

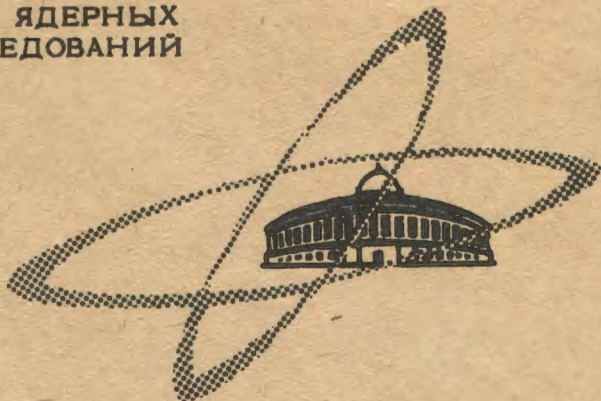
29/x-70

Г-83

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

РЗ - 5324



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Т.С. Григалашвили, Ю.В. Заневский, Ю.Т. Кирюшин,  
В.Д. Кондрашов, Ю.В. Куликов, Н.И. Малашкевич,  
В.Д. Пешехонов, В.П. Пугачевич, Е.А. Силаев

УСТАНОВКА ИЗ МНОГОТРЕКОВЫХ  
МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ  
ИСКРОВЫХ КАМЕР  
НА ЛИНИИ С ЭВМ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
НА УСКОРИТЕЛЕ 70 ГЭВ

1970

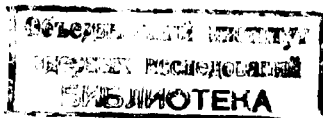
РЗ - 5324

8526/2: up

Т.С. Григалашвили, Ю.В. Заневский, Ю.Т. Кирюшин,  
В.Д. Кондрашов, Ю.В. Куликов, Н.И. Малашкевич,  
В.Д. Пешехонов, В.П. Пугачевич, Е.А. Силаев

УСТАНОВКА ИЗ МНОГОТРЕКОВЫХ  
МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ  
ИСКРОВЫХ КАМЕР  
НА ЛИНИИ С ЭВМ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
НА УСКОРИТЕЛЕ 70 ГЭВ

Направлено в ПТЭ



## 1. В в е д е н и е

Для эксперимента по изучению регенерации  $K^0$ -мезонов на ускорителе 70 Гэв в ИФВЭ был разработан комплекс аппаратуры <sup>/1/</sup>, состоящий из следующих элементов:

- 1) двухкоординатные проволочные искровые камеры с магнитостриционным считыванием;
- 2) система съема и задоминания информации с камер;
- 3) система высоковольтного питания искровых камер;
- 4) регистрирующая аппаратура и связь с ЭВМ типа БЭСМ-3М <sup>/2/</sup>;
- 5) система управления и контроля.

Настоящая работа описывает установку, включающую первые три пункта комплекса, которые были разработаны, отлажены на пучке и используются в эксперименте в ИФВЭ.

Основные требования, предъявляемые к отдельным узлам установки в процессе разработки:

- 1) высокая надежность;
- 2) взаимозаменяемость отдельных узлов.

Кроме того, был учтен опыт, накопленный авторами в работах <sup>/3,4,5/</sup>.

Наибольшая трудность заключалась в том, что установка предназначалась для работы в условиях большого фона заряженных частиц и требовалась высокая эффективность регистрации событий.

В связи с этим была проведена отдельная методическая работа /6/, в которой было показано, что при определенных параметрах системы съема сигналов, высоковольтного импульса и газового наполнения магнитострикционной искровой камеры можно иметь эффективность к "рабочему" треку  $\epsilon_p \geq 95\%$  при интенсивности фона заряженных частиц  $\approx 3+5 \times 10^6$  1/сек и задержке высоковольтного импульса относительно момента пролета запускающей частицы  $t_{\text{з.}} \approx 0,7$  мсек.

## 2. Описание установки

Схема расположения искровых камер на экспериментальной установке в ИФВЭ, выбранная на основании требований эксперимента по регенерации  $K_L^0 - K_S^0 / 1/$ , и функциональная схема установки показаны на рис. 1. Используется 18 двухкоординатных магнитострикционных проволочных искровых камер, которые объединены по три в шесть секций. Камеры продуваются газовой смесью  $\text{Ne} + 1,5+2\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 8 \cdot 10^{-3}\% \text{Fe}-20$ .

Количество газовой смеси, продуваемой через каждую камеру, может быть изменено независимо с достаточной точностью. В среднем через одну камеру продувалось  $\approx 30$  см<sup>3</sup>/мин. смеси. Масляный затвор, предохраняющий попадание воздуха в газовый объем, установлен на газовом выводе камеры. В непосредственной близости от камер располагаются двухканальные источники высоковольтных импульсов; каждая камера "питается" от отдельного тиратрона.

На камерах установлено по 4 датчика - по два на X- и Y- координатах. Всего с 18 камер информация считывается по 46 датчикам, т.е. кроме 36 основных используются 10 дополнительных. Сигналы по 46 кабелям подаются в динамическую систему запоминания информации. Далее информация поступает в регистрирующую аппаратуру и передается в ЭВМ.

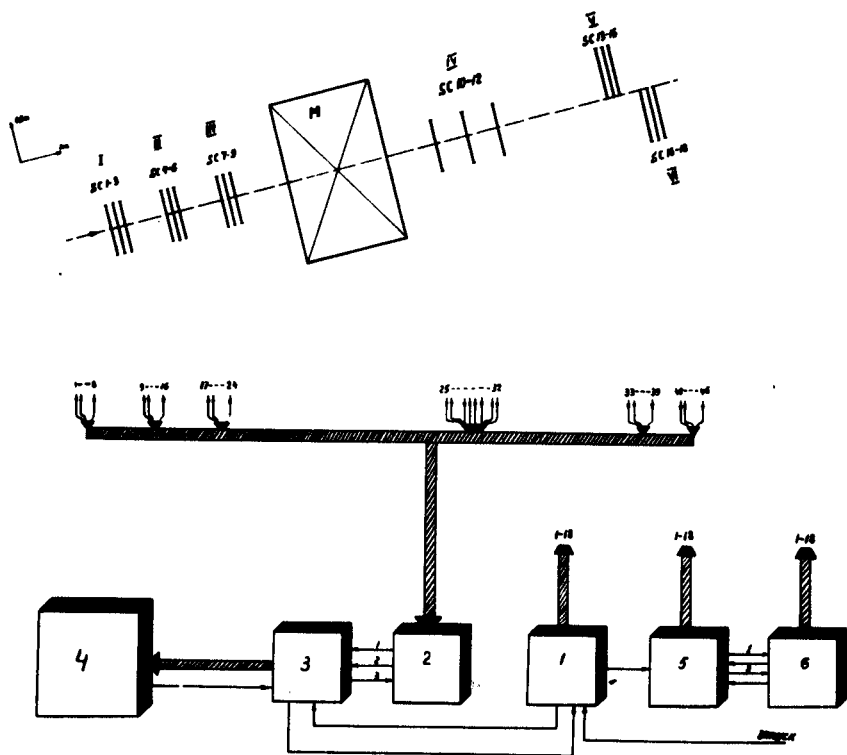


Рис. 1. Расположение искровых камер на канале в ИФВЭ и функциональная схема установки. 1 - Система управления и контроля, 2 - Система запоминания информации с камер, 3 - Регистрирующая аппаратура, 4 - ЭВМ, 5 - Стойка с источниками высоких напряжений и блоком очищающих полей, 6 - Накопитель. Блоки высоковольтных импульсов, расположенные возле камер, не показаны.

Система управления вырабатывает необходимые потенциалы и импульсы для запуска блоков высоковольтных импульсов, схемы импульсного очищающего поля, регистрирующей аппаратуры и т.д.

## 2.1. Искровые камеры

В установке используются проволочные искровые камеры с магнито-стрикционным считыванием. Все камеры изготовлены из эпоксидной смолы с кварцевым наполнением методом литья под вакуумом <sup>17/</sup>. Рабочий размер камер  $600 \times 420 \times 8$  мм <sup>3</sup>. Шаг намотки X- и Y- электродов - 1 мм.

Объем камеры изолирован от внешней среды с помощью лавсановой пленки толщиной 0,06 мм. Количество вещества одной камеры по пучку: медь -  $13 \text{ мг/см}^2$ ; лавсан -  $24 \text{ мг/см}^2$ . Общий вид камер 1-й и 2-й секций на канале в ИФВЭ показан на рис. 2. Электрическая схема искровой камеры приведена на рис. 3. На камере сделана разводка реперных датчиков, изготовленных из проволоки диаметром 0,05 мм (1,2, 3,4), по которым отводится через сопротивление 400 ом часть тока высоковольтного импульса. Расстояния между реперными датчиками: 1-2 -  $626 \pm 0,02$  мм, 3-4 -  $443 \pm 0,02$  мм. Два разъема на камере установлены для подключения блоков высоковольтного импульса и очищающего поля.

## 2.2. Узел считывания информации с камер

На обоих электродах искровой камеры устанавливаются съемные узлы считывания информации, которые видны на рис. 2. Магнито-стрикционная линия типа Vasoflux-50 сечением  $0,5 \times 0,05$  мм <sup>2</sup> натянута непосредственно на узле. Концы ленты закреплены в цилиндрических демп-

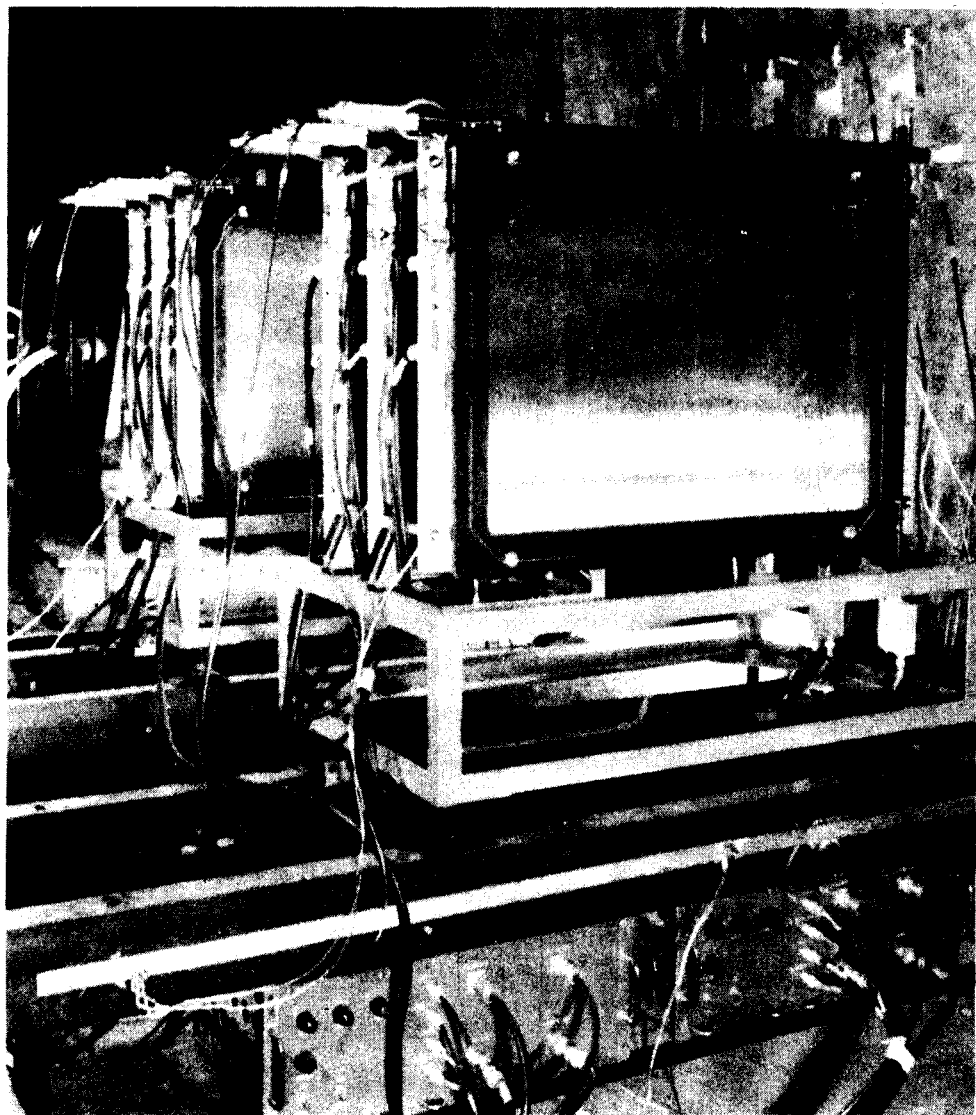


Рис. 2. Общий вид камер 1-й и 2-й секций, расположенных на канале в ИФВЭ.

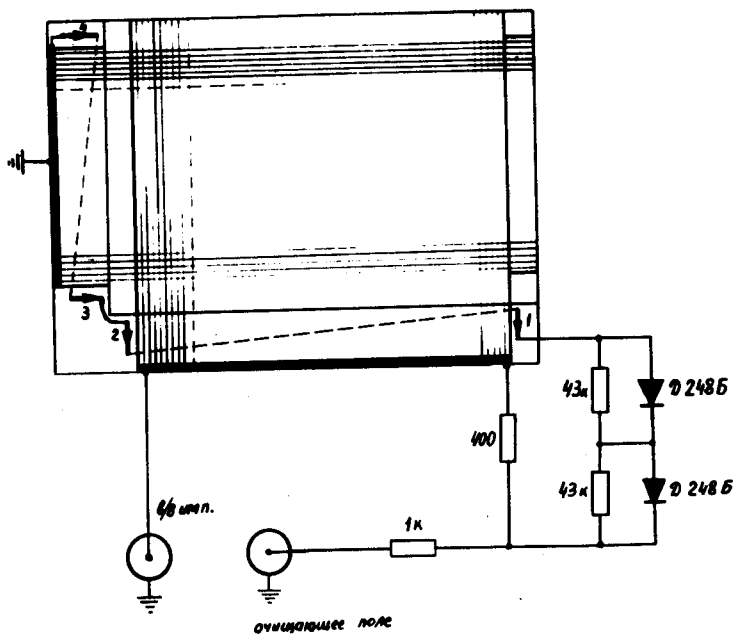


Рис. 3. Электрическая схема искровой камеры.

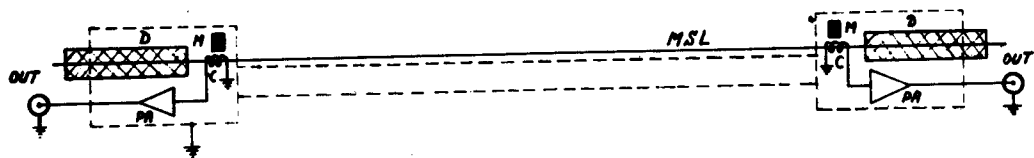


Рис. 4. Электрическая схема узла считывания информации.



ферах. Постоянное натяжение ленты осуществляется с помощью пружины. Электрическая схема узла считывания информации показана на рис. 4.

Сигналы с 50-витковой катушки поступают через разделительный трансформатор на предусилитель, который выполнен на основе линейной интегральной микросхемы. Коэффициент усиления предусилителя (по входной эдс, на нагрузке 50 ом) не менее 40.

### 2.3. Система запоминания информации с камер

Система запоминания информации с магнестрикционных камер состоит из 46 усилителей-дискриминаторов и такого же числа линий задержек. На рис. 5 показана функциональная схема системы. Сигналы с предусилителей по 50-омным кабелям длиной  $\approx 40$  метров поступают на усилители-дискриминаторы. Общий коэффициент усиления предусилителя и усилителя  $K \approx 10^4$ . Двухпороговый дискриминатор пересечения нуля обеспечивает на выходе стандартный сигнал, который поступает на вход соответствующей линии задержки.

Динамическое запоминание временной информации с магнестрикционных камер осуществляется на 46 линиях задержки. В качестве элемента задержки используется магнестрикционная проволока  $\phi 0,1$  мм. Время задержки одной линии  $\approx 340$  мксек. Разрешение  $\approx 1$  мксек. Все 46 линий задержек объединены в 2 канала (24 и 22 линии).

Временное разрешение каждого канала составляет также  $\sim 1$  мксек. На рис. 6 показана последовательность информации, поступающей по двум каналам с выхода системы запоминания информации на вход регистрирующей аппаратуры. Таким образом, время, необходимое для регистрации информации с камер, составляет 8 мсек ( $340$  мксек  $\times 24$ ). Достоинством такой системы является возможность запоминания любого объема искровой информации, поступающей с камер.

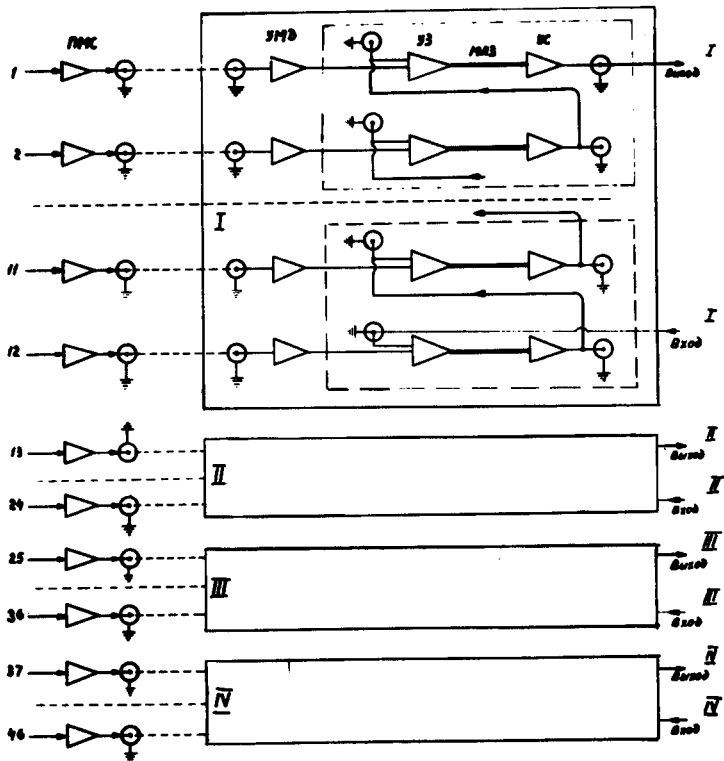


Рис. 5. Функциональная схема системы запоминания информации с камер. ПМС - предусилитель, УМД - усилитель-дискриминатор, УЗ - усилитель записи, МЛЗ - магнотриксционная линия элемента задержки, УС - усилитель считывания. Управляющая логика на схеме не показана.

Информация, считываемая с дополнительных датчиков (камеры 2,5, 8,11,14,17), может быть использована для учета задержки и флуктуаций задержки пробоя искры в камере от различных факторов. Так как отсчет координат искр ведется от реперных сигналов, которые синхронизованы с передним фронтом высоковольтного импульса, то время задержки, необходимое для формирования искры, будет давать ошибку в определении истинной геометрии событий.

Предположим, что в камере была одна искра. Тогда:

$$X_1 = X_{1 \text{ ист.}} + r_{\text{зф.}} ;$$

$$X_2 = X_{2 \text{ ист.}} + r_{\text{зф.}} ,$$

где  $X_1$  и  $X_2$  - координаты искры, считанные с основного и дополнительного датчиков соответственно,  $X_{1 \text{ ист.}}$  и  $X_{2 \text{ ист.}}$  - истинные координаты искры;  $r_{\text{зф.}}$  - время задержки на формирование искры. Величина  $r_{\text{зф.}}$  может быть легко определена следующим образом:

$$r = \frac{(X_1 + X_2) - X_p}{2} ,$$

где  $X_p$  - расстояние между реперными датчиками.

#### 2.4. Система высоковольтного питания

Функциональная схема системы высоковольтного питания приведена на рис. 7. Она состоит из 10 двухканальных блоков высоковольтных импульсов, стойки с источниками высокого напряжения и блоком постоянного и импульсного очищающих полей накопителя.

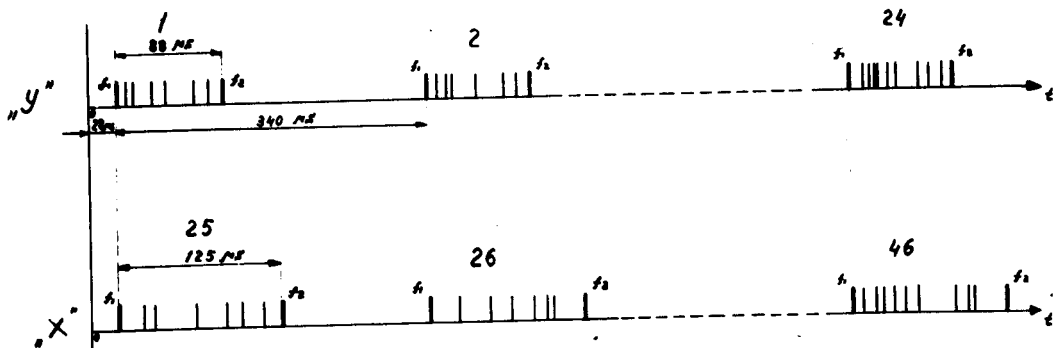


Рис. 6. Диаграмма информации, поступающей по двум каналам с выхода системы запоминания информации на вход регистрирующей аппаратуры.

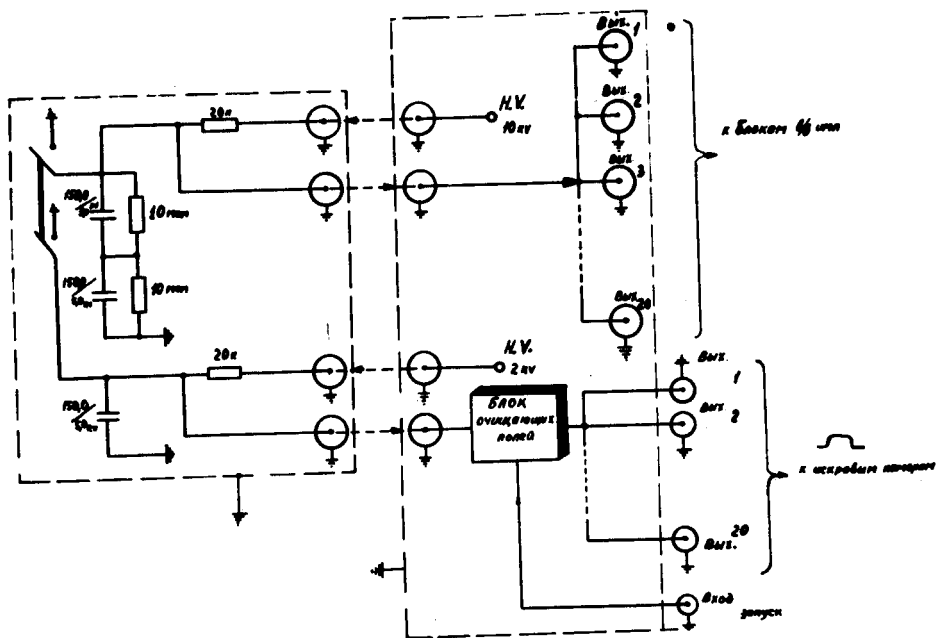


Рис. 7. Функциональная схема системы высоковольтного питания.

### 2.4.1. Блок высоковольтных импульсов

Блок высоковольтных импульсов выполнен на основе тиратронов типа ТГИ-1-130/10, которые обладают высокой надежностью, не требуют сложных систем запуска и коммутируют токи, достаточные для используемых искровых камер. Следует заметить, что эти тиратроны критичны к изменениям напряжения накала.

Блок выполнен в виде 4 отдельных узлов:

- а) источник питания (+600 в; -100 в; +150 в;  $\sim$  6,3 в);
- б) схема запуска тиратронов;
- в) два независимых коммутатора на тиратронах.

Принципиальная схема блока показана на рис. 8. Максимальная частота срабатываний блока  $\approx$  1 кГц, время задержки  $\approx$  100 нсек. Передний фронт высоковольтного импульса на емкостной нагрузке  $\approx$  300 пс соответствует  $\approx$  25 нсек. Запуск блока осуществляется положительным импульсом, амплитудой  $\geq$  6 в.

Высоковольтный импульс подается на камеру по 50-омному кабелю двухметровой длины. Блоки высоковольтных импульсов, расположенные на канале, показаны также на рис. 2.

### 2.4.2. Блок постоянного и импульсного очищающих полей

Принципиальная схема блока показана на рис. 9. Блок выполнен на лампах 6П20С. Все лампы соединены по постоянному току. Для предохранения схемы в случае короткого замыкания на выходах используется стабилитрон типа Д817В. Диаграмма напряжений на искровых камерах показана на рис. 10.

Функционально блок состоит из:

- а) источника питания (+300 в; +200 в; -50 в; 6,3 в);

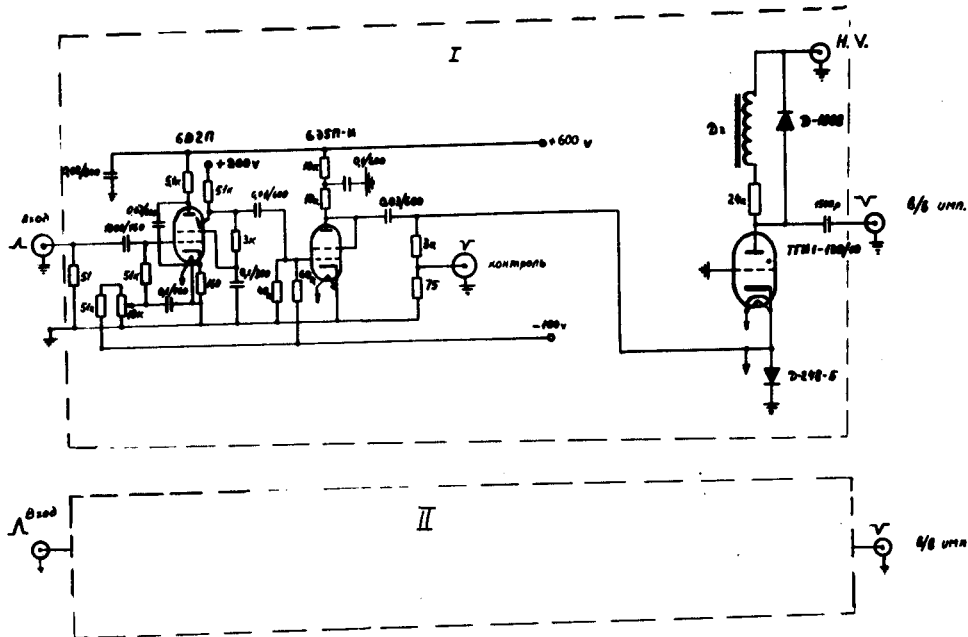


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема блока высоковольтных импульсов.

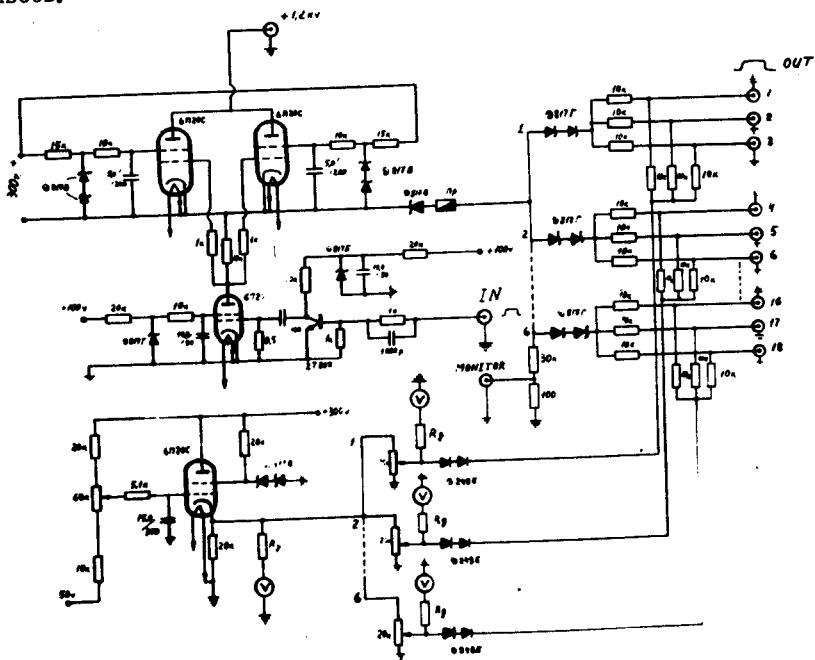


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема блока постоянного и импульсного очищающих полей.

б) схемы импульсного очищающего поля;

в) схемы постоянного очищающего поля.

Схема импульсного очищающего поля построена на трех лампах 6П20С и транзисторе 2Т307 и обеспечивает импульс напряжения амплитудой (+1,0) кв и длительностью  $\approx 5$  мсек на все искровые камеры.

Длительность выходного напряжения соответствует сигналу на входе, который вырабатывается схемой управления. Амплитуда входного сигнала  $\geq +5$  в.

Амплитуда импульса очищающего поля может регулироваться, но ограничена сверху допустимым обратным напряжением диодов, установленных на искровых камерах ( $\approx 1,2$  кв).

Схема постоянного очищающего поля выполнена также на лампе 6П20С, включенной по схеме катодного повторителя. Имеется возможность независимой регулировки напряжения постоянного очищающего поля по 6 секциям искровых камер в пределах 0+100 в. Импульсное и постоянное очищающие поля подаются на камеры с помощью кабелей.

### 2.4.3. Накопитель

Накопитель выполнен на масляных конденсаторах типа ИМ-5-150 и используется для стабилизации амплитуд высоковольтного импульса и импульсного очищающего поля при многократном запуске установки. Если за цикл ускорителя установка запускается 30 раз, то амплитуда 30 высоковольтного импульса меньше первого не более, чем на 2%; для импульсного очищающего поля разница  $\approx 10\%$ . Обеспечение таких параметров без накопителя привело бы к необходимости использовать очень мощные источники высоких напряжений.

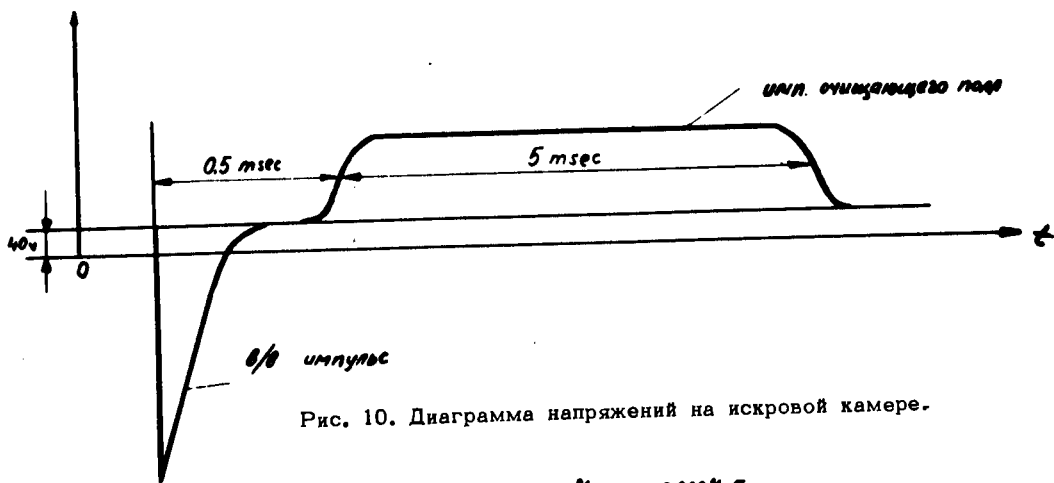


Рис. 10. Диаграмма напряжений на искровой камере.

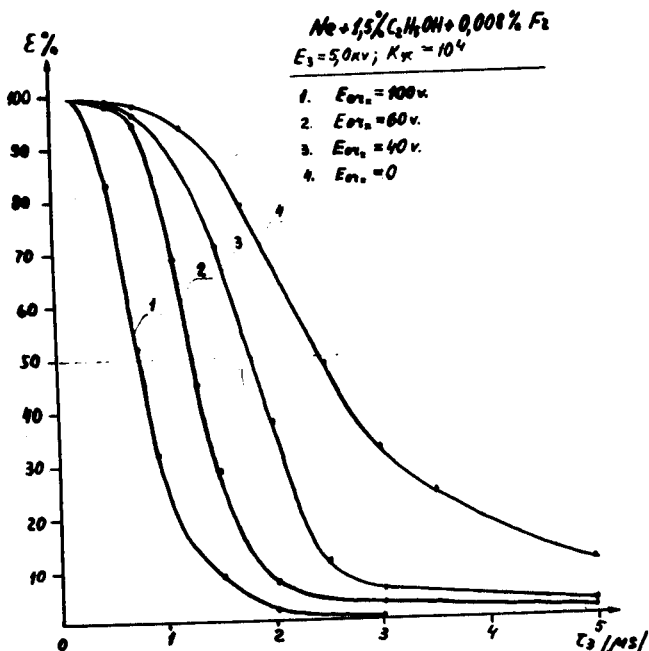


Рис. 11. Зависимости, характеризующие разрешающее время искровой камеры при различных значениях постоянного очищающего поля. Газовая смесь  $Ne + 1,5\% C_2H_5OH + 8 \cdot 10^{-3}\% Fr-20$ .



### 3. Результаты

В процессе наладки и эксплуатации установки на ускорителе 70ГэВ ИФВЭ было произведено  $\approx 3 \cdot 10^6$  запусков искровых камер. Все узлы установки после отладки функционировали надежно в течение длительного времени эксплуатации установки.

Так как искровые камеры работали в условиях интенсивного фона заряженных частиц до  $5 \times 10^6$  1/сек, то для обеспечения высокой эффективности регистрации "рабочих" треков (одного или двух) на установке был выбран режим, полученный в работе <sup>/6/</sup>. Сюда относятся:

1) суммарный коэффициент усиления предусилителя и усилителя  $K \approx 10^4$ .

2) Зарядное напряжение  $E_3 = 5$  кв.

3) Напряжение постоянного очищающего поля  $E_{\text{оч.п.}} = 50$  в.

4) Состав газовой смеси, продуваемой через камеры

$\text{Ne} + 1,5\% \text{C}_2 \text{H}_6 \text{OH} + 8 \cdot 10^{-3} \% \text{Fr} - 20$ .

В наиболее трудных условиях находились камеры, расположенные перед магнитом, особенно 1-я и 2-я секции (рис. 1). Эти камеры должны были иметь высокую эффективность к двум одновременным трекам в условиях максимального фона. Разрешающее время камер показано на рис. 11 <sup>/6/</sup>. При этом время задержки от момента пролета запускающей частицы до поступления высоковольтного импульса на электроды камер составляет  $\approx 0,7$  мксек.

Из рис. 11 видно, что разрешающее время камеры при  $E_{\text{оч.п.}} = 50$  в составляет  $\approx 1,6$  мксек. Указанный режим поддерживался в течение всего времени эксплуатации установки.

Контроль работы датчиков искровых камер осуществлялся с помощью ЭВМ, использующейся в реальном масштабе времени.

Предварительные результаты показывают, что эффективность камер к регистрации одного или двух рабочих треков достаточно высокая, что полностью соответствует данным, полученным в работе /6/. При этом число фоновых искр в первых камерах достигает  $\bar{N}_f \approx 5$ . Более подробные материалы по характеристикам искровых камер будут опубликованы.

Интервал между запусками искровых камер составлял не менее 10 мсек. Максимальное число запусков за цикл ускорителя было не более 30. Ниже приведена сводная таблица характеристик элементов установки.

#### Искровые камеры

1. Размеры	- 600 x 420 x 8 мм <sup>3</sup> .
2. Газовая смесь	- Ne + 1,5% C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH + 8 · 10 <sup>-3</sup> % Fr-20.
3. Разрешающее время	≈ 1,6 мсек.
4. Количество пробоев по старому треку	- ≤ 10%.
5. Количество вещества в одной камере	- медь - 13 мг/см <sup>2</sup> ; - лавсан - 24 мг/см <sup>2</sup> .
6. Временной интервал между запусками камер	- ≥ 10 мсек.

#### Система съема и запоминания информации с камер

1. Число витков приемной катушки	- 50
2. Коэффициент усиления предусилителя	- ≈ 40

3. Коэффициент усиления усилителя -  $\approx 250$
4. Время задержки одной линии в системе запоминания информации -  $340+0,5$  мксек.
5. Время регистрации информации, определяемое 24 линиями задержки -  $\approx 8$  мсек.
6. Разрешение канала из 24 линий задержки -  $\approx 1$  мксек.

### Система высоковольтного питания

1. Коммутатор высоковольтных импульсов - тиратрон ТГИ-1-130/10
2. Форма высоковольтного импульса - экспоненциальная.
3. Амплитуда высоковольтного импульса - 5 кв.
4. Фронт нарастания на камере -  $\approx 25$  нсек.
5. Максимально-допустимая частота запусков блоков высоковольтных импульсов -  $\approx 1$  кгц.
6. Амплитуда импульса очищающего поля - 1 кв.
7. Длительность импульса очищающего поля -  $\approx 5$  мсек.
8. Амплитуда постоянного очищающего поля - 50 в.

### Заключение

Авторы выражают благодарность коллективу ПТО и отделу Главного энергетика Лаборатории высоких энергий ОИЯИ за большую работу, проделанную при изготовлении установки; В.К. Бирулеву и Н.И. Черны-

шюву за помощь при изготовлении системы высоковольтного питания; И.А. Голутвину, Б.Н. Гуськову, М.Н. Михайловой, И.М. Иванченко, В.Г. Кривохижину, В.В. Кухтину, Н. Невской, Г.Г. Тахтамышеву, П.Т. Тодорову, И.А. Савину, Л. Сильвестрову, Д.А. Смолину, А. Чвырову за помощь при наладке установки.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.К. Бирулев, А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов и др. Блок-схема установки для экспериментов с  $K^0$ -мезонами в Серпухове. Депонированное сообщение ОИЯИ Б2-13-4550.
2. А.С.Вовенко, Б.Н. Гуськов, И.А. Голутвин и др. Регистрация информации в эксперименте с  $K^0$ -мезонами в Серпухове. Депонированное сообщение ОИЯИ Б1-13-4544.
3. I.V. Chuvilo et al. Nucl.Instr. and Meth., 54, 217 (1967).
4. А.С. Гаврилов и др. Препринт ОИЯИ 13-3503 (1967).
5. Г.Г. Воробьев и др. Препринт ОИЯИ Р1-4445 ( 1969).
6. Т.С. Григалашвили, Ю.В. Заневский, В.Д. Пешехонов, Е.А. Силаев. Препринт ОИЯИ 13-5273 (1970).
7. В.П. Пугачевич. Авторское свидетельство №231019 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 августа 1970 года.