

К-142  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2792



Г.С. Казанский, Г.П. Пучков

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПУЧКА  
ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1966

2782

Г.С. Казанский, Г.П. Пучков

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПУЧКА  
ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

УЗЗЗ / 3 чр.

УДК 621.372.6.01  
621.372.6.01  
621.372.6.01

Как известно <sup>/2/</sup>, плотность пучка частиц, медленно взаимодействующего с мишенью при частотном управлении, имеет высокочастотную и низкочастотную структуры. Высокочастотная структура обусловлена конечным размером сгустка в азимутальном направлении, в силу чего имеет место высадка частиц на мишень с частотой обращения. Кроме того, плотность импульса вторичных частиц с высокочастотной структурой модулирована по амплитуде с частотой пульсаций магнитного поля. Последнее обстоятельство связано с тем, что пучок ускоряемых частиц испытывает радиальные колебания за счет неполного следящего эффекта частоты ускоряющего напряжения за гармониками пульсаций магнитного поля.

Учитывая, что сгусток частиц еще испытывает колебания за счет радиально-фазового движения, то в общем случае радиальные колебания пучка могут быть описаны следующим выражением:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = - \left( 1 + \frac{L}{2\pi R_0^2 L} \right) \left[ \frac{\Delta \omega}{\omega_0} - \frac{\sum_{i=1}^{\infty} h_i \sin(j\Omega t + \phi_i)}{(1-n) H_0} \right] \quad (1)$$

Здесь  $\Delta R$  - радиальное смещение пучка;

$\Delta \omega$  - отклонение частоты от закона ( $\omega_0$ );

$h_i$  - амплитуда  $i$ -той гармоники поля;

$\Omega = 2\pi 600$  рад/сек;  $\phi_i$  - фазовый сдвиг;

$H_0$  - напряженность поля на центральной орбите;

$n$  - показатель спада магнитного поля.

Как было показано в работе <sup>/2/</sup>, скорость изменения интенсивности пучка при взаимодействии его с мишенью пропорциональна радиальному смещению пучка. Полагая, что частота ускоряющего напряжения в момент вывода пучка на мишень изменяется линейно и сгусток не содержит зарядовых неоднородностей, можно записать скорость изменения интенсивности как:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial R} R_0 \left(1 + \frac{L}{2\pi R_0 + L}\right) \left[\frac{\Delta\omega}{\omega_0} \frac{1}{r_b} - \frac{\Omega h_1 \cos(\Omega t + \phi_1)}{(1-n)H_0}\right] \quad (2)$$

Анализ формулы (2) показывает, что при некоторых значениях длительности вывода  $r_b$  взаимодействие с мишенью прекращается, т.е.  $\frac{\partial N}{\partial t} = 0$ , что означает отход пучка от мишени за счет радиальных колебаний. Как показывает опыт, при больших значениях  $r_b$  вторичные пучки частиц обладают существенными разрывами в плотности.

Одним из методов улучшения структуры пучков вторичных частиц является компенсация раскачки пучка, вызываемой действием пульсаций магнитного поля (что особенно важно в резонансных случаях, так как частоты радиально-фазовых колебаний и гармоник пульсаций магнитного поля — одного порядка). Известные до сих пор способы исключения влияния пульсаций магнитного поля на пучок ускоренных частиц, двужущихся в синхрофазотроне, не приводят к полному подавлению флюктуаций в интенсивности пучков, вызываемых пульсациями в поле и связаны с созданием громоздких схем со значительным потреблением мощности.

Для проверки метода по улучшению структуры пучка вторичных частиц, использующего эффект компенсации влияния гармоник поля, было создано устройство, состоящее из 2-основных узлов:

1. Схемы выделения пульсаций магнитного поля из  $\dot{H}$ .
2. Фазового модулятора.

Как видно из блок-схемы рис. 1, источником информации о пульсациях магнитного поля является интеграторная катушка, расположенная в зазоре электромагнита. Гармоники пульсаций поля 600, 1200, 1800 герц выделяются совместным действием усилителя ( $L_1 \div L_4$ ), имеющего коэффициент усиления  $k = -1$  и равномерную амплитудно-частотную характеристику до 200 кгц, и 4-звенного фильтра низкой частоты типа РС. Полоса пропускания фильтра выбрана такой, что колебания с частотами до 600 герц сдвигаются по фазе усилителем на  $180^\circ$  и алгебраически складываются на выходе фильтра с колебаниями той же частоты, но пришедшими на выход фильтра в обход усилителя. Колебания же с частотами 600, 1200, 1800 герц проходят на выход фильтра и подаются на фазовый модулятор. Фазовый модулятор представляет из себя четырехполюсник на полупроводниковой емкости, в задачу которого входит, с одной стороны, осуществлять частотную модуляцию ускоряющего напряжения ( $\Delta\omega = \frac{d\phi}{dt}$ ); с другой стороны — обойти трудности, создаваемые узкополосностью задающего генератора по каналу модуляции частоты ( $0 \div 500$  герц). Частотная характеристика фазового модулятора по управляющему сигналу равномерна до  $15 \div 20$  кгц. Принципиальная схема блока компенсации представлена на рис. 2.

Результаты экспериментальных исследований иллюстрируются серией осциллограмм, снятых для различных режимов вывода пучка частиц на мишень.

На рис. 3 и 4 представлены осциллограммы, соответствующие длительности 25 и 50 мсек.

Из сравнения осциллограмм в каждой серии измерений нетрудно видеть эффект компенсации, приводящий к уменьшению глубины модуляции плотности пучка, выводимого на мишень (во всех случаях, рис. 3 и рис. 4, зарегистрирован сигнал с мишени). На рис. 5 представлен сигнал с мишени при синфазном действии сигнала компенсации.

Равномерность раскачки колебаний позволяет в дальнейшем использовать этот эффект для регулировки размеров пучка в зависимости от задач физического эксперимента.

На рис. 6 приведены одновременно снятые осциллограммы двух сигналов: верхний луч — радиально-фазовые колебания пучка частиц, нижний — сигнал с мишени. Осциллограммы сняты для двух случаев: при наличии компенсации и без компенсации. Нетрудно видеть, что компенсация приводит к затуханию радиально-фазовой раскачки пучка примерно в 2 раза, что является выгодным с точки зрения улучшения параметров ускоряемого сгустка частиц.

В заключение авторы благодарят сотрудников группы электроники РТО А.И. Михайлова, А.П. Царенкова, Н.Н. Блиникова за их участие в работе и обсуждении экспериментальных результатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Г.М. Казанский, Г.П. Пучков. Способ компенсации равновесной фазы сгустка ускоряемых частиц под действием гармоник пульсаций магнитного поля. Препринт ОИЯИ, 1947, Дубна, 1965.
2. Г.С. Казанский, А.И. Михайлов, А.П. Царенков. Стабилизация интенсивности пучков частиц в синхрофазотроне ОИЯИ. ЖТФ, т. XXXV, стр. 625-627.
3. Г.С. Казанский, А.П. Царенков. Подавление когерентных фазовых колебаний сгустка протонов в синхрофазотроне на 10 Гэв. Препринт ОИЯИ, 2491, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 июня 1966 г.



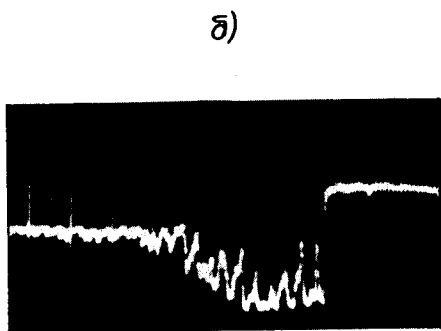
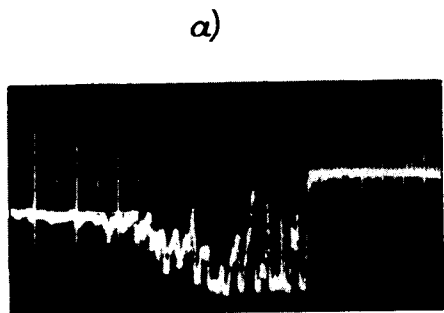


Рис. 3. Сигналы с мишени. Медленный вывод пучка ( $t_p = 25$  мсек):  
а) без компенсации, б) с компенсацией.

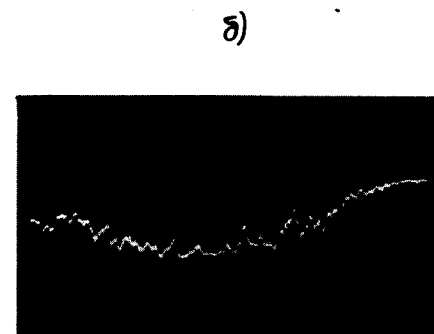
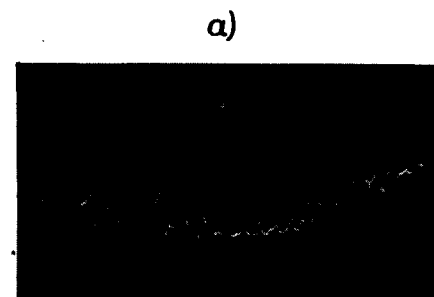
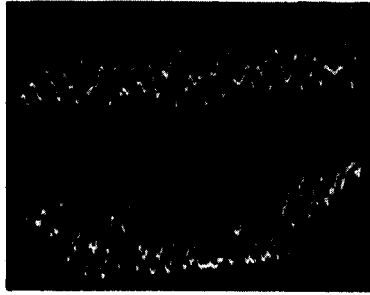


Рис. 4. Сигналы с мишени. Медленный вывод пучка ( $t_p = 50$  мсек):  
а) без компенсации, б) с компенсацией.



Рис. 5. Сигнал с мишени. Сифазная раскачка пучка частиц.

a)



б)

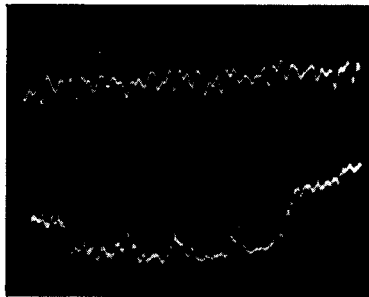


Рис. 6. Сигнал с датчика радиально-фазовой системы <sup>13/</sup> (верхний луч). Сигнал с мишени ( $t_p = 50$  мсек) - нижний луч:  
а) без компенсации, б) с компенсацией.