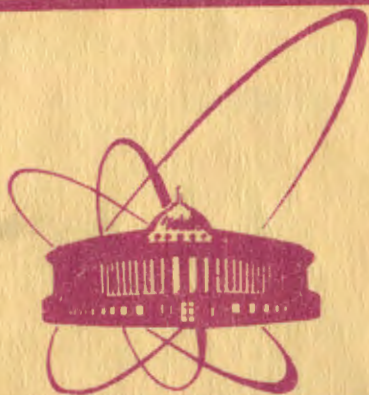


т

Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна



3256/2-81.

29/6-81

10-81-241

Хоанг Као Зунг

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХПРОВОДНИКОВ
(Обзор)

Направлено на Международную школу по вопросам
применения ЭВМ в физическом эксперименте
/Алушта, 21-27 апреля 1981 года/

1981

I. Введение

Исследование свойств сверхпроводников и возможностей их практического применения ведется во многих лабораториях мира. Одной из задач является измерение параметров сверхпроводников и, в частности, сверхпроводящих магнитов. Необходимость автоматизации этого процесса вытекает из общих требований обеспечения достаточной точности измерения, быстрой обработки и представления результатов, возможности быстрого и удобного управления процессом измерения.

Создание автоматизированных систем измерения параметров сверхпроводников неравномерно связано с развитием вычислительной техники. Применение микро-ЭВМ и микропроцессоров в таких системах делает последние более компактными и экономными. Так, например, создана система измерения средней абсолютной величины дипольного поля сверхпроводящих магнитов^{1/1}. В первом варианте системы измерение проводилось на линии с ЭВМ типа PDP-II. Однако класс решаемых в данной системе задач сбора, обработки и представления информации не предъявляет критических требований к параметрам вычислительной мощности системы, что сделало возможным в дальнейшем перейти к ее более простому и экономичному автономному варианту на основе микропроцессора (серии M6800), ОЗУ емкостью 1 Кбайт и ПЗУ емкостью 0,5 Кбайт.

2. Системы Лаборатории высоких энергий ОИЯИ

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ созданы следующие автоматизированные системы для измерения параметров и испытания сверхпроводящих магнитов:

Система измерения криогенной температуры^{1/2}. Измерение этого параметра основано на принципе преобразования сопротивления термодатчика в период следования импульсов (коэффициент преобразования составляет 1 мкс/Ом), и далее - в цифровой код методом пересчета импульсов опорной частоты. Управление процессом измерения осуществ-

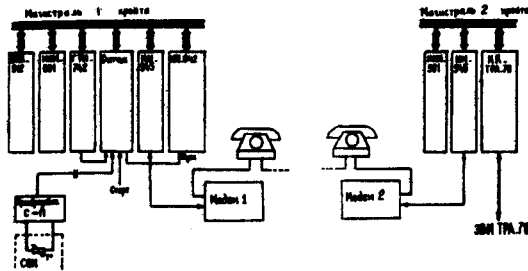


Рис. 1. Блок-схема системы измерения криогенной температуры.

является программным контроллером. С помощью модема данные передаются в мини-ЭВМ ТРА-70 для обработки и представления. Точность измерения составляет не менее 1%.

Блок-схема данной системы представлена на рис. 1.

Система измерения потерь энергии в сверхпроводящих кабелях и импульсных магнитах. Величина энергии, выделяемой в магните или в единице объема кабеля, определяется в процессе измерения и обработки ряда параметров сверхпроводников. Потери энергии в коротких образцах измеряются калориметрическим методом, а потери энергии в магните — при помощи джоульметра с двойной интеграцией.

Система реализована в двух вариантах: а) на базе мини-ЭВМ ТРА-70^{3/}; б) на базе микро-ЭВМ в стандарте КАМАК^{4/}.

Рис. 2. Блок-схема системы на линии с микро-ЭВМ в стандарте КАМАК для измерения потерь энергии в сверхпроводящих кабелях (а) и импульсных магнитах (б): 1 — программатор для источника тока, 2 — источник тока, 3 — исследуемый сверхпроводник, 4 — блок управления, 5а — газгольдер, 5б — джоульметр, 6 — датчик объема газа в газгольдере, 7 — датчик температуры входящего в газгольдер газа гелия, 8 — цифровой вольтметр.

На рис. 2 показана блок-схема системы на линии с микро-ЭВМ в стандарте КАМАК.

Система измерения теплоемкости и теплопроводности сверхпроводящих материалов^{5/}. Данная система обеспечивает измерение и обработку параметров переходного процесса в сверхпроводящем образце с целью

определения величины теплоемкости и теплопроводности. Точность измерения составляет не менее 5%.

Система работает на линии с мини-ЭВМ ТРА-70. Ее блок-схема представлена на рис. 3.

Система измерения магнитного поля сверхпроводящих магнитов^{6/}. Величина магнитного поля определяется методом гармонического анализа. В качестве датчиков магнитного поля используются катушки, которые расположены внутри апертуры магнита и вращаются вокруг магнитной оси. Точность измерения относительной величины магнитного поля не хуже 10^{-4} . Система работает на линии с ЭВМ ТРА-1. Ее блок-схема показана на рис. 4.

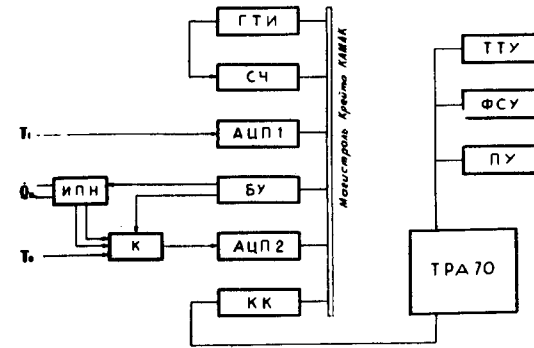


Рис. 3. Блок-схема системы измерения теплоемкости и теплопроводности сверхпроводников.

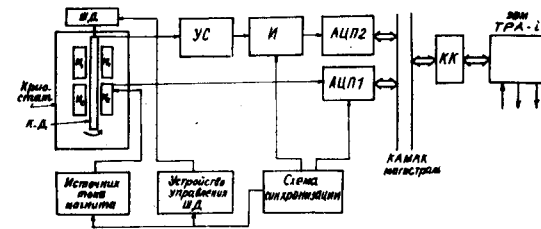


Рис. 4. Блок-схема системы измерения магнитного поля сверхпроводящих магнитов.

Стенд испытания сверхпроводящих магнитов. Данная система обеспечивает измерение формы тока отклоняющих дипольных магнитов и температуры обмоток в диапазоне от 4,2 К до 450 К. Датчиками температуры являются терморезисторы типа ТВО (1 К;

0,125 Вт). В системе также производится контроль уровня жидкого гелия в криостате, слежение за состоянием вакуума и за образованием нормальной фазы в обмотках.

Точность измерения формы тока составляет 0,5% /7/, а температуры — не менее 1% в поддиапазоне 4,2 К — 77,4 К и 5% в поддиапазоне 77,4 К — 450 К^{8/}. Управление процессом измерения, обработки и представление данных осуществляются при помощи микро-ЭВМ в стандарте КАМАК. Блок-схема системы показана на рис. 5.

3. Типовая конфигурация

Цифровая электронная аппаратура перечисленных систем выполнена

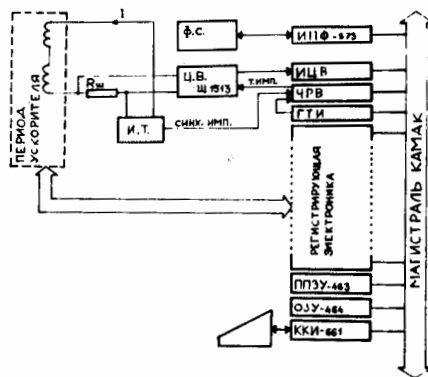


Рис. 5. Блок-схема стенда испытания сверхпроводящих магнитов.

в стандарте КАМАК и размещается в одном крейте. Связь крейта с ЭВМ осуществляется способом, зависящим от конкретного типа ЭВМ и конкретных условий эксплуатации систем. В случае использования микро-ЭВМ в стандарте КАМАК модули микро-ЭВМ находятся в этом же крейте. При использовании мини-ЭВМ крейт связан с ЭВМ

либо через специализированный контроллер, либо с помощью модема. В последнем случае крейт управляется программным контроллером, а ЭВМ может находиться на расстоянии, удаленном от объекта исследования.

На рис. 6 приведены: а) упрощенная блок-схема конфигурации автоматизированной системы, которая характерна для вышеперечисленных систем; б) типовая форма импульсов тока в исследуемых магнитах.

Поток данных, поступающих в ЭВМ в каждом цикле измерений, в среднем равен $0,5 + I$ Кбайт/с. Для их накопления требуется объем памяти до 6 Кбайт. Эта часть памяти ЭВМ может быть также использована для хранения обработанной информации, количество которой обычно не превышает 1 Кбайт. Программы управления, обработки данных и выдачи результатов измерений занимают в среднем 10 Кбайт памяти. Из них большая часть (до 8 Кбайт) выделена для стандартных библиотечных программ.

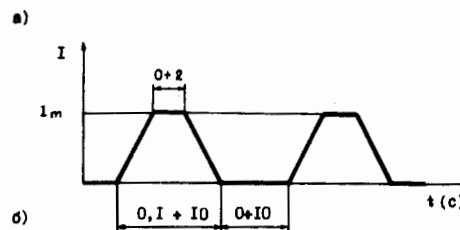
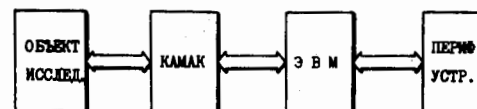


Рис. 6. а) Упрощенная конфигурация автоматизированной системы измерения параметров сверхпроводников; б) типовая форма импульсов тока в исследуемых магнитах.

В таком случае система выдает результаты либо только по запросу, либо не проводя измерений.

Таким образом, для автоматизированных систем измерений параметров сверхпроводников целесообразно использовать микро-ЭВМ или мини-ЭВМ^{9,10/}, которая должна иметь по крайней мере 16 Кбайт ОЗУ и минимальный комплекс периферийных устройств, таких, как перфоленточные устройства, телетайп или АЦПУ, дисплей. Для обработки и представления данных желательно иметь библиотеку стандартных программ.

Применение электронной аппаратуры в стандарте КАМАК делает автоматизированную систему более гибкой при измерении разных параметров сверхпроводников. При этом систему измерения каких-либо параметров сверхпроводников можно легко расширить для измерения других параметров или для организации более сложного управления процессом измерения. Время создания системы обычно составляет 3-4 месяца.

4. Заключение

В заключение автор выражает искреннюю благодарность И.Ф.Колпакову, В.А.Смирнову, Л.Г.Ефимову и И.Турзо за ценные советы и обсуждения, а также Е.В.Черных за постоянный интерес к работе.

Литература

1. Yamada R. et al. IEEE Trans. on Nucl. Scien., June 1977, v.NS-24, No.3, pp. 1312-1314.

2. Нгуен Вьет Зунг и др. ОИЯИ, IO-IO523, Дубна, 1977.
3. Хоанг Као Зунг, Хованец Ф., Яншак Л. ОИЯИ, IO-I2316, Дубна, 1979.
4. Hoang Cao Zung, Chovanec F., Janshak L. In: Proceeding of the Symposium on Microcomputer and Microprocessor Application. Budapest, 17-19 October 1979, vol.II, p. 681.
5. Херцог Р., Хоанг Као Зунг, Яншак Л. В кн.: X Международный симпозиум по ядерной электронике, IO-I6 апреля 1980 г., Дрезден, ГДР. Сборник аннотаций докладов, 1980, стр.13.
6. Буй Зоан Чонг и др. В кн.: X Международный симпозиум по ядерной электронике, IO-I6 апреля 1980 г., Дрезден, ГДР. Сборник аннотаций докладов, 1980, стр.14.
7. Турзо И., Шелаев И.А. В кн.: X Международный симпозиум по ядерной электронике, IO-I6 апреля 1980 г., Дрезден, ГДР. Сборник аннотаций докладов, 1980, стр.15.
8. Дацков В.И. и др. ОИЯИ, IO-81-200, Дубна, 1981.
9. Kolpakov I.F. In: Real-Time Data Handling and Process Control. H.Meyer, editor. North-Holland Publishing Company. ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg, 1980, p. 261-265.
10. I.F.Kolpakov. In: Real-Time Data Handling and Process Control. H.Meyer, editor. North-Holland Publishing Company. ECSC, EEC, EAEC, Brussels and Luxembourg, 1980, p. 683-686.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 апреля 1981 года.