

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ - ОЭФ - 92 - 82

ИФВЭ 92-82
ОЭФ

О.А.Грачев, В.П.Даньшин, Л.Т.Закамская,
А.П.Мешакин, С.Б.Нурушев, В.Л.Рыков

**КОМПАКТНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТ
ДЛЯ "ЗАМОРОЖЕННОЙ"
ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ПРОТОННОЙ МИШЕНИ**

Направлено в ПТЭ

Протвино 1992

Аннотация

Грачев О.А. и др. Компактный электромагнит для "замороженной" поляризованной мишени: Препринт ИФВЭ 92-82. - Протвино, 1992. - 7 с., 3 рис., библиогр.: 3.

Описан компактный "теплый" магнит с раздвигаемыми полюсами для "замороженной" поляризованной протонной мишени длиной 400 мм и диаметром 20 мм (ЗППМ-400). Зазор между полюсами 74 мм, поле в рабочем объеме мишени 2,5 Т с неоднородностью $\pm 1,5 \times 10^{-4}$. После динамической накачки поляризации и установления рабочей температуры в мишени полюса магнита раздвигаются на расстоянии 25 см, обеспечивая вывод вторичных частиц в полезном телесном угле 0,4 ср при поле 0,46 Т. Для реверса поляризации мишени с интервалом 10 мин предусмотрена специальная механическая подставка для вращения магнита вдоль оси пучка в пределах $\pm 180^\circ$.

Abstract

Grachov O.A. et al. Compact Electromagnet for "Frozen" Polarized Target: IHEP Preprint 92-82. - Protvino, 1992. - p. 7, figs. 3, refs.: 3.

A compact warm magnet with movable poles for a "frozen" polarized proton target 400 mm long and 20 mm diameter (FPPT) was described. The gap between the poles is 74 mm, the field in the working volume of the target is 2.5 T with $\pm 1.5 \times 10^{-4}$ nonuniformity. After dynamic pumping of polarization and establishing the working temperature in the target, the magnet poles are put at a distance of 25 cm, providing the ejection of secondaries within a useful solid angle of 0.4 sr at the field of 0.46 T. For the target polarization reverse with the interval of 10 min a special mechanical support to rotate the magnet along the beam axis within $\pm 180^\circ$ has been foreseen.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в экспериментальных исследованиях по спиновой физике высоких энергий широко используются поляризованные мишени с "замороженными" спинами [1]. Преимущество этих мишеней перед мишенями с непрерывной динамической накачкой поляризации ядер состоит в том, что хотя в обоих случаях при накачке поляризации используются большие магнитные поля ($\geq 2,5$ Т) с высокой однородностью $\Delta B/B = \pm 10^{-4}$ во всем рабочем объеме мишени, однако в случае "замороженных" мишеней для удержания поляризации можно использовать достаточно слабые (0,25 Т) и с невысокой однородностью (1%) поля. Поэтому в "замороженных" поляризованных мишенях можно достичь больших полезных телесных углов для регистрации продуктов реакции, а также, в ряде случаев, для размещения вокруг мишени окранных счетчиков. Обычно это достигается тем, что используются два магнита, выполняющих две различные функции: один магнит с сильным полем, но малой апертурой, обеспечивает условия для накачки поляризации, второй магнит со слабым полем, но большой апертурой служит для удержания поляризации в "замороженном" режиме. В данной работе описывается простой по конструкции и компактный электромагнит, который совмещает обе перечисленные выше функции и является дальнейшим развитием оригинального предложения [2].

В поляризационных исследованиях для уменьшения систематических ошибок крайне важно как можно чаще реверсировать поляризацию мишени. Такая операция особенно много времени занимает при работе с "замороженными" поляризованными мишенями (3-5 часов). С целью уменьшения времени реверса поляризации до десятков минут в данной работе предлагается использовать специальную механическую конструкцию, ко-

торая позволяет вращать магнит относительно оси пучка в пределах -180° (можно дистанционно). Возникающие при этом изменения траектории заряженных частиц предполагается корректировать с помощью трековых детекторов.

Ниже дается описание магнита поляризованной "замороженной" ионизирующей радиации для установки ПРОЗА на ускорителе У-70 ИФВЭ.

1. КОНСТРУКЦИЯ МАГНИТА

На рис.1 показаны основные элементы магнита. Ш-образный магнит состоит из верхнего и нижнего магнитопроводов (9), изготовленных из Ст3. Магнитопроводы соединены четырьмя винтами (7) с право-левой трапецидальной резьбой. Оба магнитопровода могут сдвигаться или раздвигаться с помощью силовой системы перемещения, которая состоит из электродвигателя мощностью 5 кВт, двухступенчатого червячного редуктора (1) и цепной передачи (3,4). Общий коэффициент передачи силовой системы равен 700. Несущие силовые конструкции состоят из двух стальных плит (5,6) толщиной 50 мм, скрепленных четырьмя стойками (8). Для увеличения индукции насыщения до 2,5 Т рабочий зазор электромагнита формируется двумя полюсами (10) из материала 49-КФ (пермалюр). Размер каждого полюса $164 \times 1000 \times 80 \text{ мм}^3$. Основные поперечные параметры магнита были выбраны на основе предварительных расчетов, выполненных по методике работы [3]. Для более точной коррекции поля (до 0,01%) в конструкции магнита были предусмотрены боковые шиммы, рассчитанные по методике [3]. Окончательно продольная коррекция поля осуществлялась шиммированием полюсов пермалоем толщиной 50 мкм. Боковые шиммы и пермалой приклеивались к полюсам оксидной смолы. В магнитопроводы встроены две основные катушки (12), каждая из которых состоит из 5 секций (5×8 витков), изготовленных из медной трубки $8 \times 8 \text{ мм}^2$ с внутренним диаметром 4,5 мм. Формирующие обмотки (11) состоят из трех секций (3×5 витков). Общее число витков обмотки 110. Электрически все секции соединены последовательно, а по воде параллельно. Система охлаждения рассчитана на обессоленную воду (удельное сопротивление $> 10 \text{ кОм}\cdot\text{см}$) при перепаде давления 10 атм и температуре воды на входе $15 - 20^\circ \text{ С}$. Общий расход воды при указанных условиях составляет $8 \text{ м}^3/\text{ч}$. Аварийное отключение источника питания магнита при температуре воды на выходе 75° С обеспечивалось с помощью ртутных термоконтакторов, установленных на выходе каждой секции.

2. ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Блок-схема системы питания электромагнита представлена на рис.2. Для питания электромагнита использовался электромагнитный генератор постоянного тока со следующими параметрами: $U_{ном}=230$ В, $I_{ном}=1960$ А и число оборотов приводного двигателя 1000 об/мин. Предварительная количественная оценка оборотных и коллекторных пульсаций источника применительно к данному электромагниту (согласно измерениям $L=0,02$ Гн на частоте 50 Гц) показала, что возможность пульсаций в токе на самой высокой основной частоте, связанной с числом оборотов генератора 1000/60, равной 16,7 Гц, составляет не менее 0,03%. Поэтому было предусмотрено включение последовательно с электромагнитом (ЭМ) дросселя ФРОСЗ-1230У4 (ДР) для возможности создания активного фильтра. Однако при включении магнита с системой стабилизации колебания напряжения на шунте датчика тока (ДТ) составляли 1 мВ с частотой около 10 Гц в резонансном режиме (2,18 В с шунта). Таким образом, нестабильность по току не превышала $\pm 2,3 \cdot 10^{-4}$. Система стабилизации выполнена однооптурной. Напряжение с датчика тока сравнивается в схеме сравнения (СС) с опорным напряжением и далее уже согласование $+U$ подается на вход блока усилителей БУС. Усиленный сигнал подается на схему управления терристорным выпрямителем (ТВ), который в свою очередь меняет ток возбуждения генератора.

Система снабжена блоком автоматического переключения полярности тока (БПП) для возможности реверса поля в течение 20 с.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Измерения магнитного поля осуществлялись с помощью системы ядерного магнитного резонанса в сожнутом состоянии полюсов и датчика Холла в раздвинутом. В сожнутом состоянии расстояние между полюсами из пермолера (49-КФ) составляло 7,4 см, а в раздвинутом - 25,0 см. Соответственно, магнитное поле магнита при токе в обмотке 1595,5 А составляло 2,5 и 0,46 Т. Необходимая однородность магнитного поля $\pm 0,01\%$ была достигнута после установки боковых шпим из Ст3 (см. рис. 3а). Экспериментальные измерения полей, которые необходимы для режима вакуумки и удержания поляризации мишени, при неоднородностях поля $\pm 1,5 \times 10^{-4}$ и 10^{-2} в объеме рабочего образца мишени $\Phi 20 \times 400$ мм представлены на рис.3б. При многократном осуществлении цикла сдвигка-раздвигка магнитопровода на уровне точности измерения $\pm 0,5$ Гс не

было замечено никаких отклонений в однородности магнитного поля.

Общая масса магнита составила 8 Т, габаритный размер $1065 \times 2000 \times 1400 \text{ мм}^3$, потребляемая мощность 340 кВт.

Как мы отмечали выше, очень важным параметром поляризованной мишени является скорость реверса поляризации. В схеме питания предусмотрен источник, который может реверсировать ток магнита в течение 20 с. Неприятным является переход через нулевое магнитное поле, при котором поляризация мишени мгновенно исчезает. Чтобы избежать этого, нужно дополнительное (независимое) магнитное поле порядка 2,5 кГс на период перехода через ноль основного поля, причем лучше, если это поле будет перпендикулярно основному удерживающему полю. Такой магнит в виде соленоида нами разрабатывается. Однако имеется другой путь, который состоит в том, что весь электромагнит устанавливается на специальной подставке, причем эта подставка может поворачивать электромагнит вокруг оси пучка в пределах -180° по азимуту. В результате можно реверсировать магнитное поле, а вместе с ним и вектор поляризации мишени, за короткое время < 10 минут. Такая схема и реализована в настоящей работе.

Авторы приносят благодарность дирекциям ИФВЭ и ОИЯИ за поддержку данной работы, а также сотруднику СНО ОИЯИ А.И.Иваненко за предоставленную систему ЯМР, В.А.Кормилицыну, Ю.А.Ильищу за работы по доводке магнита и Е.К.Ермолаевой за конструкторские разработки.

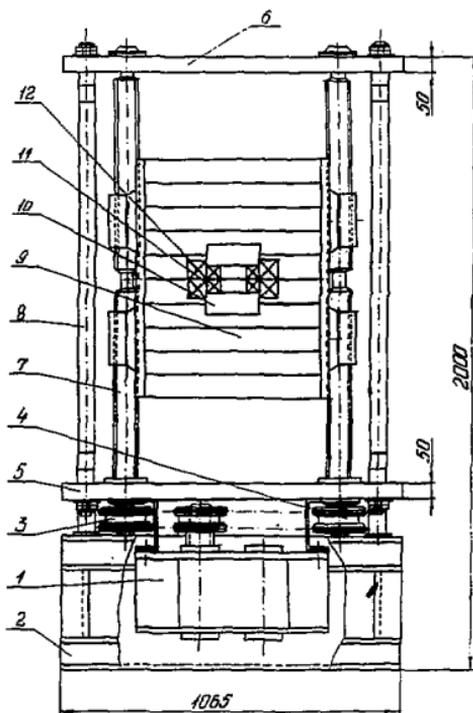


Рис. 1. Общий вид компактного электромагнита для "замороженной" поляризованной протонной мишени.

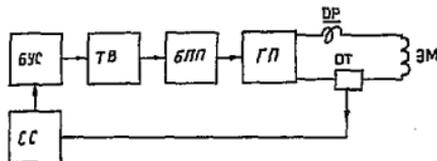


Рис. 2. Блок-схема системы стабилизированного питания электромагнита поляризованной мишени. ГП - генератор постоянного тока; ДТ - датчик тока; СС - схема сравнения; БУС - блок усилителей; ТВ - тиристорный выпрямитель; БПП - блок переключения полярности; ЭМ - обмотка электромагнита; ДР - дроссель ФРОСЗ-1250.

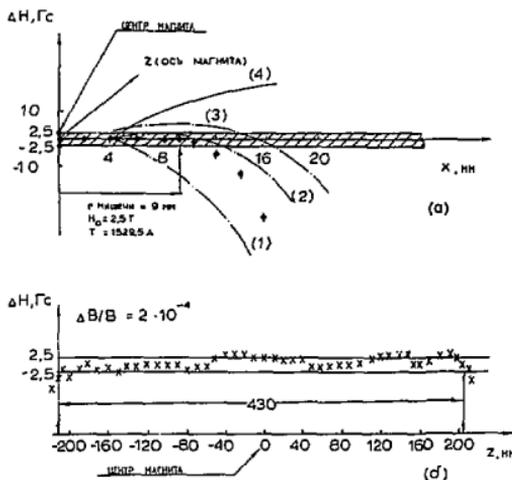


Рис. 3. а). Расчетные значения отклонения магнитного поля от номинального значения 2,5 Т в поперечном сечении относительно центра магнита для различных конфигураций боковых шимов. Выбрала конфигурация боковых шимов, соответствующая кривой 2, т.е. это равнобедренный прямоугольный треугольник с ребром 10 мм из Ст. 6) Измеренная однородность магнитного поля при токе 1595,5 А вдоль осевой линии магнита от центра магнита на расстоянии ± 200 мм.

Список литературы

- [1] Нурушев С.Б. Преприят ИФВЭ 89-56. - Серпухов, 1989.
- [2] Бурхан М.М. и др.//ПТЭ. Т. 1. 1981. 30.
- [3] Дайковский А.Г. и др. Преприят ИФВЭ 78-63. - Серпухов, 1978.

Рукопись поступила 8 июня 1992 г.

Грачев О.А. и др.

Компактный электромагнит для "замороженной" полимеризованной
протонной машины.

Редактор В.В.Горюхов. Технический редактор Л.П.Тимокина.

Подписано к печати 18.06.92 г.	Формат 60x90/16.	
Офсетная печать. Печ.л.0,44. Уч.-изд.л. 0,53.	Тираж 250.	
Заказ 356.	Издано 3649.	Цена 80 коп.

Институт физики высоких энергий, 142284, Протвино
Московской обл.

80 коп.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 92-82, КСВ, 1992
