

СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПУЧКА В КАНАЛАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ НОВОЙ СИСТЕМЫ ИНЖЕКЦИИ УСКОРИТЕЛЯ ИФВЭ

В.Л.Брук, Д.А.Демиховский, С.М.Митрофанов,
Э.А.Мяз, В.А.Пономаренко, В.И.Столповский,
В.Г.Тишин, Е.Ф.Троянов

Институт физики высоких энергий, Серпухов

Каналы транспортировки пучка бустерного комплекса ИФВЭ (вводный канал связывает линейный ускоритель и бустер, канал перевода – бустер и ускоритель У-70) оснащены комплексом устройств диагностики пучка [1,2]. Схемы каналов с расположенными на них средствами диагностики показаны на рис. I. Аппаратура позволяет контролировать и измерять следующие параметры пучка: интенсивность, положение, поперечные размеры, распределение плотности, эмиттанс, энергетический спектр, потери.

Энергия протонов в канале ввода – 30 МэВ, в канале перевода – до 1,5 ГэВ, что определяет выбор типа некоторых датчиков. На вводном канале для измерения эмиттанса и спектра используются 20-ламельные датчики полного поглощения пучка. На выводном канале аналогичные параметры измеряются с помощью вторично-эмиссионных датчиков профиля пучка.

Для абсолютных измерений инжектируемого тока используются цилиндры Фарадея с запирающей сеткой. Рутинное измерение интенсивности и положения пучка в обоих каналах ведётся с использованием электростатических пикап-электродов. Оба канала оснащены также люминесцентными экранами для телевизионного наблюдения размеров и положения пучка. В ряде мест люминесцентные экраны конструктивно совмещены с вторично-эмиссионными профилометрами. Предполагается значительно увеличить количество таких профилометров. На канале ввода имеются два шторных устройства с независимым управлением координатой каждой из 2 горизонтальных и 2 вертикальных шторок. Шторки изолированы от земли; наводимый на них сигнал передаётся на пульт управления. Эти устройства позволяют коллимировать инжектируемый пучок при проведении исследований.

Для измерения эмиттанса и спектра пучка на канале ввода используется специальная измерительная ветвь, куда пучок направляется при выключении магнита M_1 (рис. I).

При измерениях спектра пучок коллимируется или с помощью щелевой диафрагмы Д2-1 (грубый контроль), или для повышения точности дополнительно вводится вторая щель, расположенная в шторном устройстве III. Профиль пучка, прошедшего магниты M_3 (10^0) и M_4 (30^0), измеряется с помощью 20-ламельного датчика. Дисперсия пучка в месте расположения датчика составляет $2,9\text{см}/\%$, одна ламель перекрывает импульсный интервал $\Delta P/p = 6 \cdot 10^{-4}$.

При измерениях эмиттанса используются подвижные щелевые диафрагмы Д2.1 или Д2.2 соответственно для R- или Z- направлений, и 20-ламельные токо-приемники ДЭ1 (R) или ДЭ2 (Z). Перемещение щелей осуществляется в старт-стопном режиме от блока управления, связанного с ЭВМ.

Для измерения спектра выведенного пучка используются магниты M_6 , M_7 , M_8 , каждый с углом отклонения $\sim 10^0$, медная щелевая диафрагма Д5 толщиной 10 см и датчик спектра ДС2. При этом линзы Л22, Л23, Л24 отключаются, а остальные элементы канала работают в стандартном режиме. В таком варианте щель отобра-

жается на датчик спектра с коэффициентом увеличения ~1. Дисперсия пучка в месте расположения DC составляет 6 см, что соответствует чувствительности по импульсу $4 \cdot 10^{-4}$ на ламель.

Эмиттанс выведенного пучка (горизонтальный и вертикальный) определяется с помощью профилометра, расположенного в начале канала перевода (УД21), где размеры пучка однозначно характеризуют его эмиттанс.

Основная часть обрабатывающей электроники построена на базе микросхемы КР1101ПД1 – стробируемого преобразователя заряда во временной интервал [3], которая интегрирует входной ток в течение длительности стробирующего импульса и преобразовывает этот интеграл в длительность выходного импульса. Некоторые параметры микросхемы приведены ниже:

| | |
|--|--------------|
| входное сопротивление | 0,01 Ом |
| максимальный измеряемый заряд | 10^{-9} Кл |
| длительность строб-импульса | 50 ± 2000 нс |
| максимальная длительность выходного импульса | 10^{-3} с |
| нелинейность преобразования | 0,1 % |
| выходной уровень сигнала | ТТЛ. |

Применение микросхемы КР1101ПД1 позволило упростить и в значительной степени унифицировать схемные решения. Так, показанная на рис.2 схема 20-канальной аппаратуры используется для обработки сигналов профилометров, датчиков эмиттанса и спектра на каналах ввода и перевода пучка.

Сигналы интенсивности пучка, получаемые с неразрезных пикап-электродов, также оцифровываются с помощью микросхемы КР1101ПД1 и передаются в микроЭВМ, ведущую постоянный контроль за интенсивностью как в каналах, так и в самом ускорителе в нескольких точках цикла. На рис.3 представлен сигнал интенсивности в конце канала перевода, наложенный на строб-импульс. Способ представления информации об интенсивности иллюстрируется рис.4, где взят для примера случай работы комплекса с интенсивностью, близкой к максимально достигнутой. Высота столбиков пропорциональна интенсивности в каждом из 29 импульсов пачки; цифры над столбиками характеризуют максимальную и среднюю интенсивность в цикле и суммарную интенсивность за 29 рабочих импульсов (в единицах 10^{11} протонов). Цифры над таблицей характеризуют эффективность процессов на разных этапах ускорения. Последний широкий столбик характеризует интенсивность, накопленную в ускорителе У-70. Число накопленных и ускоренных в У-70 протонов дано в верхней строчке.

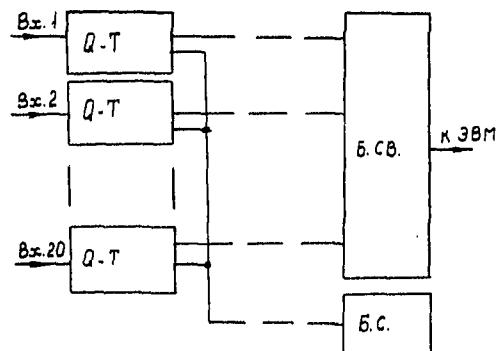
Контроль за положением пучка в каналах ввода и перевода ведётся с помощью аппаратуры, блок-схема которой изображена на рис.5. С помощью коммутатора K выбирается точка измерения. Сигналы с каждой пластины разрезного пикап-электрода преобразуются во временные интервалы, из которых в блоке нормализации формируются сигналы разности и суммы, а также вырабатывается цифровой сигнал их отношения, пропорциональный смещению пучка в выбранном цикле бустера. Сигнал положения выводится на табло и одновременно пересыпается в ЭВМ. В будущем предполагается проводить оцифровку сигналов сразу со всех пластин датчиков и их обработку в ЭВМ.

Разработана также аппаратура с использованием мониторов потерь, представляющих собой сцинтиллятор на основе полистирола и ФЭУ, которая используется при оптимизации режимов работы бустера. Имеется возможность помещать мониторы потерь в любой точке комплекса с выводом информации на пульт бустера. Эта аппаратура наиболее полно используется при настройке канала перевода пучка, позволяя значительно снизить уровни наведенной активности, обусловленной потерями частиц.

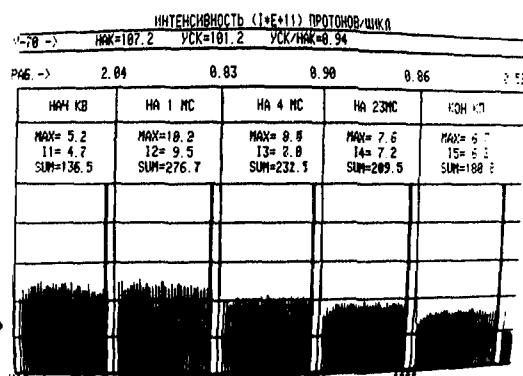


Р и с . I. Схема расположения устройств диагностики каналов транспортировки пучка бустера.

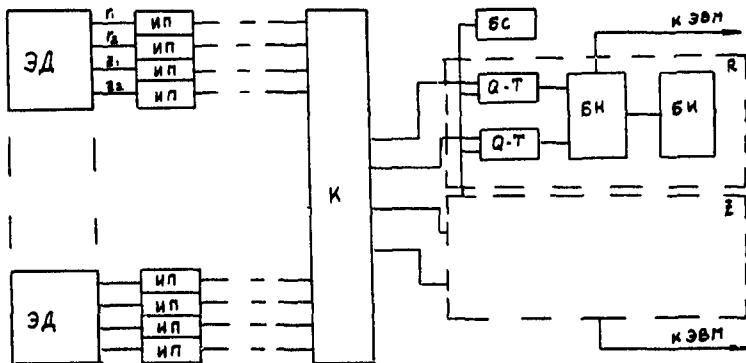
Р и с. 2. Блок-схема измерения профиля пучка. Q - Т - преобразователь заряд - временной интервал, БС - блок синхронизации, БСв - блок связи.



Р и с. 3. Сигнал интенсивности с пикап-электрода канала перевода, наложенный на стробирующий импульс. Разворотка - 50 нс/дел.



Р и с. 4. Отображение информации об интенсивности бустера на экране монитора.



Р и с . 5. Блок-схема измерения смещения пучка.

ЭД-электростатический датчик; ИП - истоковый повторитель; К - коммутатор; Q-T-преобразователь заряд-временной интервал; БН - блок нормализации; БИ - блок индикации; БС - блок синхронизации.

В целом разработанный комплекс средств диагностики позволяет проводить качественную настройку каналов, определять параметры пучка, оперативно диагностировать случаи ухода режимов оборудования и определять неисправные элементы.

Л и т е р а т у р а

1. Д.А.Демиховский, А.М.Иванов, Г.Ф.Кузнецов и др. Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т.1, стр. 332, ОИЯИ, Дубна, 1983.
2. Е.А.Алеев, В.Л.Брук и др. Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, ОИЯИ, Дубна, 1985, т.1, с.14.
3. В.И.Бельский, Ю.Б.Бушнин, С.А.Зимин и др. Препринт ИФВЭ, 85-60, Серпухов, 1985.