD_FI - перемещение измерительной штанги на один шаг по азимуту в условном положительном направлении;
- 4) TO_BEGIN - перемещение измерительной штанги в исходное состояние;
- 5) Библиотечные подпрограммы для работы с модулями КАМАК через контроллер крейта КК009^{/5/}.

Анализ и контроль прохождения кодовой информации происходит следующим образом. При наличии ошибки (нет сигнала L или сбой в работе ЦВ) в данной точке проводятся повторные измерения (до 3 раз) и оператору выдается информация "FALSE". При безошибочном измерении поля выдается значение "TRUE" и весь массив измерений для данного радиуса передается в головную программу. Измерительная штанга в обоих случаях перемещается в исходное состояние.

После измерения всей карты магнитного поля в YEXR формируются файлы среднего поля $\bar{B}(R)$, амплитуды $V_N(R)$ и фазы $\varphi_N(R)$ гармоник для графического построения и дальнейшей обработки в программе QRQZ. Здесь рассчитываются изохронное магнитное поле $\bar{B}_{из}(R)$, показатели для изохронного и измеренного полей $n_{из}$, n , частоты свободных колебаний Q_R , Q_Z , отклонение измеренного поля от изохронного, используя следующие аналитические выражения ^{/6/}:

$$\bar{B}_{из}(R) = \frac{B_0(1 + \sigma)}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{R_\infty}(1 + \sigma)\right)^2}}$$

где B_0 - поле в центре, $R_\infty = \frac{E_0}{ZeCB_0}$

$$\sigma(R) = - \frac{\epsilon_N^2(R)}{2(N^2-1-n)(1+n)} \left[2 - \frac{N^2}{2(N^2-1-n)} + \frac{n}{2(N^2-1-n)} + \frac{R}{\epsilon_N(R)} \frac{\epsilon'_N(R)}{\epsilon_N(R)} \right] + \frac{\epsilon_N^2(R)N^2}{4(N^2-1-n)^2}, \quad \epsilon_N(R) = \frac{B_N(R)}{\bar{B}(R)}, \quad n = \frac{R}{\bar{B}} \frac{d\bar{B}}{dR}$$

$$Q_Z^2(R) = -n + \frac{\epsilon_N^2 N^2}{2(N^2-1-n)} + \frac{2\epsilon_{2N}^2 N^2}{(4N^2-1-n)} + \frac{\epsilon_N^2 R^2 \varphi_N'^2}{2(N^2-1-n)} + \frac{\epsilon_{2N}^2 R^2 \varphi_{2N}'^2}{2(4N^2-1-n)} + \frac{\epsilon_N^2 R^2 \varphi_N'^2}{2N^2} + \frac{\epsilon_{2N}^2 R^2 \varphi_{2N}'^2}{8N^2} + \frac{(\epsilon'_N R)^2}{2N^2} - \frac{\epsilon_N \epsilon'_N R}{(N^2-1-n)(1+n)} \cdot (1 + n^2 + n - d) - \frac{\epsilon_N \epsilon''_N R^2}{2(N^2-1-n)}$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot \frac{R^2}{\bar{B}} \cdot \frac{d^2 \bar{B}}{dR^2}$$

$$Q_R^2(R) = (1 + n) \cdot \left[1 + \frac{3}{2N^2} (\epsilon_N R \varphi_N')^2 \right] + \frac{\epsilon_N^2}{2(N^2-4-4n)} \cdot \left[2 - \frac{N^2}{2(N^2-1-n)} + \frac{R \epsilon'_N}{\epsilon_N} + n \right]^2 + 0.7 \frac{\epsilon_N^2}{(N^2-1-n)} + \frac{(\epsilon'_N R)^2}{2N^2} + \frac{\epsilon_N \epsilon''_N R^2}{2(N^2-1-n)}$$

Результаты измерения магнитного поля и последующей обработки выводятся на печать и могут быть представлены графически.

Система измерений практически не накладывает ограничений на радиальный и азимутальный шаги перемещения датчика Холла, и их выбор определяется областью формирования магнитного поля (центральная область, область вывода). Время измерения на

одном радиусе с шагом 5° , включая время гармонического анализа, составляет ≈ 3 мин.

В заключение авторы выражают благодарность Е.Д.Городничеву, Н.Л.Заплатину, С.А.Ивашкевичу, В.В.Калиниченко и А.В.Новикову за помощь и полезные консультации.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.Г.Аленицкий и др. Труды Всесоюзного совещания по ускорителям ионов низких и средних энергий. Киев, Наукова Думка, 1982, с.160.
2. В.Н.Аносов и др. ОИЯИ, Р10-11972, Дубна, 1978.
3. Н.И.Журавлев и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
4. А.Л.Беляев, Чан Динь Фу. ОИЯИ, Р10-89-554, Дубна, 1989.
5. А.А.Георгиев и др. ОИЯИ, Р10-88-381, Дубна, 1988.
6. Ю.Г.Аленицкий и др. ОИЯИ, Р9-10091, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 ноября 1991 года.