

51/2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



B-676

10/1-77

9 - 10104

В.И.Волков, И.А.Елисеева, Л.А.Леонов,
В.Ф.Сиколенко

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКА,
ВЫВЕДЕННОГО ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ЛВЗ

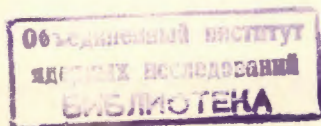
1976

9 - 10104

В.И.Волков, И.А.Елисева, Л.А.Леонов,
В.Ф.Сиколенко

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКА,
ВЫВЕДЕННОГО ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ЛВЭ

Направлено в ПТЭ



Волков В.И. и др.

9 - 10104

Система измерения пространственных характеристик пучка, выведенного из синхрофазотрона ЛВЭ

Описана система измерения пространственных характеристик выведенного пучка в шести точках трассы. Определяются мгновенные и интегральные значения его профиля. Основной режим работы измерителей — на линии с ЭВМ с выводом информации на графический дисплей. Предусмотрена возможность контроля результатов измерений с помощью запоминающего осциллографа, дополненного вертикальной разверткой.

Система разработана в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Описываемая система входит в комплекс устройств контроля характеристик и управления параметрами пучка медленного вывода из синхрофазотрона ОИЯИ. Принцип построения комплекса в целом и задачи системы измерений пространственных характеристик как части этого комплекса описаны в /1/. В настоящей работе показаны основные характерные особенности этой системы.

Контроль пространственных характеристик выведенного пучка производится в шести точках трассы вывода и сводится к измерению распределения плотности пучка в пространстве с помощью многопроволочных ионизационных камер /2/ в горизонтальном и вертикальном направлениях. При этом обеспечиваются следующие режимы работы:

1/ многократные измерения профиля пучка $/10 \div \div 15$ раз/ в течение времени вывода $300 \div 500$ мс /“мгновенный профиль“/ для изучения эволюции его пространственных характеристик в указанном интервале времени;

2/ измерение так называемого “интегрального” профиля, характеризующего результирующую форму пучка к концу вывода с учетом всех изменений его формы и положения, происходивших в указанном интервале времени.

Помимо основного рабочего режима, предусмотрен так называемый режим “настройки”, в котором осуществляется контроль работоспособности всей аппаратуры /без проволочных камер/ при имитации работы ускорителя. При этом генерируется некая стандартная форма профиля пучка, которая позволяет проверить все

характеристики измерителей и программы ЭВМ, работающей на линии с системой измерений.

Упомянутые возможности системы обеспечиваются некоторыми специфическими режимами работы ее аппаратуры.

Во-первых, для обеспечения возможности измерений "мгновенного" профиля пучка ионизационные проволочные камеры датчиков работают в токовом режиме. Вместе с этим постоянная времени входной цепи усилителя уменьшается за счет известного приема: уменьшения емкости соединительного кабеля путем подачи на его оплетку напряжения, близкого по величине к входному /рис. 1/.

Практически это достигается соединением каждой проволочки камеры с усилителями малогабаритными коаксиальными кабелями, включенными по схеме рис. 1 и помещенными в общий заземленный экран. Результирующая постоянная времени измерительной цепи при таком включении не превышает $1 \div 2$ мс. Описанный прием реализуется лишь при числе усилителей, равном числу проволочек в камере, что влечет за собой проблему выравнивания коэффициентов усиления в канале каждой проволочки. Однако использование операционных усилителей в режиме неинвентурирующих повторителей^{/3/} в качестве входных решает этот вопрос.

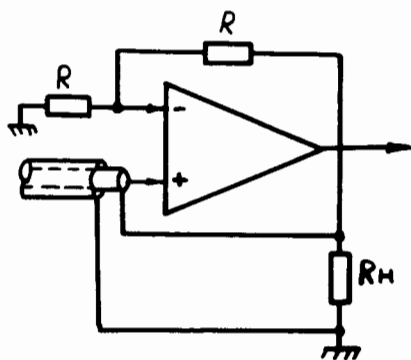


Рис. 1. Схема включения кабеля, соединяющего электрод камеры с электрометрическим усилителем.

Во-вторых, в целях совместимости во времени результатов измерений пространственных характеристик пучка во всех шести точках интервал времени между началом и концом съема информации с камер не должен превышать $1,5 \div 2$ мс /поскольку в названном отрезке времени изменениями характеристик пучка можно пренебречь/.

В-третьих, основным режимом является работа измерителей на линии с ЭВМ, которая задает момент начала опроса, синхронизованный с началом вывода, интервал между опросами /измерениями/ и их количество в течение вывода. В этом случае вся информация поступает в ЭВМ и результаты ее обработки выводятся на графический дисплей. Однако предусмотрен режим работы аппаратуры, в котором опрос проволочных камер осуществляется от внутреннего генератора с выводом информации на запоминающий осциллограф с бистабильной трубкой. При этом возможно осуществление как режимов многократных /десять/ измерений профиля в процессе одного вывода, так и режима многократной записи циклов /10 циклов/ на экране осциллографа без стирания для изучения эволюции профиля пучка от цикла к циклу /ускорителя/. Для осуществления этих режимов аппаратура содержит блок вертикальной развертки /мультитрассер/, смещающий изображение по вертикали после каждого цикла записи на осциллографе. Обеспечена возможность последовательного подключения осциллографа к измерителям в каждой контролируемой точке трассы вывода.

В-четвертых, режим измерения "интегрального" профиля может быть обеспечен как вычислением с помощью ЭВМ средних значений размеров пучка за цикл /на основании обработки результатов некоторого заданного количества измерений "мгновенных" профилей/, так и подключением к каждой проволочке камеры выбранного измерителя, интегрирующих емкостей.

В-пятых, в режиме "настройка" реализуется полная имитация работы измерителей профиля как на линии с ЭВМ, так и с осциллографом при измерении стандартного профиля. В этом режиме возможна проверка функциони-

В положении 1 /“однократно“/ срез импульса под-света развертки осциллографа /развертка запускается первым импульсом, прошедшим на счетчик 2^6 / проходит через схему ИЛИ на вход “стоп“ триггера Т1 и вход “запрет“ триггера Т2; ключи К62 и К61 закрываются, опрос счетчика 2^6 прекращается, и на экране осциллографа фиксируется “однократный“ профиль выведенного пучка.

В положении 2 /“поцикловая“ запись/ функционирование схемы такое же, только на один из дифференциальных входов усилителя осциллографа поступает постоянное напряжение, смещающее луч по вертикали пропорционально числу циклов, отсчитываемых /в пределах десяти/ счетчиком кадровой развертки /x10/.

В положении 3 переключателя П1 сигнал на вход “стоп“ триггера Т1 может поступить лишь после десятого цикла срабатывания развертки осциллографа /что приведет к прекращению поступления импульсов на счетчик 2^6 /. До этого момента функционирование происходит следующим образом: запрещающий сигнал, соответствующий последнему положению счетчика 2^6 , через триггер Т2 закрывает К61 /опрос прекращается/ и спустя время, определяемое задержкой D2 /период сканирования/, поступает через ключ К62 на вход “разрешение“ триггера Т2. Таким образом, опрос счетчика 2^6 будет повторяться с периодом, определяемым задержкой D2, до тех пор, пока на триггер Т1 не поступит сигнал “стоп“, что приведет к закрыванию ключа К62. Как было отмечено выше, сигнал “стоп“ вырабатывается десятым импульсом счетчика кадровой развертки /x10/.

Цифровая часть измерителя /счетчики, дешифраторы, триггеры и т.п./ выполнена на микросхемах отечественного или чехословацкого производства (TESLA). Аналоговая часть заслуживает более подробного рассмотрения.

Электрометрические усилители были выполнены в нескольких вариантах. Схема повторителя /рис. 3/ обеспечивает высокий коэффициент передачи по напряжению /около 0,995/, высокую идентичность коэффициентов передачи, но содержит много элементов, что является существенным недостатком при необходимости много-

Рис. 3. Принципиальная схема повторителя с высоким входным сопротивлением.

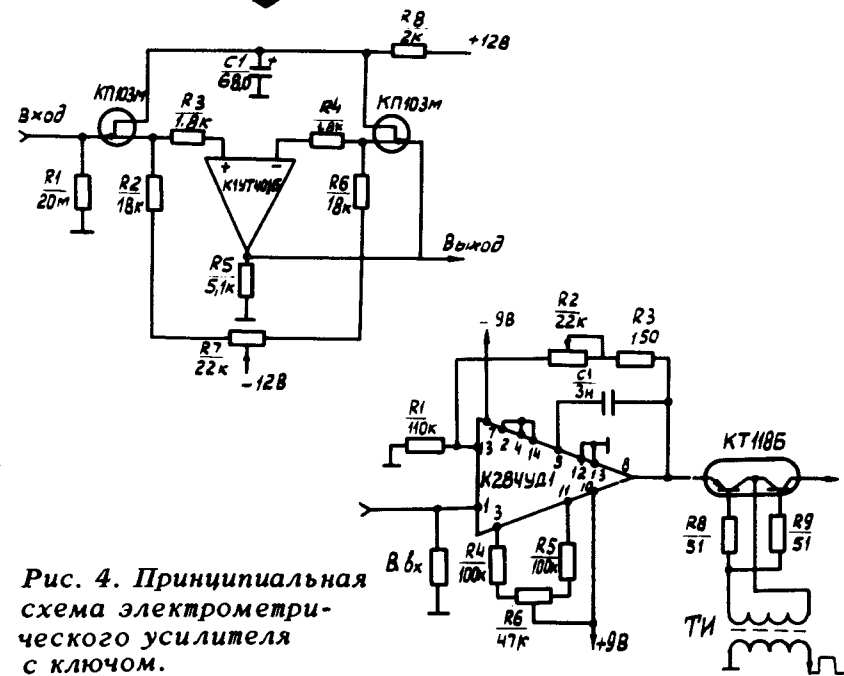


Рис. 4. Принципиальная схема электрометрического усилителя с ключом.

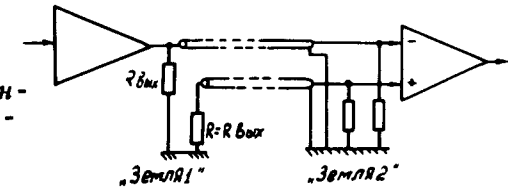
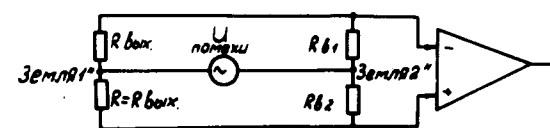


Рис. 5. Схема компенсации помех, вызываемых разнопотенциальными землями.



кратного повторения /в нашем случае для шести датчиков необходимо 360 таких повторителей/.

Лучшие результаты были получены при использовании микросхем К28УД1 и 1К011 /либо КТ118/, позволив-

ших при минимальном количестве элементов построить канал усилитель - ключ с линейной характеристикой от единиц милливольт до 5 вольт /рис. 4/.

К недостаткам схемы следует отнести наличие импульсного трансформатора, однако вследствие сравнительно высокой частоты опроса каналов /20 - 100 кГц/ конструктивное выполнение трансформатора не вызывает затруднений.

Как было отмечено выше, протяженность линии связи между измерительными усилителями и регистрирующей аппаратурой составляет 500 м, что является причиной возникновения помех вследствие разнопотенциальных "земель" в местах установки названной аппаратуры. Это явление неизбежно при наличии таких мощных потребителей тока, как силовые магниты кольца ускорителя, элементы магнитной оптики канала вывода пучка и т.п., сконцентрированных в месте установки измерительной части аппаратуры. Для борьбы с помехами такого вида обычно используются выходные усилительные устройства с так называемым "плавающим" потенциалом, либо производится передача информации по двухпроводной линии /скрученная пара/. Нами с успехом использовалась схема передачи сигнала по однопроводной линии, но с применением вспомогательного кабеля /рис. 5/. Ко второму входу дифференциального усилителя в месте приема информации подключен кабель, нагруженный с передающей стороны на сопротивление R , равное выходному сопротивлению передающего усилителя мощности $R_{\text{вых}}$. В этом случае подбором параметров компенсирующей цепи дифференциального усилителя можно добиться равенства токов, возникающих за счет разности потенциалов U между "землями" в точках передачи и приема информации. Описанная схема обеспечивает эффективное подавление помех, позволяя в то же время существенно упростить схему усилителей мощности, работающих на линию передачи.

На рис. 6 приведена осциллограмма профиля выведенного пучка, полученная в четырех последовательных циклах ускорителя; рис. 7 иллюстрирует информацию о профиле выведенного пучка, полученную с помощью вычислительной машины.

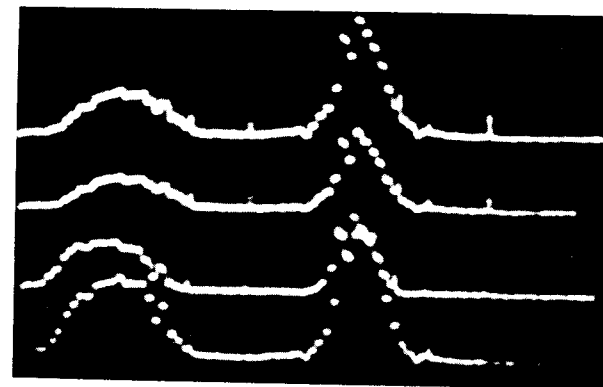


Рис. 6. Осциллограмма профиля выведенного пучка, полученная в автономном режиме для четырех последовательных циклов ускорителя /слева - в горизонтальной плоскости, справа - в вертикальной/. Масштаб по горизонтали: 50 мм/см.

Таким образом, с помощью разработанной аппаратуры возможно получение информации о размере и положении выведенного пучка. Для измерения названных параметров при малых уровнях интенсивности / $10^5 - 10^8$ частиц/цикл/ предусматривается перевод датчиков в режим работы пропорциональных камер /4/.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Ю.В.Заневскому, В.Д.Пешехонову, В.П.Пугачевичу и В.И.Черникову за конструирование и изготовление многопроводочных ионизационных камер; Л.Г.Ефимову, И.Ф.Колпакову, И.И.Куликову, В.А.Смирнову, Е.В.Черных за разработку системы сопряжения описанной аппаратуры с ЭВМ и большой вклад в создание программного обеспечения.

Авторы особенно признательны И.Б.Иссинскому за предложенную тему, плодотворные обсуждения, постоянный интерес к работе и помощь в постановке эксперимента.

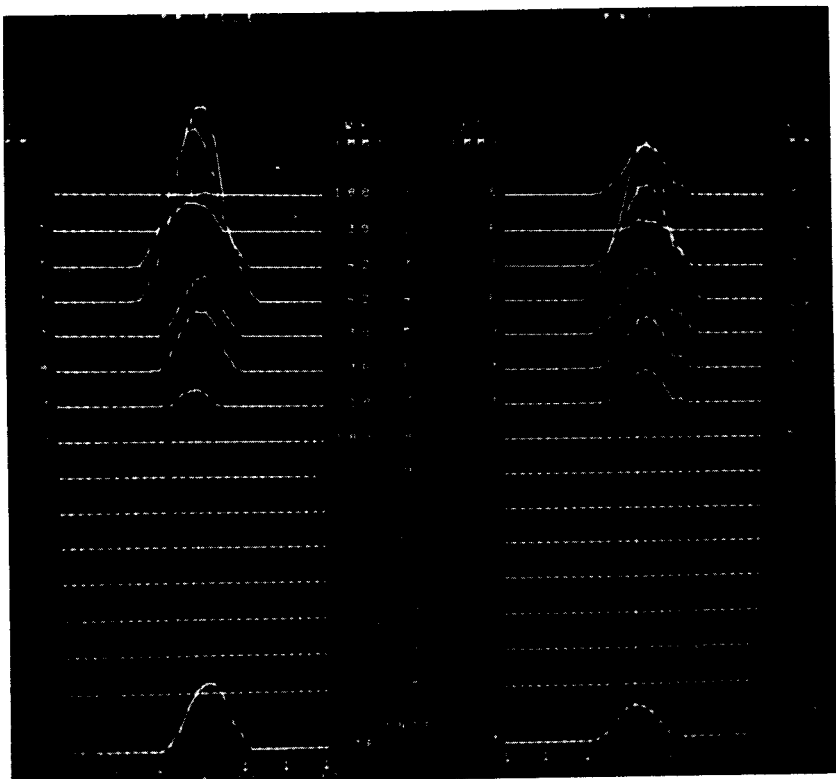


Рис. 7. Информация о профиле пучка, полученная с помощью ЭВМ. Приведены шесть мгновенных значений профиля /слева - в горизонтальной, справа - в вертикальной плоскостях/. полученных в течение вывода пучка из ускорителя. В нижней части рисунка приведены средние за время вывода значения профиля для обеих плоскостей.

Литература

1. В.И.Волков, И.А.Елизеева, И.Б.Иссинский, И.Ф.Колпаков, В.Ф.Сиколенко, В.А.Смирнов. Сообщение ОИЯИ, 9-8910, Дубна, 1975.
2. F.Hornstra, M.Knott, C.Swoboda, A.Brescia. IEEE Trans.Nucl.Sci., NS-16, part 1, 223 /1969/.
3. В.Л.Шило. Линейные интегральные схемы. Сов. радио, Москва, 1974.
4. С.К.Hargrove, J.P.Legaut et al. Nucl. Instr. and Meth., 113, 141-145 /1973/.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 сентября 1976 года.