

счч. 12
Г-944

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



1572/2-77

25/4-77

13 - 10353

У.Г.Гулямов, Н.В.Захаров, А.Н.Зубарев,
А.И.Квасов, В.Г.Колесник, А.Г.Кочуров,
Н.А.Коржев, Н.А.Смирнов, В.П.Соколов,
Хон Чер Сун

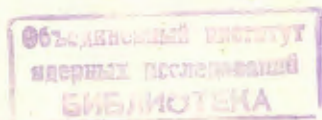
ДОЗИРОВКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
НА ДВУХМЕТРОВУЮ ПРОПАНОВУЮ КАМЕРУ

1976

13 - 10353

У.Г.Гулямов*, Н.В.Захаров*, А.Н.Зубарев,
А.И.Квасов*, В.Г.Колесник*, А.Г.Кочуров,
Н.А.Коржев, Н.А.Смирнов, В.П.Соколов,
Хон Чер Сун*

ДОЗИРОВКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
НА ДВУХМЕТРОВУЮ ПРОПАНОВУЮ КАМЕРУ



* Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент

Гулямов У.Г., Захаров Н.В., Зубарев А.Н.,
Квасов А.И., Колесник В.Г., Кочуров А.Г.,
Коржев Н.А., Смирнов Н.А., Соколов В.П.,
Хон Чер Сун

13 - 10353

Дозировка релятивистских ядер на двухметровую пропановую камеру

Описан протяженный импульсный безжелезный магнит для дозировки релятивистских ядер, идущих по каналу на двухметровую пропановую камеру. Передний фронт нарастания магнитного поля $t_{\text{фр}} = 1$ мкс. Длительность стола поля - до 5 мс. Максимальная отклоняющая способность магнита $H_{\text{max}} \cdot \ell = 1,7 \cdot 10^5$ Э·см.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Дозировка отрицательных пионов с импульсом 40 ГэВ/с /ИФВЭ/ на двухметровую пропановую камеру производилась кикер-магнитом ^{1/}. Задача дозировки релятивистских ядер, полученных на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ, отличается тем, что активная область магнитного поля должна быть сосредоточена в вакууме. Это обстоятельство предъявило новые требования к конструкции магнита и сделало невозможным применение магнита старой конструкции ^{1/}. Кроме того, условия размещения оборудования на канале синхрофазотрона и режим вывода пучка отличаются от условий на канале при энергии ускорителя 76 ГэВ ИФВЭ /Серпухов/. Все это в сумме определило требования, предъявляемые как к конструкции магнита, так и к его электрическим параметрам. Требования к характеристике магнита и системам питания: $t_{\text{фр}} \leq 15$ мкс, минимальный угол отклонения от первоначальной траектории $\phi = 3$ мрад на базе $V = 10$ м. При условии полного поглощения α -частиц коллиматором /рис. 1/ величина магнитного поля должна поддерживаться на заданном уровне в течение $T = 5$ мс, где допустимая неоднородность поля по сечению отклоняющей системы - не хуже 10%. Сравнительно короткое время нарастания магнитного поля требует минимально допустимой индуктивности обмотки магнита, а большая отклоняющая способность * $/10^5 \text{ Э·см/}$ и время поддержания поля на заданном уровне - значительных затрат энергии. При заданной отклоняющей способности магнита увеличение его длины, несмотря на линейный рост активных

* Отклоняющая способность магнита определяется произведением его длины ℓ на величину создаваемого магнитного поля $H \cdot \ell / \text{Э·см/}$.

потерь, снижает необходимые затраты энергии. Вследствие названных причин для дозировки релятивистских ядер при облучении ими двухметровой пропановой камеры был разработан безжелезный протяженный магнит, размещенный внутри ионопровода. Величина магнитного поля определялась в соответствии с кинематикой движения частиц в магните /рис. 1/

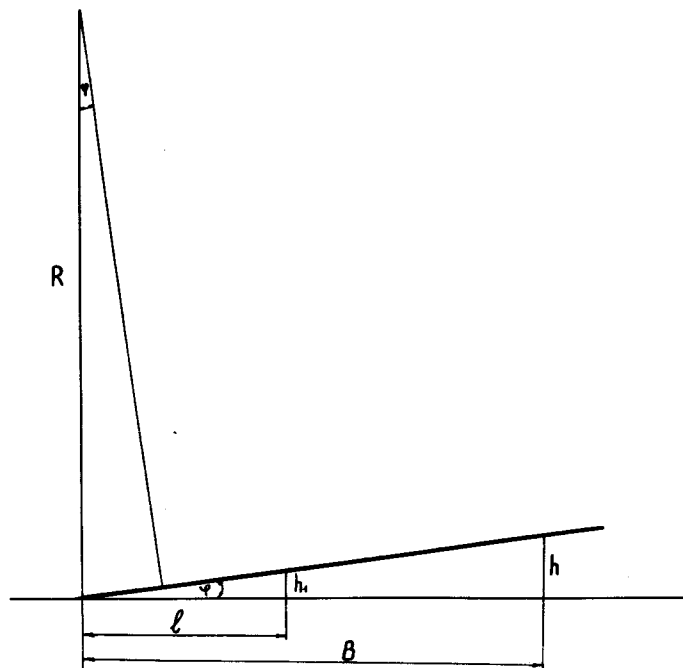


Рис. 1. l - длина магнита, B - база, ϕ - угол отклонения пучка.

$$H = \frac{E \cdot \phi}{300 \cdot l \cdot Z} = 222 \text{ Э},$$

где E - энергия частицы в эВ, $l = 450$ см - длина магнита, $Z=2$ - заряд α -частицы, $\phi = 3$ мрад - угол отклонения пучка.

Данное поле формируется токами в двух замкнутых на конце проводниках, полученных путем рассечения вдоль образующей полого медного цилиндра с внутренним диаметром 10 см и толщиной стенки 0,5 см /рис.2/. Вдоль этих проводников сделаны канавки, образующие линии разной проводимости. Путем выбора геометрических размеров линий проводимости можно добиться необходимой однородности поля внутри отклоняющего устройства. При равномерном расчленении каждого полого полуцилиндра на 9 частей величина поля $H = 222$ Э на оси цилиндра достигается пропусканием общего тока $I_0 = 3,57$ кА. О степени однородности магнитного поля в апертуре магнита можно судить по вычисленным значениям: в точках $M / x = 4,3$ см; $y = 0$; $z = z_0$ / и $N / x = 0$; $y = 4,3$ см, $z = z_0$ / $H(M) = 216$ Э, $H(N) = 206$ Э.

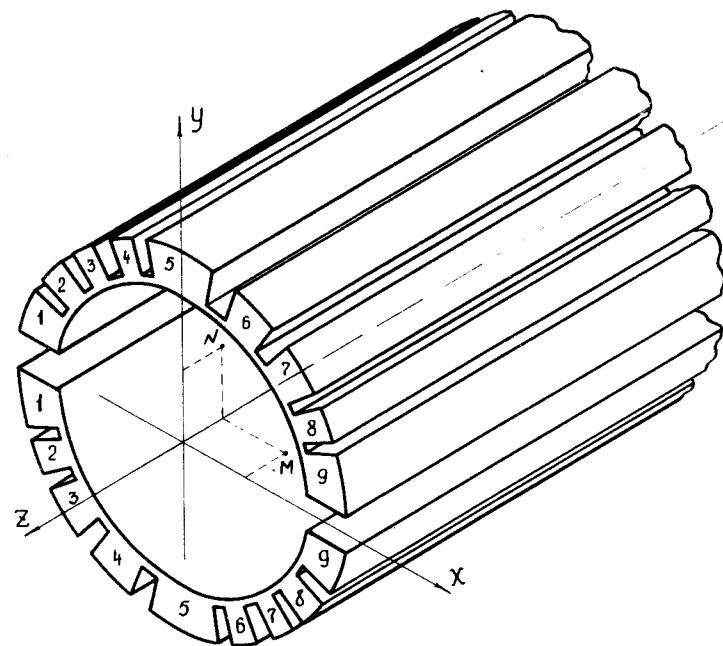


Рис. 2. Участок токоведущих шин магнита.

Величина периферийного значения поля отличается от приосевого в среднем на 7%. Этот показатель уменьшается, если через крайние и средние линии проводимости /на рис. 2 помечены цифрами 1; 5; 9/ пропускать повышенный ток по сравнению с $I_0/9$, а через остальные - пониженный. Для этого достаточно увеличить ширину шин 1; 5; 9 в 1,23 раза и уменьшить ширину остальных в 1,1 раза, чтобы при значении $I_0 = 3,63$ кА расчетная степень неоднородности поля по сечению магнита составила ~2%. Этот же эффект может быть достигнут при равномерном сечении линий проводимости, но при условии раздельного питания их током, т.е. каждую линию надо запитывать током определенной величины

$$H(x=0; y=0; z=z_0) = (222 \pm 2) \text{ Э},$$

$$H(x=4,3 \text{ см}, y=0; z=z_0) = (222 \pm 4) \text{ Э},$$

$$H(x=0; y=4,3 \text{ см}; z=z_0) = (222 \pm 4) \text{ Э}.$$

Следует заметить, что в местах намеченного расчленения проводника разреза нет, а стенка полого цилиндра фрезеруется до толщины, обеспечивающей необходимую прочность токоведущей шины. Результаты приведенного выше расчета магнитного поля соответствуют ранее проведенным измерениям отклонения пучка пионов с импульсом 40 ГэВ/с, в подобном магните упрощенной геометрии^{2/}. При определении индуктивности токоведущей системы был использован метод расчета самоиндукции многопроводной линии^{3/}. Вычисленное значение индуктивности равно $L = 2,15$ мкГн.

В схеме питания магнита в качестве ключей используются лавинные тиристоры, которые коммутируют емкости $C_2 \div C_4$ и игнитронный разрядник для емкости C_1 /рис. 3/. Часть схемы, в которую входит " C_1 " и " L " токоведущей системы, образует контур с малой постоянной времени τ . При разряде C_1 осуществляется формирование переднего фронта импульса /рис. 4/. Емкости $C_2 \div C_4$ являются основными элементами, с помощью которых

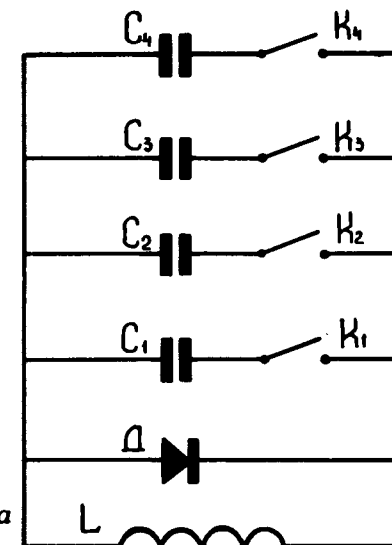


Рис. 3. Принципиальная схема питания магнита.

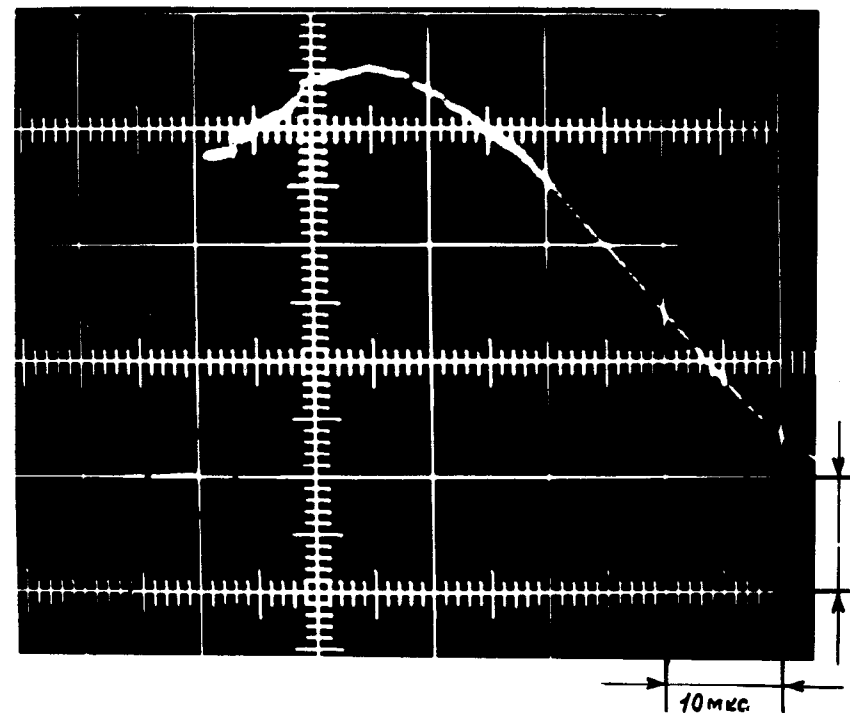


Рис. 4. Осциллограмма импульса разряда C_1 . Длительность развертки - 10 мкс/см.

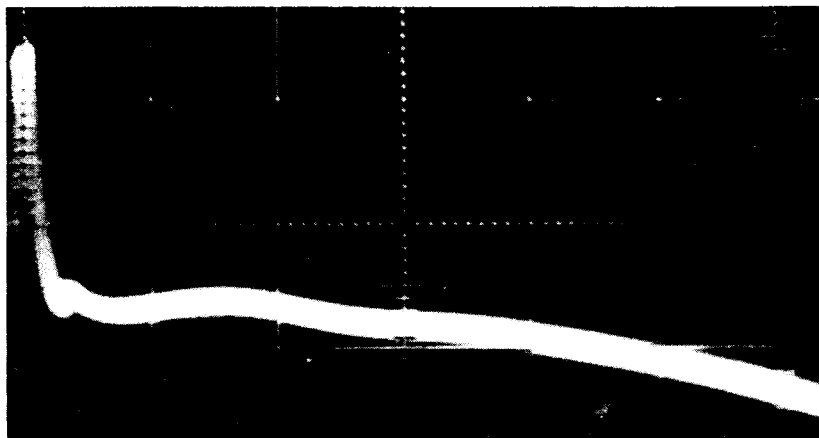


Рис. 5. Осциллограмма импульса тока в кикер-магните. Длительность развертки - 1 мс/см.

формируется плато импульса. Разряд C_2 начинается с момента достижения максимального разрядного тока в C_1 . Включение емкостей C_3 и C_4 происходит с задержкой, которая обеспечивает необходимую форму и длительность импульса тока в магните ^{4/}.

Надо отметить, что магнит и схема питания позволяют получить угол отклонения для α -частиц при энергии 20 ГэВ до 5 мрад, с фронтом нарастания магнитного поля $t_{фр} \approx 1$ мкс. Максимальная отклоняющая способность магнита $H_{max} \cdot \ell = 1,7 \cdot 10^5$ Э·см. На рис. 5 показана осциллограмма импульса тока в магните.

Магнит работал на канале релятивистских ядер непрерывно в течение 10 сут. и обеспечивал с высокой избирательностью дозировку заданного числа дейтонов на двухметровую пропановую камеру. Отклонения от заданного числа 3 или 4 частицы в сторону большего значения на 1 или 2 частицы составляют менее 3%.

В заключение авторы выражают благодарность М.И.Соловьеву за постоянное внимание к работе, Э.Ф.Богателю и В.М.Дорожжину за изготовление и наладку схем питания магнита, Р.В.Теплякову, Б.Г.Курганову, Т.Ахмедову - за разработку конструкций магнита.

Литература

1. Гулямов У.Г., Колесник В.Г., Соловьев М.И. Авт. свид. № 405186 ОИПОТЗ, 1973, №44.
2. Гулямов У.Г., Захаров Н.В., Квасов А.И., Колесник В.Г., Лосский И.О., Соловьев М.И. Изв. АН УзССР, серия физ.-мат. наук, 1972, №6.
3. Смайт В. Электростатика и электродинамика. М., ИЛ, 1954.
4. Алеев А.Н., Галеев Н.А., Горшков В.М. и др. Препринт ИФВЭ, 71-106, 1971.
5. Гулямов У.Г., Захаров Н.В., Колесник В.Г. Изв. АН УзССР, серия физ.-мат. наук, 1973, №6.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 декабря 1976 года.