

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ц76
E-518

311-25

13 - 8301

456/2-75

А.Ф.Елишев, П.И.Филиппов, А.И.Широков

УСТАНОВКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ
И ИМПУЛЬСНОГО ОЧИЩАЮЩЕГО ПОЛЯ
НА ЭЛЕКТРОННЫХ ВАКУУМНЫХ ЛАМПАХ
СПЕКТРОМЕТРА ИЗ БЕСФИЛЬМОВЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 8301

А.Ф.Елишев, П.И.Филиппов, А.И.Широков

УСТАНОВКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ
И ИМПУЛЬСНОГО ОЧИЩАЮЩЕГО ПОЛЯ
НА ЭЛЕКТРОННЫХ ВАКУУМНЫХ ЛАМПАХ
СПЕКТРОМЕТРА ИЗ БЕСФИЛЬМОВЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В настоящей работе описывается установка, т.е. комплекс аппаратуры высоковольтного импульсного питания, постоянного и импульсного очищающих полей, созданная для обеспечения работы бесфилмовых искровых камер.

Современные спектрометры из бесфилмовых искровых камер все усложняются и имеют тенденцию к увеличению размеров и количества искровых камер /ИК/.

В связи с этим усложняется и система высоковольтного питания и импульсного очищающего поля ИК. Все это и определяет возрастание дороговизны современных спектрометров в физике высоких энергий. В процессе разработки мы руководствовались, с учетом опыта, накопленного авторами в работах /1-6/, следующими основными требованиями к отдельным узлам и установке в целом:

1. Обеспечение наилучших параметров и высокая надежность.
2. Способность обеспечения различных режимов работы отдельных групп искровых камер /ИК/.
3. Взаимозаменяемость отдельных узлов в каждой группе.
4. По возможности наименьшая величина затрат на установку с учетом вышеприведенных требований.

1. Описание установки

Установка высоковольтного питания и импульсного очищающего поля обеспечивала работу 18 ИК /12 малых

ИК с рабочим объемом 250 x 250 x 8 мм³ и 6 средних с рабочим объемом 600 x 420 x 8 мм³/. Блок-схема установки приведена на рис. 1. Установка состоит из следующих основных блоков и узлов:

1. Блоки импульсного высоковольтного питания - 12 рабочих и 2 запасных.

2. Блоки импульсного очищающего поля и высоковольтные выпрямители к ним по 6 рабочих блоков и по 1 запасному, скомпонованные совместно с высоковольтными выпрямителями по два блока в трех корзинах.

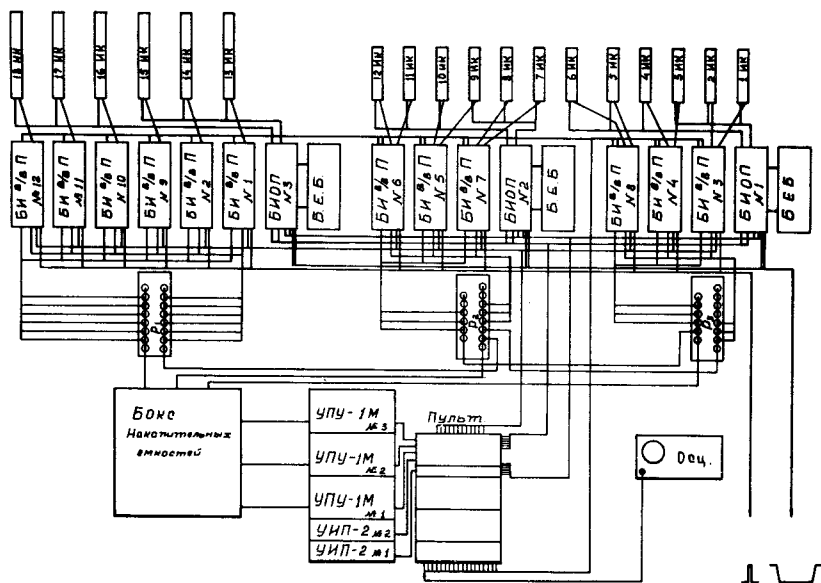


Рис. 1. Блок-схема установки импульсного высоковольтного питания ИК, импульсного и постоянного очищающих полей.



Рис. 2. Общий вид блока импульсного высоковольтного питания ИК.

3. Блоки накопительных емкостных батарей /для блоков импульсного очищающего поля/, 6 батарей, скомпонованных по две в трех корзинах.

4. Блоки распределительных разъемов высоковольтного напряжения /3 шт./.

5. Стойки с источниками высокого напряжения /УПУ-1М/ и источниками питания /УИП-2/ для постоянного очищающего поля.

6. Пульт управления и контроля с осциллографом типа "OSA". Поскольку источники высокого напряжения /УПУ-1М/ маломощны, для них имелся бокс трехсекционных емкостных накопительных батарей с системой блокировки /спроектированный и изготовленный под руководством Л.Г.Макарова/. Помимо этого основного комплекса аппаратуры, для обслуживания установки требовалось следующее вспомогательное оборудование:

1. Стенд для проверки режимов и работы блоков импульсного высоковольтного питания.

2. Стенд для проверки режимов и работы блоков импульсного очищающего поля.

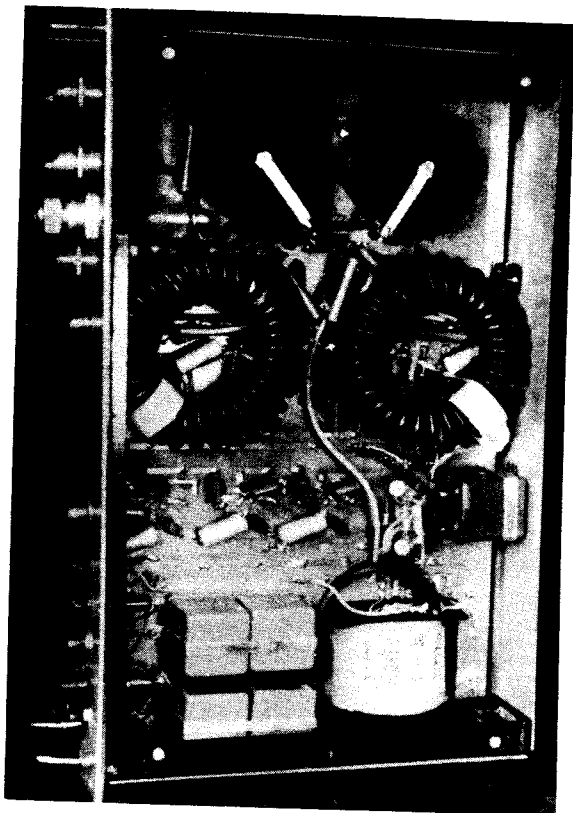
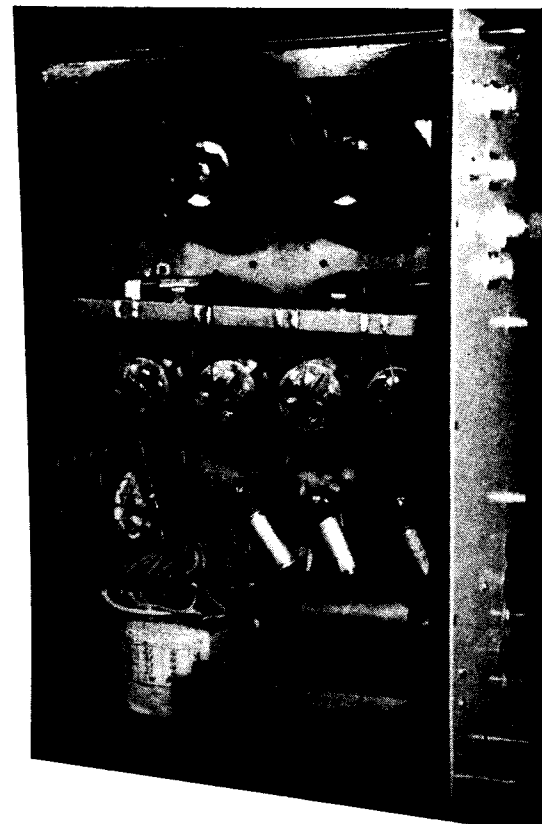


Рис. 3 а и б. Вид блока импульсного высоковольтного питания ИК а/ сверху; б/ снизу.

Физическая экспериментальная установка и расположение искровых камер на канале описаны в работах [7-9]. Все блоки, указанные в пунктах 1-4, были расположены на канале в основном под ИК.

2. Блоки импульсного высоковольтного питания

Ввиду того, что бесфильмовые искровые камеры использовались малых и средних размеров, импульсное



б/

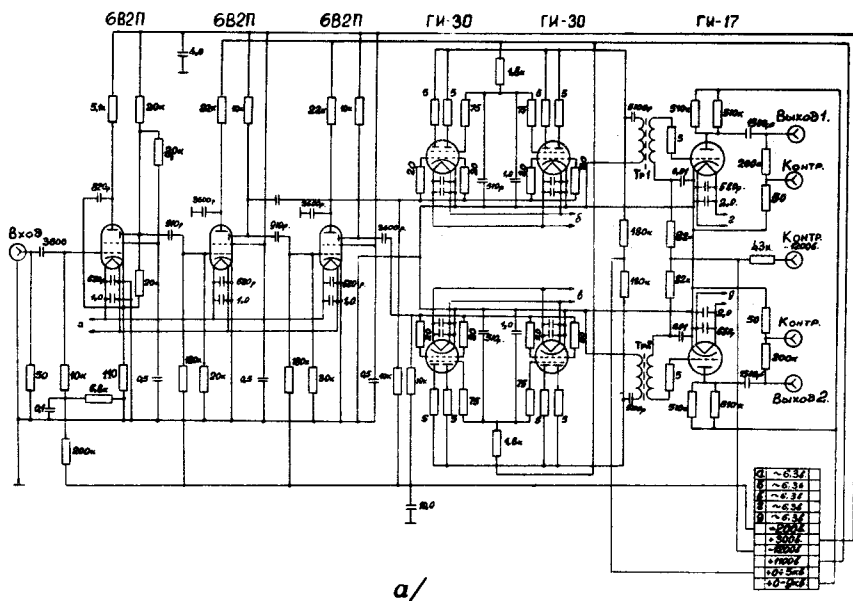
высоковольтное питание разрабатывалось и было выполнено в традиционно сложившемся стиле на электронно-вакуумных лампах. Это позволило получить наилучшие параметры и большую стабильность блоков при незначительной их стоимости. Общий вид блока импульсного высоковольтного питания показан на рис. 2. Блок размещен в корзине размерами 495 x 200 x 300 мм из стальных уголков, скрепленных сваркой, обшитой дюралевыми листами с отверстиями для вентиляции и передней панелью. Блок смонтирован на общей фольгированной

с одной стороны стеклотекстолитовой плате, монтаж печатно смешанный. Вид блока сверху и снизу показан на рис. 3.

Блок состоит из следующих основных узлов:

- а/ источников питания / +1100 В; -1200 В; +300 В; -200 В; 6,3 В/;
- б/ схемы запуска оконечных каскадов;
- в/ двух оконечных каскадов на лампах ГИ-17.

Принципиальная электрическая схема блока с двумя независимыми оконечными каскадами показана на рис. 4а. От таких блоков импульсного высоковольтного питания запитывались две малых ИК. Принципиальная электрическая схема источников питания /+1100; -1200; +300; -200; 6,3 В/ показана на рис. 4б. Принципиальная электрическая схема оконечного каскада со сложением высоковольтных импульсов от двух каскадов показана на рис. 5. От таких блоков импульсного высоковольтного питания со сложением выходных импульсов /с параллельным включением/ запитывались ИК средних разме-



ров. Как можно видеть из рис. 4а, схема запуска состоит из общего запятого блокинг-генератора на лампе 6B2П и двух запятых блокинг-генераторов на лампах 6B2П, с диодных нагрузок которых через разделительные конденсаторы импульсы положительной полярности подаются на два независимых предоконечных каскада, собранных на двух лампах ГИ-30, включенных параллельно. В анодную цепь ламп ГИ-30 включены зарядная емкость и первичная обмотка фазоинверсного трансформатора. Импульсный фазоинверсный трансформатор намотан кабелем РК-75-4-15 /РК-1/ на ферритовом кольце с наружным ϕ 120 мм /120 x 20 x 10 мм/. Предоконечные каскады собраны без формирования импульса, оконечные - с простой RC-цепью. Контроль за отрицательным смещением на лампах ГИ-17 оконечных каскадов, через резистор $R \approx 50$ кОм выведен на

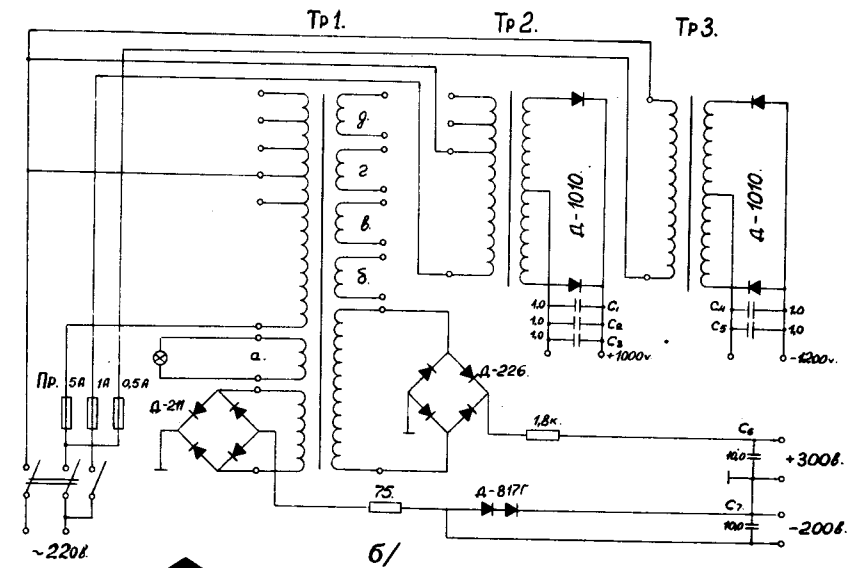


Рис. 4 а и б. Принципиальные электрические схемы а/ блока импульсного высоковольтного питания ИК с двумя независимыми оконечными каскадами; б/ источников питания /+1100 В; -1200 В; +300 В; -200 В; 6,3 В/ блока.

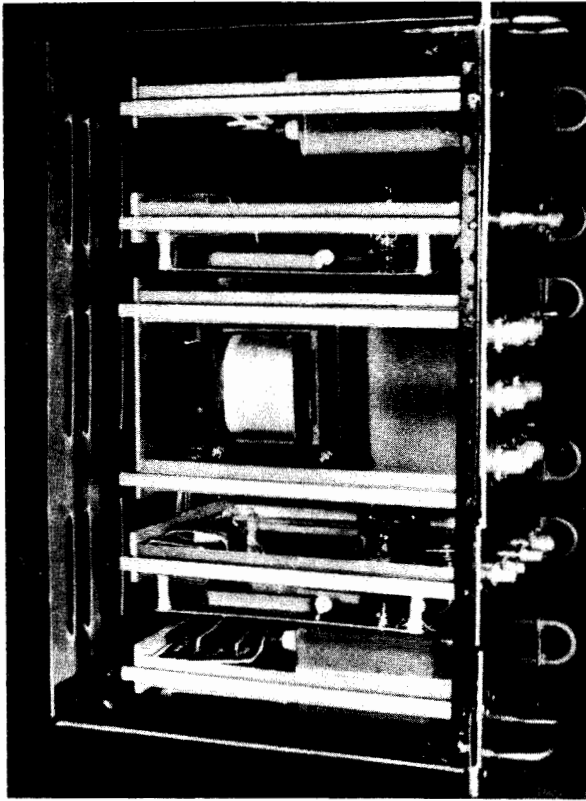
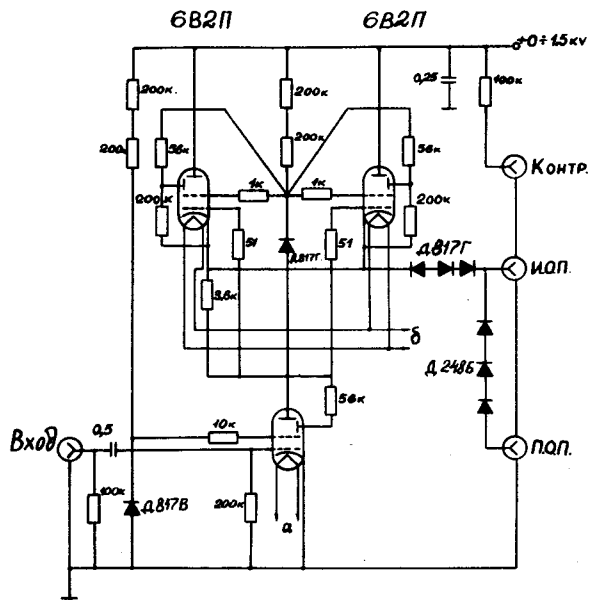


Рис. 7. Корзина импульсного очищающего поля /вид сверху/.

Принципиальная электрическая схема блока импульсного очищающего поля показана на рис. 8а, схема блока высоковольтного выпрямителя к нему с накальным трансформатором и емкостной накопительной батареей - на рис. 8б. Блок выполнен по схеме усилителя с "параллельным регулированием" или, как их еще принято называть, с "последовательным включением ламп" на трех лампах 6В2П/11/Режим ламп выбран наиболее благоприятным для получения максимальной амплитуды положительного импульса очищающего поля на выходе и мини-

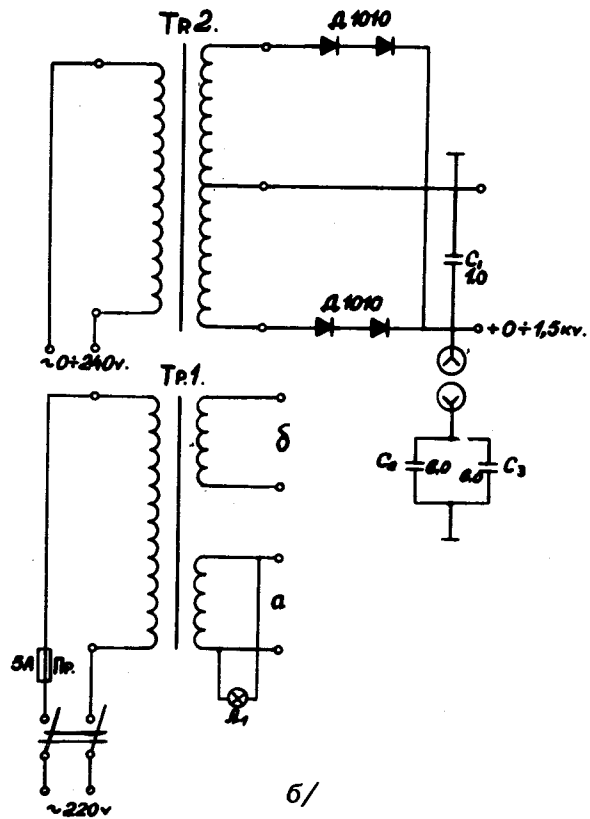
мальной амплитуды входных управляющих импульсов. Для развязки схемы на выходе по постоянному току в противоположных направлениях используются стабилитроны типа Д817Г /рис. 8а/. Два стабилитрона при постоянном очищающем поле $U_{\text{ПОП}} = 0 \div 100 \text{ В}$ и три стабилитрона при $U_{\text{ПОП}} = 0 \div 200 \text{ В}$. Постоянное очищающее поле от источника питания /УИП-2/ подается через фишечный размножитель на задней панели пульта контроля и управления /рис. 13/, кабелем /РК-50-2-13/, на входы "ПОП" блоков импульсного очищающего поля. С фишки "ПОП" через три последовательно соединенных диода типа Д248Б - на выход блока "ИОП" /рис. 8а/. От источника питания /УИП-2, №1/ постоянное очищающее поле подавалось на блоки "ИОП" корзин №1 и №2 /рис. 1/. От источника питания /УИП-2, №2/ постоянное очищающее поле подавалось на блоки "ИОП" корзины №3 /рис. 1/. Первичная обмотка трансформаторов Tr_2 высоковольтных выпрямителей "ИОП" /рис. 8б/ запитывается от двух автотрансформаторов типа РНО-250-2, установленных в специальном отсеке пульта управления и контроля /рис. 11, 13/. Один автотрансформатор служит для запитывания трансформаторов Tr_2 блоков высоковольтных выпрямителей "БИОП" корзин №1 и №2, другой - для запитывания трансформаторов Tr_2 блоков высоковольтных выпрямителей "БИОП" корзины №3 /рис. 12/. С помощью этих автотрансформаторов отдельно может быть установлено напряжение на высоковольтных выпрямителях корзин "БИОП" №1, №2 и №3 в пределах $U_{\text{ИОП}} = 0 \div 1,5 \text{ кВ}$, для контроля выведено через резистор $R = 100 \text{ кОм}$ на контрольную фишку блока "ИОП" /рис. 8а/. Как можно видеть из блок-схемы установки /рис. 1/, каждый блок "ИОП" обеспечивал группу из 3 искровых камер. Таким образом, в принципе имелась потенциальная возможность на каждой из 6 групп ИК /по 3 ИК в каждой/ подобрать оптимальные значения величин амплитуд и длительности импульсного очищающего поля и напряжения постоянного очищающего поля, в зависимости от условий фона и интенсивности пучка заряженных частиц. Для стабилизации амплитуды импульсного очищающего поля, при многократном запуске,



а/

Рис. 8 а и б. Принципиальные электрические схемы а/ блока импульсного очищающего поля; б/ блока высоковольтного выпрямителя ИОП.

к каждому высоковольтному выпрямителю подсоединяется батарея емкостей, состоящая из двух включенных параллельно типа КБГ-П, 6 мкФ, 2 кВ или КБГ-П, 5 мкФ, 3 кВ /рис. 8б/. Две такие батареи емкостей размещались в корзине размерами 495x120x300 мм, обшитой дюралевыми листами. Вид блока накопительных емкостей показан на рис. 9 и 10. На фотографии /рис. 16/ хорошо видно, что при многократном запуске за цикл ускорителя нет заметного уменьшения амплитуды импульса очищающего поля, которое сказывалось бы в уширении плоской вершины импульса по сравнению с разверткой, т.е. напряжение не падало ниже $2 \pm 3\%$.



б/

4. Пульт управления и контроля

Особенности работы современных спектрометров из бесфильмовых искровых камер в радиационных условиях требуют автоматизации управления комплекса аппаратуры высоковольтного импульсного питания, постоянного и импульсного очищающих полей. В основном для таких устройств автоматизация управления должна сводиться к дистанционному включению и выключению питания, защите аппаратуры от повреждений, сигнализации состояния и т.п., а в дальнейшем, при необходимости, замене, при неисправности, резервными устройствами /блоками/.

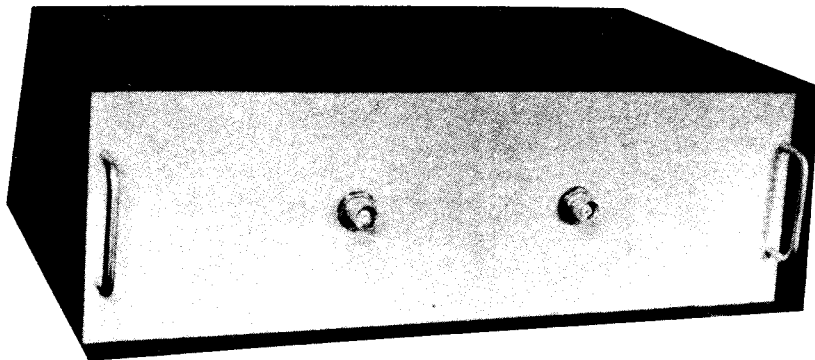


Рис. 9. Внешний вид блока накопительных емкостных батарей ИОП.

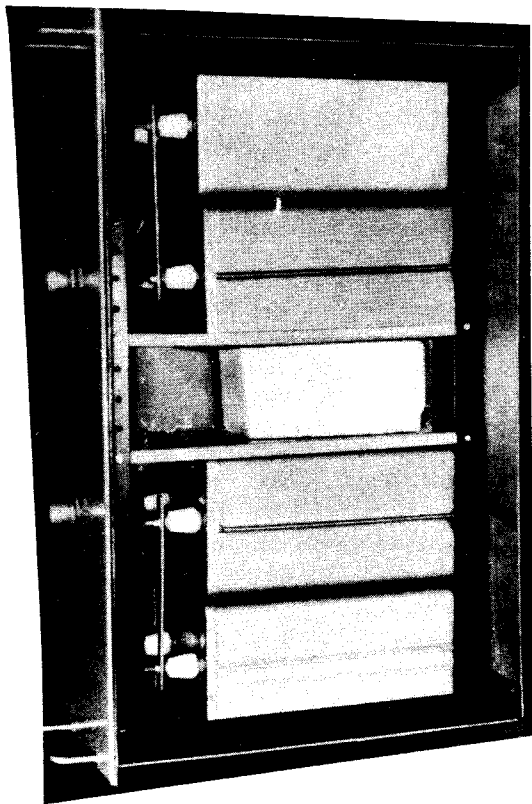


Рис. 10. Блок накопительных емкостных батарей ИОП /вид сверху/.

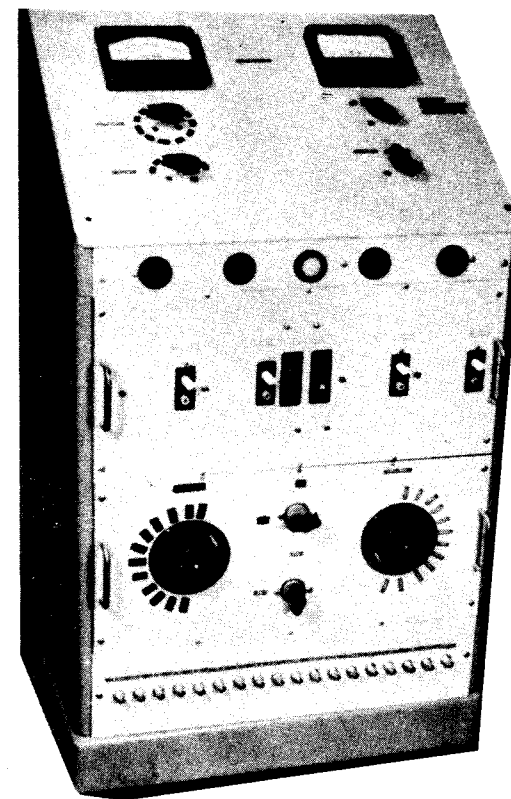


Рис. 11. Внешний вид пульта управления и контроля.

В данной установке автоматизация управления осуществлялась с помощью специально созданного для этих целей пульта управления и контроля /рис. 11/. Пульт управления и контроля был составлен из собственно пульта управления и контроля и осциллографа типа "OSA". Автоматизация управления осуществлялась в следующем объеме:

1. Дистанционное включение и выключение питания /сеть 220 В/ блоков высоковольтного импульсного питания ИК и блоков импульсного очищающего поля;

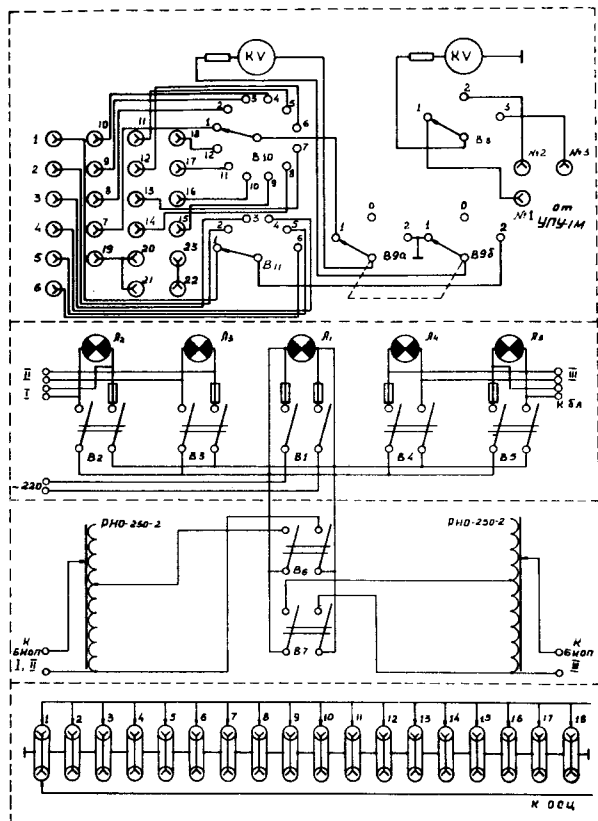


Рис. 12. Принципиальная электрическая схема пульта управления и контроля.

2. Дистанционное включение и выключение стойки источников высокого напряжения /УПУ-1М/ и источников питания /УИП-2/;

3. Установка и снятие высоковольтного напряжения на блоках высоковольтного импульсного питания ИК и блоках импульсного очищающего поля;

4. Сигнализация состояния:

а/ контроль сеточного смещения / $U_c = -1100$ 1200 В/ на лампах ГИ-17 оконечных каскадов ГВИ на всех блоках;



Рис. 13. Пульт управления и контроля.

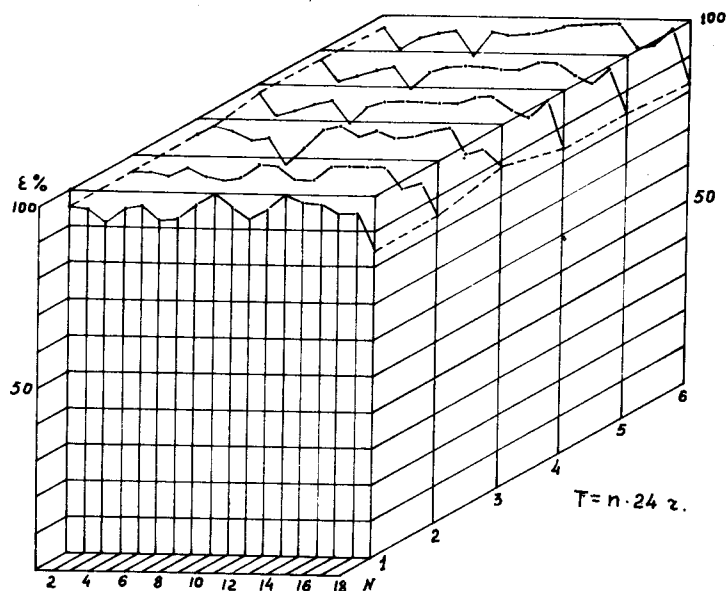
б/ контроль высоковольтного напряжения предока-
нечных каскадов ГВИ на всех блоках;

в/ контроль высоковольтного напряжения на блоках высоковольтного импульсного питания ИК I, II и III групп;

г/ контроль высоковольтного напряжения импульсного очищающего поля на всех блоках ИОП;

д/ контроль постоянного очищающего поля;

е/ контроль высоковольтных рабочих импульсов и импульсов очищающего поля со всех делителей блоков высоковольтного импульсного питания на осциллографе



а/

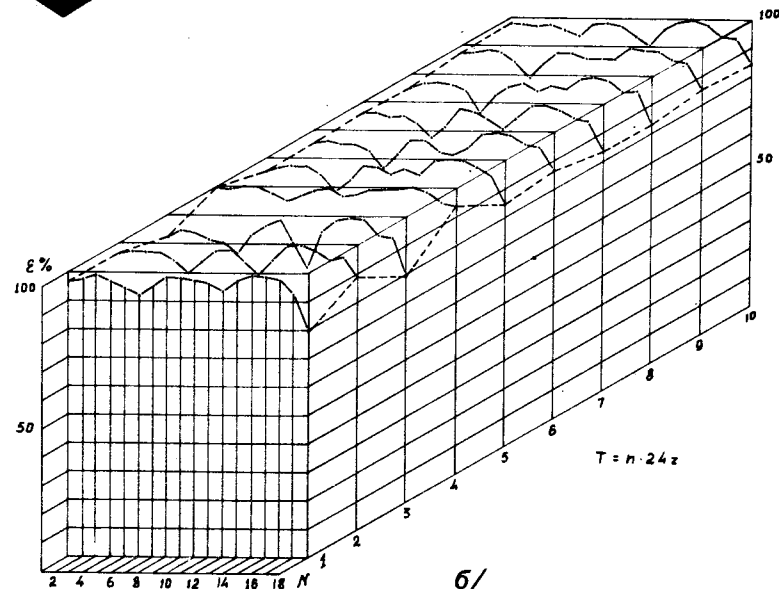
типа "OSA", т.е. на всех 18 ИК. Электрическая принципиальная схема пульта управления и контроля приведена на рис. 12, пульт управления и контроля - на рис. 13. Описание блоков распределительных разъемов высоковольтного напряжения, стойки с источниками высоковольтного напряжения и источниками питания, а также бокса емкостных накопительных батарей мы опускаем ввиду их простоты.

Для эксплуатации комплекса аппаратуры высоковольтного импульсного питания ИК и импульсного очищающего поля возникает необходимость в создании стендов для проверки режимов и работы блоков импульсного высоковольтного питания и блоков импульсного очищающего поля.

В данной установке испытательные стенды были составлены из следующих приборов:

1. Осциллограф типа "OSA", который служил и для контроля высоковольтных рабочих импульсов и импульсов очищающего поля на всех ИК;

Рис. 14 а и б. Рельефные карты эффективности $\epsilon(N, T)$ искровых камер $N=1,2,\dots,18, T=n \cdot 24$, ($n=1,2,\dots$). а/ в первом сеансе работы; б/ во втором сеансе работы.



б/

2. Генератор импульсов.
3. Киловольтметр электростатический типа С196.
4. Ламповый вольтметр типа ВК7-9.
5. Тестер.

Кроме того, в стенды проверки режимов и работы блоков входили источники высоковольтного напряжения /блок ПФ из установки "Орех"; УПУ-1М/ и коаксиальные делители на резисторах /эквивалент нагрузки/; корзина "ИОП", в которой вместо одного блока ИОП и высоковольтного выпрямителя к нему смонтирована накопительная емкостная батарея, автотрансформатор РНО-250-2 и эквивалент нагрузки с делителем. На данных стендах проверялись все блоки импульсного высоковольтного питания ИК и блоки импульсного очищающего поля перед установкой их на канал, а также после замены вышедшей из строя детали или лампы.

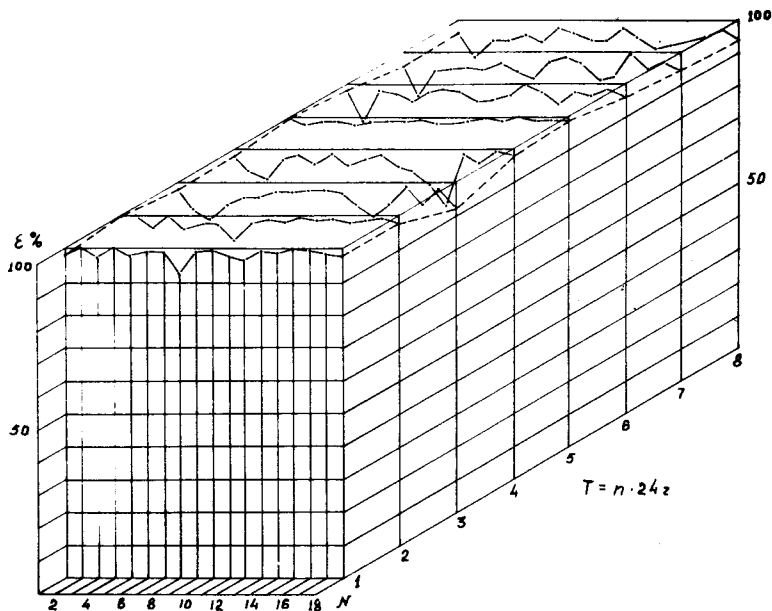
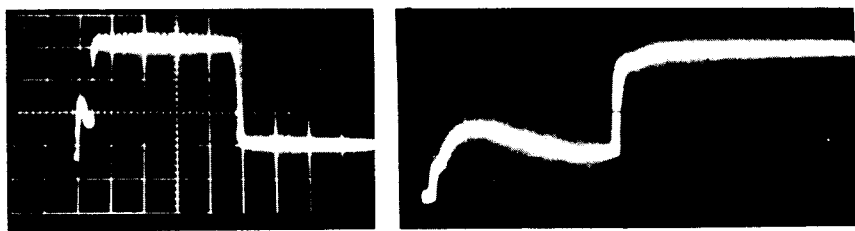


Рис. 15. Рельефная карта эффективности ϵ (N, T) искровых камер $N=1, 2, \dots, 18$, $T=n \cdot 24$, ($n=1, 2, \dots$) в третьем сеансе работы.



а/

б/

Рис. 16. Контрольные рабочие и очищающего поля высоковольтные импульсы на одной из ИК с экрана осциллографа "ОСА": а/ при развертке 1 мсек/см; б/ при развертке 0,1 мсек/см.

5. Результаты

1. Установка высоковольтного импульсного питания ИК, постоянного и импульсного очищающих полей работала в эксперименте по π -e-рассеянию при $50 \text{ ГэВ}/c^{8/}$ в процессе наладки и в двух основных сеансах - около 1000 час. В эксперименте по π -p-рассеянию при $40,50 \text{ ГэВ}/c^{12/}$ в процессе наладки и в третьем сеансе - 250 час.

2. Весь комплекс установки и отдельные узлы работали надежно в течение всего времени эксплуатации установки.

3. Осуществленная автоматизация управления облегчила и внесла значительные удобства в эксплуатацию установки, сигнализация состояния позволяла систематически контролировать режим работы всех узлов, что, естественно, приводило к увеличению надежности работы всего комплекса аппаратуры.

4. Выполнение блоков импульсного высоковольтного питания ИК на электронных лампах позволило получить время задержки высоковольтного импульса в блоках $\sim 35 \div 40$ нсек и стабильное - в течение всего времени эксплуатации установки, что, естественно, облегчило, в совокупности с другими мерами, свести время задержки между прохождением частиц и подачей высоковольтного импульса на ИК до $\sim 320 \div 400$ нсек.

5. В данной установке была предусмотрена возможность, по высоковольтному импульсному питанию ИК, по постоянному и импульсному очищающим полям, подбирать различные режимы работы блоков, обслуживающих малые и средние искровые камеры.

6. Основные блоки установки разработаны с использованием всего трех типов ламп.

7. Стенды проверки режимов и работы блоков необходимы для нормальной эксплуатации установки.

8. Затраты на изготовление установки незначительны, потому что основную долю при этом обычно занимают коммутирующие элементы конечных каскадов блоков высоковольтного импульсного питания ИК.

В первых двух сеансах режим работы установки и основные параметры были следующими:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Амплитуда запускающего импульса блоков импульсного высоковольтного питания ИК | $\geq 5 \text{ В}$ |
| 2. Задержка блоков импульсного высоковольтного питания ИК | $\sim 35 \div 40 \text{ мсек}$ |
| 3. Максимально допустимая частота запусков блоков импульсного высоковольтного питания ИК | $\sim 1 \text{ кГц}$ |
| 4. Отрицательное смещение на сетках ламп предоконечных каскадов | -200 В |
| 5. Высоковольтное анодное напряжение предоконечных каскадов | $3,6 \div 4 \text{ кВ}$ |
| 6. Отрицательное смещение на сетках ламп оконечных каскадов | $-1100 \div 1200 \text{ В}$ |
| 7. Высоковольтное анодное напряжение на оконечных каскадах для блоков, обслуживающих малые ИК | $4,6 \text{ кВ}$ |
| для блоков, обслуживающих средние ИК | $4,4 \text{ кВ}$ |
| 8. Фронт нарастания высоковольтного импульса на ИК малых размеров | $\sim 25 \text{ мсек}$ |
| на ИК средних размеров | $\sim 35 \text{ мсек}$ |
| 9. Высоковольтное напряжение на блоках ИОП | $1,0 \text{ кВ}$ |
| 10. Амплитуда запускающего импульса блоков ИОП | $\geq 6 \text{ В}$ |
| 11. Длительность выходных импульсов блоков ИОП | $4,5 \text{ мсек}$ |
| 12. Постоянное очищающее поле на приборе УИП-2 №1 | 100 В |
| на приборе УИП-2 №2 | 140 В |

В третьем сеансе режим работы установки отличался от предыдущего и был следующим:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Высоковольтное анодное напряжение на оконечных каскадах для блоков, обслуживающих малые ИК | $4,7 \text{ кВ}$ |
| для блоков, обслуживающих средние ИК | $4,3 \text{ кВ}$ |

- | | |
|--|------------------------|
| 2. Постоянное очищающее поле на приборе УИП-2 №1 | $40 \div 60 \text{ В}$ |
| на приборе УИП-2 №2 | 60 В |

Так как в логическую систему, определяющую запуск установки, были включены пропорциональные камеры ^{/12/}, то общая задержка в третьем сеансе получилась $\tau_3 = 400 + 400 \text{ мсек} = 800 \text{ мсек}$ ^{/12/}.

Помимо собственного контроля установки /заносимого в журнал через каждые 2 часа/ мы использовали и косвенный контроль, который мог быть оценен по гистограммам эффективности искровых камер с помощью ЭВМ /2116В/ и дисплея (Tektronix 611) или напечатан широкой печатью ^{/9/}. Но к косвенному контролю мы обращались значительно реже, когда в этом возникала необходимость, и широкую печать использовали $1 \div 2$ раза в сутки. Косвенный контроль нами представлен в виде рельефных карт эффективности $\epsilon(N, T)$ искровых камер $N = 1, 2, \dots, 18$, взятых через промежутки времени $T = n \cdot 24$, ($n = 1, 2, 3, \dots$) в первом сеансе /рис. 14а/ и во втором сеансе /рис. 14б/.

На рис. 15 представлена рельефная карта эффективности $\epsilon(N, T)$ искровых камер $N = 1, 2, \dots, 18$, через промежутки времени $T = n \cdot 24$, ($n = 1, 2, 3, \dots$) для третьего сеанса работы. Как можно видеть, по этим рельефным картам эффективности ИК имеют значительные флуктуации, связанные, по-видимому, в основном с газовым обеспечением ИК и режимом интенсивности пучка / π -мезонов/. Контрольные рабочие высоковольтные импульсы и импульсы очищающего поля на одной из ИК представлены на фото при развертке 1 мсек/см . рис. 16а/ и при развертке $0,1 \text{ мсек/см}$. рис. 16б/ /рабочий высоковольтный импульс при таких развертках виден только у основания/, сделанных во время сеансов с экрана осциллографа "OSA".

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Б.А.Кулакову, Э.Н.Цыганову за внимание к работе, Н.М.Бакиной, А.С.Кибардину и М.Ю.Ронгинскому за оказанную помощь в монтажных работах и Н.В.Печенову за оперативное выполнение фотографических работ.

Литература

1. А.С.Гаверилов и др. Препринт ОИЯИ, 13-3503, Дубна, 1967.
2. I.V.Chuvilo et al. Nucl.Instr. and Meth., 54, 217 (1967).
3. П.И.Филиппов. Препринт ОИЯИ, 13-3958, Дубна, 1968.
4. А.Г.Грачев, П.И.Филиппов. Препринт ОИЯИ, 10-4173, Дубна, 1968.
5. П.И.Филиппов. Препринт ОИЯИ, 13-4662, Дубна, 1969.
6. Т.С.Григалашвили и др. Препринт ОИЯИ, РЗ-5324, Дубна, 1970.
7. Yu.D.Bardin et al. JINR Communications, E1-4786, Dubna, 1969.
8. G.T.Adylov et al. JINR Communications E13-6749, Dubna, 1972.
9. G.R.Adylov et al. JINR Communications, E13-6658, Dubna, 1972.
10. А.Ф.Елишев, П.И.Филиппов. Электронные лампы для оконечных каскадов генераторов высоковольтных импульсов питания бесфильмовых искровых камер. Сообщение ОИЯИ, 13-8299, Дубна, 1974.
11. П.И.Филиппов. Блок импульсного очищающего поля для бесфильмовых искровых камер на лампах БВ2П. Сообщение ОИЯИ, 13-8300, Дубна, 1974.
12. G.T.Adylov et al. Experimental Setup for the Study of Elastic Scattering at Small Angles for Energies of 40 and 50 GeV/c. JINR Communications, E1-7934, Dubna, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 октября 1974 года.