

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



M-181

10/11-75
P13 - 8365

514/2-75

А.И.Малахов, М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
СТАБИЛЬНОСТИ И КАЛИБРОВКИ
МНОГОКАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P13 - 8365

А.И.Малахов, М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ОТНОСИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
СТАБИЛЬНОСТИ И КАЛИБРОВКИ
МНОГОКАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА

Направлено в ПТЭ

1. ВВЕДЕНИЕ

При длительной эксплуатации черенковских γ -спектрометров /1-3/ одной из важнейших задач является эффективный контроль стабильности коэффициентов усиления спектрометрических каналов установки.

Обычно для этой цели используются световые вспышки постоянной амплитуды, возникающие в кристалле иодистого цезия или натрия при облучении последних моноэнергетическими частицами /например, ^{241}Am /2-4/. Однако этот метод контроля не позволяет учитывать изменения, которые происходят со временем в самих кристаллах в результате влияния различных факторов, ухудшающих световой выход кристалла, нарушения оптических контактов и т.д.

Указанный недостаток в значительной степени можно устранить путем применения, наряду с $\text{NaJ} + \alpha$ -световыми генераторами, светового генератора, позволяющего с помощью системы световодов одновременно экспонировать большое число детекторов от одного импульсного источника света /5/.

2. КОНСТРУКЦИЯ

Источником света /рис. 1/ служит искра, возникающая в воздушном промежутке искрового разрядника.

Электроды разрядника выполнены из молибденовых стержней диаметром 1,5 мм, закругленных на торцах со стороны искрового промежутка, зазор между электродами

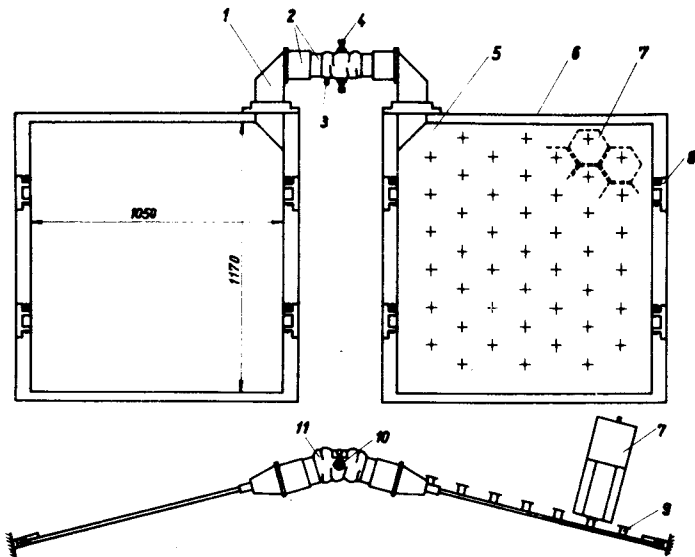


Рис. 1. Общий вид системы калибровки и контроля стабильности. 1 - световод, 2 -двигающиеся трубки, 3 - разъем для подачи импульса на разрядник, 4 - винты регулировки зазора разрядника, 5 - пластина из органического стекла, 6 - кожух годоскопа, 7 - модуль спектрометра, 8 - кронштейны крепления пластины, 9 - цилиндрический световод, 10 - электрод разрядника.

регулируется в пределах десятых долей миллиметра с помощью двух микрометрических винтов /рис. 2/.

На искровой разрядник подается высоковольтный импульс $2\div 4$ кВ длительностью 200 нсек, формируемый RC -цепочкой и коммутатором на тиратроне ТГИ1-130/10 /рис. 3/.

Тиратрон запускается от электронной схемы с частотой 100 Гц. Разрядный промежуток расположен в фокусах двух линз диаметром 100 мм и с фокусным расстоянием 100 мм /рис. 2/.

Свет от искры, пройдя через линзы, распространяется параллельным пучком и попадает в световоды из органического стекла, в которых световой поток поворачивается на 90° и вводится в две одинаковые пластины из

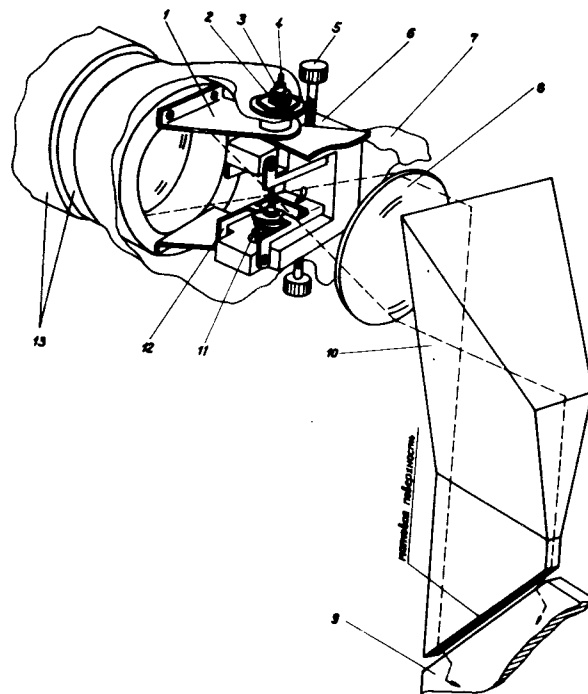


Рис. 2. Конструкция разрядника и системы ввода в пластину света. 1 - кронштейн, 2 - ось вращения, 3 - эбонитовый изолятор, 4 - молибденовый электрод, 5 - регулировочный винт, 6 - корпус разрядника, 7 - светоизоляция, 8 - линза, 9 - пластина из оргстекла, 10 - световод, 11 - пружина, 12 - рычаг, 13 -двигающиеся трубки.

листового органического стекла размерами $1050 \times 1170 \times 8$ мм³.

Чтобы получить лучшую равномерность освещения пластин, свет вводится в них через угловой срез /угол среза 45° , длина - 100 мм/, поверхность которого сделана матовой.

Свет из пластин подводится к модулям черенковского гамма-спектрометра с помощью цилиндрических световодов из органического стекла диаметром 20 мм и высотой 30 мм.

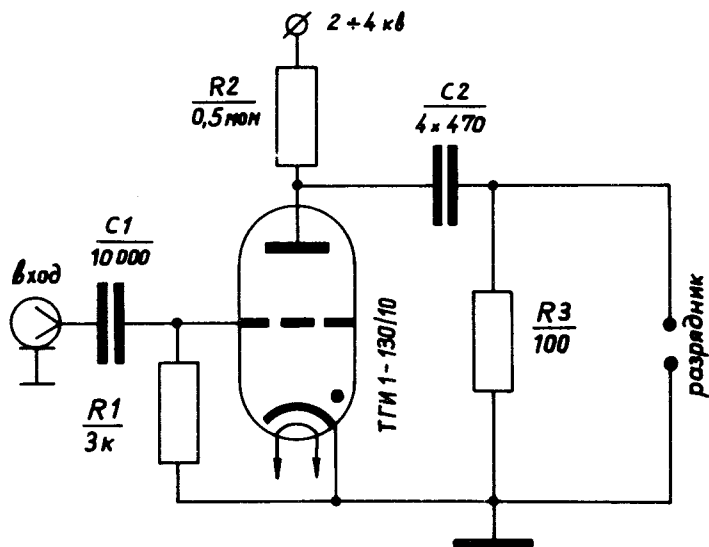


Рис. 3. Схема высоковольтного питания разрядника.

Поверхность пластин, расположенных напротив цилиндрических световодов, сделана матовой.

В качестве отражателей для световодов используется фольга, а для пластин - белая чертежная бумага. Все элементы системы тщательно светоизолированы.

3. ПАРАМЕТРЫ

С помощью одного гамма-спектрометра были проведены измерения величин амплитуд импульсов от световых вспышек во всех рабочих точках пластины.

На рис. 4 приведены результаты измерений. Как видно из рисунка, амплитуды в различных точках пластины отличаются не более чем в 4 раза. С помощью диафрагм амплитуды были подобраны одинаковыми по величине во всех точках.

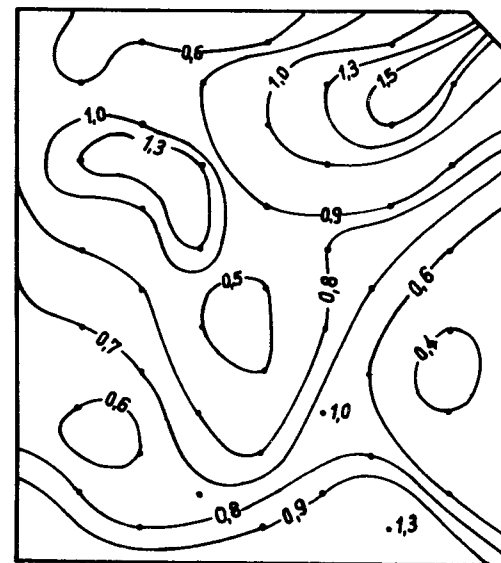


Рис. 4. Распределение амплитуд световых вспышек в пластине /численные значения в вольтах/.

На рис. 5а приводится форма импульса с ФЭУ-49, полученная с помощью данного устройства /кривая 3/. Для сравнения приведены формы импульсов от радиоактивного источника с кристаллом иодистого натрия /кривая 1/ и от черенковского света электронов с энергией 4 ГэВ /кривая 2/.

Из рисунка видно, что форма импульса от искры близка к форме импульса от электронов.

Амплитудные спектры от NaJ + а -источника и от искры показаны на рис. 5б. Амплитудное разрешение /полная ширина на полувысоте/ для последних составляет 50% и, в основном, обусловлено флуктуациями количества света в искре.

Максимум спектра от искрового генератора эквивалентен по количеству света электронам с энергией 7 ГэВ.

Достоинством системы является то, что она позволяет в широких пределах регулировать амплитуду све-

товой вспышки с помощью диафрагм и изменения напряжения на разряднике /от 0 до 10 ГэВ/ *.

Система изготовлена с таким расчетом, чтобы ее можно было использовать в экспериментах с различной геометрией.

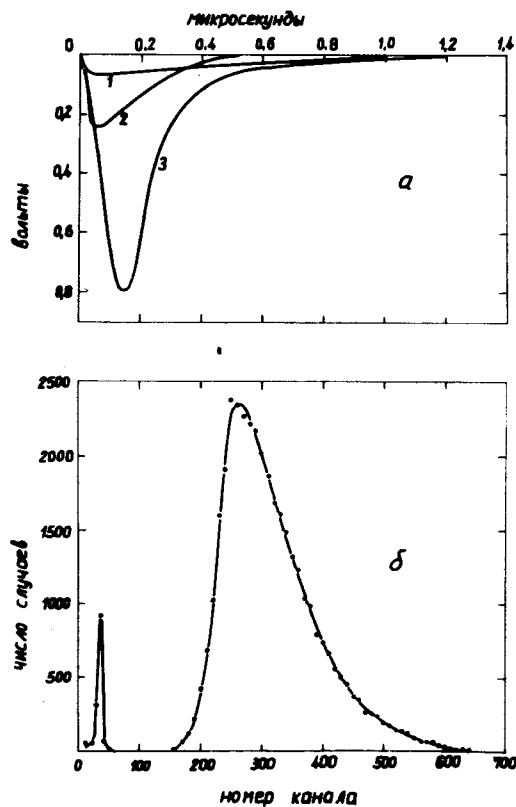


Рис. 5. а/ Формы импульсов от альфа-источника с кристаллом иодистого натрия /1/, от электронов с энергией 4 ГэВ /2/ и от системы, описанной в данной работе /3/. б/ Амплитудные спектры от альфа-источника с кристаллом иодистого натрия /слева/ и от системы калибровки.

* Увеличением зазора между электродами разрядника можно получить амплитуду световой вспышки значительно больших эквивалентных энергий.

Это достигается возможностью изменения угла между двумя плечами системы / ось вращения и ось разрядника совпадают /см. рис. 2//. Подвижная часть устройства светоизолирована с помощью черной полихлорвиниловой ленты.

Конструкция устройства позволяет также менять длину плеча за счет того, что участок между линзами и световодами выполнен из двух трубок, вдвигающихся одна в другую.

Так как участок за линзами свет проходит в виде параллельного пучка, то изменение длины этого участка практически не отражается на величине амплитуды сигнала.

Система была проверена на устойчивость работы во времени. Измерения показали, что разрядник в течение нескольких часов непрерывной работы практически не меняет своих характеристик.

4. КОНТРОЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ

Описанная система позволяет осуществлять относительный контроль стабильности параметров черенковских гамма-спектрометров и каналов спектрометрической электроники.

В процессе контроля вычисляются отношения амплитуд всех спектрометров к амплитуде центрального спектрометра.

$$K_i(t) = \frac{A_i^c(t)}{A_k^c(t)}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, 90, \quad /1/$$

где $A_i^c(t)$ и $A_k^c(t)$ - амплитуды импульсов с i -го и k -го спектрометров соответственно в момент времени t .

Множественно измеряя $K_i(t)$ в интервале времени Δt , можно с высокой точностью получить отношения амплитуд импульсов спектрометров.

Обозначим через $K_i^n(t)$ - n -ное измерение $K_i(t)$ в интервале времени Δt , где $n=1, 2, \dots, N$. N - полное число измерений величины $K_i(t)$ в интервале времени Δt .

Тогда среднее значение величины $K_i^n(t)$ равно

$$\bar{K}_i(t) = \frac{\sum_{n=1}^N K_i^n(t)}{N} \quad /2/$$

На рис. 6 приведено распределение величины K_i , измеренное для двух спектрометров с помощью ЭВМ, работающей "на линии" ($N=12770$). Ширина распределения для $K_i(t)$ /полная ширина на полувысоте/ составляет 9% и, в основном, обусловлена флуктуациями числа фотоэлектронов фотоумножителей, а также флуктуациями коэффициентов усиления электронных каналов.

Имеется ряд причин, которые могут в процессе эксперимента привести к изменению коэффициента усиления спектрометрических каналов:

- 1/ колебания температуры окружающей среды;
- 2/ нестабильность напряжения питания фотоумножителей и электронных блоков;

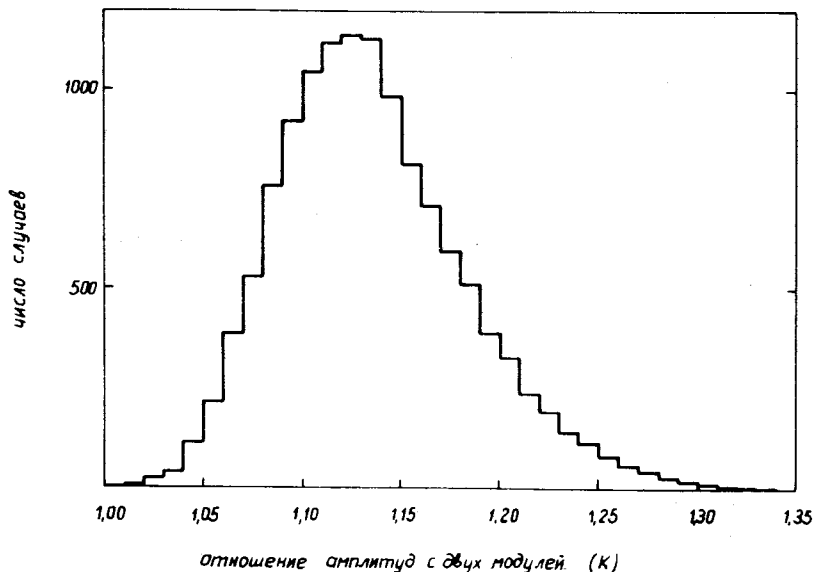


Рис. 6. Распределение отношения амплитуд сигналов от системы для двух модулей черенковского гамма-спектрометра.

3/ изменения со временем характеристик фотоумножителей;

4/ нарушение оптического контакта между фотоумножителями и радиаторами спектрометров;

5/ помутнение радиаторов в результате радиоактивного облучения и т.д.

Указанные факторы делают необходимым введение соответствующих поправок в амплитуду $A_i(t)$.

Поправленное значение $A_i'(t)$ определяется следующим образом:

$$A_i'(t) = A_i(t) \frac{\bar{K}_i(0)}{\bar{K}_i(t)} \quad /3/$$

При относительной ошибке в измерении $A_i(t)$, равной 0,5%, относительная ошибка величины $A_i'(t)$, полученная по формуле /3/, равна 1,1%.

5. КАЛИБРОВКА СПЕКТРОМЕТРА

Описанная выше система контроля позволяет наряду с относительной калибровкой производить также абсолютную калибровку гамма-спектрометров. Перед началом рабочих измерений проводится абсолютная калибровка всех модулей спектрометров на пучке электронов известной энергии.

В результате этой калибровки в энергетических единицах определяется цена канала каждого спектрометрического тракта.

Калибровка проводится на специальной ферме, позволяющей установить любой модуль спектрометра на пучок электронов.

Амплитуде импульса от электронов с энергией E соответствует M_i^E канал спектрометрического тракта i -го модуля спектрометра и M_k^E канал в тракте K -го модуля спектрометра.

Обозначим через η_i отношение M_i^E к M_k^E :

$$\eta_i = \frac{M_i^E}{M_k^E} . \quad /4/$$

Коэффициенты η_i определяются калибровкой модулей на пучке электронов известной энергии.

Зная η_i и измеряя с помощью системы контроля стабильности $\bar{K}_i(0)$ во время калибровки, затем, в любой момент времени t , можно осуществить абсолютную калибровку всех модулей спектрометра.

Для этой цели пучок электронов известной энергии отклоняется поворотным магнитом в один из гамма-спектрометров /К-ый модуль/, и с помощью соотношения

$$N_i^E = \frac{\bar{K}_i(0)}{\bar{K}_i(t)} \eta_i N_k^E \quad /5/$$

определяется цена канала всех остальных 89 спектретрических трактов. Здесь N_k^E - число каналов для К-го модуля, соответствующее электронам с энергией E , а N_i^E - число каналов i -го модуля, соответствующее той же энергии электронов.

Относительная ошибка величины N_i^E , вычисленная по формуле /5/ для $\Delta A_i / A_i = 0,5\%$, равна $1,75\%$.

Авторы выражают благодарность Р.Г.Аствацатурову и В.А.Крамаренко за ряд ценных обсуждений, С.Г.Басиладзе и А.Н.Парфенову за помощь в изготовлении электронных схем, В.А.Смирнову, любезно предоставившему программу обработки данных на ЭВМ, и К.Гурач, внесшей большой вклад в изготовление системы.

Литература

1. Р.Г.Аствацатуров, В.И.Иванов, Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, Б.А.Кулаков, Г.Л.Мелкумов, А.И.Малахов,

М.С.Хвастунов, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, P1-7309, Дубна, 1973.

2. M.N.Khachaturyan et al. Nucl.Instr. and Meth., 51B, No. 2, 309-314 (1967).

3. В.А.Крамаренко, М.Н.Хачатурян. Препринт ОИЯИ, 13-6088, Дубна, 1971.

4. Нго Куок Выу, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов, М.Н.Хачатурян, М.С.Хвастунов. Препринт ОИЯИ, 13-7673, Дубна, 1974.

5. J.S.Beale, F.W.Büsser, L.Camilleri et al. 1973 Intern. Conf. on Instrumentation for High Energy Physics, Frascati, Italy, p. 415 (1973).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 ноября 1974 года.