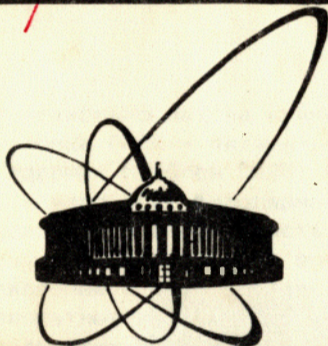


83-143

2974/83



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-83-143

6/6-83

Л.С.Вертоградов, Я.В.Гришкевич, Т.А.Ломтадзе,
В.В.Токмѐнин, Ю.Федорович, Г.А.Шелков

**ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СИСТЕМА
СПЕКТРОМЕТРА РИСК**

Система управления
и стабилизации высоковольтного питания
стримерной камеры

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

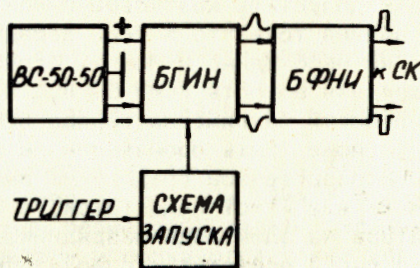
1983

Уже несколько лет на пучке серпуховского ускорителя действует установка РИСК - пятиметровый магнитный спектрометр Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Основой спектрометра является стримерная камера /СК/ биполярной конфигурации /1/.

Надежность и стабильность работы СК определяется в первую очередь стабильностью ее высоковольтной системы. Требования, предъявляемые к этой системе, довольно жесткие: при амплитуде высоковольтных импульсов $\approx +400$ кВ и длительности ~ 20 нс стабильность этих параметров должна быть порядка 1% в течение многосуточной работы установки на ускорителе.

Кроме того, поскольку СК определяет мертвое время спектрометра, от высоковольтной /ВВ/ системы питания требуется достаточно высокое быстродействие /например, до 10 Гц/, чтобы, с одной стороны, повысить скорость набора статистики для процессов, идущих с достаточно большой вероятностью, и, с другой - уменьшить потери редких событий из-за просчетов, возникающих за счет запусков установки реально неизбежными фоновыми событиями.

Рис.1. Блок-схема системы высоковольтного питания стримерной камеры спектрометра РИСК. ВС-50-50 - источник постоянного напряжения; БГИН - биполярный генератор импульсов напряжения; БФНИ - биполярный формирователь наносекундных импульсов.



Блок-схема ВВ системы питания СК приведена на рис.1. Формирование ВВ импульса осуществляется в два этапа - биполярный генератор импульсов напряжения /БГИН/ /2/ типа генератора Аркадьева-Маркса формирует микросекундный импульс с амплитудой $\approx +600$ кВ, а биполярный формирователь наносекундных импульсов БФНИ /3/ типа "Блюмлайн" формирует его по длительности и амплитуде. Поскольку и БГИН, и БФНИ представляют собой эквивалентно емкостные нагрузки, то в этой традиционной блок-схеме формирования ВВ импульсов для питания СК последовательно происходят два зарядных процесса: заряд емкостей БГИН от высоковольтных выпрямителей /ВС/ и заряд емкостей БФНИ импульсами БГИН. Так как емкость БФНИ ≈ 1 нФ меньше зарядной емкости БГИН $\approx 0,6$ мкФ/ на три порядка, то время срабатывания высоковольтной системы в целом определяется временем зарядки БГИН.

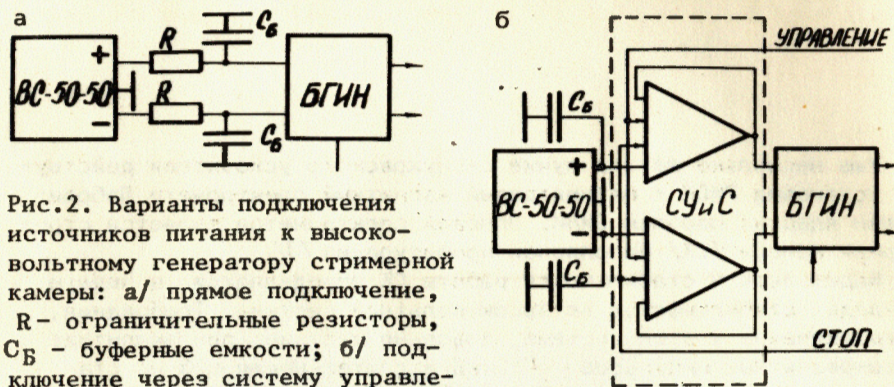


Рис.2. Варианты подключения источников питания к высоковольтному генератору стримерной камеры: а/ прямое подключение, R - ограничительные резисторы, C_B - буферные емкости; б/ подключение через систему управления и стабилизации /СУ и С/ /выделена пунктиром/.

Серийно выпускаемые промышленностью мощные высоковольтные выпрямители BC-50-50 позволяют получать постоянное напряжение до 50 кВ при максимальном значении тока 50 мА. Стабилизация выходного напряжения высоковольтных выпрямителей осуществляется путем стабилизации напряжения сети питания выпрямителя. Если даже допустить кратковременное двойное превышение паспортного значения тока, то в цепь заряда БГИН при рабочем напряжении 30 кВ необходимо включить ограничительное сопротивление $R=300$ кОм. Зарядная емкость БГИН $C \approx 0,6$ мкФ. Для обеспечения требуемой стабильности напряжения заряда БГИН ($\leq 1\%$) следующий запуск генератора может быть произведен не раньше, чем через $\approx 0,9$ с ($5RC$). Непосредственное соединение выпрямителей и БГИН через резистор имеет еще и тот недостаток, что сразу после срабатывания генератора на электроды разрядников БГИН вновь поступает напряжение, что часто приводит к самозапущам, вызванным самопробоем разрядников из-за неполной рекомбинации газа в них после предыдущего срабатывания генератора. Для устранения этого эффекта /4/ было бы желательно на некоторое время после срабатывания БГИН полностью снимать напряжение с разрядников генератора. Очевидно, чтобы повысить быстродействие ВВ системы, надо увеличить мощность источника питания. Используя цикличность работы ускорителя У-70 /сброс пучка в течение ≤ 2 с каждые 9 с/, импульсную мощность источника питания с прежними выпрямителями можно повысить приблизительно в 4 раза путем накопления энергии в буферных емкостях C_B и подключения к ним генератора только на время сброса пучка. При этом простое включение буферной емкости между источником питания и БГИН /рис.2а/ мало что дает, потому что на напряжение на емкости равно напряжению на БГИН и в любом случае после первого срабатывания выпрямитель должен дозарядить всю систему $C_B + C_{БГИН}$ до рабочего напряжения V_p .

С изготовлением электронной системы управления и стабилизации /СУиС/ высоковольтного питания /5/, включаемой между буферной емкостью и генератором /рис.2б/, оказалось возможным решить одновременно несколько задач:

- наиболее экономичным способом повысить быстродействие системы. Буферную емкость можно заряжать теперь до напряжения $V > V_p$, создавая тем самым запас энергии на несколько срабатываний;
- осуществить стабилизацию высоковольтного напряжения V_p по цепи высокого напряжения;
- полностью отключить высоковольтное напряжение, подаваемое на БГИН, в паузах между циклами ускорителя и сразу после предыдущего срабатывания генератора, что повышает ресурс и стабильность работы БГИН;
- быстро блокировать высоковольтную систему в случае каких-либо неполадок с другими узлами спектрометра /потери вакуума в оболочке водородной мишени, расположенной внутри стримерной камеры и т.д./.

Блок-схема системы управления и стабилизации высоковольтного напряжения приведена на рис.3. Питание БГИН осуществляется параллельно по двум кабелям от источников разной полярности /2/.

В качестве основного элемента используются два высоковольтных тетрода ГМИ 32Б-1. Так как катод лампы Л2 и часть электроники управления находятся под полным напряжением высоковольтного источника питания (≤ 40 кВ), питание цепи накала катода Л2 осуществляется через изолирующий трансформатор с масляной изоляцией, а в цепях стабилизации и модуляции применены блоки оптической развязки /БОР/ на базе полупроводникового источника света - светодиода КЛ 107, гибкого световода длиной $\approx 20+40$ см и приемника света - фотодиода SP103.

Делители сигналов ошибок (R_0) собраны из точных $\pm 0,2\%$ резисторов С2-13 и имеют общее сопротивление ≈ 4 МОм. Для повышения надежности работы делителей гирлянды резисторов залиты силиконовым каучуком. Сигналы с этого делителя используются также для контроля за уровнем и стабильностью напряжения, поступающего на БГИН. Эти сигналы преобразуются в цифровой код и записываются в ЭВМ вместе с информацией о событии /6/. Усилители сигналов ошибки /УСО/ выполнены на быстрых компараторах К554СА2 и обеспечивают достаточно хорошую ключевую стабилизацию /не хуже 1% /напряжения питания БГИН. С помощью многооборотных прецизионных переменных резисторов R_p устанавливается рабочее напряжение. Визуальный контроль выходного напряжения осуществляется по киловольтметрам (кВ) С-196 со шкалой 30 кВ. Для ограничения величины тока, протекающего через лампы Л1 и Л2, в цепи заряда генератора включены ограничительные сопротивления $R = 47$ кОм ТВО-60.

Блок управления модулятором /БУМ/ обеспечивает синхронизацию работы системы с ускорителем, а также определяет режим работы системы. Для уменьшения наводок на блоки быстрой электроники

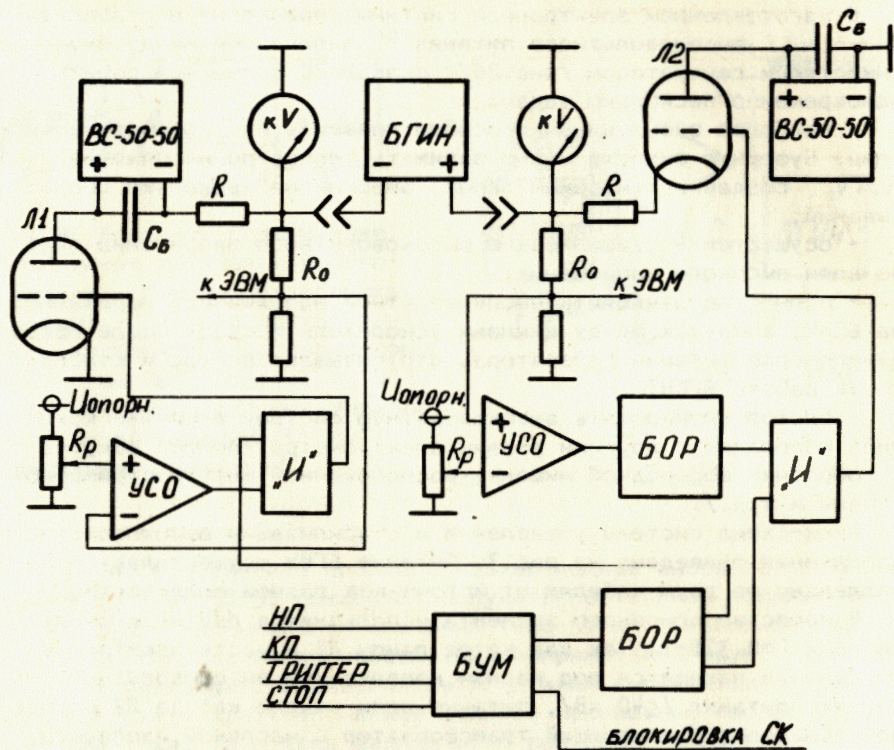


Рис.3. Блок-схема СУиС высоковольтного питания стримерной камеры: БОР - блок оптических развязок; БУМ - блок управления модулятором; кV - киловольтметр; Л1, Л2 - тетроды ГМИ32Б-1; R - ограничительные резисторы; R_p - резистор установки рабочего напряжения; R_o - высокоомный делитель сигнала ошибки; C_b - буферные емкости; УСО - усилитель сигнала ошибки.

спектрометра от высоковольтных цепей, а также для повышения безопасности БУМ гальванически развязан с остальными узлами системы управления.

Система управления и стабилизации включает в себя блок автоматического включения и блокировок, обеспечивающий правильный порядок включения и отключения отдельных узлов системы, а также необходимый уровень безопасности при работе с высоким напряжением.

На рис.4 приведена временная диаграмма работы системы управления и стабилизации. Сигналом синхроимпульса от ускорителя /2/, НП на рис.3, приходящим за $\approx 0,3$ с до появления пучка частиц /1/ на спектрометре, схема управления "открывает" лампы Л1

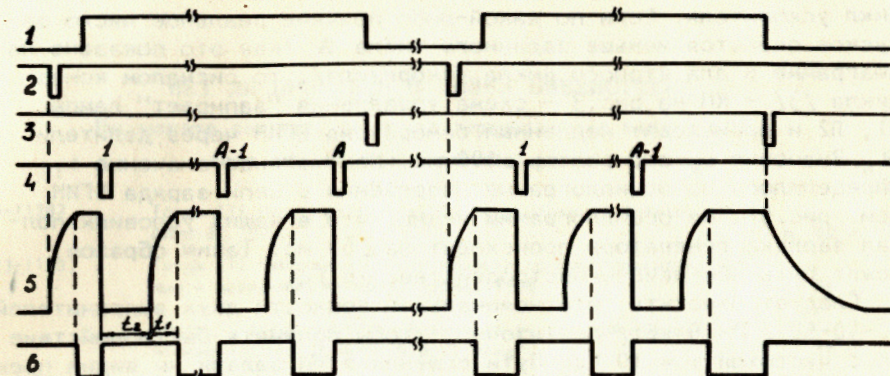


Рис.4. Временная диаграмма работы СУиС: 1 - цикл интенсивности пучка частиц ускорителя; 2,3 - синхронизирующие сигналы начала и конца циклов ускорителя; 4 - сигналы запуска стримерной камеры; 5 - напряжение на выходе СУиС /положительная полярность/; 6 - сигналы управления блокировкой запуска стримерной камеры.

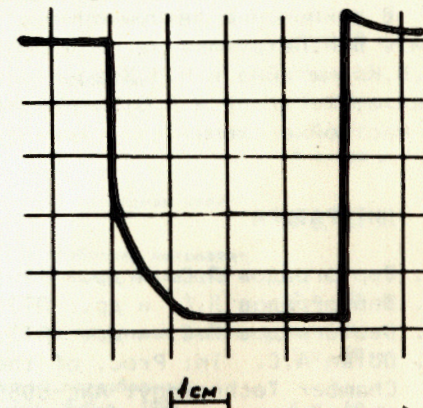


Рис.5. Осциллограмма напряжения в цепи заряда БГИН /для отрицательного напряжения/. Шкала по вертикали - 5 кВ/см; шкала по горизонтали - 50 мс/см.

и Л2, и происходит заряд БГИН /5/. Через временной интервал t_1 , длительность которого задается блоком управления модулятором и соответствует времени полной зарядки емкостей БГИН, на выходе схемы управления появляется сигнал /6/, который поступает на схему блокировки, разрешая запуск спектрометра. После срабатывания СК сигнал /6/ пропадает, запуск СК блокируется, а напряжение на БГИН не подается в течение времени t_2 , необходимого для деионизации газа в разрядниках. Длительность этого интервала также устанавливается блоком управления модулятором. Затем вновь происходит зарядка генератора за время t_1 , и появляется сигнал разблокировки /6/, разрешающий следующее срабатывание СК. Этот процесс может повторяться заданное число раз (A) за

цикл ускорителя. Если по какой-либо причине реальное число запусков окажется меньше заданного числа A /как это показано на диаграмме 5 для второго цикла ускорителя/, то сигналом конца цикла /3/ - КП на рис.3 - схема управления "запирает" лампы Л1, Л2 и происходит медленный саморазряд БГИН через делители R_0 . Значение t_2 выбиралось ≥ 100 мс. Минимальное значение t_1 определялось по осциллограмме напряжения в цепи заряда БГИН /см. рис.5/. Из осциллограммы видно, что в наших условиях полная зарядка генератора происходит за ≈ 60 мс. Таким образом, может быть обеспечено быстроедействие ~ 6 Гц.

Следует отметить, что номинальной мощности двух выпрямителей ВС-50-50 / $P=5$ кВт/ достаточно, чтобы получить быстроедействие СК с частотой $\nu = 10$ Гц. Пути решения этой задачи мы видим прежде всего в уменьшении периода зарядки БГИН $\Delta t = t_1 + t_2$, увеличении напряжения U' , а также в увеличении буферной емкости.

Работа схемы управления и стабилизации проверялась в ходе многосуточных сеансов работы спектрометра на ускорителе. При этом, по данным ЭВМ, схема обеспечивала стабильность питания БГИН на уровне $\pm 0,5\%$ в течение ≈ 2000 часов непрерывной работы.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить В.И.Петрухина за поддержку и интерес к работе, З.Цисека, З.В.Крумштейна и Н.Н.Хованского за ценные консультации, Д.Альбрехта, З.Салапу и А.В.Банникова за помощь при изготовлении и настройке схемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертоградов Л.С. и др. ПТЭ, 1981, № 4, с.32.
2. Вертоградов Л.С. и др. ПТЭ, 1978, № 3, с.27.
3. Вертоградов Л.С. и др. ПТЭ, 1978, № 3, с.31.
4. Odian A.C. In: Proc. of the First Int. Conf. on Streamer Chamber Technology. ANL-8055, 1972, p.56.
5. Fuja R.E., Dawson J.W. ANL-8055, 1972, p.135.
6. Горбунов Н.В. и др. ОИЯИ, P13-80-88, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 марта 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

P13-83-143

Вертоградов Л.С. и др.
Высоковольтная система спектрометра РИСК.
Система управления и стабилизации высоковольтного питания стримерной камеры

Описывается устройство зарядки биполярного генератора импульсов напряжения типа генератора Аркадьева-Маркса в системе высоковольтного питания стримерной камеры спектрометра РИСК. Приведена блок-схема и временная диаграмма работы устройства. Параметры устройства: выходное напряжение - в пределах $\pm 5 \pm 30$ кВ; стабилизация выходного напряжения не хуже 0,5%; минимальное время заряда - 50 мс. Рассмотрены возможные пути повышения быстродействия системы.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

P13-83-143

Vertogradov L.S. et al.
The RISK Spectrometer High Voltage System.
Control and Stabilization System of Streamer Chamber High Voltage Supply

The charge supply system for a bipolar impulse generator of the Arkadiev-Marx type is described. It is part of the high voltage system for the streamer chamber spectrometer RISK. The block scheme and the time diagram are presented. The parameters of the system are: the voltage supplied can be held within the limits (5 ± 30) kV, the output voltage is stable within the 0.5%, the time minimum of charging equals 50 ms. Possibilities of increasing quick operation of the system are considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.