

Н-379

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

13 - 9694

Нгуен Мань Шат

ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА
5-МЕТРОВОГО
МАГНИТНОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
НА ПУЧКАХ УСКОРИТЕЛЯ 70 ГЭВ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1976

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

старший научный сотрудник кандидат технических наук А.Н. Синаев.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук А.П. Цитович,

доктор физико-математических наук Ю.К. Акимов.

Ведущее учреждение:

Институт физики высоких энергий (Серпухов).

Автореферат разослан " " 1976 г.

Защита диссертации состоится " " 1976 г. в

" " часов на заседании специализированного совета Д-56/3

Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного совета

кандидат физико-математических наук

Ю.А. БАТУСОВ

Созданный в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований магнитный искровой спектрометр является уникальной установкой для проведения широкого класса экспериментов. Большое место в спектрометре занимает электронная аппаратура, которая обеспечивает проведение измерений, накопление и обработку информации.

Электронная аппаратура, применяемая в настоящее время в экспериментальной ядерной физике, представляет собой сложные системы, использующие опыт, накопленный в различных областях электроники и вычислительной техники, и требующие хорошей конструктивной и технологической проработки.

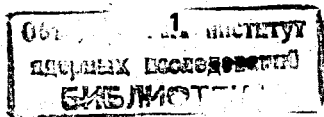
Как и в других областях электронного приборостроения, в ядерной электронике в настоящее время создано новое — третье поколение приборов. Элементной базой третьего поколения являются современные интегральные микросхемы, а для структуры аппаратуры этого поколения характерна глубокая унификация сигналов и шин, конструкций и уровней питающих напряжений, что обеспечивает хорошее сопряжение отдельных блоков и устройств в больших системах. Характерен системный подход при создании аппаратуры третьего поколения.

С ростом сложности электронных устройств и в связи с увеличивающимся количеством поступающей информации необходима ее передача в ЭВМ для обработки. Для этой цели удобно применять стандарт КАМАК, нашедший в настоящее время широкое распространение во многих исследовательских центрах мира.

Данная работа посвящена разработке некоторых электронных устройств для магнитного искрового спектрометра.

Диссертация состоит из 4 глав.

В первой главе указано назначение, приведены краткие характеристики и дано описание составных частей магнитного искрового спектрометра. Основной частью спектрометра является система из 50 оптических искровых камер размером 150 см x 130 см. Камеры



расположены в рабочем объеме магнита СП-136, который имеет длину 500 см. Перед камерами установлены медные конверторы для регистрации гамма-квантов. Разрешающее время искровых камер около 3 мкс. События в искровых камерах фотографируются при помощи быстродействующих фоторегистраторов.

Далее в этой главе приводится структура электронной системы, управляющей работой спектрометра, и краткое описание ее узлов. В систему управления, вырабатывающую сигнал, запускающий спектрометр, входит группа сцинтилляционных и черенковских счетчиков, двухазорная пропорциональная камера и кремниевый детектор. Система проволочных искровых камер предназначена для измерения импульса и направления частиц, попадающих на мишень. Данные о координатах трека пучковой частицы выводятся с камер на ЭВМ HP-2100.

Определяются основные требования к разработке электронной аппаратуры, которая должна работать в течение длительного времени в условиях сильных помех и больших магнитных полей. Такими требованиями являются высокая надежность, помехоустойчивость, температурная стабильность, быстродействие, удобство пользования и небольшие габариты.

Во второй главе описано разработанное нами устройство для измерения профиля пучков заряженных частиц ускорителя. При разработке был выбран способ, основанный на измерении тока ионизации, образуемого частицами пучка. Этот способ наиболее удобен для определения профиля пучков, имеющих достаточно высокую интенсивность. В качестве регистратора тока используется установленная перпендикулярно направлению пучка проволочная камера (ионизационная или пропорциональная), а накопление заряда производится на конденсаторах, подсоединенных к проволочкам.

Логика работы разработанного устройства приведена на рис. 1. Накопительные конденсаторы разбиты на 2 группы (по 32 конденсатора в группе), в которых регистрируются соответственно координаты x и y . К каждому конденсатору подключен сток полевого транзистора, играющего роль линейного ключа. Время накопления заряда на конденсаторах определяется частотой работы генератора цикла, которая может быть выбрана в пределах 1 ± 30 Гц. По сигналу генератора цикла генератор опроса начинает выдавать импульсы опроса. На время импульса опроса на одной из 32 выходных шин дешифратора, определяемой состоянием счетчика, возникает импульс, открывающий соответствующий линейный ключ в обеих группах, и на-

пряжения с выбранных конденсаторов передаются на выходы X и Y . Эти напряжения можно наблюдать на осциллографе или регистрировать с помощью многоканального анализатора.¹⁷

Далее приводится оценка диапазона интенсивностей пучков, которые можно регистрировать данным методом с помощью токовой ионизационной камеры^{2,31}. Ток ионизации I в камере связан с интенсивностью частиц N в пучке соотношением

$$I = K \frac{dE}{dx} \cdot X \cdot \frac{e}{E} N,$$

где $\frac{dE}{dx} = 2,6 \cdot 10^3$ эВ/см - удельная ионизация, создаваемая протонами с энергией порядка 1 ГэВ в камере, наполненной воздухом при атмосферном давлении; X - расстояние между электродами камеры; $E = 34$ эВ - средняя энергия, расходуемая на образование пары ионов; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ К - элементарный заряд частицы; $K=0,5$ - коэффициент собирания ионов на электродах камеры при напряжении порядка $2,5 \pm 3$ кВ (ток насыщения не достигается). Подставив значения указанных величин в формулу, получим значение тока в амперах:

$$I \approx 0,5 \cdot 10^{-17} N.$$

Показывается, что минимальная интенсивность пучка, которую можно измерить с помощью токовой ионизационной камеры, составляет

$$N_{\text{мин}} = 2 \cdot 10^8 \text{ частиц/с.}$$

Для измерения данным методом менее интенсивных пучков вместо ионизационной камеры использовалась пропорциональная камера, газовое усиление которой может быть доведено до 10^7 . Максимальная интенсивность пучков практически не ограничена и определяется выбором величины зарядных емкостей и временем накопления заряда.

Эксплуатация разработанного устройства как на протонном синхротроне ИФВЭ, так и на синхроциклотроне ОИЯИ показала, что оно является достаточно простым и универсальным, обладает высоким пространственным разрешением, может работать непрерывно в пучках большой интенсивности и не вызывает искажений профиля пучка.

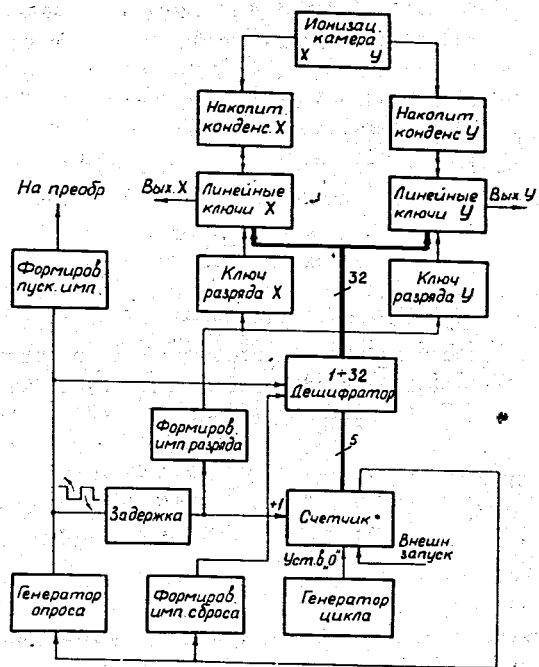


Рис. 1. Блок-схема устройства для определения профиля пучков частиц

В третьей главе описана система нанесения служебной информации на фотопленку. Система позволяет наносить информацию с одного табла на фотопленку двух фотоаппаратов, удаленных один от другого на расстояние 2800 мм.

Разработанная нами система нанесения служебной информации полностью удовлетворяет принятым в ОИЯИ техническим требованиям на размещение информации на снимках, подлежащих обработке на автоматических приборах. Общий вид устройства приведен на рис. 2.

Система вырабатывает следующую служебную информацию, используемую при автоматической обработке:

а) Стоп-марки Бреннера - 2 штуки, которые используются для точной фиксации кадра при автоматической протяжке пленки.

б) Опорные (реперные) метки - 12 штук, которые предназначены для координатной привязки изображения на кадре.

в) Номер кадра в двоично-десятичном коде - 32 двоичных разряда для 4 десятичных цифр. Избыточный код применяется для повышения надежности. На каждую десятичную цифру отводится 8 двоичных разрядов, из которых 4 всегда содержат единицу (засвеченную полосу) и 4 - нуль. В первых 4 разрядах записывается десятичная цифра в прямом двоично-десятичном коде (код А), а в последних - записывается или тот же код, при четном числе единиц в двоично-десятичном коде, или обратный код, при нечетном числе единиц (код В). Цифра 0 представляется десятичным числом 10.

г) Номер пленки в двоично-десятичном коде - 32 двоичных разряда для 4 десятичных цифр. Запись кода осуществляется так же, как и номера кадра.

д) Информация, поступающая от внешних регистрирующих электронных схем, - до 32 двоичных разрядов. Эта информация показывает сработавшие счетчики в годоскопической системе, нити в проволочной камере и т.д.

Кроме того, вырабатывается дополнительная информация, используемая только при визуальном просмотре пленки, а именно:

а) номер кадра - 4 десятичные цифры;

б) номер пленки - 4 десятичные цифры;

в) обозначение правого и левого кадра стереопары - 2 десятичные цифры (1 или 2 соответственно);

г) месяц и год проведения эксперимента - 4 десятичные цифры;

д) значение импульса первичных частиц - 2 десятичные цифры.

Таким образом, всего для дополнительной информации отводится 16 десятичных цифр.

Поскольку объективы фотоаппаратов постоянно открыты, то вся фотографируемая служебная информация должна светиться только в течение короткого времени после прихода события. Исходя из требования к быстродействию МИС мы приняли это время равным 5 мс, что накладывает ограничения на выбор элементов для индикации^{1/4}.

Для нанесения десятичных цифр выбраны газоразрядные лампы ИН8-2 с импульсным анодным питанием. Для нанесения двоичной ин-

формации применяются разработанные на основе ИИ8-2 специальные лампы, в баллоне которых размещены рядом две цифры "1" с независимым включением, используемые как два двоичных разряда. Их характеристики аналогичны характеристикам ИИ8-2. Для нанесения стоп-марок и опорных меток используются лампы ИФК-120 и ИФК-50.

Предложены и осуществлены методы уменьшения времени запаздывания зажигания разряда в лампе при ее включении и увеличения долговечности ламп в условиях пропускания через них больших импульсных токов.

При разработке системы особое внимание было обращено на быстродействие системы и на надежность ее при длительной работе. Предусмотрен автоматический контроль за правильностью работы тех узлов устройства, выход из строя которых делает невозможной автоматическую обработку пленки.

Работа системы прекращается и подается звуковая и световая сигнализация в случае отсутствия свечения любого фотографируемого элемента или сбоя в работе счетчиков кадров и пленок. Контроль за правильностью работы этих счетчиков осуществляется при помощи независимых дублирующих счетчиков. Различия в показаниях счетчиков в десятичном и двоично-десятичном коде исключаются, поскольку они снимаются с одних и тех же триггеров. Световая сигнализация позволяет легко определить место возникшей неисправности. В каждой декаде можно установить любую цифру при помощи кнопки. Для проверки возможно включение всех единиц в лампах, образующих двоично-десятичный код. Визуальное наблюдение за работой устройства обеспечивается наличием постоянно включенных газоразрядных ламп, повторяющих показания всех ламп на фотографируемом табло/5/.

Данная система нанесения служебной информации проработала в общей сложности более 100 суток и показала надежную работу.

В четвертой главе описана разработанная счетная система в стандарте КАМАК с выводом информации на цифropечатающее устройство или в ЭВМ/6,13/. Система предназначена для контроля за работой сцинтилляционных счетчиков и отдельных схем, а также для измерения физических величин изучаемых процессов.

Для счетной системы были разработаны следующие блоки./7-10,14/

Блок КСО01, содержащий 2 счетчика со скоростью счета 25 МГц и емкостью 16 двоичных разрядов каждый. Оба счетчика могут соединяться последовательно.

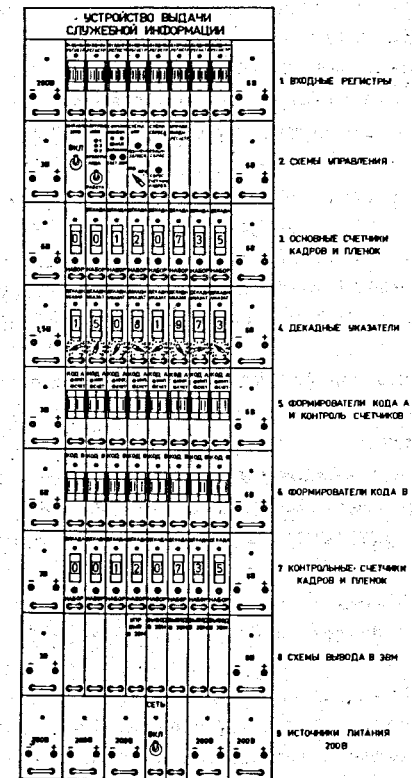


Рис. 2. Общий вид системы нанесения служебной информации на фотопленку

Более экономичный блок КСО04, который содержит 4 указанных выше счетчика, причем можно соединять последовательно по 2 счетчика.

Быстродействующий счетчик КСО06, имеющий скорость счета 150 МГц и емкость 24 двоичных разряда.

Для мониторингового счета разработан счетчик-таймер с установкой экспозиции КС003. Он имеет скорость счета 20 МГц и содержит 10 декад. Экспозиция может быть установлена как по поступлению определенного числа импульсов, так и по времени. По окончании выбранной экспозиции производится чтение информации со всех блоков системы.

Постоянные характеристики эксперимента, например дата, номер эксперимента и т.д., могут быть установлены с помощью регистра констант КР001, который содержит 4 декадных переключателя.

Для приема информации, поступающей с внешних устройств, разработан блок КР005, который содержит два 16-разрядных запоминающих регистра.

Ручное управление работой счетной системы осуществляется с помощью блока КУ001. Он позволяет производить включение и выключение входов счетчиков и других устройств.

Для вывода информации со счетной системы на цифropечатающее устройство создан блок КИ002. При его разработке было предложено и внедрено новое устройство преобразования двоичных чисел в двоично-десятичные, которое содержит меньшее число элементов по сравнению с известными ранее и имеет достаточно высокую скорость преобразования, а именно, 200 мкс для преобразования 24-разрядного числа /11,12/.

Конкретная конфигурация счетной системы определяется требованиями эксперимента. Процессом чтения информации со всех блоков, находящихся в каркасе, и ее выводом на цифropечатающее устройство или ЭВМ управляет контроллер с фиксированными программами КК001, работающий в режиме адресного сканирования. Работа системы начинается при получении сигнала запроса L от счетчика-таймера КС003, после чего осуществляются циклы с командой чтения $F(i)$ последовательно по всем адресам, начиная с наименьшего, т.е. с блока, занимающего станцию с номером $N = 1$ и подадресом $A = 0$. Блок-схема программы работы системы приведена на рис. 3. Если устройство с данным адресом в каркасе отсутствует, то после подачи команды из магистрали не поступит сигнал ответа Q . В этом случае в контроллере после окончания цикла производится доведение i к значению N и установка в "0" значения A , а затем начинается новый цикл. Если устройство с данным адресом имеется в каркасе, то в магистрали появляется сигнал ответа Q . В этом

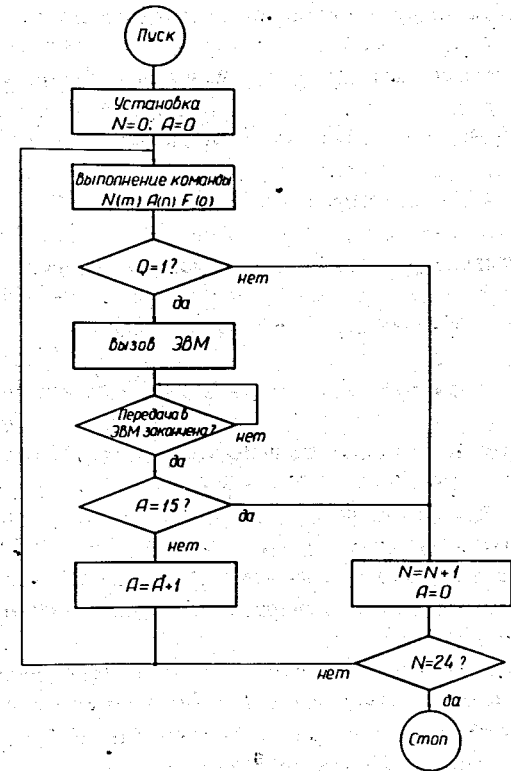


Рис. 3. Блок-схема программы работы счетной системы.

случае информация с шин чтения заносится в имеющийся в контроллере регистр данных и посылается сигнал "вызов" в ЭВМ или цифropечатающее устройство. После приема информации от контроллера они выдают сигнал "код принят", и цикл продолжается. После его окончания производится добавление "1" к значению А, а значение N остается неизменным, и начинается новый цикл. Работа контроллера заканчивается после достижения станции N 24. При этом в магистраль посылается сигнал сброса С, осуществляющий перевод всех счетчиков в нулевое состояние - и система готова к началу следующей экспозиции.

Кроме работы в составе магнитного искрового спектрометра, счетные системы подобного типа и блоки, входящие в их состав, нашли широкое применение во многих экспериментах, проводимых на синхротронном ОИЯИ. Эти блоки малыми сериями выпускаются в центральных экспериментальных мастерских ОИЯИ.

Основные итоги работы, описанной в диссертации, сводятся к следующему:

1. Определены основные требования к электронной аппаратуре, предназначенной для магнитного искрового спектрометра, и разработан ряд узлов этой аппаратуры.

2. Создано устройство определения профиля пучков частиц ускорителей, которое имеет простые и надежные схемные решения и позволяет проводить точные измерения в широком диапазоне интенсивностей пучков.

3. Создана система нанесения служебной информации на фотопленку, позволяющая проводить ее автоматическую обработку. Предложен и осуществлен ряд мер для повышения быстродействия, надежности и долговечности работы системы.

4. Разработан ряд счетчиков, регистров и управляющих блоков в стандарте КАМАК, в том числе счетчик на 150 МГц.

5. На основе разработанных блоков в стандарте КАМАК создана счетная система с выводом информации на цифropечатающее устройство или ЭВМ HP 2100. Предложен алгоритм работы счетной системы.

6. Предложен способ преобразования двоичных чисел в двоично-десятичные. На основе этого способа создано устройство, содержащее меньшее число интегральных схем, чем известные ранее, и имеющее меньшее время преобразования, не ограничивающее скорости работы цифropечатающего механизма.

7. Созданные узлы электронной аппаратуры проработали свыше 100 суток и показали надежную работу в условиях высокого уровня помех и больших колебаний окружающей температуры, что подтверждает правильность выбранных решений.

8. Созданная аппаратура оказалась достаточно универсальной и нашла также широкое применение во многих экспериментах, проводимых на синхротронном ОИЯИ. Блоки в стандарте КАМАК выпускаются небольшими сериями в центральных экспериментальных мастерских ОИЯИ. Небольшой серией выпущено также и устройство для определения профиля пучков.

Результаты работы опубликованы в ведущих периодических изданиях /1,5,6/ и сообщениях ОИЯИ /2,4,7-12/, докладывались на международных симпозиумах по ядерной электронике в Будапеште в 1973 г. /13/ и Дубне в 1974 г. /14/, а также на рабочем совещании по методике пропорциональных камер, проходившем в Дубне в 1973 г. /3/.

Литература

1. В.В.Вишняков, Н.И.Журавлев, В.И.Комаров, Г.Е.Косарев, Нгуен Мань Шат, А.Н.Синаев. ПТЭ, № 6, стр. 21, 1973.
2. В.В.Вишняков, Н.И.Журавлев, В.И.Комаров, Г.Е.Косарев, Нгуен Мань Шат, А.Н.Синаев. ОИЯИ, 13-6971, Дубна, 1973.
3. В.В.Вишняков, Н.И.Журавлев, В.И.Комаров, Г.Е.Косарев, Нгуен Мань Шат, А.Н.Синаев. Материалы рабочего совещания по методике пропорциональных камер. ОИЯИ, 13-7154, стр. 163, Дубна, 1973.
4. Е.М.Андреев, И.М.Василевский, В.А.Моисеенко, Нгуен Мань Шат, и др. ОИЯИ, 13-7763, Дубна, 1974.
5. Е.М.Андреев, И.М.Василевский, В.А.Моисеенко, Нгуен Мань Шат, и др. ПТЭ, № 1, стр. 78, 1975.
6. Н.И.Журавлев, Нгуен Мань Шат, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стыхин, И.Н.Чурин. ПТЭ, № 3, стр. 91, 1974.
7. Н.И.Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, А.Петров, и др. ОИЯИ, 10-8114, Дубна, 1974.

8. Н.И. Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, А.Петров, и др. ОИЯИ, IO-8754, Дубна, 1975.
9. Н.И. Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, А.Петров, и др. ОИЯИ, IO-9479, Дубна, 1976.
10. Н.И. Журавлев, Нгуен Мань Шат, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. ОИЯИ, IO-7332, Дубна, 1973.
11. Н.И. Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин. ОИЯИ, P10-9500, Дубна, 1976.
12. Н.И. Журавлев, Нгуен Мань Шат, А.Н.Синаев, А.А.Стахин. ОИЯИ, P10-9499, Дубна, 1976.
13. Н.И. Журавлев, Нгуен Мань Шат, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Материалы УП Международного симпозиума по ядерной электронике в Будапеште ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974.
14. Н.И. Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, А.Петров и др. УШ Международный симпозиум по ядерной электронике (сборник аннотаций). ОИЯИ, Д13-8950, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1976 года.