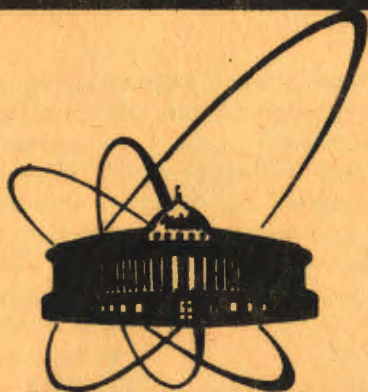


87-773



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-87-773 e^+

В.Д.Аксиненко, Н.С.Глаголева, **Е.А.Дементьев**,
Н.И.Каминский, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
Н.Н.Нургожин*, С.А.Рожнятовская, В.Н.Ряховский,
Е.К.Хусаинов*

**СИСТЕМА
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ СПЕКТРОМЕТРА ГИБС**

* Институт физики высоких энергий АН КазССР,
Алма-Ата

В настоящей работе обобщены результаты разработки и испытаний системы высоковольтного импульсного питания /1/ /СВИП/ для стримерной камеры спектрометра ГИБС.

СВИП предназначена для надежного /не менее 10^5 срабатываний/ питания стримерной камеры высоковольтными наносекундными импульсами с параметрами: амплитуда 500 кВ, нестабильность амплитуды $0,5 \div 1,5\%$, длительность импульса на полувысоте 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего 500 нс, нестабильность задержки $2,5 \div 5\%$, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

СВИП состоит из следующих основных блоков: высоковольтного генератора наносекундных импульсов /ВВГНИ/, источника высокого постоянного напряжения /ИВПН/, стойки запуска генератора, аппаратуры контроля параметров камеры установки, системы газо-

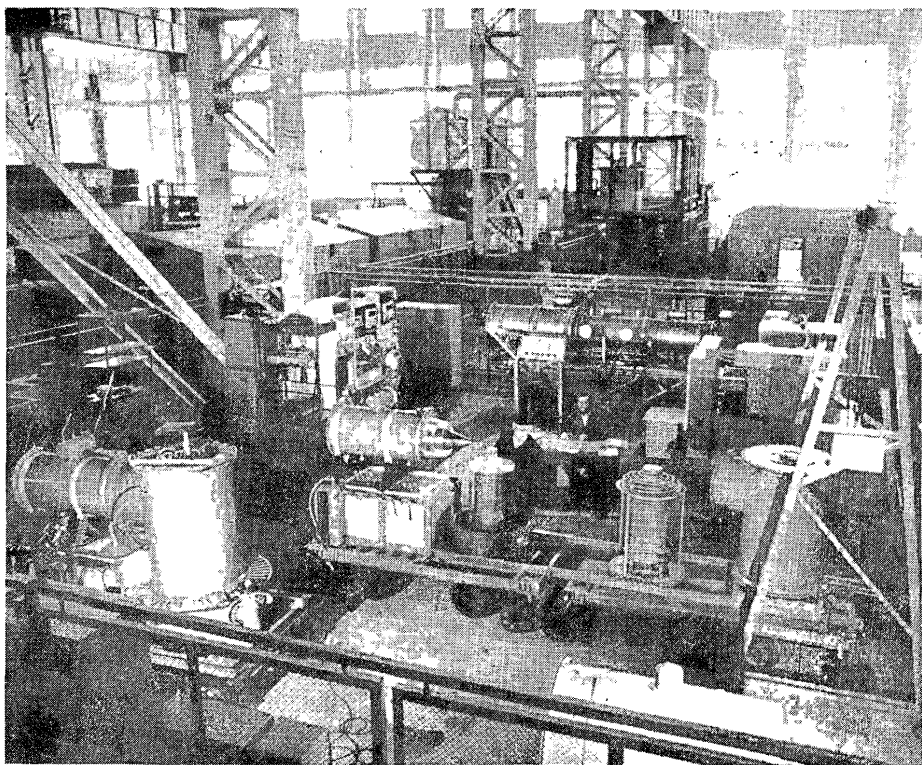


Рис.1. Общий вид системы высоковольтного импульсного питания в процессе наладки.

Федеральное государственное учреждение
ядерных исследований
ФИАН

маслообеспечения и вакуумирования, вспомогательного и противопожарного оборудования. Конструктивно СВИП /рис.1/ выполнена в виде отдельных блоков, смонтированных на тележках, что обеспечивает гибкость и мобильность системы при подготовке и проведении эксперимента, а также при проведении профилактических и ремонтно-наладочных работ. Одновременно блочный принцип построения СВИП дает возможность модернизации отдельных блоков системы в процессе ее усовершенствования.

ОСНОВНЫЕ БЛОКИ СВИП

Высоковольтный генератор наносекундных импульсов /рис.2/ является основной частью СВИП, формирующей высоковольт-

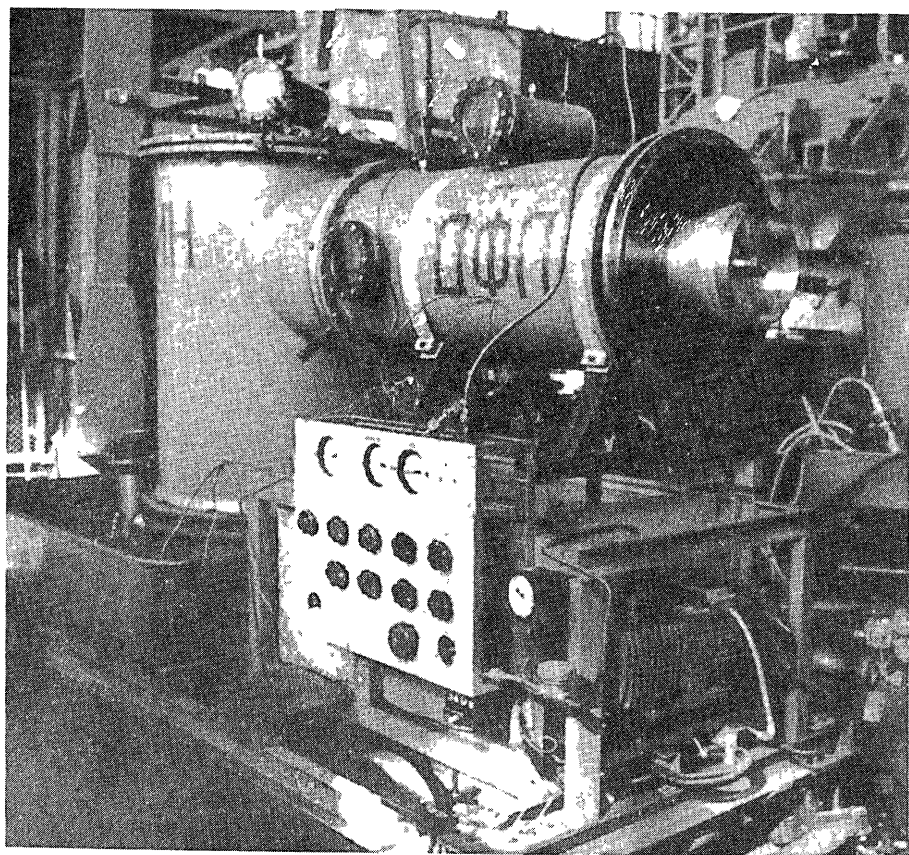


Рис.2. Общий вид высоковольтного генератора наносекундных импульсов.

ные наносекундные импульсы для питания стримерной камеры, и содержит импульсный генератор заряда /ИГЗ/, двойную формирующую линию /ДФЛ/, разрядник ДФЛ, линию передачи выходного импульса от ДФЛ к электродам стримерной камеры и согласованную нагрузку.

Импульсный генератор заряда предназначен для заряда ДФЛ импульсным напряжением. В процессе работы СВИП использовались 4 вида ИГЗ, результаты наработки которых в рабочем режиме стримерной камеры /амплитуда 450 ± 500 кВ, длительность 12 нс/ приведены в таблице.

Таблица

№	Вид импульсного генератора заряда	Кол-во срабатываний	Условия работы ИГЗ
1.	ГИН-500-002/5 с газовой изоляцией корпуса ИГЗ ^{2/}	50 000 при $U_{зар.} = 55$ кВ 10 000 при $U_{зар.} = 85$ кВ	раб. реж.
2.	ГИН-500-002/5 с масляной изоляцией корпуса ИГЗ ^{2/}	100 000 при $U_{зар.} = 85$ кВ 110 000*	раб. реж.
3.	ИГЗ на основе комбинации ГИН-500-0,02/5 и импульсного трансформатора ^{3/}	15 000 при $U_{зар.} = \pm 50$ кВ	раб. реж.
4.	ГИН с разнополярной зарядкой ступеней на основе конденсаторов ФМ-100-15УЗ	175 000** при $U_{зар.} = \pm 57,5$ кВ	раб. реж.

Примечание: * генератор работал без защитного соленоида,
** генератор продолжает работать.

Видно, что генераторы под пунктами 2 и 4 позволяют без ремонта произвести более 100 000 срабатываний, т.е. обеспечить работоспособность установки со стримерной камерой в течение всего или нескольких сеансов ее облучения на синхрофазотроне /~ 20 сут/.

Коаксиальная двойная формирующая линия предназначена для формирования выходных импульсов с заданными параметрами и размещена в стальном цилиндрическом кожухе ϕ 500 мм, который одновременно является наружным электродом линии. Диаметр среднего электрода 320 мм, внутреннего - 200 мм. Материал - дюралюминий, наполнение - трансформаторное масло, выходное сопротивление 37 Ом. Меняя длину среднего электрода /805, 540 или 280 мм/, можно получать на выходе импульсы различной длительности. В рабочем варианте ДФЛ используется средний электрод максимальной длины 950 мм /т.к. действительная длина среднего электрода на 145 мм больше за счет узла крепления его к разряднику/. При этом расчетная длительность импульса составляет 9,5 нс, а измеренная 12 нс. Отличие может быть объяснено разностью в длинах отдельных линий, составляющих ДФЛ, и наличием индуктивности и сопротивления разрядного контура ($l_1 = 950$ мм, $l_2 = 760$ мм, $\Delta l = l_1 - l_2 = 190$ мм, $\Delta \tau = \Delta l \sqrt{\epsilon} / c \approx 2$ нс $\approx \tau_{\Phi}$ и $\tau_{и0,5} = 2\tau_2 + 2\tau_{\Phi} \approx 11,6$ нс^{1/1/}). Исходя из указанных геометрических размеров ДФЛ и имеющихся данных по электрической прочности трансформаторного масла и поверхности раздела диэлектрик - масло в поле коаксиальных цилиндров^{4/} проведена оценка величины максимального возможного зарядного напряжения на линии, которое составляет 1,5 МВ при времени заряда не более 400 нс.

Разрядник линии. В качестве коммутатора ДФЛ, определяющего крутизну фронта импульса и потери по напряжению, используется неуправляемый двухэлектродный искровой разрядник в атмосфере сжатого газа (SF_6), конструкция которого описана в работах^{1,5/}. Рабочий зазор разрядника 13,5 мм, и это значение, как близкое к оптимальному, выбрано в процессе испытаний генератора^{6/}. Отличительной особенностью разрядника является использование на цилиндрическом катоде двух или трех кольцевых выступов высотой 0,5 мм, создающих местное искажение поля, достаточное для автоэмиссии электронов при средних напряженностях электрического поля 400÷500 кВ/см. Нестабильность амплитуды выходного импульса в этом случае, измеренная с помощью контрольно-измерительной аппаратуры^{7/}, не превышает 1% в течение 10^5 срабатываний /для удаления продуктов разложения SF_6 периодически после 10^4 срабатываний проводилась продувка разрядника/. Расчетное и определенное экспериментально значение индуктивности разрядника составляет 35 нГн. Измеренное значение фронта импульса - 5 нс. Оценка крутизны тока через коммутатор в рабочих условиях показывает, что она составляет $\sim 0,5 \cdot 10^{13}$ А/с и близка к максимально возможной при одноискровой коммутации. Потери на разряднике составляют $\sim 30\%$.

В качестве линии передачи импульса от ДФЛ к кожуху камеры используется геометрическая двухметровая коаксиальная линия

с наружным диаметром 500 мм и внутренним - 270 мм. Волновое сопротивление 37 Ом, наполнение - элегаз. Уплотнение линии передачи достигнуто применением специально разработанной резиновой диафрагмы, устанавливаемой на кожухе камеры. На воздухе линия передачи при указанной длительности импульса начинает коронировать при амплитуде ~ 450 кВ (54 кВ/см).

Согласованной нагрузкой камеры является набор резисторов ТВ0-60 с результирующим номиналом, равным импедансу стримерной камеры. Так как на установке ГИБС подвод напряжения к электродам стримерной камеры осуществлен под углом, близким к 45° , то для выравнивания яркости треков по всему объему камеры потребовался экспериментальный подбор значений резисторов

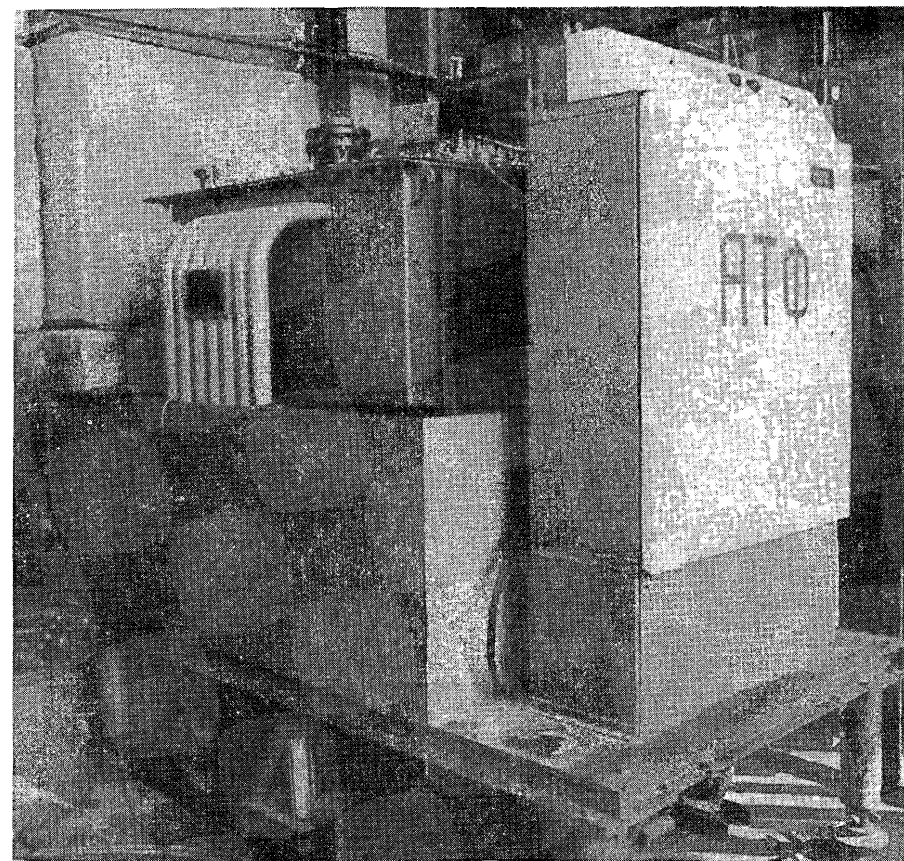


Рис.3. Фотография источника постоянного напряжения АТФ-400, установленного на подвижной платформе.

и увеличение краевой емкости одного из боковых электродов камеры.

В качестве источника высокого постоянного напряжения в процессе наладки и испытаний генератора использовались промышленные источники ВС-50-50, АТФ-400 /рис.3/ и РАП-150/300. Заряд накопительных емкостей генератора от источника осуществляется через блок зарядных резисторов - набор резисторов КЭВ-5, размещенных в стальном баке, заполненном трансформаторным маслом.

Стойка запуска предназначена для запуска высоковольтного генератора СВИП импульсом отрицательной полярности с амплитудой 20 кВ и длительностью на полувысоте 150 нс, вырабатываемым блоком на основе тиратрона ТГИ-1000/25.

Аппаратура контроля параметров установки состоит из следующих систем: 1/ для контроля и измерений параметров выходного импульса используется аппаратура /7/, содержащая блоки рас-

ширения наносекундных импульсов с выходом на цифровые вольтметры для измерения амплитуды импульса и задержки, цифровые вольтметры для измерения постоянного напряжения заряда емкостей генератора, а также осциллограф для контроля формы импульса; 2/ стойка визуального контроля /рис.4/, содержащая цифровые вольтметры V543 для измерения постоянного зарядного напряжения, измерителя временных интервалов И2-24 для измерения задержек и импульсные вольтметры В4-17 с интегрирующим блоком для измерения импульса и предимпульса на электродах стримерной камеры.

Система газомаслообеспечения и вакуумирования служит для вакуумирования и заполнения корпуса генера-

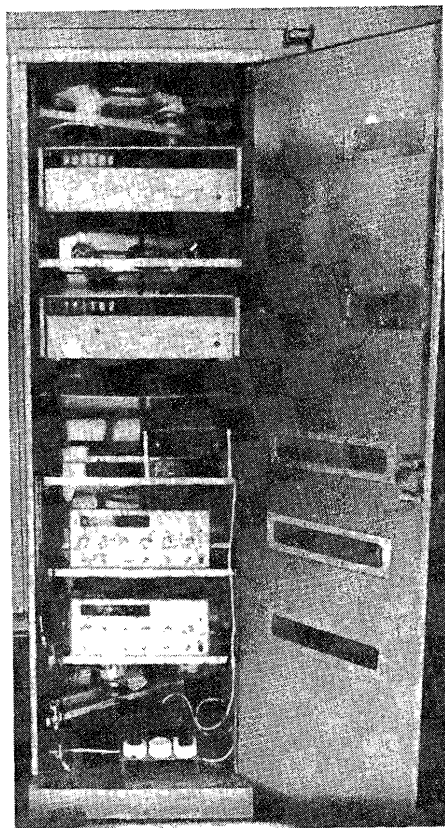


Рис.4. Фотография стойки визуального контроля.

тора трансформаторным маслом, для заполнения объемов разрядников азотом, углекислым газом, элегазом или их смесью до необходимого давления, а также для создания в линии передачи избыточного давления /10÷15 мм масляного столба/ элегаза.

К вспомогательному оборудованию относятся технологическая емкость, технологическая тележка, эквивалент нагрузки и оборудование для обслуживания. Технологическая емкость /объем 0,58 м³/ предназначена для сбора, вакуумирования, хранения трансформаторного масла, а также для транспортировки масла на очистку или замену. Технологическая тележка предназначена для оперативной замены генератора в случае его аварийного выхода из строя, последующего его ремонта, а также для хранения инструментов, приспособлений и запасных деталей, необходимых при проведении профилактических и ремонтных работ на СВИПе. Нагрузкой генератора при испытаниях и наладочных работах служит электрический эквивалент нагрузки стримерной камеры /~ 37 Ом, резисторы ТВ0-60, 10 шт.параллельно/, размещенный в стальном корпусе, заполненном элегазом. Противопожарная установка типа ОУ-80 предназначена для приведения в действие системы локального пожаротушения ВВГНИ в случае возможного возгорания трансформаторного масла.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СВИП испытана на стенде с эквивалентом нагрузки и работает на ускорителе совместно со стримерной камерой спектрометра.

На рис.5 приведены осциллограммы импульса /1/, предимпульса /3/ на эквиваленте нагрузки /37 Ом/ и зарядного напряжения /2/ на ДФЛ при заряде ее от ГИН-500-0,02/5 /уровень зарядного

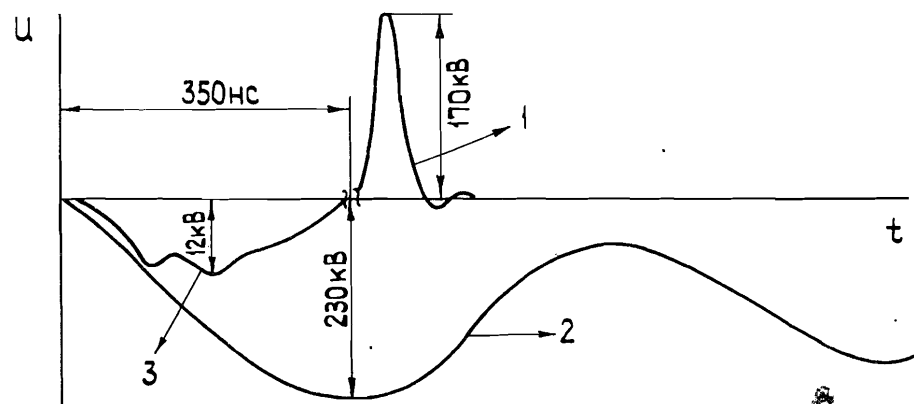


Рис.5. Осциллограммы импульса /1/ и предимпульса /3/ на согласованной нагрузке и зарядного напряжения /2/ на ДФЛ.

напряжения конденсаторов ГИН 30 кВ/. Общие потери напряжения с учетом резонансного заряда ДФЛ составляют ~ 35% и приходится в основном на разрядник линии. Расчетный коэффициент увеличения напряжения на ДФЛ /С = 0,6 нФ/ относительно выходного напряжения ГИН /С = 4 нФ/ без учета потерь в контуре заряда ДФЛ равен 1,74, экспериментальный - 1,53.

На ускорителе в рабочих сеансах установки в основном работал генератор с ИГЗ 4-го вида /см.таблицу/.

В ГИН с разнополярной зарядкой ступеней /С = 1,5 нФ, L = 5 мкГн/ при зарядном напряжении ±55 кВ запасается энергия 227 Дж, ~ 65% этой энергии трансформируется в ДФЛ за 0,225 мкс, в это время максимальное напряжение на линии достигает ~700 кВ. Расчетный коэффициент увеличения напряжения генератора составляет 1,43, экспериментальный - 0,91 на эквиваленте нагрузки /37 Ом/ и 0,8 на стримерной камере /32 Ом/. При сокращении длительности импульса до 10 нс /длина среднего электрода 540 мм вместо 805 мм/ потери напряжения на камере увеличиваются приблизительно на 10% при прочих равных условиях. Общая наработка генератора в настоящее время составляет 175 тыс.срабатываний, из них 95 тыс. - в рабочих сеансах спектрометра ГИБС.

Таким образом, создана система высоковольтного импульсного питания стримерной камеры спектрометра ГИБС, которая состоит из блоков, обеспечивающих надежное и стабильное питание камеры на уровне 500 кВ, а также быстрое и удобное обслуживание и ремонт системы.

В заключение авторы выражают благодарность Н.Н.Графову и В.П.Садилову за помощь при доработке узлов генератора, И.Ф.Фурсову, С.А.Щелеву, Е.А.Матюшевскому, Б.К.Курятникову, С.М.Биттибаеву за содействие в изготовлении блоков СВИП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, Б1-13-10674, Дубна, 1977.
2. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-86-149, Дубна, 1986; - ПТЭ, 1987, № 3, с.97.
3. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-86-350, Дубна, 1986; - ПТЭ, 1987, № 4, с.100.
4. Ушаков В.Я. и др. В кн.: Импульсный разряд в диэлектриках. Новосибирск: Наука, 1985, с.114.
5. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, 13-7792, Дубна, 1974.
6. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-83-453, Дубна, 1983.
7. Глаголева Н.С. и др. ОИЯИ, Р13-7811, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 октября 1987 года.

Аксиненко В.Д. и др.

13-87-773

Система высоковольтного импульсного питания
стримерной камеры спектрометра ГИБС

Приведены результаты разработки и испытаний системы высоковольтного импульсного питания /СВИП/ для стримерной камеры спектрометра ГИБС. СВИП состоит из следующих основных блоков: высоковольтного генератора наносекундных импульсов, источника высокого постоянного напряжения, стойки запуска генератора, аппаратуры контроля параметров камеры, системы газомаслообеспечения и вакуумирования, вспомогательного и противопожарного оборудования. Дано краткое описание каждого из блоков системы. Приведены экспериментальные результаты испытаний СВИП, обеспечивающей надежное /не менее 10^5 срабатываний/ питание стримерной камеры высоковольтными импульсами с параметрами: амплитуда 500 кВ, нестабильность амплитуды /0,5±1,5%/, длительность импульса на полувисоте 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего ≤ 500 нс, нестабильность задержки /2,5±5%/, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Aksinenko V.D. et al.
High Voltage Pulse System for the Streamer Chamber
Supply of GIBS Spectrometer

13-87-773

Results of development and testing of high voltage pulse system HVPS for the streamer chamber supply of the GIBS spectrometer are presented. HVPS consists of the following basic blocks: nanosecond pulse high voltage generator, high voltage charging supply, trigger generator, chamber parameter control devices, gas-oil and vacuuming supply systems, auxiliary and fire-prevention devices. The system blocks are described. Experimental results of HVPS testing are presented. HVPS provides a reliable (10^5 operations) of streamer chamber supply with high voltage pulse parameters: amplitude - 500 kV, amplitude instability (0.5±1.5)%, pulse duration - 12 ns, delay time - 500 ns, delay instability (2.5±5)%, mean frequency of output signals - 0.1 Hz.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987