

P13-2003-198

В. М. Абазов, Г. Д. Алексеев, В. А. Антюхов,
Н. И. Журавлев, А. М. Калинин, В. А. Калининков,
Е. В. Комиссаров, Н. П. Кравчук, Н. А. Кучинский,
В. Л. Малышев, С. И. Мерзляков, А. А. Стахин,
В. В. Токменин, Н. В. Хомутов

СТЕНДЫ ИСПЫТАНИЯ МИНИ-ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1. Введение

В ОИЯИ в рамках сотрудничества с Фермилаб (Батавия, США) [1] в 1998 году было развернуто и к концу 1999 года завершено массовое производство и испытание детекторов передней мюонной системы (FAMUS) обновленной установки D0 (Фермилаб) – мини-дрейфовых трубок (МДТ) [2]. Детекторы являются модификацией хорошо известных в экспериментальной физике высоких энергий трубок Иароччи [3]. Всего было изготовлено около 7000 трубок, длина которых варьируется от 1 до 6 м. После завершения производства трубок для эксперимента D0 было произведено и испытано таким же образом около 1500 трубок (длиной от 1,7 до 5 м) для мюонной системы (MW1) эксперимента COMPASS (ЦЕРН) [4].

Мини-дрейфовая трубка представляет собой тонкостенный (0,6 мм) алюминиевый профиль с восемью ячейками, открытыми сверху (рис.1).

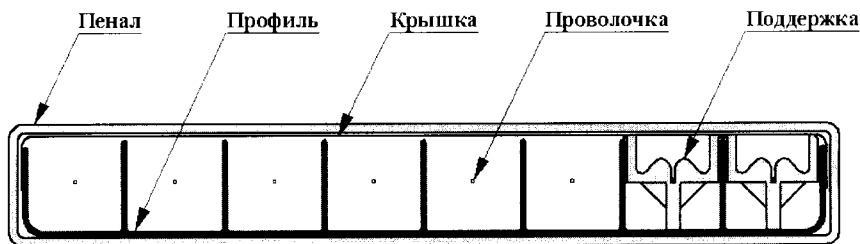


Рис.1. Вид сечения МДТ

Внутреннее сечение ячеек: $\sim 9,4 \times 9,4 \text{ мм}^2$. По центру каждой ячейки натянута позолоченная вольфрамовая проволочка диаметром 50 мкм. Натяжение проволочки – 200 г. Для сохранения пространственного положения проволочки вдоль трубки в профиле установлены специальные пластмассовые поддержки (спейсеры). На концах профиля закреплены пластмассовые концевики с платками, в которых фиксируются проволочки. Профиль с проволочками закрыт сверху крышкой из нержавеющей стали толщиной 0,15 мм и помещен в пластиковый прямоугольный пенал. Толщина стенок пенала – 1 мм. В торцах пенала закреплены пластиковые заглушки. В одной из заглушек размещены восемь разъемов для индивидуальных выводов сигналов с проволочек, разъем для подачи отрицательного высокого напряжения на катод и оливка для продува трубки газовой смесью. Во второй заглушке имеется только газовая оливка. Для герметизации трубки заглушки свариваются с пеналом с помощью термического соединения. Отрицательное высокое напряжение подается на алюминиевый профиль, являющийся катодом. Считывание сигнала производится с каждой из восьми анодных проволочек.

Участок производства детекторов такого типа был создан в Опытном производстве (ОП) ОИЯИ в 1985 г. [5] для сборки стримерных трубок адронного калориметра установки ДЕЛФИ [6]. Тогда же на этом участке силами сотрудников ЛЯП и ОП была создана система стендов испытания стримерных трубок. Поскольку МДТ и стримерные трубки имеют схожую конфигурацию, то для проверки и испытаний, произведенных МДТ, за основу была взята методика, разработанная для испытания стримерных трубок, в которую были внесены изменения и дополнения. В данной работе описываются автоматизированные стенды испытания МДТ в ОП ОИЯИ.

Стенды были созданы на основе электронных блоков в стандарте КАМАК, разработанных в ЛЯП ОИЯИ. Блоки каждого стенда располагались в отдельном крейте, и их работа управлялась с помощью персонального компьютера (ПК) через контроллер крейта КАМАК КК009 [7]. Программное обеспечение создано на фортране и С, некоторые подпрограммы написаны на ассемблере.

2. Стенд высоковольтной тренировки

Высоковольтная тренировка является процессом, в котором изготовленные МДТ впервые испытываются в условиях, схожих с рабочими. Детекторы продуваются специальной тестовой газовой смесью, затем производится постепенное повышение на них высокого напряжения до определенной, максимально возможной, величины с одновременным контролем токов, проходящих через трубки. Условием прохождения теста трубкой является наличие темнового тока в трубке не выше определенной величины. Дефектные детекторы характеризуются выходом тока за этот предел или относительно большим током, по сравнению с другими трубками, в конце тренировки. Ток нормальной трубки в конце тренировки составляет величину 5–25 нА.

Стенд (рис.2) рассчитан на одновременную тренировку 60 МДТ, разделенных на группы по 30 шт. Рабочий цикл тренировки состоит в следующем. Каждая группа МДТ укладывается в стопку на кассету-накопитель и подсоединяется к газовой системе с помощью специальных газовых разъемов, предназначенных как для обеспечения возможности быстрого соединения детекторов с газовой системой, так и для герметизации этих газовых соединений. Затем осуществляется продув детекторов газовой смесью. Одновременно с продувом оператор производит подсоединение высоковольтных и сигнальных разъемов МДТ к блоку распределения высоковольтного напряжения и токовых сигналов, а также заносит в программу номера проверяемых детекторов и параметры тренировки.

Один блок распределения сигналов, выполненный в отдельном конструктиве, имеет возможность обслуживать до четырех групп МДТ (120 трубок). Высокое напряжение от источника распределяется через блок индивидуально на каждую трубку. Токовые сигналы с МДТ через суммирующие разъемы (8 в 1) поступают обратно на блок, заземляются через резистор 10 кОм и подаются на 32-контактные выходные разъемы (один разъем на группу). Далее каждая группа подключается к своему коммутатору аналоговых сигналов и, через общий коммутатор аналоговых сигналов, к усилителю тока и амплитудно-цифровому преобразователю.

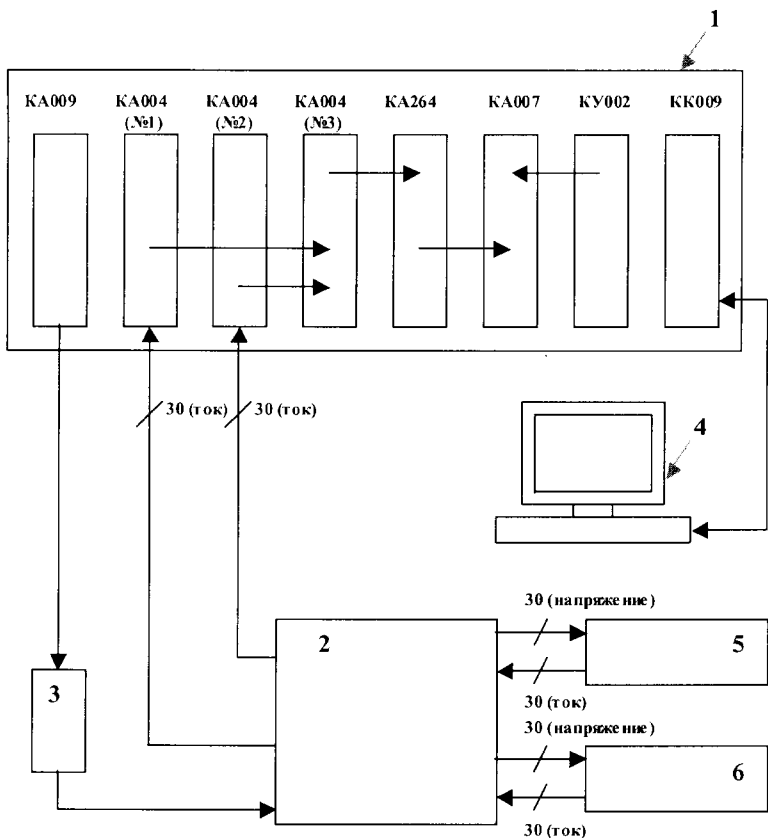


Рис.2. Схема стенда высоковольтной тренировки:
 1 – кейт КАМАК; 2 – блок распределения; 3 – блок высокого напряжения,
 4 – компьютер; 5 – группа МДТ №1; 6 – группа МДТ №2

После смены в трубках газовой смеси, по объему соответствующей не менее чем трем объемам всех МДТ, находящихся на стенде, оператор запускает на компьютере программу тренировки. Высоковольтный источник NB-850 по команде программы подает на блок распределения высоковольтного напряжения и токовых сигналов напряжение от 0 до 3,5 кВ, в зависимости от величины управляющего напряжения, поступающего на вход дистанционного управления источника от цифроаналогового преобразователя (ЦАП) КА-009 [7]. В программе предусмотрена возможность разбиения всего диапазона высокого напряжения, подаваемого на трубки в ходе тренировки, на пять поддиапазонов. Каждый поддиапазон может иметь свою скорость подъема высокого напряжения, например:

0 – 1000 В,	500 В/шаг;
1000 – 2500 В,	250 В/шаг;
2500 – 3000 В,	100 В/шаг;
3000 – 3300 В,	50 В/шаг;
3300 – 3500 В,	10 В/шаг;

Это позволяет быстро пройти диапазоны малых напряжений и более медленно и подробно просканировать важные диапазоны высоких напряжений и тем самым значительно оптимизировать процесс тренировки по времени.

После каждого шага увеличения напряжения производится сканирование токов трубок. Коммутатор аналоговых сигналов КА004 [7] каждой группы МДТ производит поочередное подключение каждого из 30 своих каналов, к которому подсоединена одна МДТ, через общий для всех групп коммутатор к усилителю тока. Таким образом, при каждом переключении канала коммутатора КА004 одна из МДТ подключается к каналу измерения тока, а анодные проволоочки всех остальных трубок оказываются заземленными через резисторы 10 кОм.

Усилитель тока КА264 имеет изменяемый коэффициент передачи ток-напряжение: 10 кОм – 10 МОм, по ряду 1, 2, 5, а также прямой и инверсный выходы, что позволяет согласовать диапазон токов МДТ и диапазон Амплитудноцифрового Преобразователя (АЦП). АЦП КА007 [7] запускается по сигналу «С» – сброс, который подается по команде программы через блок КУ002 [7], где этот сигнал выведен на переднюю панель.

Для правильности измерения токов МДТ предусмотрена возможность калибровки измерительного тракта. Для этого к одному из свободных каналов общего коммутатора КА004 подсоединен генератор калибровочного тока (1200 нА). Перед запуском тренировки производится измерение пьедестала АЦП КА007, дающего информацию о положении фактического начала шкалы АЦП. После определения пьедестала АЦП общий коммутатор по команде программы подключает к измерительному тракту калибровочный генератор тока и производится калибровка шкалы АЦП в единицах тока. Диапазон измерения тока в данной конфигурации составляет 8 мкА при точности измерения 2 нА.

Затем включается режим сканирования трубок, в ходе которого АЦП производит измерение тока поочередно подключаемых МДТ. При каждом сканировании производится отображение измеренных значений, а после его завершения производится обработка и вывод результатов скана на монитор компьютера. Визуализация результатов работы стенда представлена на рис.3. Меню программы занимает строчку в верхней части экрана. Через него осуществляется ввод параметров и управление работой стенда. Ниже меню расположены таблица токов, список номеров сканируемых МДТ и их токов, список 10 МДТ с наибольшими токами в последнем скане и гистограмма всех токов трубок в последнем скане. В нижней части экрана расположено поле, в котором выводятся графики установленного высоковольтного напряжения на трубках, средний ток по всем МДТ и графики токов трех выбранных детекторов в зависимости от времени. Графики токов отображаются разными цветами.

Интервал измеряемых токов 0–500 нА разбит на 5 промежутков. Каждому из них соответствует свой цвет. Двум последним из них соответствуют яркие, выделяющиеся цвета: малиновый и красный. Информация о токах трубок в ходе

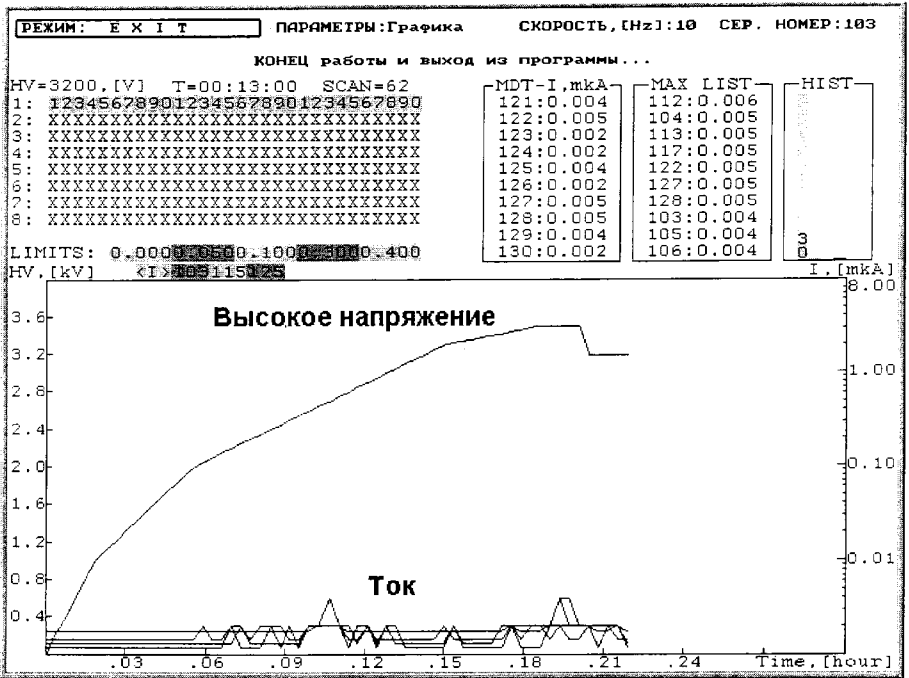


Рис.3. Визуализация работы программы высоковольтной тренировки

их сканирования выводится на монитор в виде таблицы из 30 столбцов, которые соответствуют 30 МДТ в группе, каждая группа трубок занимает свою строку. Цифра, изображенная в каждой ячейке таблицы, является младшим разрядом позиционного номера трубки в группе. Цвет фона, на котором изображается цифра, соответствует интервалу, в который попадает значение тока через трубку. Перед каждым циклом измерений таблица быстро перерисовывается цифрами на тёмном фоне. Для удобства восприятия границы интервалов и их цвета показаны числами на соответствующем фоне в строке, находящейся под таблицей. Это дает возможность при взгляде на экран быстро получить информацию о состоянии трубок при их сканировании. В соседнем поле из 10 строк идет вывод данных сканирования: полных номеров трубок и их токов. Номера имеют следующую мнемонику: 209 – девятая трубка во второй группе. В следующих двух полях выводится информация о последнем сканировании. В первом поле, имеющем также 10 строк, высвечиваются номера и значения токов десяти наихудших трубок в последнем цикле измерений. Цвет каждой строки определяется интервалом, в который попадает ток соответствующей трубки. Во втором поле выводится гистограмма по "цветам" всех трубок в последнем цикле измерений.

Данная гистограмма позволяет быстро оценить общее состояние: количество "плохих" или близких к критическому состоянию трубок.

Поле для вывода графиков имеет одну общую временную шкалу по оси X и две шкалы по оси Y. Одна из них, расположенная слева, предназначена для отображения высокого напряжения, подаваемого на МДТ во время тренировок, а вторая, расположенная справа, предназначена для вывода графиков токов в логарифмическом масштабе. Таким образом, на этом поле можно сразу визуальнo получить и оценить главную информацию обо всем ходе тренировки: установленное в данный момент высокое напряжение и средний ток по всем детекторам.

Если в одной или более МДТ возникает ток, значительно превышающий токи в большинстве трубок, то это сразу видно в таблице и на графике среднего тока. Оператор имеет возможность приостановить процесс и вывести на экран график тока данной трубки. Обычно после этого процесс тренировки продолжается. Если трубка с «подозрительным» током имеет какой-либо существенный дефект, то с увеличением напряжения ток продолжает возрастать и достигает установленного оператором тока порога (500 нА). В этом случае программа делает несколько повторных сканов при достигнутом высоком напряжении. При этом, если ток трубки не падает ниже порога, программа сбрасывает высокое напряжение на 30% и начинает снова процесс подъема напряжения и контроля токов. При повторном достижении током порога программа производит остановку тренировки и подает звуковой сигнал. Дефектная трубка отключается оператором от высокого напряжения и после окончания тренировки отбраковывается на переделку.

При достижении максимальной величины высокого напряжения программа делает несколько повторных измерений и устанавливает так называемое рабочее напряжение. Величины максимального и рабочего напряжений выбираются как точки конца и середины плато счетной характеристики МДТ при используемой газовой смеси. Программа продолжает сканирование токов при рабочем напряжении до тех пор, пока оператор не примет решение об окончании тренировки. Критерием в этом случае служит стабильное поведение детекторов. Оператор дает программе команду закончить тренировку и выключить высокое напряжение.

Вся информация о тренировке, номера МДТ и их токи в зависимости от высокого напряжения, записываются в текстовый файл со своим серийным номером для последующей обработки и создания базы данных испытаний МДТ. Полный цикл проверки одной партии трубок на стенде занимает несколько часов.

Подобная автоматизация стенда дает существенную автономность работы программы и позволяет оператору одновременно работать на разных стендах.

3. Стенд испытаний с рентгеновским источником

На данном стенде (рис.4) производится проверка работоспособности детекторов в условиях локализованного интенсивного облучения рентгеновскими лучами. Над трубкой, заполненной тестовой газовой смесью, движется рентгеновский

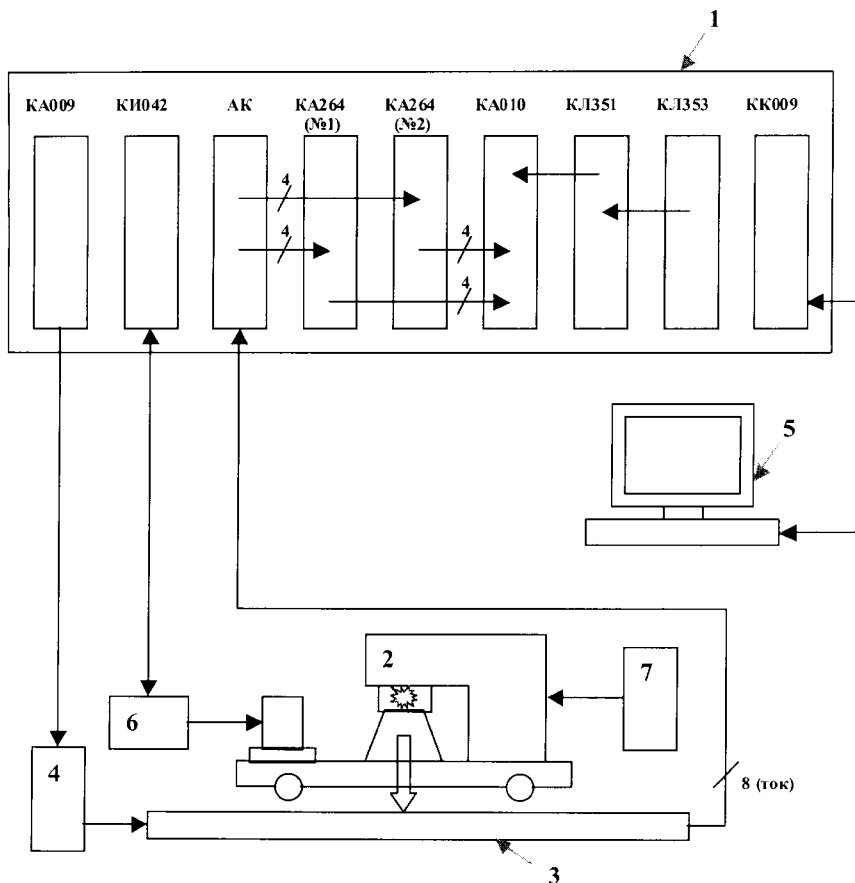


Рис.4. Схема стенда испытаний с рентгеновским источником:

- 1 – крейт КАМАК; 2 – передвижная тележка с источником рентгеновского излучения; 3 – МДТ; 4 – блок высокого напряжения; 5 – компьютер, 6 – привод шагового двигателя; 7 – источник питания рентгеновского излучателя

источник, который производит её облучение через коллиматор. Рентгеновский поток, направленный вниз на трубку, закрыт с боковых сторон свинцовой защитой. Излучателем является промышленный аппарат «РЕИС-И» с рентгеновской трубкой «БС1-Сu» (с медным анодом).

В зависимости от задачи могут использоваться коллиматоры размерами: 0,5 см x 8 см, 1 см x 8 см, и 8 см x 8 см, расположенные большой стороной перпендикулярно направлению проволок МДТ. Меньший коллиматор позволяет лучше локализовать облучение и выявить место возможного дефекта, больший – увеличить токовую нагрузку на детектор. В основном на практике использовался коллиматор 0,5 см x 8 см.

Непрерывно измеряя ток с каждой проволочки трубки, можно таким образом получить зависимость отклика отдельной проволочки трубки на рентгеновское облучение вдоль всей ее длины. Это позволяет проконтролировать однородность работы каждой ячейки трубки и в случае каких-либо аномалий выявить и локализовать их.

Трубка размещается на специальной станине длиной 7 метров, вдоль которой может автоматически передвигаться тележка с рентгеновским излучателем. На краях станины расположены концевые выключатели для аварийной автоматической остановки движения тележки, если она доехала до края станины. Активная заглушка трубки, где расположены восемь сигнальных и один высоковольтный разъём, подсоединяется к специальному разъему на станине, в котором находится восемь сигнальных и один высоковольтный контакт.

Перед запуском измерения оператор вводит в программу скорость движения тележки с излучателем, величину высокого напряжения на трубке, серийный номер трубки, тип трубки, из которого по известному соотношению определяется длина и положение активной зоны трубки и спейсеров. Затем он включает напряжение на рентгеновской пушке и запускается цикл измерения.

На время измерений на трубку подается высокое напряжение от высоковольтного источника NB-850, управляемого ЦАП КА009 [7]. Контроль

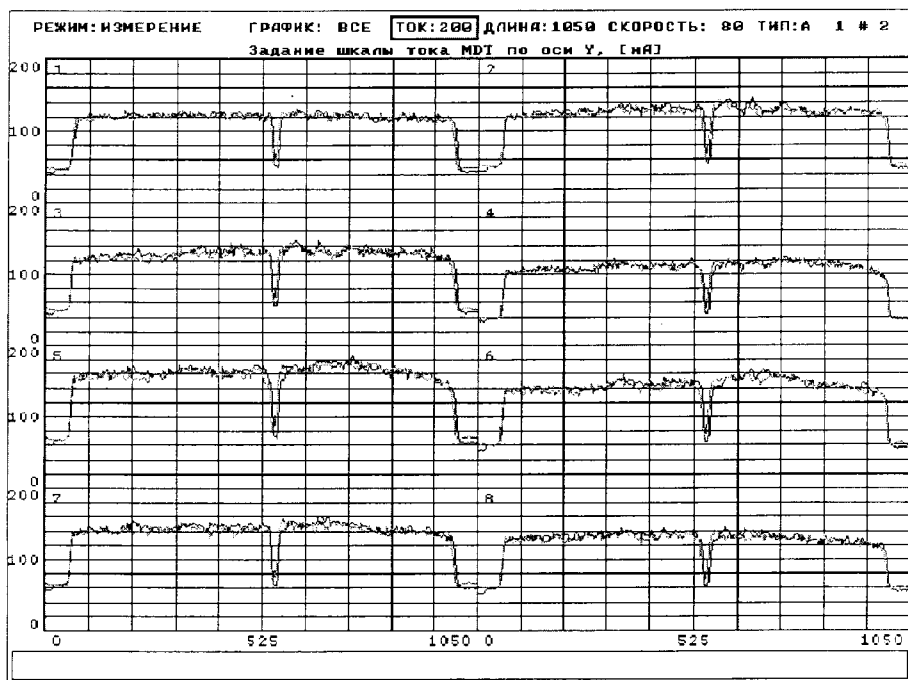


Рис. 5. Визуализация работы программы стенда с рентгеновским источником

движения тележки с излучателем осуществляется через интерфейс шагового двигателя КИ052 [7], который по командам компьютера посылает сигналы на привод шагового двигателя. Тележка начинает разгон с нулевого положения с тем, чтобы приобрести заданную постоянную скорость 50–200 мм/с к началу активной зоны трубки. Обратный ход тележки к исходному положению используется для повторного сканирования трубки и сравнения полученной информации сканирования в обоих направлениях.

Токовые сигналы восьми проволоочек, индуцированные рентгеновским излучением, подаются по коаксиальным кабелям на блок «Аналоговый коммутатор» (АК). Блок АК предназначен для подключения к каналам измерения тока либо сигналов с ячеек трубки, либо тестовых сигналов для калибровки каналов. С выхода АК сигналы поступают на два усилителя тока КА264 (по четыре канала в каждом усилителе), а затем – на преобразователь заряд-код КА010 [7]. Преобразователь КА010 запускается от управляемого программой формирователя КЛ353 через транслятор уровней (ECL–NIM) КЛ351. Длительность строба 200 нс. Токовый сигнал оцифровывается преобразователем КА010 и считывается компьютером. Точность измерения тока в данной конфигурации составляет 10 нА. Полученная информация отображается на экране.

Визуализация работы стенда представлена на рис.5. В верхней части экрана расположено меню, с помощью которого осуществляется ввод параметров программы и управление работой стенда. Основная часть экрана предназначена для вывода на экран графиков зависимости токов трубки от положения рентгеновского излучателя. Имеется возможность вывода на этом поле графиков для всех восьми проволоочек трубки, только для одной проволоочки или усредненного графика по всем проволоочкам (рис.6).

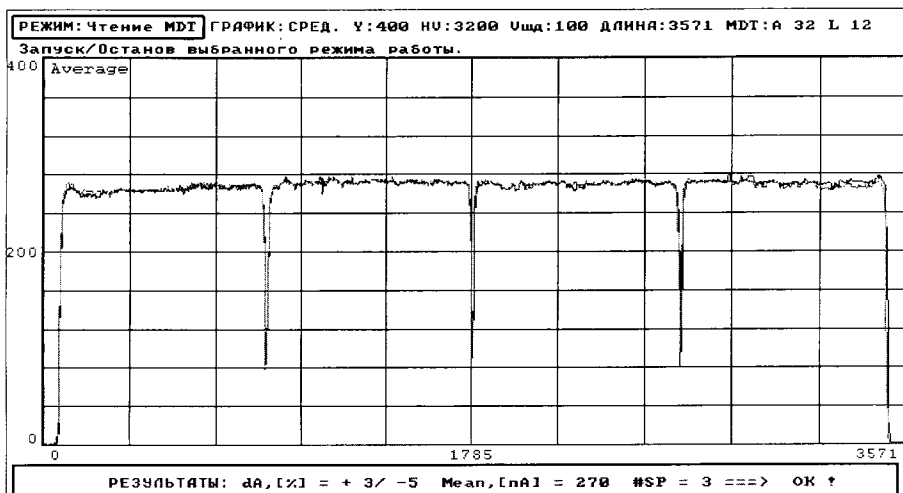


Рис.6. График зависимости усредненного по всем восьми проволоочкам тока трубки от положения рентгеновского источника

По измеренным данным определяется средний уровень амплитуды тока и максимальные отклонения от него. Отклонение амплитуды от среднего значения не должно превышать ± 25 %. По падению токового сигнала, вызванного «мертвой» зоной проволоочки в месте расположения пластмассовой поддержки (спейсера), можно определить ее местоположение. Это дает возможность проконтролировать правильность установки поддержек в собранной трубке.

Все данные измерения записываются в текстовый файл. В программе имеется возможность загрузки с диска и отображения на мониторе результатов ранее произведенных измерений.

Длительность проверки одной трубки в зависимости от ее длины составляет от 2 до 10 минут.

Этот же стенд позволяет проводить предварительные испытания МДТ в то время, когда она еще заполнена воздухом и может быть легко разобрана, поскольку активная заглушка ещё не сварена с пеналом. Хорошая трубка на воздухе имеет ток, равный темновому (~ 5 – 25 нА), вплоть до величины высокого напряжения, при котором начинается самоподдерживающийся разряд. Для МДТ эта величина составляет $\sim 2,85$ кВ.

При поднятии высокого напряжения до 2,8 кВ одновременно производится контроль тока в каждой ячейке трубки. Ячейки с теми или иными дефектами имеют значительное увеличение тока задолго до достижения напряжения самоподдерживающегося разряда.

4. Стенд проверки натяжения анодных проволоочек

Натяжение проволоочек является важным параметром для всех проволоочных детекторов, в том числе и для МДТ. Оно прямым образом сказывается на стабильности работы детектора, а также существенно влияет на его долговечность. Измерение натяжения проволоочек также важно в плане контроля технологии изготовления детекторов и оценки их качества после производства.

Поскольку натяжение проволоочки связано с частотой ее колебаний по известной формуле, то это позволяет осуществить контроль натяжения проволоочек в собранном детекторе. Для измерения натяжения анодных проволок стримерных трубок адронного калориметра ДЕЛФИ использовался емкостный метод [5]. Катод МДТ сделан из алюминиевого профиля, закрытого сверху крышкой из нержавеющей стали и непрозрачен для электрических сигналов. Емкостный метод считывания наведённого сигнала в этом случае непригоден. В связи с этим был использован другой метод измерения натяжения проволоочек.

В данном методе в детекторе с помощью динамика возбуждаются механические колебания изменяемой частоты (так же как и в емкостном методе), но при этом на детектор подается высокое напряжение. Каждая ячейка детектора имеет определенную электрическую емкость. При вынужденных колебаниях анодных проволоочек происходит изменение емкости по отношению к катоду и, соответственно, в контуре возникают сигналы электрического тока, которые после усиления могут быть измерены с помощью АЦП. При частоте вынужденных колебаний проволоочки, совпадающей с частотой ее собственных

колебаний, происходит резонансное усиление амплитуды колебаний, что, в свою очередь, ведет к резкому увеличению тока. Поскольку трубка заполнена воздухом, то на нее подается высокое напряжение (~1000 В), которого достаточно для возбуждения тока приемлемой величины (~100 нА) для последующего усиления, но которое намного ниже величины, необходимой для развития самоподдерживающегося разряда на воздухе в МДТ.

Проверка трубок на стенде (рис.7) происходит следующим образом. МДТ укладывается на горизонтальную станину длиной 7 м и подсоединяется к специальному разъему, в котором установлены один высоковольтный и восемь сигнальных контактов, для подачи высокого напряжения на трубку и

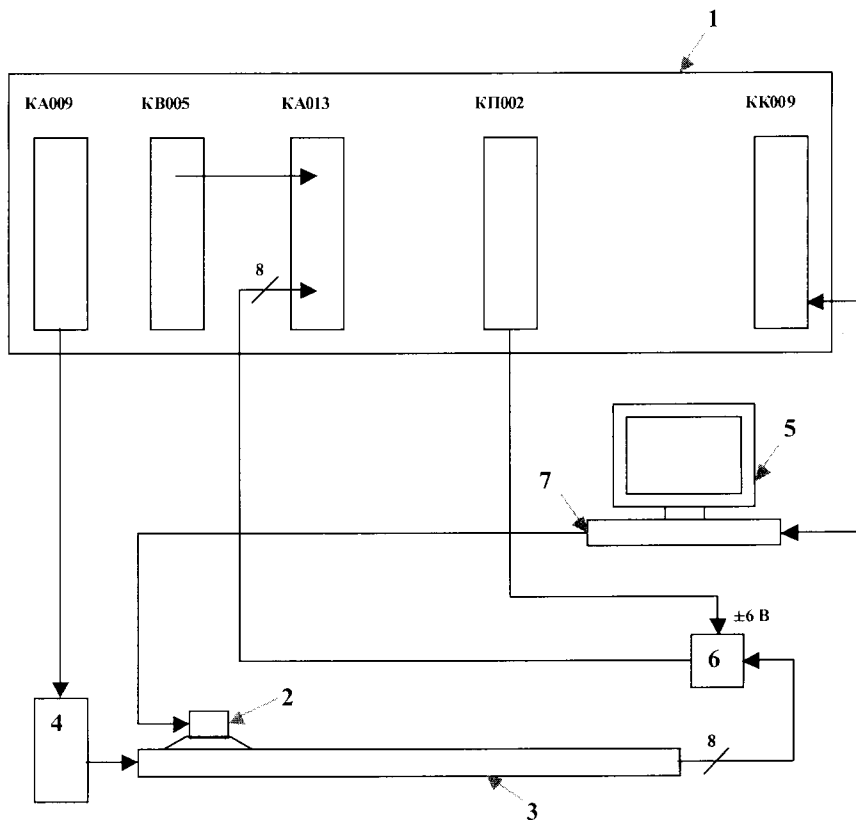


Рис.7. Схема стенда проверки натяжения анодных проволочек:
 1 – кейт КАМАК; 2 – динамик; 3 – МДТ; 4 – блок высокого напряжения;
 5 – компьютер; 6 – усилитель; 7 – звуковая карта

подключения восьми анодных проволочек к усилителю, так же как и на рентгеновском стенде. На трубку ставится динамик, подсоединенный к выходу звуковой карты компьютера.

Перед запуском цикла измерения задается тип МДТ исходя из маркировки, нанесённой на трубку. Это позволяет программе определить длину возбуждаемого участка проволочки, равную расстоянию от спейсера до места закрепления проволочки или от спейсера до спейсера. При необходимости нестандартное значение длины можно ввести с клавиатуры.

При запуске цикла измерения натяжения на проволочки подается высокое напряжение от высоковольтного источника NB-850, управляемого через ЦАП КА-009 [7]. Использование ЦАП позволяет изменять величину высокого напряжения программно, а также включать его только на время измерения, что повышает безопасность работы.

Звуковая карта, управляемая программой, производит возбуждение колебаний проволочек трубки с помощью динамика. Оптимальная величина громкости может регулироваться как программно, так и вручную. Программа управления стендом, написанная с использованием пакета процедур для управления FM-синтезатором звуковой карты, позволяет генерировать синусоидальные сигналы с частотой от 0,2 до 390 Гц.

В цикле измерений частота звукового сигнала изменяется в выбираемом диапазоне. Номинальное натяжение для МДТ составляет (200 ± 50) г. Диапазон сканирования выбирается от 100 до 300 г. Полный диапазон возможных частот соответствует натяжению 30–400 г. Шаг изменения частоты определяется возможностями звуковой карты и в нашем случае равен 0,19 Гц. Это соответствует точности измерения натяжения 0,3–0,4 г, что для номинального натяжения составляет 0,2 %.

Сигналы с каждой проволочки усиливаются специально разработанным восьмиканальным усилителем звуковой частоты. Усилитель осуществляет усиление сигнала с коэффициентом усиления 100 и обрезает его положительную составляющую для последующей оцифровки АЦП, работающим с отрицательными сигналами. После усиления сигналы подаются на 8 входов АЦП КА-013 [7]. Стробирование АЦП производится импульсами от генератора KB-005 [7] с частотой 100 кГц и длительностью 50 нс.

Для каждого значения частоты происходит считывание с АЦП по 1000 значений амплитуды сигнала, после чего производится их усреднение. Полученные зависимости амплитуды сигналов от натяжения для каждой из 8 проволочек отображаются на экране в виде графиков. После окончания цикла измерения, который занимает 20–30 с, определяются положения резонансных пиков и найденные значения натяжения проверяются на соответствие заданным пределам. Эти значения (в граммах) выводятся на экран (рис.8). В случае выхода найденного значения натяжения какой-либо проволочки за границы допуска график перерисовывается красным цветом, а остальные зеленым, что позволяет легко визуально обнаружить дефект.

Если для какой-либо ячейки на графике рисуется нулевая линия, то это означает обрыв или проволочки или контакта между платой, на которой фиксируется проволочка, и сигнальным выводом в активной заглушке трубки.

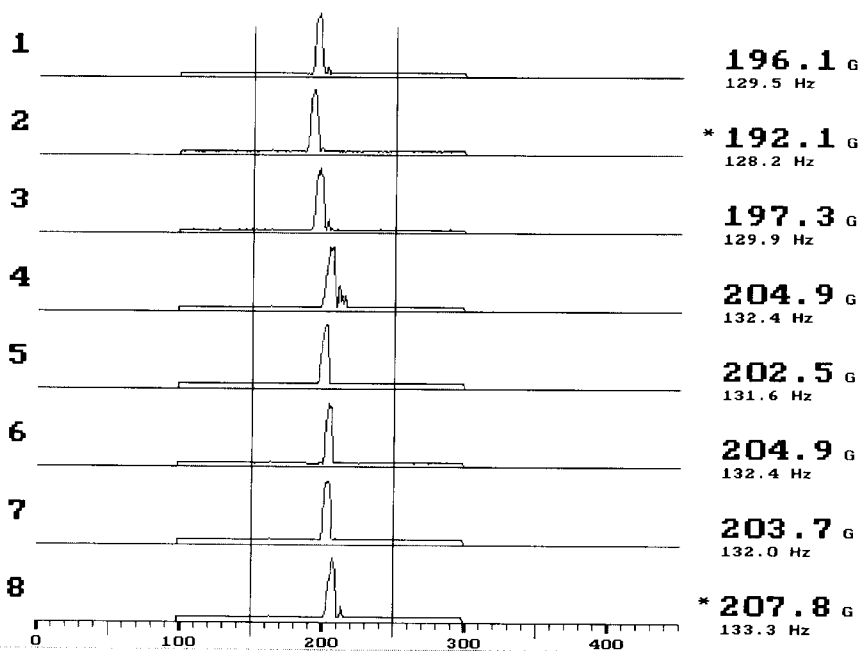


Рис.8. Визуализация работы стенда измерения натяжения проволочек

Поскольку вольфрам, из которого сделана проволочка, и алюминий, из которого сделан профиль катода, имеют разные коэффициенты линейного теплового расширения, то при изменении атмосферной температуры линейные размеры проволочки и катода изменяются на разную величину. Это приводит к изменению натяжения анодной проволочки. В связи с этим производится нормировка натяжения на 20° С. Перед началом работы с программой в нее вводится текущее значение температуры.

Полученные значения натяжений сохраняются на диске в виде текстового файла. В программе имеется возможность загрузки с диска результатов ранее произведенных и сохраненных в соответствующем файле измерений и отображения их в графическом виде для сравнения их с текущими характеристиками трубки.

Проверка одной трубки на стенде занимает около двух минут. Существенным является и то, что детекторы могут проверяться при незаваренном пенале. Это позволяет в случае обнаружения дефекта легко произвести переделку детектора.

5. Проверка герметичности

Газоразрядные детекторы всегда работают на какой-либо специализированной газовой смеси и их характеристики очень сильно зависят от состава этой смеси. Поэтому герметичность детекторов является одной из наиболее важных их технических характеристик. Исходя из спецификации на течи для всей системы, состоящей из определенного количества трубок, определяется предельная величина течи для отдельной трубки, измеряемая в атм/мин при фиксированном избыточном давлении. Для МДТ эта величина составляет $\sim 0,003$ атм/мин при избыточном давлении 10 см H_2O .

Проверка герметичности МДТ организована на специальном стенде. Стенд состоит из баллона с газом (N_2) и измерителя избыточного давления. Трубка укладывается на станину и подключается через газовые разъемы (оливки) с одной стороны к баллону через редуктор и вентиль, с другой – к измерителю давления, в одну линию. В трубку из баллона подается избыточное давление ~ 10 см H_2O , что соответствует 0,01 атм. После этого газовое соединение между трубкой и баллоном перекрывается. Затем засекается время ~ 2 мин, по истечении которого записываются показания давления в трубке по прибору и вычисляется падение давления в течение заданного времени, что определяет величину течи трубки.

Трубки, имеющие течи, которые превышают предел, указанный в спецификации, откладываются и впоследствии проходят процедуру поиска течей. При нахождении течей эти места дополнительно герметизируются клеем и вновь проходят испытания на герметичность.

6. Общая последовательность испытаний

Испытания МДТ организованы по следующей схеме. После того как МДТ почти полностью собрана (активная заглушка детектора остается не сваренной с пеналом), она передается из сборочной зоны в тестовую.

Вначале трубка устанавливается на стенд проверки натяжения проволочек. Если натяжение всех проволочек в порядке и нет обрывов проволочек или контактов в разъемах, то трубка далее поступает на рентгеновский стенд для проведения предварительного испытания. Трубки, прошедшие это испытание, передаются обратно в сборочную зону для сваривания активной заглушки с пеналом – завершения сборки детектора. Заваренные детекторы вновь поступают в тестовую зону на стенд высоковольтной тренировки, где проходят проверку темнового тока на тестовой газовой смеси. После окончания высоковольтной тренировки, при отсоединении от газовой системы, у неотбракованных трубок газовые разъемы затыкаются специальными заглушками для сохранения газовой смеси внутри трубок и передаются на рентгеновский стенд. На этом стенде детекторы проходят проверку стабильности отклика на облучение рентгеновскими лучами и определение положения спейсеров.

Трубки, успешно прошедшие проверки на этих трех стендах, передаются на стенд проверки герметичности, где проводится последняя операция всего цикла проверки.

7. Заключение

Проверка МДТ на описанных стендах охватывает такие рабочие характеристики трубок, как натяжение проволочек, темновой ток, однородность отклика на рентгеновское облучение, герметичность. Возможность проверки натяжения проволочек и проведения предварительного испытания на воздухе при незаваренном пенале трубки позволяет организовать практически безотходное производство. Описанная организация тестовых стендов позволяет проверять за смену 50–100 трубок.

Литература

- [1]. Участие ОИЯИ в физической программе модернизированного Тэватрона в Фермилаб (проекты D0, CDF), Тема: 02-0-1022-97/2005.
Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества Объединённого института ядерных исследований на 2003 год. Дубна 2002. 11-8136.
- [2]. V.Abramov et al. Forward muon system for the D0 detector upgrade. – Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, 419 (1998) 660-666.
- [3]. E.Iarocci. Plastic streamer tubes and their applications in high energy physics. – Nuclear Instruments and Methods, 217 (1983) 30-42.
- [4]. The COMPASS Collaboration. Common Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy. CERN/SPSLC 96-14 SPSC/P 297, March 1 1996.
- [5]. Г.Д.Алексеев и др. Автоматизация стендов тренировки и испытания стримерных трубок для адронного калориметра установки ДЕЛФИ. Сообщения ОИЯИ, Дубна, 1990, P13-90-276.
- [6]. DELPHI Collaboration. The DELPHI detector at LEP. – Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, 303 (1991) 233-276.
- [7]. В.А.Антюхов и др. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. Выпуск XVIII. Сообщение ОИЯИ P10-90-589, Дубна, 1990, и ссылки в нем.

Получено 24 октября 2003 г.

Абазов В. М. и др.

P13-2003-198

Стенды испытания мини-дрейфовых трубок

Приводится описание стендов мини-дрейфовых трубок в Опытном производстве ОИЯИ. Стенды позволяют производить непрерывный и эффективный контроль качества изготовления детекторов в условиях массового производства. На этих стендах были проведены испытания детекторов, произведенных для экспериментов D0 и COMPASS.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2003

Перевод авторов

Abazov V. M. et al.

P13-2003-198

Test Stands of the Mini-Drift Tubes

The test stands of mini-drift tubes at JINR Experimental Workshop are described. These stands organize persistent and effective quality control of detectors mass production. Mini-drift tubes produced for D0 and COMPASS experiments were tested on these stands.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2003

Редактор *М. И. Зарубина*
Макет *Н. А. Киселевой*

Подписано в печать 12.11.2003.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 325 экз. Заказ № 54180.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@pds.jinr.ru
www.jinr.ru/publish/