



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 97-60

ОЭФ

А.Н. Васильев, Ю.М. Гончаренко, О.А. Грачев, В.А. Кормилицын,
В.А. Медведев, Л.Ф. Соловьев, Б.В. Чуйко

**КОНТРОЛЬ ЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ШКАЛОЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА**

Протвино 1997

Аннотация

Васильев А.Н., Гончаренко Ю.М., Грачев О.А. и др. Контроль за энергетической шкалой электромагнитного калориметра: Препринт ИФВЭ 97-60. – Протвино, 1997. – 6 с., 5 рис., библиогр.: 4.

В работе представлены техническое описание и результаты испытаний на пучке частиц системы контроля стабильности светодиодов, используемых для мониторинга энергетической шкалы гамма-спектрометра.

Abstract

Vasil'ev A.N., Goncharenko Yu.M., Grachev O.A. et al. Energy Scale Monitoring of Electromagnetic Calorimeter: IHEP Preprint 97-60. – Protvino, 1997. – p. 6, figs. 5, refs.: 4.

Specification details and results of beam tests of the system monitoring LEDs are presented.

Введение

В экспериментах по измерению односпиновой асимметрии на поляризованных мишенях с небольшой долей поляризованных протонов к стабильности энергетической шкалы детектора предъявляются повышенные требования. Это следует из того обстоятельства, что эффект асимметрии определяется по разности нормированных дифференциальных сечений исследуемой инклюзивной реакции при двух знаках поляризации мишени:

$$a_p(x_F, p_T) \propto (d\sigma^+ - d\sigma^-)/(d\sigma^+ + d\sigma^-).$$

Из этого выражения следует, что “плавание” энергетической шкалы вносит в результаты измерений дополнительную “ложную” асимметрию из-за того, что сечения инклюзивных реакций имеют сильную зависимость от поперечного импульса p_T регистрируемой частицы:

$$d\sigma \propto \exp(-\alpha \cdot p_T).$$

Допустим, что при двух знаках поляризации (на двух наборах данных) имеется систематическое смещение энергетической шкалы на 0,5%. Это приводит к ошибкам в определении сечения (при значении $\alpha \simeq 4 \text{ (ГэВ/с)}^{-1}$, соответствующем образованию частиц под 90° в с.ц.м.) от 2 до 4% и соответственно к ложной асимметрии на 1-2% при изменении поперечных импульсов p_T от 1 до 2 ГэВ/с. С учетом фактора “разбавления” поляризованных протонов неполяризованными ядрами мишени и с учетом величины поляризации мишени мы получим “ложную” асимметрию 10-20%, сравнимую с величинами самих измеряемых эффектов. Определяя порог для значения “ложной” асимметрии, дающей вклад в систематическую ошибку измерений (скажем, на уровне 4% при $p_T = 2 \text{ ГэВ/с}$), мы задаем точность контроля энергетической шкалы ($1 \cdot 10^{-3}$). Поэтому прецизионный контроль за стабильностью энергетической шкалы детектора в такого рода экспериментах имеет принципиальное значение.

1. Описание системы контроля с помощью светодиодов

Для регистрации γ -квантов от распада π^0 -мезонов в эксперименте на установке ПРОЗА-М использовался γ -спектрометр полного поглощения типа ГАМС [1]. Черенковское излучение в счетчиках из свинцового стекла регистрировалось ФЭУ, расположенными на торцах счетчиков, и затем сигналы поступали на амплитудно-цифровые преобразователи (АЦП).

Мониторирование с помощью светодиодов (LED) проводилось следующим образом. Весь детектор из 480 счетчиков был разбит на четыре секции, и каждая секция засвечивалась своим светодиодом (зеленым). Калиброванный световой импульс с помощью оптических волокон подавался на все счетчики соответствующей секции. Для поджига светодиодов использовался специальный генератор. Амплитуда выходных импульсов генератора определялась источником опорного напряжения, устранявшим нестабильность световыхода при изменении питающих напряжений генератора. Амплитуда сигнала светодиода составляла 100-160 мВ, длительность задавалась воротами шириной 100 нс.

Система мониторинга позволяла контролировать весь тракт прохождения сигналов, принимаемых от каждого счетчика детектора: прозрачность и отражательную способность света в счетчиках, эффективность оптического контакта стекло-ФЭУ, усиление ФЭУ, неоднородность оптического волокна, нестабильность цепи — усилители, формирователи, АЦП.

На стабильность амплитуды сигнала светодиода, составляющую в среднем 10^{-2} , влияла также температура окружающей среды — $\sim 10^{-2}$ на 1°C . Кроме того, наблюдалось скачкообразное уменьшение амплитуды сигнала от светодиода (около 10%) за достаточно короткое время в промежутке между двумя стабильными режимами его работы [2]. Для получения требуемой в эксперименте точности контроля за стабильностью энергетической шкалы нашего спектрометра была разработана система мониторинга самих светодиодов.

2. Мониторирование светодиодов

Для контроля стабильности четырех светодиодов были установлены два контрольных ФЭУ с размещенными на их поверхности кристаллами ортоалюмината иттрия с α -источником $\text{YAlO}_3 : \text{Ce}$. С каждого из четырех светодиодов были заведены светопроводящие волокна на каждый контрольный ФЭУ. Спектральный пик характеристики зеленых светодиодов находился в диапазоне 550 нм, α -источника — 350-380 нм [3], ФЭУ-84 — 420-480 нм (см.рис.1).

Схема LED драйвера показана на рис.2. Сам драйвер поджига LED выполнен на трех полевых транзисторах КП907А (V1, V2, V3), соединенных параллельно по схеме с общим истоком. Амплитуда сигнала на светодиоде определяется напряжением на стоке полевых транзисторов повторителя и сопротивлением каналов этих транзисторов, так как они работают в режиме насыщения канала. Таким образом, изменяя величину напряжения на стоке, можно легко компенсировать температур-

ный уход LED. Напряжение, задающее амплитуду выходного импульса драйвера LED, формируется ОУ и определяется величиной опорного напряжения U_0 , подаваемого на отрицательный вход ОУ, а величина температурной компенсации изменения световыхода LED определяется отношением R_t/R (см.рис.3).

Рис. 1. Спектры излучения ортоалюмината иттрия с α -источником $YAlO_3:Ce$ [3] — (1); зеленого светодиода — (3); спектральная чувствительность ФЭУ-84-3 — (2).

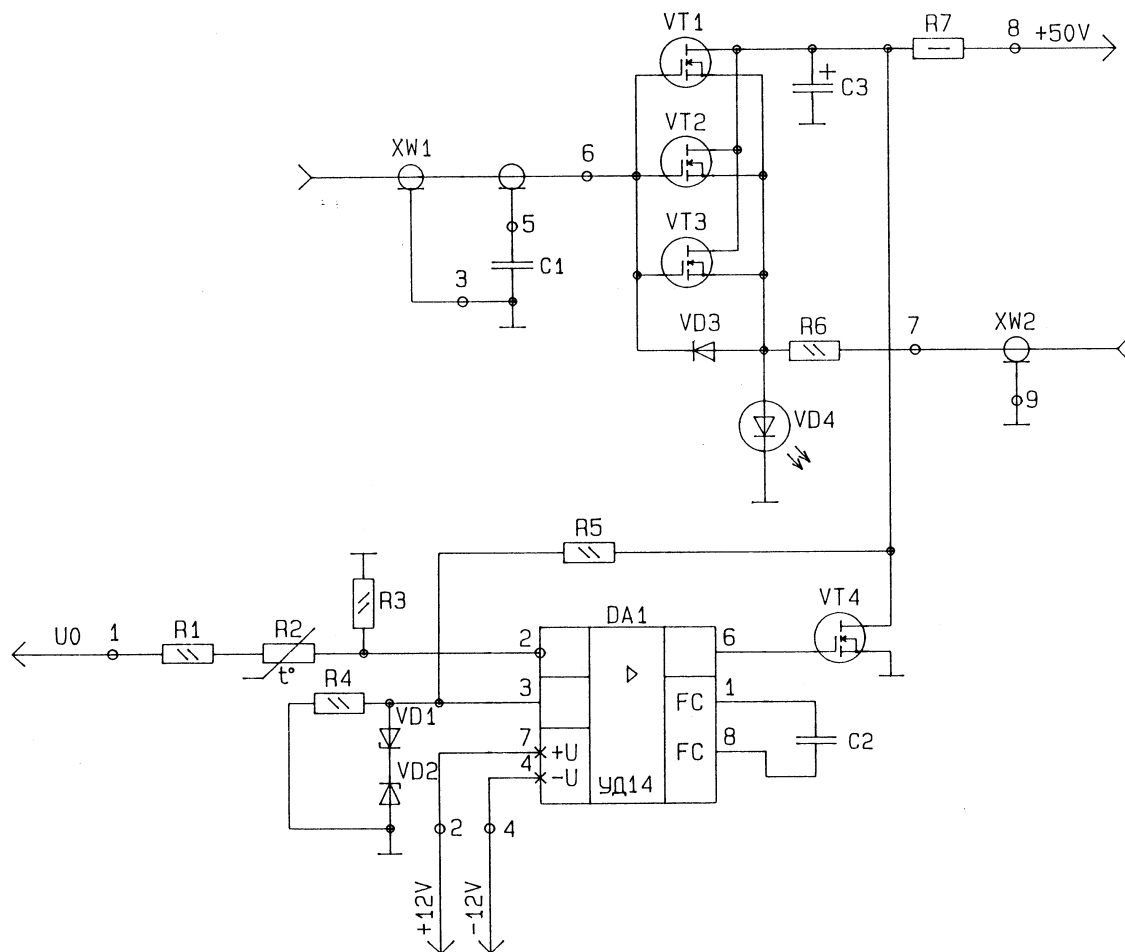
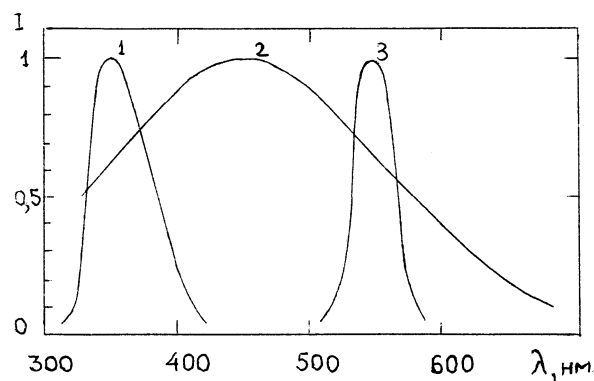


Рис. 2. Мониторная система.

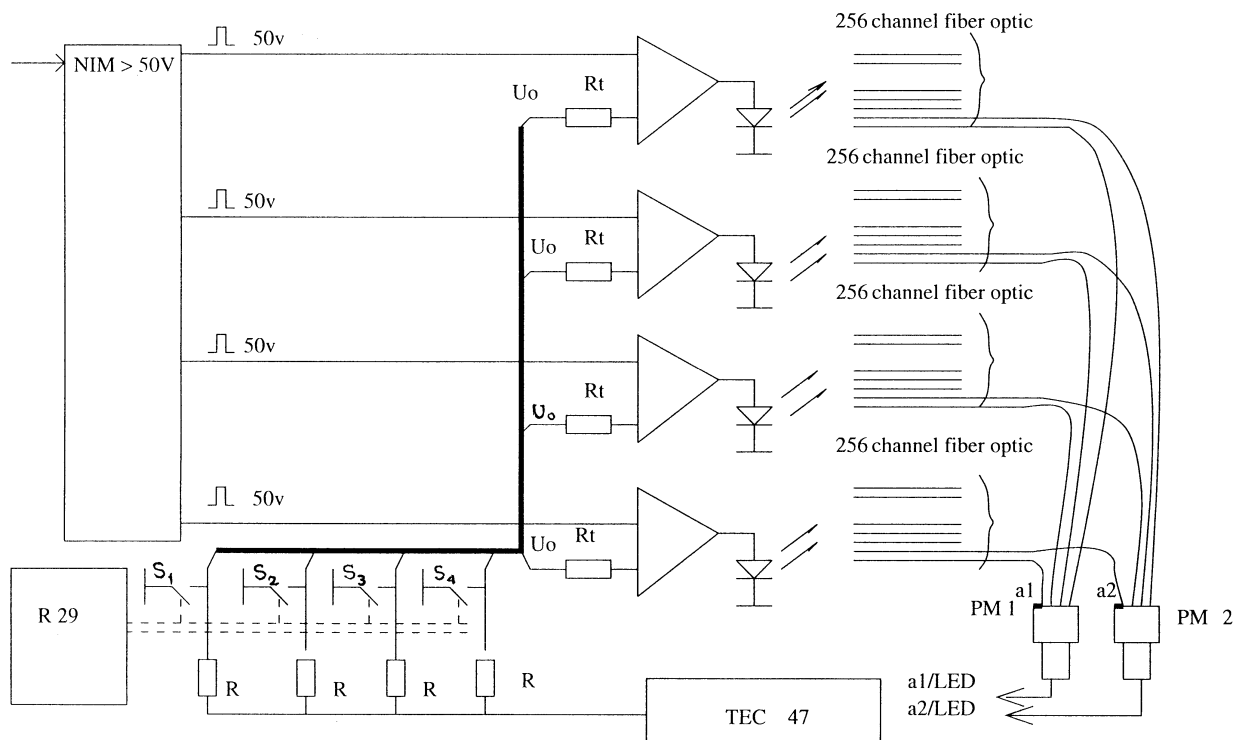


Рис. 3. Схема функциональная.

Измерение проводилось при последовательном включении каждого из четырех электронных переключателей S_1 - S_4 в паузе между сбросами ускорителя У-70. Управление электронным переключателем осуществлялось от компьютера через блок Р29, выполненный в стандарте СУММА. В качестве опорного источника был использован лабораторный источник ТЭС-47.

В течение всего физического сеанса в марте 1996 года снимались 8 характеристик, соответствующих отношению сигнала от α -источника к сигналу светодиода. Время измерения каждой точки определялось активностью α -источника и требуемой статистической точностью (10^{-3}) и составляло примерно 60 минут. Усредненный по 8 распределениям спектр показан на рис.4.

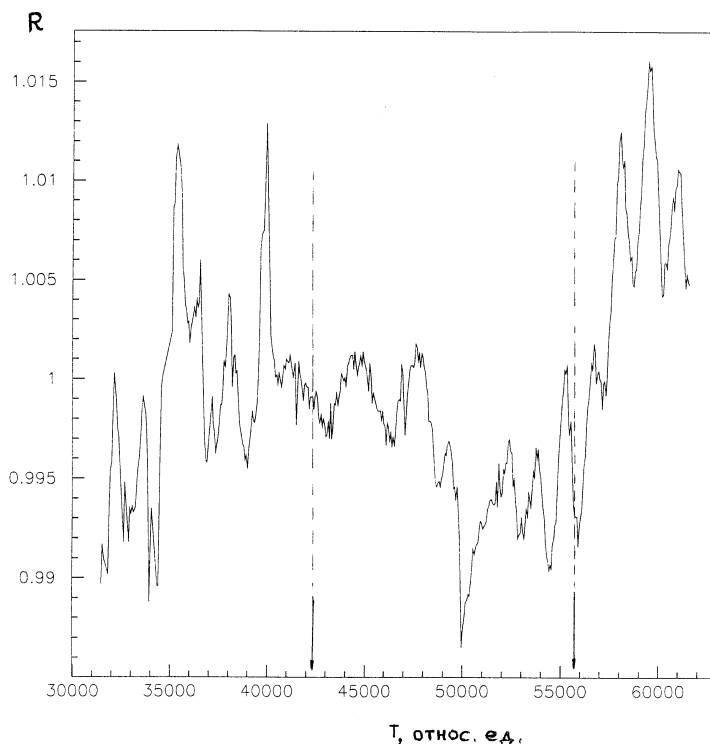
Описанная выше система мониторинга электронных трактов счетчиков калориметра вместе с мониторингом самих светодиодов надежно отработала в течение месяца в физическом сеансе на ускорителе У-70.

3. Анализ мониторинговых данных

Анализ мониторинговых данных проводился следующим образом. За 10 суток работы на поляризованной мишени было набрано около 250 экспозиций, каждая из которых длилась около 45 минут. Для каждой экспозиции мы поправили энергию всех γ -квантов, зарегистрированных калориметром и восстановленных программой реконструкции, на один коэффициент, взятый из данных по мониторингованию (см.рис.4).

За время работы разность максимального и минимального коэффициентов составила 1,5%, что соответствует изменению сечения, например при $p_T = 2$ ГэВ/с, на $\sim 13\%$.

Рис. 4. Временная характеристика отношения сигнала от α -источника к сигналу светодиода, полученная усреднением 8 распределений (временной интервал представлен в условных единицах). Стрелками показан интервал времени, в течение которого проводился набор физических данных.



На рис.5 показано распределение по среднему значению массы π^0 при $p_T = 1,6$ ГэВ/с во всех экспозициях до использования данных мониторинга и после использования (пунктирные и сплошные линии соответственно). Средние значения массы в этих двух распределениях равны соответственно 134,4 и 134,9 МэВ/с².

Температурная нестабильность амплитуды сигналов самого источника ортоалюмината иттрия составляет около $4 \cdot 10^{-3}$ на 1°C [4], а статистическая точность за час работы — 10^{-3} . В данной работе температура не контролировалась. В течение десяти дней работы систематические ошибки, вызванные температурной нестабильностью источника, могли заметно превысить доволь-

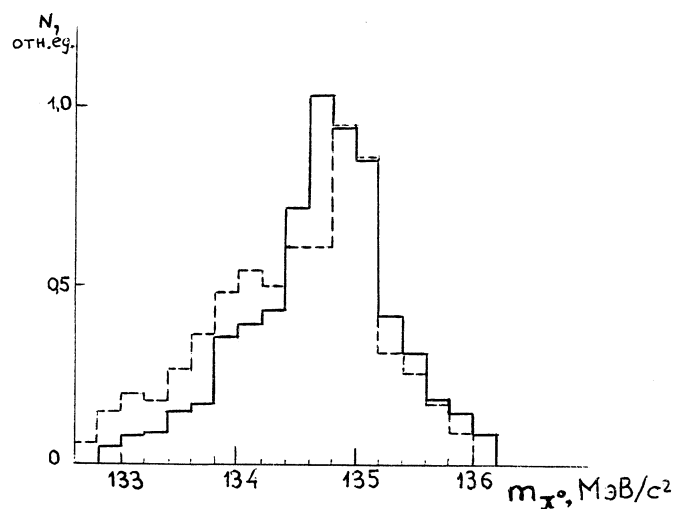


Рис. 5. Распределение по среднему значению массы π^0 -мезона в экспозиции без использования данных мониторинга светодиодов (пунктир) и с их использованием (сплошная линия).

но хорошую статистическую точность описанного в данной статье метода контроля энергетической шкалы детектора. Проведенные исследования показали, что первоочередной задачей теперь являются обязательный температурный контроль системы мониторинга и, возможно, термостабилизация источника алюмината иттрия.

Заметим, что в отсутствие описанной в работе системы мониторинга поправка энергетической шкалы могла бы осуществляться перекалибровкой на табличное значение массы. Однако система мониторинга, описанная в работе, позволяет нам достигать статистической точности контроля 10^{-3} за один час реального времени, в то время как используя перекалибровку на массу, той же точности можно достигнуть только за 10 часов работы на пучке.

Заключение

В работе описана система мониторинга светодиодов, которая позволяет контролировать стабильность энергетической шкалы калориметра из свинцового стекла со статистической точностью порядка 10^{-3} за один час работы на ускорителе. При этом крайне важно уменьшить систематические ошибки, связанные с температурной нестабильностью системы. Как минимум, необходим температурный контроль источника ортоалюмината иттрия с его термостабилизацией.

Данная работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 97-02-16010).

Список литературы

- [1] G.A.Akopdjanov et al. // Nucl. Instr.& Meth. 1977, v.140, p.441;
F.Binon et al. // Nucl. Instr.& Meth. 1981, v.188, p.507.
- [2] D.Autiero et al. — Nucl. Instr.& Meth., A372, 1996, p.556.
- [3] V.Baryshevskij et al. — Nucl. Instr.& Meth. 1951, B58, p.291.
- [4] V.A.Kachanov et al. // Nucl. Instr.& Meth. 1992, A314 p.215-218.

Рукопись поступила 22 сентября 1997 г.

Васильев А.Н., Гончаренко Ю.М., Грачев О.А. и др.
Контроль за энергетической шкалой электромагнитного калориметра.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .
Редактор Н.В.Ежела. Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 22. 09. 97 г. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.
Печ.л. 0,75. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 150. Заказ 1133. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

