

83-696

26/XII-83



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6782/83

9-83-696

И.А.Голутвин, Б.С.Карпов, С.С.Кирилов,
В.Д.Кондрашев, Н.М.Лустов, А.А.Мальцев,
Н.А.Невская, В.П.Саранцев, В.А.Свиридов,
Д.А.Смолин, В.П.Токарский, Ю.А.Яцуненко

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СЖАТИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ КОЛЕЦ

1983

Синхротронное излучение релятивистских электронов - хорошо известный эффект, наблюдающийся в кольцевых электронных ускорителях^{/1/}. Оно находит все более широкое применение в различных исследованиях и используется для диагностики электронных пучков в ускорителях. С помощью синхротронного излучения можно изменить геометрические, энергетические и токовые параметры электронных пучков, не оказывая каких-либо искажающих воздействий на ускоряемые частицы^{/2/}.

На коллективном ускорителе тяжелых ионов /КУТИ/ синхротронное излучение широко используется для диагностики параметров сжимаемого в компрессоре электронного кольца на конечной стадии сжатия, когда спектр синхротронного излучения попадает в ближнюю инфракрасную /ИК/ и видимую области и излучение становится доступным для регистрации обычными, достаточно простыми ИК детекторами, не требующими сложной криогеники. Ниже дано описание многоканальной системы измерения геометрических параметров электронного кольца, предназначенной для исследования его поведения на малых радиусах сжатия в адгезаторе КУТИ-20. Общая схема измерительной системы представлена на рис.1. Синхротронное излучение электронного кольца через ИК окно и оптический канал попадает на фотоприемник, сигналы с которого через регистрирующую электронику передаются для анализа в реальном масштабе времени в ЭВМ.

Параметры синхротронного излучения электронного кольца

КУТИ-20^{/2/}. Электронный пучок, инжектируемый в компрессор, сворачивается в кольцо и сжимается в поперечном магнитном поле до радиуса ~3 см. Максимум спектрального распределения синхротронного излучения в процессе сжатия кольца смещается из радиочастотного диапазона в ближнюю ИК область. Энергия электронов на малых радиусах сжатия составляет $15 \div 20$ МэВ. При интенсивности $N \sim 10^{12} \div 10^{13}$ электронов в кольце мощность синхротронного излучения такова, что чувствительность системы позволяет изучать кольца с радиусом $R < 6$ см. Частота срабатывания ускорителя - до 50 Гц, длительность цикла ускорения ~3 мс, длительность импульса наблюдаемого синхротронного излучения ~1 мс.

Оптический канал. Оптический канал вывода и транспортировки синхротронного излучения включает в себя окно вывода излучения из компрессора^{/4/} и зеркально-линзовый оптический тракт^{/5/},

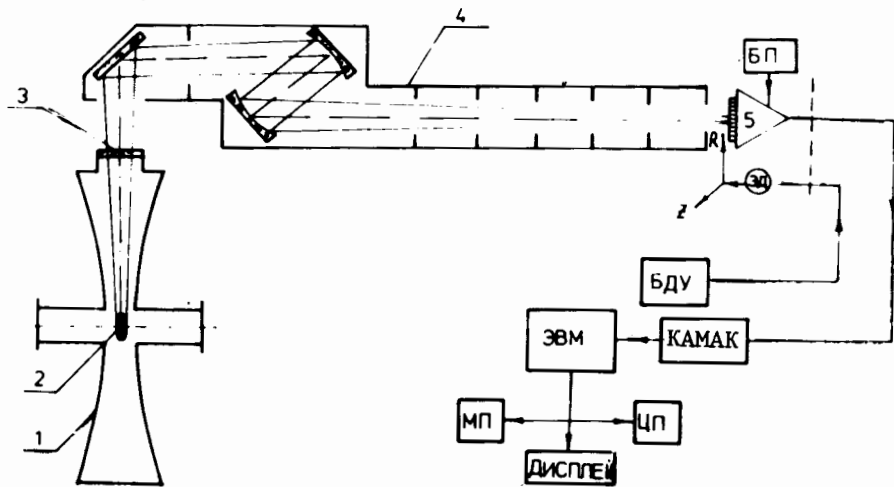


Рис.1. Блок-схема системы диагностики: 1 - компрессор КУТИ-20, 2 - электронное кольцо, 3 - ИК окно, 4 - оптический тракт, 5 - детектор с блоком усилителей, БП - блок питания, КАМАК - регистрирующая электроника, ЭВМ-М-6000, ЦП - цифропечать, МП - магнитная память, ЭД - электродвигатели привода столика, БДУ - блок дистанционного управления перемещением.

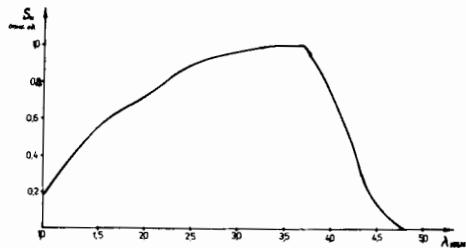


Рис.2. Спектральная чувствительность фотоприемника.

на выходе из которого излучение фокусируется на чувствительную поверхность детектора. Окно для вывода синхротронного излучения выполнено из оптической керамики КО-1 и прозрачно для излучения в спектральном диапазоне $1 \div 8$ мкм. В оптическом канале установлены зеркальные активные элементы, которые в сочетании с линзами из оптической керамики позволяют использовать весь спектр излучения, пропускаемого окном. Тракт смонтирован на специальной массивной подставке в непосредственной близости от ускорителя. Все элементы конструкции выполнены из немагнитных материалов, чтобы не вызывать искажений магнитного поля ускорителя.

Предусмотрена возможность оперативного контроля юстировки оптического тракта с помощью источника-имитатора электронного кольца. Длина оптического тракта - 2,5 м. Он передает размер сечения электронного кольца в плоскость детектора синхротронного излучения в натуральную величину. Поле зрения оптического тракта в плоскости источника излучения ~ 30 мм.

Детектор синхротронного излучения представляет собой 12-элементный фотоприемник из селенида свинца, элементы которого расположены в виде креста с образующими -10 и $-1,5$ мм. Размер одного элемента - $0,2 \times 0,7$ мм². Фотоприемник имеет микрохолодильник, позволяющий понижать температуру элементов на 30°C относительно температуры окружающей среды и тем самым повышать чувствительность детектора и расширять его спектральный диапазон в ИК область. Спектральная чувствительность приемника показана на рис.2. Чувствительные элементы детектора смонтированы в одном корпусе с предусилителями, что дало возможность уменьшить длину проводников и тем самым повысить помехозащищенность. Детектор смонтирован на специальном столике, который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости на расстоянии ± 25 мм. Привод столика - электромеханический и управляется дистанционно с пульта ускорителя. Точность измерения координаты при дистанционном перемещении $\pm 0,26$ мм.

Электронная аппаратура. Блок-схема измерительной аппаратуры представлена на рис.3. Сигналы с детектора синхротронного излучения длительностью ~ 1 мс /время наблюдаемого излучения кольца/ поступают на усилители. Каждый канал усилителя состоит из двух каскадов: первый - предусилитель / $K_{ус.} \sim 50$ / и второй - повторитель /усилитель мощности/, в котором предусмотрена регулировка коэффициента передачи /от 1 до 0,5/ для выравнивания разброса сигналов по каналам.

Информация с усилителей подается по кабелям на 256-канальные зарядочувствительные преобразователи /ЗЦП/. Длительность строба /в течение которого производятся измерения/ равна 30 нс. Регулирование уровней сигналов со всех чувствительных элементов детектора одновременно производится изменением светосилы оптического тракта. Преобразованная информация с ЗЦП считывается

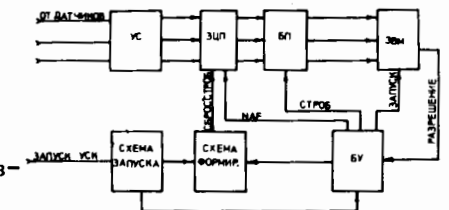


Рис.3. Принципиальная схема электроники детекторов синхротронного излучения и блока управления.

/в течение цикла измерений/ в буферную память /БП/, а в паузы между циклами работы компрессора - в ЭВМ.

Синхронизацию работы всей системы передачи информации от детектора в ЭВМ осуществляет блок управления. Блок управления позволяет:

- принять информацию об изменении импульса синхротронного излучения от 1 до 15 раз в течение 1 мс, время между опросами детекторов устанавливается задержкой $\Delta t \geq (N \cdot 10 + 41)$ мкс, где N - число ЗЦП; 40 мкс - время преобразования ЗЦП; 1 мкс - аппаратная задержка, количество циклов и блоков задается тумблерами на передней панели блока управления;
 - работать с двумя объектами /без дополнительной коммутации/, переключение осуществляется клавиатурой на блоке управления;
 - индцировать состояние системы;
 - работать автономно без ЭВМ /для тестирования аппаратуры/.
- Имитацию сигналов на входы ЗЦП можно задавать с цифроаналогового преобразователя /ЦАП/.

Работа блока показана на временной диаграмме рис.4. Запускающий импульс от ускорителя подается на формирователь, который вырабатывает импульсы "Сброс" и "Строб". Импульс "Сброс" должен подаваться не раньше чем за 5 мкс до появления информации с датчиков синхротронного излучения. Времена выработки сигналов "Сброс" и "Строб" могут корректироваться блоками задержек.

По импульсу "Строб" через задержки 40 мкс /время преобразования информации в ЗЦП/ вырабатывается импульс "Старт", который подается на блок управления. Спустя время $(n \cdot 10 + 41)$ мкс цикл опроса повторяется. Количество таких циклов можно задавать. По окончании последнего цикла измерения формируется импульс запуска ЭВМ. Информация с блока памяти переписывается в ЭВМ. Измерительная аппаратура работает на линии с ЭВМ М-6000. Связь между ЭВМ и соответствующими электронными блоками осуществляется через магистраль КАМАК.

Программа считывания информации работает в дисковой операционной системе реального времени.

При работе программы используется следующий комплект аппаратных средств:

- интерфейс ветви КАМАК;
- набор средств ввода, хранения и представления информации /НМД, VT-340, FS-1500/.

Функции, выполняемые программой: инициация аппаратуры КАМАК, прием информации из нее в операционную память ЭВМ, обработка и представление результатов.

Задачи он-лайн-обработки заключаются в следующем:

- а/ определение параметров синхротронного излучения: полного интеграла интенсивности / Q /, центра распределения плотности источников синхротронного излучения / R /, дисперсии S , характеризующей малый размер электронного кольца для каждого из 15 моментов

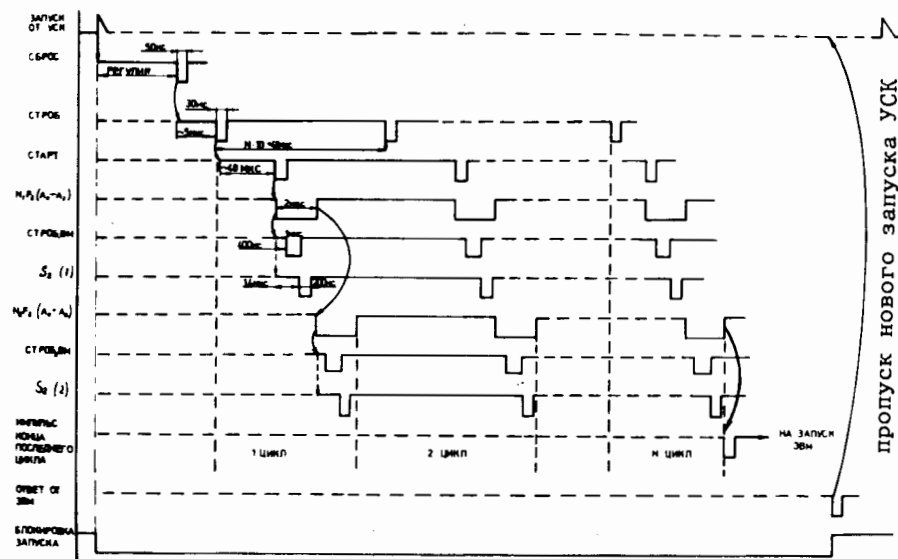


Рис.4. Временная диаграмма работы блока управления.

времени / t / в течение одного цикла формирования электронного кольца в компрессоре /6/;

б/ определение статистических /по нескольким циклам/ корреляционных зависимостей между параметрами распределения синхротронного излучения;

в/ статистический контроль датчиков числа электронов / N_e / и тока III ступени системы питания источников магнитного поля компрессора (I_{III}), датчика γ -излучения / γ /, сигнал с которого пропорционален числу электронов.

Программные возможности позволяют строить корреляционные зависимости между различными переменными, например: $R(t)$, $S(R)$ или $N_e(I_{III})$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иваненко Д.Д., Померанчук И.Я. ДАН СССР, 1944, 44, с.343.
2. Голутвин И.А. и др. ОИЯИ, P9-81-245, Дубна, 1981.
3. Долбилов Г.В. и др. ОИЯИ, P9-83-307, Дубна, 1983.
4. Мальцев А.А. ОИЯИ, 13-81-603, Дубна, 1981.
5. Белинская Г.И. и др. ОИЯИ, P9-9281, Дубна, 1975.
6. Яцуненко Ю.А. ОИЯИ, 9-11129, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 октября 1983 года.

Голутвин И.А. и др.

9-83-696

Измерительная система для исследования
динамики сжатия электронных колец

Дано описание многоканальной системы для исследования динамики сжатия электронного кольца по синхротронному излучению. Система состоит из оптического канала, ИК детектора, блока усилителей, электроники управления и связи с ЭВМ М-6000. Оптический канал прозрачен для излучения в интервале длин волн 1 ± 8 мкм. ИК детектор состоит из 12 фотосопротивлений из селенида свинца, расположенных в виде креста. Информация с детектора поступает по кабельной линии связи на 256-канальные зарядочувствительные преобразователи, с которых считывается в буферную память и затем передается в ЭВМ. Программа считывания информации работает в системе дисковой операционной системы реального времени. Программные возможности позволяют строить корреляционные зависимости между различными величинами, например, зависимость интенсивности СИ электронного кольца от тока III ступени системы питания источников магнитного поля компрессора.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Golutvin I.A. et al.

9-83-696

Measuring System for Investigating
Dynamics of Electron Ring Compression

The description of multi-channeled system for investigating dynamics of the electron ring compression over synchrotron radiation is given. The system consists of optical channel, infrared radiation detector, a unit of amplifiers, electronics of monitoring and coupling with M-6000 computer. The optical channel is transparent for 1 ± 8 mkm radiation. The infrared detector consists of 12 photo-resistances made of PbSe set as a cross. The information arrives from the detector over a cable coupling line to 256-channeled charge-sensitive converters, then it is read out into buffer memory and again is transformed into the computer. The program of the information reading out operates in the real time disc operative system. The program possibilities allow to build up correlation dependences between different values, for example, the intensity of synchrotron radiation electron ring from the third stage current of power supply sources of the compressor magnetic field.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод Т.Самолетовой