

M64

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР

препринт 35

Е.С.Миронов, В.Н.Пакин, Г.И.Сильвестров

**Компенсирующая система для ввода частиц  
в постоянное поле накопительной дорожки**



НОВОСИБИРСК 1966

✓  
+

ря коаксиальности и импульсности система в принципе может иметь сколь угодно малые внешние поля, определяемые толщиной "ножа" и длительностью импульса питающего тока.

### ВЫБОР ПРОФИЛЯ И ПОДГОНКА ПОЛЕЙ

Одной из трудностей, возникающих при осуществлении идеи компенсации, является создание поля сложного профиля, с хорошей точностью повторяющего форму полей рассеяния, которые имеют большие градиенты как в поперечном, так и продольном направлениях. В нашей геометрии интеграл поля рассеяния по оси впуска соответствует углу поворота частиц  $40^\circ$ , а точность компенсации по разным траекториям частиц должна быть не хуже 1%.

Геометрия системы в сечении AA выбирается из конструктивных соображений и однозначно определяет ток коаксиала, который можно рассчитать по закону полного тока и условия непрерывности магнитного потока на единицу длины системы:

$$\sum H_i l_i = 4\pi J \quad H_1 S_1 = H_2 S_2 = \dots = H_i S_i$$

$$H_i = \frac{H_1 S_1}{S_i} \quad J = \frac{H_1 S_1}{4\pi} \sum \frac{l_i}{S_i}$$

Здесь:  $l_i$  - размер зазора в сечении AA;

$S_i$  - площадь  $i$ -го зазора на единицу длины коаксиала с учетом скин-слоя;

$l_i$  - высота  $i$ -го зазора;

$H_i$  - поле в  $i$ -ом зазоре;

$J$  - полный ток через коаксиал.

Расчет профиля других сечений системы при заданном токе проводится аналогично и дает точность не выше 10% из-за сложности правильной оценки вклада скин-слоя. Поэтому заведомо предполагалось дополнительное шиммирование по результатам измерений.

Профиль коаксиала, обеспечивающий необходимый градиент поля в поперечном направлении, подбирался экспериментально. Эта задача осложняется тем, что, как видно из рис. I, нужно создать поле, спадающее к внутренней шине, причем в нашей геометрии ширина магнитного зазора порядка его высоты ( $l_i/S_i \sim 1,5$ ). Необходимый градиент поля получался с помощью зуба С на внутренней шине и пазов В на наружной. Подгонка абсолютного значения поля, осуществляемая изменением  $l_i$ , может производиться без нарушения формы поля в апертуре коаксиала.

Для полей рассеяния в обычной геометрии на макете удалось подобрать соответствие интегралов постоянного и импульсного полей по разным траекториям с точностью  $3 + 5\%$ , что нас явно не удовлетворяло. Поэтому для упрощения задачи компенсации на полях дорожки были закреплены стальные накладки 5, обеспечивающие большую однородность поля по траектории впуска, и подгонка полей по интегралам была проведена с точностью не хуже 0,5%.

При измерениях весь коаксиал был разбит на 6 участков, на каждом из которых градиент импульсного поля подгонялся под среднее значение градиента поля дорожки, а величина импульсного поля под значение постоянного поля. Все магнитные измерения проводились с точностью не хуже 0,1% в максимуме тока через коаксиал.

Результаты проведенной работы приведены на рис. 2, где кривые 1 и 2 - постоянное и импульсное поле по оси впуска, относительно поля дорожки на радиусе  $R = 461$  мм, кривые 3 и 4 - градиент постоянного и средние значения градиента импульсного поля,  $X$  - координата на оси впуска  $OO$ , отсчитываемая от  $X = 0$  - геометрического конца коаксиала.

### ПИТАНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Параметры системы: энергия электронов 70 мэв, при этом поле на радиусе впуска 5 кэ, для его компенсации через коаксиал пропускается ток 200 ка. Поле в малых зазорах  $S_i$  достигает 15 кэ, что соответствует полному усилению на каждую из боковых стенок короба до 1 т. Индуктивность коаксиала 35 см. Частота циклов инжекции 1 раз в 10 сек. Малая индуктивность и необходимость пропускания больших токов делают наиболее рациональным питание системы через понижающий импульсный трансформатор с малым рассеянием. 60 витков первичной обмотки трансформатора 6 располагаются на тороидальном железе 7 и заливаются эпоксидной смолой. Тороидальная медная обечайка 8, в которой располагается ярмо с обмоткой, служит вторичным витком, переходящим в коаксиальный токоподвод 9, соединяющий трансформатор с нагрузкой. Индуктивность рассеяния трансформатора, приведенная ко вторичной цепи, составляет 20 см, токоподвода - 25 см.

Конденсаторная батарея ёмкостью 75 мкф при напряжении 7кв

через два параллельных стандартных тиратрона ТГИ 2500/35 разряжается в первичную цепь трансформатора, при этом импульс тока представляет собой полупериод синусоиды с длительностью по основанию 500 мксек. Стабильность импульсов тока не хуже 0,1% благодаря точной стабилизации напряжения на ёмкости.

Компенсирующие системы введены в эксплуатацию на накопительных дорожках установки ВЭП-1 и удовлетворяют всем требованиям инжекции. Фотографирование пучка на выходе в режиме компенсации и, в случае отсутствия импульсного и постоянного полей дают два совершенно аналогичных изображения при размере пучка  $8 \times 6 \text{ мм}^2$ . / I / "Материалы совещания по физике и технике метода встречных пучков" ч. II Физико-технический институт АН УССР Харьков, 1962г.

#### ПОЯСНЕНИЯ К РИСУНКАМ

Рис.1. - Компенсирующая система с токоподводом и импульсным трансформатором в сечении по медианной плоскости накопительной дорожки, а также сечение AA, нормальное к оси впуска частиц.

Обозначения:

- aa - равновесная орбита накопительной дорожки,
- OO - ось впуска частиц,
- 430 - радиус равновесной орбиты мм,
- 46I - радиус орбиты впуска мм,
- B - паз на съёмной крышке,
- C - зуб на внутренней шине,
- $H_I$  - импульсное поле в области впуска,
- $S_1$  - ширина области впуска и одновременно площадь на единицу длины коаксиала,  $l_1$  - высота области впуска,
- I - внутренняя шина,
- 2 - съёмная крышка,
- 3 - короб, он же наружная шина,
- 4 - экранирующая стальная труба,
- 5 - стальные накладки, формирующие вываливающиеся поля накопительной дорожки,
- 6 - первичная обмотка импульсного трансформатора,
- 7 - тороидальный пакет железа трансформатора,
- 8 - тороидальная медная обечайка, она же вторичная обмотка трансформатора,
- 9 - коаксиальный токоподвод.

Рис.2. Постоянное и импульсное поле по оси впуска и их градиенты.

- 1 - постоянное поле  $H$  по оси впуска относительно поля дорожки  $H_0$  на радиусе  $R = 46I$  мм,
- 2 - импульсное поле коаксиала по оси впуска в том же масштабе,
- 3 - радиальный градиент постоянного поля по оси впуска в единицах,  $\frac{\Delta H}{H} \frac{1}{\text{см}} \%$
- 4 - средние значения радиального градиента импульсного поля по оси впуска на различных участках коаксиала в том же масштабе,
- X - координата на оси впуска OO, отсчитываемая от геометрического конца коаксиала  $X = 0$  см.

