

1



ЭВМ

**В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ФИЗИКЕ**



1968г.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

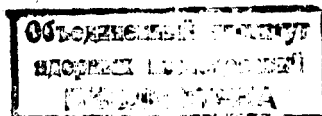
10 - 4229

И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский

МЕТОДИКА БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
В ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Лекция, прочитанная в Школе ОИЯИ по применению электронных
вычислительных машин в задачах экспериментальной физики

г. Алушта, Крым, СССР, 5-19 мая 1968г.



Дубна 1968

7734/1
дн
1/1968

Широкое внедрение электронных вычислительных машин в различные звенья физического эксперимента за последние годы вызвало определенный интерес со стороны физиков-экспериментаторов к вопросам вычислительной техники и программированию. Персонал физических лабораторий при подготовке экспериментов или обработке экспериментальных данных вынужден (в большинстве случаев самостоятельно) осваивать технику ЭВМ и методы работы на вычислительных машинах.

При всем многообразии материала как по самим вычислительным машинам, так и по вопросам программирования, в процессе такой работы возникают естественные трудности, связанные, главным образом, с ограниченностью литературы, рассчитанной на физика-экспериментатора или на лиц, занимающихся развитием методических вопросов экспериментальной физики. Если учесть при этом, что методика использования ЭВМ в экспериментальной физике быстро совершенствуется, то будет понятен интерес со стороны физических институтов к летней школе Объединенного института ядерных исследований - "Применение ЭВМ в задачах экспериментальной физики".

Школа проводилась Лабораторией вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ (директор - член-корреспондент АН СССР проф. М.Г.Мещеряков) в г. Алуште (Крым) с 5 по 19 мая 1968 года.

Программа школы наряду с основополагающими вопросами включала также лекции по некоторым конкретным современным методикам. Для чтения лекций были приглашены ведущие специалисты из Объединенного института ядерных исследований, институтов стран-участниц ОИЯИ, а также коллеги из европейских исследовательских центров - ЦЕРНа (Швейцария) и Сакле (Франция).

Не имея возможности опубликовать весь материал, ректорат Школы подготовил к изданию отдельные лекции, сохранив, в основном, их в том виде, в котором они были представлены авторами.

Лиц, интересующихся лекциями в полном объеме, мы адресуем в библиотеку ОИЯИ, где находится полный сборник прочитанных в школе лекций: "Применение ЭВМ в задачах экспериментальной физики".

Ректор Школы
доктор технических наук

Г.ЗАБИЯКИН

Отпечатано методом ксерокс-рогапринт с материалов, подготовленных ректоратом Школы.

В В Е Д Е Н И Е

Значительный прогресс, наблюдаемый в электронной методике экспериментальной физики, связан с использованием бесфилмовых искровых камер, которые применяются в экспериментах с элементарными частицами, проводимых на ускорителях почти во всех исследовательских центрах. Развитие методики бесфилмовых искровых камер позволяет экспериментаторам создавать сложные физические установки, обладающие большой скоростью получения информации и высоким уровнем автоматизации, а также значительно сократить время обработки физических данных.

Представление информации с искровых камер в цифровой (дискретной) форме, удобной для ввода в электронную вычислительную машину, даёт возможность осуществлять контроль аппаратуры и проводить кинематический анализ событий непосредственно во время эксперимента.

Использование бесфилмовых искровых камер "on-line" с ЭВМ обеспечило создание регистрирующих систем, обладающих высоким разрешением, большой скоростью, достаточной надёжностью и относительно низкой стоимостью.

Существует достаточно большое количество бесфилмовых методов регистрации искр в камерах, однако уже сейчас можно выделить наиболее перспективные.

Акустический и видиконный методы регистрации координат искр/1-2/ не получили широкого распространения, так как обладают существенными недостатками:

- | | | |
|---|---|------------------------|
| 1) значительное время восстановления звукового датчика; | } | - акустические системы |
| 2) сложность разрешения нескольких искр; | | |
| 3) недостаточная точность, которая в большой степени зависит от размеров искровой камеры; | | - видиконные системы |
| 4) малое быстродействие | | - для обоих методов |

Широкое применение получили проволочные искровые камеры.

Наиболее распространенными типами их являются:

а) магнитострикционные искровые камеры, в которых съём информации осуществляется при помощи магнитострикционных линий задержки;

б) ферритовые искровые камеры, в которых для съёма информации используются ферритовые кольца с прямоугольной петлей гистерезиса.

Основные преимущества проволочных искровых камер заключаются в следующем ^{/3/}:

1) данные с проволочных камер можно получать в цифровом виде;

2) реперные отметки заключены в самой системе;

3) энергия искры может быть значительно уменьшена, что позволяет повысить быстродействие системы;

4) проволочные системы дают возможность вырабатывать "да" или "нет" (решение) очень быстро (в течение $\sim 0,1$ мксек),

что даёт возможность использовать такие системы в качестве претриггера других искровых камер;

5) имеется возможность регистрации большого числа искр, а известная неопределенность, получаемая при регистрации нескольких искр, может быть преодолена путем использования третьей координатной сетки, помещенной под определенным углом к X- и Y-электродам;

6) разрешение проволочных камер, главным образом, определяется расстоянием между проволочками, так что такая искровая камера всегда работает с разрешением вблизи предельного.

Проволочные искровые камеры обладают преимуществами пузырьковых камер (высокая пространственная точность) и сцинтилляционных годоскопов (высокая скорость набора информации и полная автоматизация обработки данных с помощью ЭВМ), и в то же время имеют сравнительно низкую стоимость^{/4/}.

I. МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ.

Принципиальная схема магнитострикционной искровой камеры показана на рис. I.

Все проволочки электродов с одной стороны соединены общей шиной. Перпендикулярно проволочкам, образующим электроды, в непосредственной близости от них, помещается тонкая лента из магнитострикционного материала, вблизи каждого из концов которой надёты приёмные катушки ПК. Концы линии заделаны в резиновые демпферы Д. Приёмные катушки находятся в поле поляризующих магнитов М. При пробое искры в камере через соответствующие проволочки электродов протекает импульс тока.

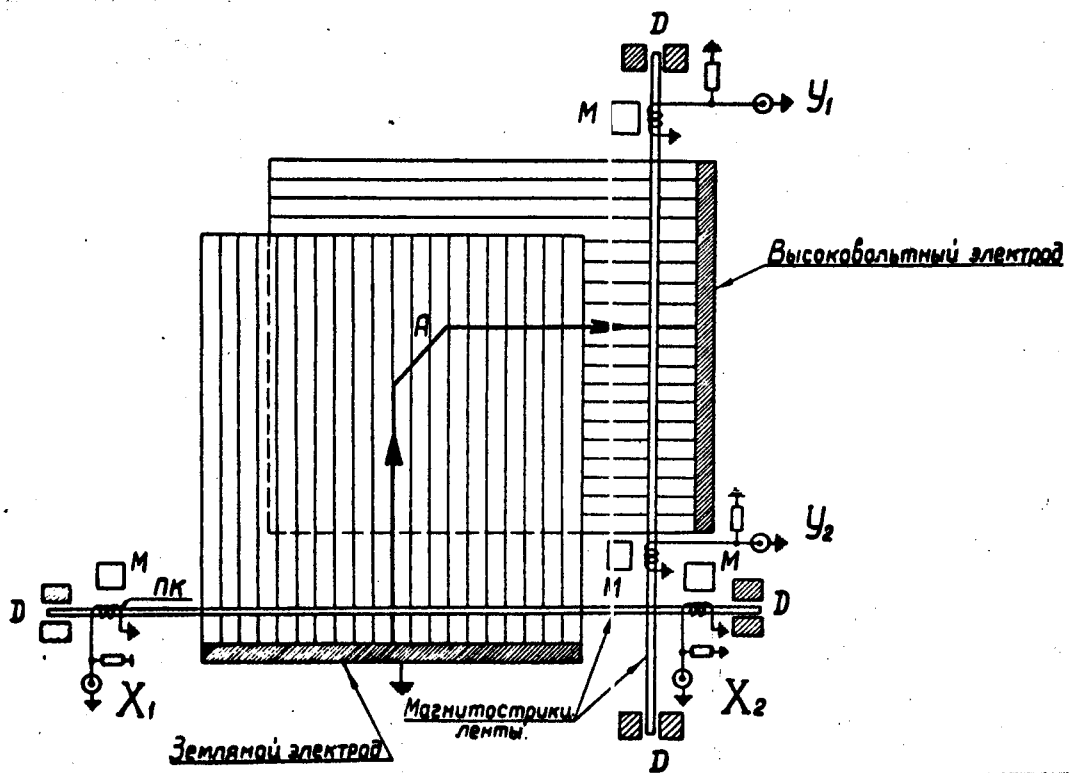


Рис. I. Принципиальная схема магнитоэлектрической камеры.

Магнитное поле этого тока обуславливает местное растяжение или сжатие полоски магнитоотрицательного материала вблизи проволоки, по которой протекает ток. Импульс механической деформации распространяется вдоль линии в обе стороны со скоростью звука $\sim 0,5$ см/мксек.

Если расстояние от точки возбуждения ленты до приёмной катушки равно X , то через время $t = \frac{X}{v}$ импульс достигает приёмной катушки.

В момент прохождения механического импульса под катушкой магнитная проницаемость ленты, находящейся внутри катушки, изменяется (обратный магнитоотрицательный эффект); следовательно, изменяется и поток индукции. Изменение этого потока наводит в приёмной катушке э.д.с. сигнала. Таким образом, измеряя промежуток времени между искрой в камере и появлением импульса напряжения на приёмной катушке, можно определять координату искры X .

Лучшими материалами для магнитоотрицательных линий задержки являются сплавы железа с кобальтом.

Свойства линии существенно зависят от термической обработки материала. Наилучшие результаты (минимальное затухание и наибольшая амплитуда сигнала) даёт полутжиг в нейтральной среде.

Обычно линию изготавливают в виде проволоки диаметром от 0,1 до 0,2 мм или в виде тонкой ленты.

2. ФЕРРИТОВЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ.

Использование памяти на ферритовых кольцах в проволочной искровой камере впервые было предложено *Ф. Кнелен* и *М.А. Мейер* /5,6/ в 1962-63 г.г.

Принцип действия такой камеры показан на рис.2. Каждая проволочка электрода искровой камеры проходит через соответствующее ферритовое кольцо, имеющее прямоугольную петлю гистерезиса. Ток искры (путь тока показан на рисунке широкой линией), протекая через ферритовое кольцо, перебрасывает его и производит тем самым запись информации. Кроме того, через каждое ферритовое кольцо проходит ещё два провода, при помощи которых производится считывание информации. Если после того, как произведена запись, на один из этих проводов подать импульс тока, то на втором, проходящем через это кольцо, проводе появится импульс напряжения, если ранее это кольцо было переброшено током искры. Координата искры соответствует номеру кольца, на выходной обмотке которого появился импульс напряжения.

Вывод записанной информации не представляет труда, так как одна проволочная плата с ферритовыми кольцами может быть представлена как плоская ферритовая матрица.

В настоящее время во многих физических лабораториях мира имеются системы из ферритовых искровых камер (число камер в установке достигает 10 и более), работающие "on-line" с ЭВМ /4/ .

2.1. "Решающие" камеры.

В относительно сложных и медленных системах, где обработка события на ЭВМ занимает значительное время, а также в условиях больших фоновых загрузок, могут использоваться так называемые "решающие" камеры - *decision making chamber*

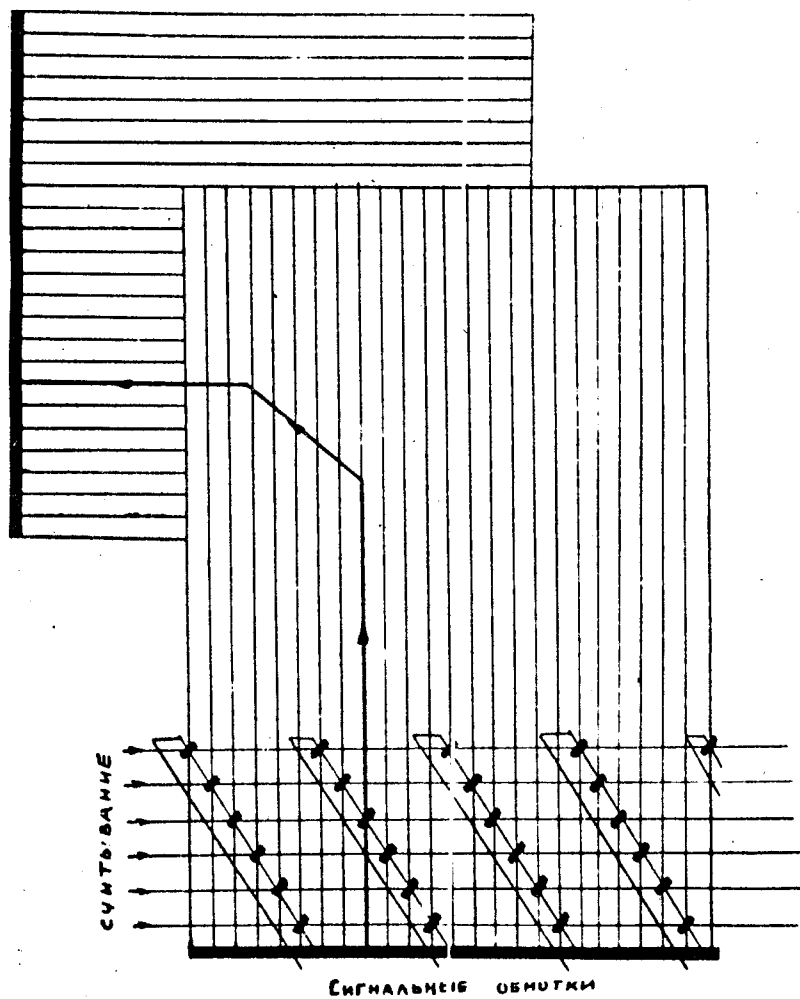


Рис.2. Принципиальная схема ферритовой камеры.

Эти камеры являются "триггером" основной системы и выдают разрешение или запрет на запуск остальных камер в течение долей микросекунды. "Решающие" камеры в некоторых случаях могут заменить дорогостоящие фотоскопические системы.

Считывание информации в камерах подобного типа осуществляется аналоговым способом с помощью разделения тока искры, разделения светового потока и ферритовых колец.

В 1965 году была испытана на пучке синхрофазотрона ОИЯИ аналоговая система из проволочных искровых камер для измерений импульсов и углов заряженных частиц /7/.

Достоинства таких камер:

- а) простота изготовления;
- б) быстрое считывание;

Недостаток - надёжная регистрация только одноискрового события.

3. СИСТЕМЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ КАМЕР.

Требования к работе на высоких скоростях проволочных камер отличаются от требований к обычным искровым камерам. Световая эмиссия искры незначительна. Ток должен лишь перевернуть кольцо. Низкая энергия искры облегчает быстрое восстановление, уменьшает количество перевернутых колец для одной искры и предохраняет тонкие электроды. Такой режим работы необходимо выбирать в начале плато.

Тиратроны и искровые разрядники могут работать на высоких скоростях только при применении специальных мер. Но через несколько миллионов срабатываний они подвергаются эрозии и требуют дополнительной регулировки. Поэтому более предпочти-

тельными являются вакуумные лампы, так как они обладают высокой долговечностью и могут работать на высоких скоростях. В работе ^{/4/} использовались лампы 6DN6 с пиковым током 25а. Такая лампа заряжает ёмкость ~ 40 пф с временем нарастания 10 нсек до 5 кв. Принцип действия такого коммутатора показан на рис.3. Лампа открывается на время 20 нсек, которое сравнимо со временем формирования искры. Энергия, разряжаемая в искру, определяется только ёмкостью камеры и зарядным напряжением. Такой метод может использоваться для камер с ёмкостью до 300 пф. Если ёмкость камеры мала, то для надёжного переброса колец параллельно камере ставится небольшая ёмкость.

При использовании данной системы питания было достигнуто время восстановления искровых камер, ёмкостью 80 пф при напряжении $E_3 = 5$ кв, порядка 200 мксек (число пробоев по старому треку не превышало 5%) [8].

Недостаток такого питания - возможность работы с искровыми камерами, ёмкостью не более 300 пф.

В последнее время появились металло-керамические тиратроны, обладающие малой задержкой срабатывания, способные коммутировать большие токи и имеющие достаточную долговечность.

В работе ^{/9/} в качестве коммутатора используется металло-керамический тиратрон ТГИ-1000/25, который работает в параллельной системе питания на девять проволочных искровых камер. Эта система обладает высокой надёжностью, но имеет недостаточное быстродействие ($\sim 1,5$ мсек). Схема приведена на рис.4.

Наиболее перспективной, по-видимому, является система

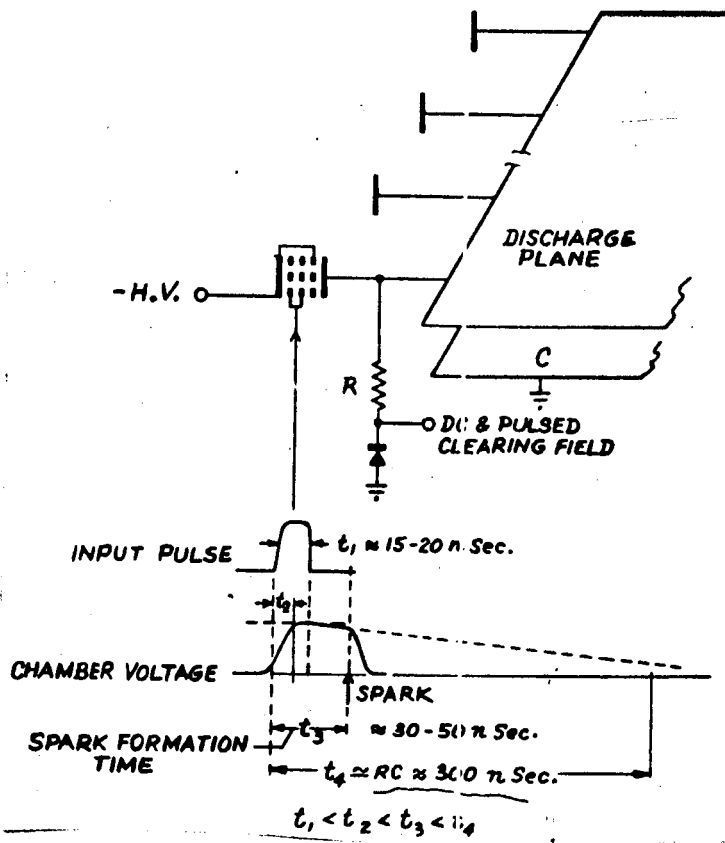


Рис.3. Принцип действия высоковольтного генератора на вакуумной лампе.

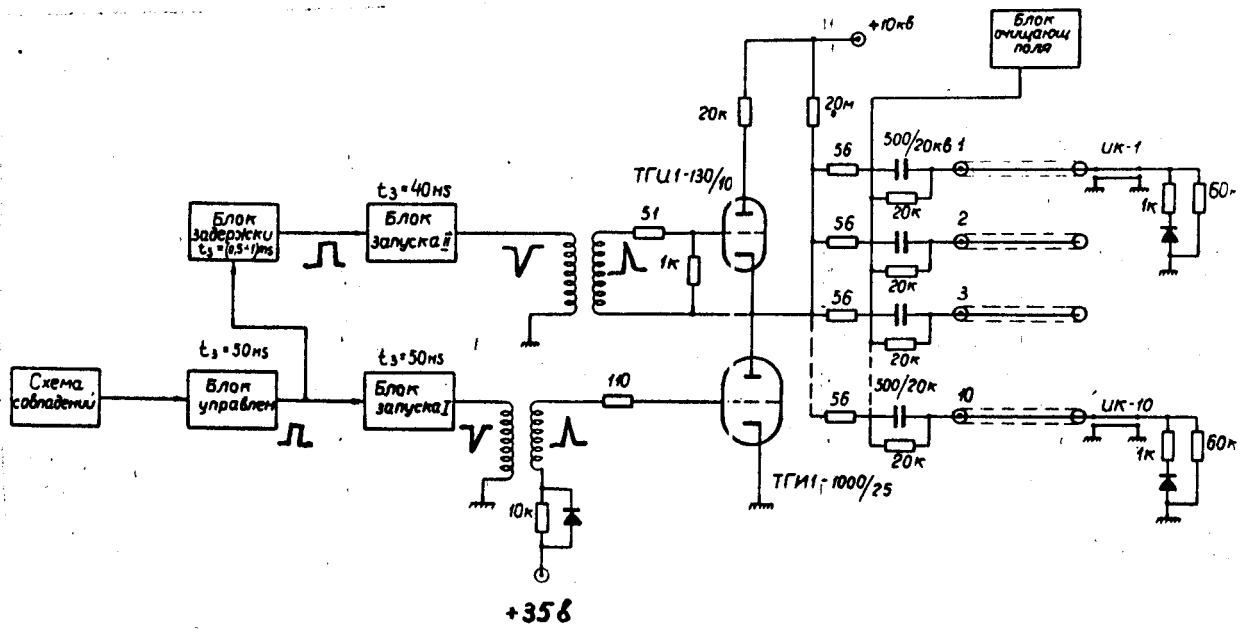


Рис.4. Блок-схема высоковольтного генератора на металло-керамическом тиратроне.

питания, в которой на каждую камеру устанавливается отдельный коммутатор - небольшой металло-керамический тиратрон.

4. Характеристики проволочных искровых камер^{х)}

4.1. Разрешающее время камер.

Разрешающее время, или время памяти искровой камеры, определяется, главным образом, задержкой подачи на камеру высоковольтного импульса относительно момента пролёта частицы. В условиях реального эксперимента эта задержка составляет $\sim 0,4 \pm 0,5$ мксек.

4.2. Время восстановления.

Время восстановления искровой камеры определяется, в основном, составом газа, и может быть уменьшено путем подачи на камеру, после пробоя искры, импульсного очищающего поля. Минимальное время восстановления камер с промежутком 6 мм было получено ~ 200 мксек^{/4/}.

4.3. Эффективность.

Эффективность камеры зависит от точности ее изготовления, состава газа, крутизны переднего фронта, задержки высоковольтного импульса и т.д.

х) Ограничение печатного объёма лекции не позволяет авторам изложить материал достаточно полно. Эти вопросы освещены в работе^{/10/}.

Методы повышения эффективности регистрации нескольких треков сводятся: а) к разделению проволочек, составляющих электроды, при помощи сопротивлений; б) к увеличению расстояния между электродами.

4.4. Пространственное разрешение камер.

Точность регистрации координат искр определяется, главным образом, шагом намотки проволочных электродов. Пространственное разрешение двух треков в проволочных искровых камерах с шагом намотки 1 мм составляет примерно 2 мм.

5. СКОРОСТЬ НАБОРА ИНФОРМАЦИИ.

Скорость набора информации в экспериментах с проволочными искровыми камерами на линии с электронной вычислительной машиной определяется рядом факторов /4/ .

а). Время восстановления искровой камеры.

Это время при работе в пучках заряженных частиц от ускорителей может быть сделано $\sim 1-2$ мсек.

б). Разрешающее время ограничивает интенсивность потоков частиц, проходящих через искровые камеры, и тем самым ограничивает скорость получения статистического материала.

в). Время, необходимое для считывания информации и передачи её в электронную вычислительную машину.

В существующих в настоящее время системах это время составляет несколько миллисекунд и в отдельных случаях может быть

уменьшено за счёт усложнения электронной аппаратуры.

г). Обработка информации в электронной вычислительной машине.

6. ФУНКЦИИ ЭВМ В "on-line" ЭКСПЕРИМЕНТАХ С БЕСФИЛЬМОВЫМИ ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ.

В процессе экспериментов, выполняемых с помощью бесфильмовых искровых камер, связанных "on-line" с ЭВМ, последняя выполняет следующие функции:

- 1) накопление в МОЗУ информации, поступающей с установки за время сброса пучка на внутреннюю мишень ускорителя;
- 2) контроль работы искровых камер и системы регистрации координат;
- 3) контроль запускающей электроники и параметров пучка, которым производится облучение;
- 4) запись информации на магнитную ленту;
- 5) частичная или полная обработка событий.

ЭВМ может быть помещена непосредственно вблизи экспериментальной установки, либо удалена от неё (в последнем случае взаимодействие с ЭВМ несколько усложняется из-за необходимости подключения линии связи).

Информация о каждом событии передаётся в ЭВМ в виде нескольких десятков машинных слов, количество которых зависит от объема экспериментальной аппаратуры.

В промежутках между циклами ускорителя ЭВМ осуществляет контроль работы аппаратуры и производит частичную или полную обработку физической информации, поступающей с экспериментальной установки.

Гистограммы, характеризующие ход эксперимента, выдаются на печать по требованию экспериментатора либо после набора определенного числа событий.

В случае нарушения режима проведения эксперимента ЭВМ сообщает экспериментатору о неполадках в работе аппаратуры или ухудшении параметров пучка.

7. СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ.

7.1. Считывание информации с ферритовых камер

Было предложено несколько вариантов построения цепей считывания информации с ферритовых искровых камер.

На рис. 5 показана блок-схема системы съема информации, предложенной *Higinbotham et al*, которая использовалась в ряде экспериментов ^{14/}.

Если бы происходил пробой искры только на одну проволочку, то для одной искры можно было бы производить параллельное считывание информации со всей камеры. Однако, если имеется несколько опрокинутых колец, то появится неопределенность. При последовательном считывании необходимо большое время. Поэтому используется последовательно-параллельное считывание. Кольца считываются по 32 и передаются в виде "0" или "1" в

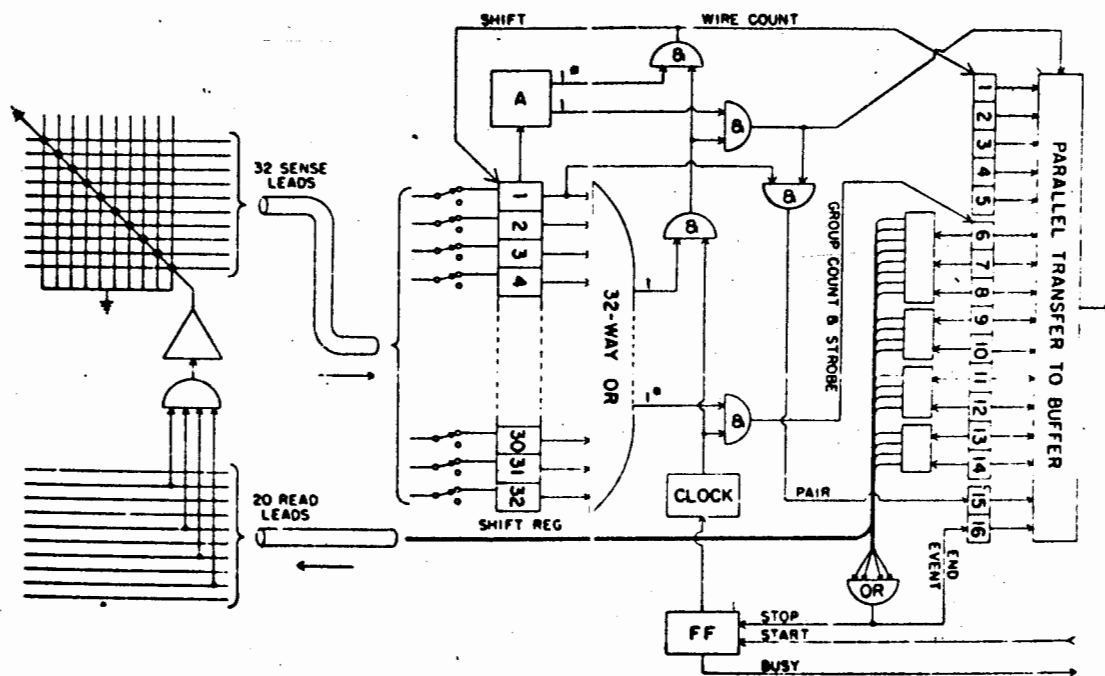


Рис.5. Блок-схема системы считывания информации с ферритовых камер.

регистр. Если в группе из 32 колец нет информации, считывается следующая группа. Однако если группа содержит одну или более "1", соответствующие адреса генерируются и запоминаются. Так как искра часто пробивается на 2 проволоочки, то записывается только один адрес и заносится маркерная бита, указывающая, что был пробой на 2 проволоочки.

В ячейках 1-5 даются координаты искры в группе.

В ячейках 6-14 считаются группы.

Наличие 15 и последней "bit" указывает на конец события.

Работа привода осуществляется импульсами длительностью $\sim 0,1$ мксек.

Номинальный ток переключения колец - 600 ма, ток считывания $\sim 1,2$ а.

Выходной сигнал с кольца - 0,25в на 50 омах.

Данные передаются в буфер емкостью 4096x48 разрядных слов, а оттуда в ЭВМ или на магнитофон. Цикл записи - 3 мксек (3 раза по 16 "bit").

Время кодировки и запоминания события суммируется из:

$$T_1 = N \text{ (число групп)} \times \tau_1 \text{ (время считывания одной группы);}$$

$$T_2 = M \text{ (число искр)} \times \frac{1}{2} \times 32 \times \tau_2 \text{ (период сдвигающего регистра);}$$

$$T_3 = M \text{ (число искр)} \times \tau_3 \text{ (среднее время записи адреса);}$$

Для $N=50$, $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 1$ мксек и $M=6+10$ получается общее время считывания 150+220 мксек.

7.2. Считывание информации из магнитострикционных камер.

Вывод информации из магнитострикционных камер, в зависимости от условий эксперимента, может быть организован различным образом. Информация может выводиться параллельно, последовательно и последовательно-параллельно.

а) Параллельный вывод информации.

В этом случае координаты искр запоминаются в пересчётных схемах. Каждая искра в предельной схеме. Общее число счётчиков n в такой системе равно

$$n = K_m \cdot N, \quad \text{где}$$

K_m - число искр в одной камере,

N - полное число датчиков в системе.

Считывание информации с пересчётных схем и ввод её в электронную вычислительную машину осуществляется обычным способом.

Параллельный вывод информации позволяет иметь малое мёртвое время считывающей системы, но для его реализации необходимо иметь большое число пересчётных схем.

На рис. 6 показана блок-схема параллельного вывода информации /II/.

б) Последовательный вывод информации.

Чтобы уменьшить число пересчётных схем, можно использовать последовательный вывод информации из искровых камер.

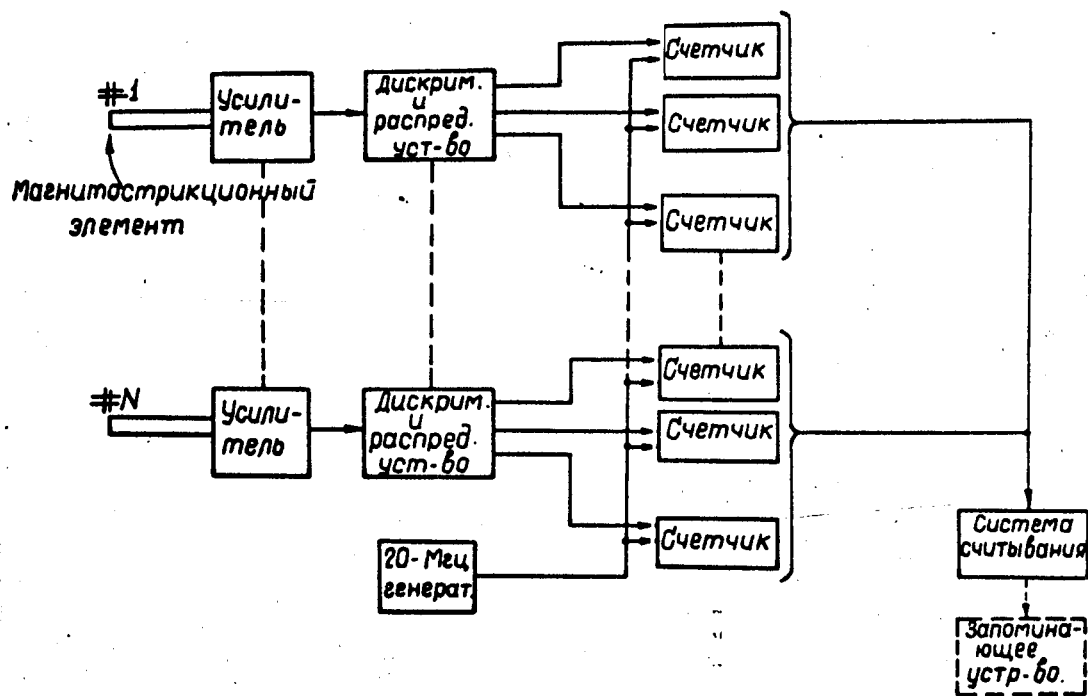


Рис.6. Блок-схема системы параллельного вывода информации из магнитострикционных камер.

Выходные импульсы с искровых камер после усиления с формирования смешиваются с различными задержками в системе магнестрикционных линий задержек.

Для каждого элемента выбирается задержка $T_0 > \frac{L}{v}$, где L - максимальный размер искровой камеры, v - скорость звука в магнестрикционной линии.

На рис. 7 показана блок-схема системы магнестрикционных искровых камер с последовательным выводом информации /12/ .

Время вывода информации

$$T \approx N \cdot T_0, \text{ где}$$

N - полное число датчиков в системе

T_0 - задержка одного элемента.

в) Последовательно-параллельный вывод информации.

Система с параллельным выводом информации позволяет осуществить быструю передачу данных в электронную вычислительную машину, однако требует для своей реализации большое число пересчетных схем.

Система с последовательным выводом проста, но по передаче данных занимает значительное время.

В ряде случаев оптимальной оказывается система с последовательно-параллельным выводом информации.

В этой системе имеется несколько каналов с последовательным выводом информации, работающих параллельно.

Если имеется m каналов, то время вывода информации в нашей системе занимает время

$$T \approx \frac{N \cdot T_0}{m} .$$

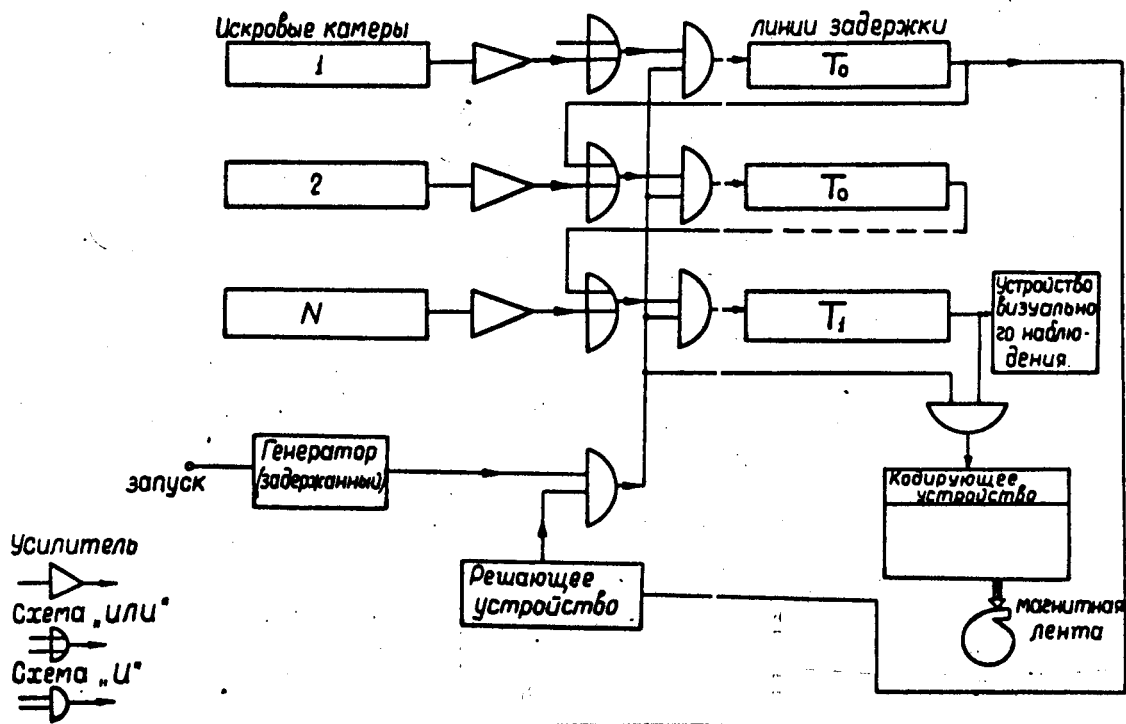


Рис. 7. Блок-схема системы с последовательным выводом информации из магнестрикционных камер.

8. ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТЫ ПРОВОЛОЧНЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР В МАГНИТНОМ ПОЛЕ.

Большой интерес представляет возможность работы проволочных искровых камер в магнитных полях, что определяется, главным образом, характеристиками материалов, используемых для считывания информации с камер, помещенных в магнитном поле.

Ферритовые кольца с прямоугольной петлей гистерезиса могут удовлетворительно работать в магнитных полях с $H \leq 500 \text{ э}$. Поэтому ферритовые искровые камеры не могут использоваться в сильных магнитных полях непосредственно. Ферритовую матрицу, необходимую для регистрации координат искр в проволочной искровой камере, необходимо выносить из сильных магнитных полей, что создаёт значительные конструктивные трудности в случае использования большого числа ферритовых камер в сильных магнитных полях.

Магнитострикционные линии могут использоваться для съёма информации с проволочных искровых камер в магнитных полях с $H \leq 15 \text{ кэ}$. Величина магнитострикционного эффекта зависит от крутизны кривой магнитострикции $\lambda = \lambda(H)$. С увеличением магнитного поля уменьшается роль магнитострикции смещения $\left(\frac{\partial \lambda}{\partial H} \approx C_1\right)$, вращения. При достижении технического насыщения магнитострикция определяется парапроцессом $\left(\frac{\partial \lambda}{\partial H} = C_2\right)$, где $C_2 \ll C_1$, интенсивность которого уменьшается по мере приближения к абсолютному насыщению. Величина и направление магнитострикции зависят как от состава, термомеханической обработки материала, так и от ориентации магнитного поля.

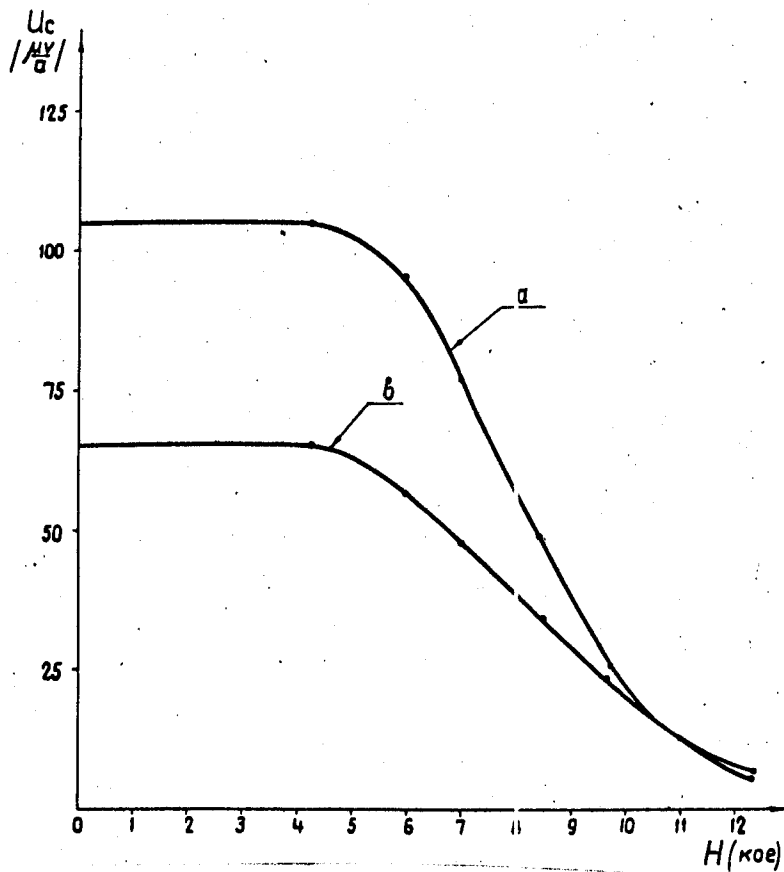


Рис.8. Амплитудные зависимости магнестрикционного сигнала от напряженности магнитного поля для образцов:

а) Fe-Co 65-35% \varnothing 0,2мм (полуотожжённый)

б) Fe-Co 65-35% \varnothing 0,2мм (неотожжённый)

Были проведены исследования некоторых магнитострикционных материалов с целью использования лучших для съема информации с искровой камеры, помещенной в магнитное поле. Проводилась непосредственная проверка работы искровой камеры в магнитном поле /13/.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Наилучшими амплитудными свойствами в магнитных полях с $H \geq 10$ кэ обладают линии из материала Fe - Co 65-35% ϕ 0,2мм. Это видно из рис.8.

2. Работа магнитострикционной искровой камеры в магнитном поле до 13 кэ координат искр не ухудшается.

3. Резкая зависимость амплитуды сигнала от величины продольной составляющей магнитного поля (рис.9) накладывает определенные требования на конструкцию двухкоординатной магнитострикционной искровой камеры.

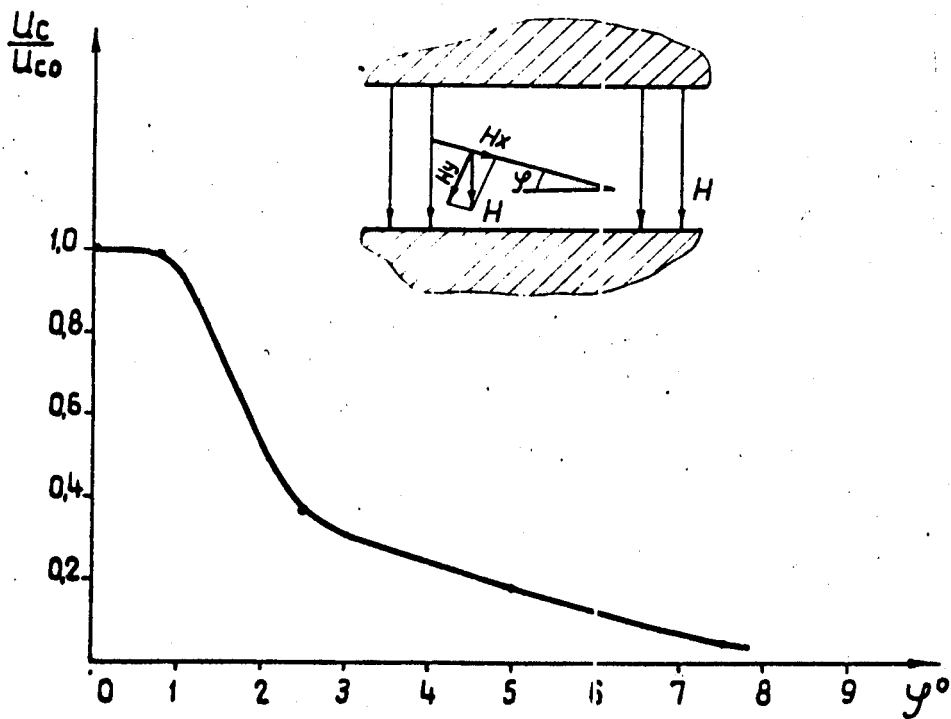


Рис.9. Зависимость величины выходного сигнала от угла наклона магнитострикционной линии к полюсам магнита.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1). B. Maglic and F. Kirsten, *Nucl. Instr. and Meth*,
N 17, 49 (1962)
- 2). H. Gelenter, *Nuovo Cimento* 2, 2, 631 (1961)
- 3). J. Bourin et al, *Nucl. Instr. and Meth*, 30, 34 (1964)
- 4). I. Fischer. Труды международной конференции по электромагнит-
ным взаимодействиям при низких и средних энергиях. Дубна (1967),
179 - 250.
- 5). F. Krienen, *Nucl. Instr. and Meth*, 20, 168 (1963).
- 6). M.A. Meyer et al, *Nucl. Instr. and Meth*, 23, 287 (1963)
- 7). И.А. Голутвин и др. ПТЭ №5 (1966) 66-71.
- 8). I. Fisher. *Digitized spark chambers at BNL*
Proceedings of the Stanford Conferens for
High Energy Physics (1966)
- 9). А.С. Гаврилов и др. ПТЭ №5 (1967), 151-156.
- 10). И.А. Голутвин. Труды международной школы по физике высоких
энергий, Попрадске Плесо, Чехословакия (1967), 497-511.
- 11). Kirsten, Lee, Congaran, *IEEE Trans.* 13, N3 (1966)
- 12). G. Brautti, *CERN*, 66-30.
- 13). И.А. Голутвин и др. Препринт ОЛЯИ 13-3817 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1968 года.