

СИСТЕМА ИНДИКАЦИИ ПУЧКА И ИЗЛУЧЕНИЯ В СИНХРОТРОНЕ НА 300 Мэв

В. П. АНОХИН, Л. Г. КОСИЦЫН

Для осуществления запуска ускорителя и настройки его на оптимальный режим работы необходимо иметь устройства индикации положения и интенсивности пучка как на первых оборотах в вакуумной камере, так и в течение всего цикла ускорения. Система индикации электронного синхротрона на 300 Мэв должна обеспечить в момент инжекции:

1. Возможность настройки момента и угла инжекции пучка инжектируемых электронов и визуального наблюдения положения и формы пучка в камере ускорителя.

2. Измерение тока пучка электронов, введенных в камеру синхротрона.

3. Возможность исследования мгновенной орбиты электронов.

4. Измерение тока пучка электронов в тракте инжекции.

Все элементы системы индикации сделаны подвижными и могут убираться в патрубки вакуумной камеры. Размещение элементов системы индикации в камере синхротрона показано на рис. 1.

Для выполнения перечисленных выше задач используются следующие устройства индикации:

1. Прозрачные флуоресцирующие сетки из латуни с размерами $(36 \cdot 102)$ мм², покрытые люминофором Б—3 с большим временем после свечения. Прозрачность сеток $\sim 50\%$. Подбор момента и угла инжекции электронов методом исключения свободных колебаний описан в [1]. Установление момента инжекции осуществлялось сетками I, II, угла инжекции — сеткой V. Длительность импульса инжекции 0,1—0,3 мксек устанавливалась генератором отсечки [2], что давало возможность работать с пучком размером ~ 1 см по радиусу.

2. Токовые флажки с радиальным размером 80 мм, высотой 36 мм, изготовленные из меди (латуни) толщиной 1 мм. Данные флажки использовались и для провешивания орбит электронов.

3. Теневые флажки размерами 36 мм по вертикали и 30 мм по радиусу, изготовленные из латуни толщиной 1 мм. Флажки электрически соединены со слоем камеры.

Наиболее удобными в работе следует признать сетки, с помощью которых можно не только настраивать момент и угол инжекции, но и быстро определять траектории движения электронов на первых оборотах. Используя указанные устройства, удалось по пучку подобрать параметры системы инжекции, коррекции магнитного поля синхротрона

и осуществить достаточно стабильный квазибетатронный режим ускорения.

4. Измерение тока пучка электронов в тракте инжекции осуществлялось цилиндром Фарадея и магнитным датчиком тока с ферритовым сердечником. Принципы действия и конструкции магнитных датчиков тока известны. В качестве сердечника магнитного датчика тока используем феррит Ф-250 с размерами: внутренний диаметр кольца 50 мм,

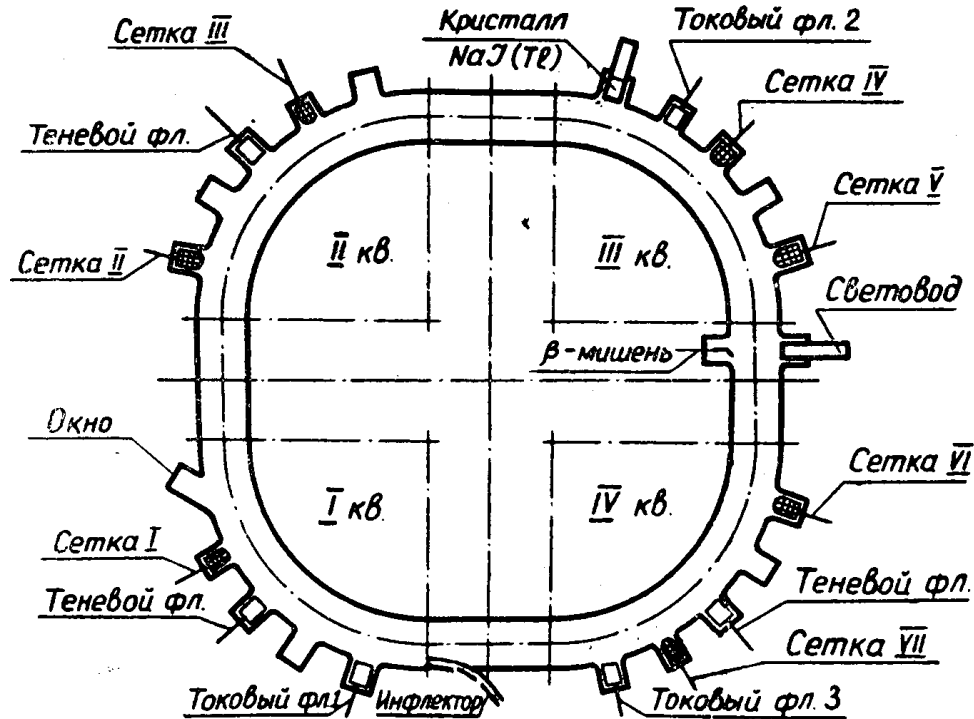


Рис. 1. Размещение элементов системы индикации в камере синхротрона

наружный — 70 мм и толщина 10 мм. Апертура датчика $\varnothing = 44$ мм. Для предотвращения попадания на датчик электронов пучка он заключен в латунный экран. Параметры датчика: число витков обмотки $\omega = 210$, шунтирующее сопротивление $R_{ш} = 1100$ ом, крутизна характеристики $S = 3,85$ мв/ма. Спад плоской части импульса тока датчика, при длительности импульса 7 мксек составляет 25%. Параметры датчика позволяют производить измерение величины тока пучка от 10 ма до 10 а. Правильность показаний магнитного датчика тока была проверена с помощью цилиндра Фарадея.

Индикация наличия ускорения в синхротроне

Необходимость данной индикации (будем называть ее «схема с кристаллом») была обусловлена трудностями, возникшими при запуске ускорителя. Основным назначением данного устройства являлось исследование ускорения в начале цикла, но оно также позволило наблюдать излучение в течение всего цикла ускорения. Основным элементом индикатора является кристалл $\text{NaI}(\text{Tl})$ (или стильбена), длительность световой вспышки которого составляет $5 \cdot 10^{-3}$ сек. При энергии инжектируемых электронов $W_i = 260$ кэв время одного оборота электронов равно $3,78 \cdot 10^{-3}$ сек. Таким образом, кристалл позволяет просмотреть отдельно световые вспышки от электронов, попавших на кри-

сталл, с разницей во времени $5 \cdot 10^{-8}$ сек, т. е. можно разделить обороты электронов в ускорителе.

Кристалл, установленный в патрубке вакуумной камеры ускорителя (рис. 1), помещен в дюралюминиевый экран толщиной 2 мм. Открыта лишь торцевая часть его. Электроны, выпадающие из ускорения, погибают на стенках камеры, а следовательно, попадают и на кристалл. Световая вспышка, возникающая в кристалле при попадании на него электронов, через световод попадает на фотоэлектронный умножитель ФЭУ-11Б. Для повышения усиления сигнала используем форсированный режим питания фэу [3].

В момент инъекции сигнал с кристалла и с фэу большой. Чтобы избежать это, используем импульсное питание модулятора фэу, с помощью которого фотоэлектронный умножитель запирается на время инъекции. При выбранном режиме питания фэу импульс запирающего напряжения с амплитудой 200 в и регулируемой длительностью достаточно надежно отключал фэу на момент инъекции. При впуске в камеру ускорителя большого тока инъекции для полного отключения фэу необходимо повышать запирающее напряжение.

Для индикации наличия ускорения в синхротроне использовалась, кроме того, бетатронная мишень (β -мишень).

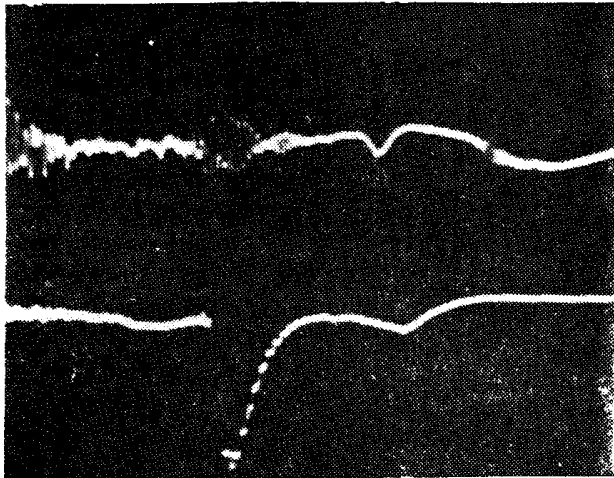


Рис. 2. Осциллограммы импульсов квазибетатронного режима ускорения (верхний импульс — с токовой β -мишени, нижний импульс — со схемы с кристаллом)

в патрубке камеры синхротрона с внутренней стороны орбиты. Оптимальный радиус установки ее — на границе рабочей зоны магнитного поля синхротрона. Мишень представляет собой флажок из меди толщиной 1 мм с радиальным размером 40 мм и вертикальным — 33 мм. Внутренний конец флажка (~ 10 мм) отогнут под углом 45° относительно радиальной оси его и покрыт люминофором (CaWO_4). Это дает возможность наблюдать с β -мишени как токовой сигнал, так и сигнал световой вспышки на β -мишени с помощью системы «световод-фэу» (рис. 1). Токосый сигнал с β -мишени мал, просматривается при удовлетвори-

тельно настроенном квазибетатронном режиме ускорения и служит для контроля нормальной работы всех систем ускорителя. Флуоресцирующая β -мишень с фэу является более чувствительным устройством. В качестве усилителя сигнала вначале использовали ФЭУ-19М с катодным повторителем. В настоящее время установлен более мощный усилитель — ФЭУ-11Б.

На рис. 2 показаны осциллограммы импульсов квазибетатронного режима ускорения с токовой β -мишени и со схемы с кристаллом (нижний импульс).

Фэу в схеме с кристаллом открывается в момент окончания импульса инъекции (на осциллограмме просматриваются задний фронт импульса инъекции и квазибетатронный импульс). Длительность ква-

зибетатронного режима ускорения составляет $\sim 3,5$ мксек. Токовая β -мишень дает импульс тока электронов, захваченных в квазибетатронный режим ускорения. На рис. 3 показаны осциллограммы импульса с β -мишени с фэу (верхний импульс) и со схемы с кристаллом (первый пик — момент инжекции, последний — квазибетатронный импульс, фэу работает с запиранием).

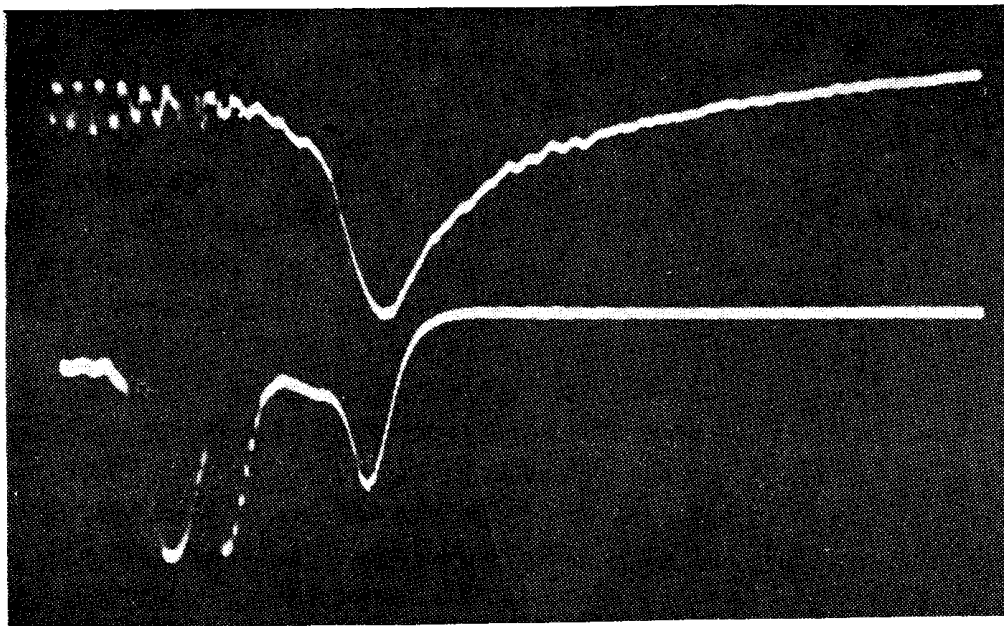


Рис. 3. Осциллограммы импульсов квазибетатронного режима ускорения (верхний импульс — с β -мишени с ФЭУ-11Б, нижний импульс — со схемы с кристаллом)

В заключение отметим, что схема с кристаллом и β -мишень с ФЭУ-11Б обеспечили надежную индикацию наличия ускорения при запуске синхротрона в синхрофазотронном режиме (да 4 Мэв). При запуске синхротрона до номинальной энергии 300 Мэв индикация наличия ускорения осуществлялась схемой с кристаллом и счетчиком Гейгера типа МС-4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник статей Ускоритель электронов на 680 Мэв. Госатомиздат, Москва, 1962.
2. Л. И. Миненко, В. П. Анохин. ПТЭ, № 3, 88, 1962.
3. О. М. Коврижных, О. Б. Ликин, П. А. Ямпольский. ПТЭ, 6, 69, 1960.