

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ45е3
А-194

4/III-75
13 - 8736

С.А.Аверичев, В.П.Матвеева, Б.Ф.Стуканов

2774/2-75

ВЫВОДНОЙ МАГНИТ
ДЛЯ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА ПУЧКА
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

1975

13 - 8736

С.А.Аверичев, В.П.Матвеева, Б.Ф.Стуканов

ВЫВОДНОЙ МАГНИТ
ДЛЯ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА ПУЧКА
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

Введение

Медленный вывод пучка протонов за пределы вакуумной камеры ускорителя осуществляется выводным септум-магнитом, установленным в прямолинейном промежутке вакуумной камеры синхрофазотрона, пучок протонов забрасывается в выводной магнит (ВМ) форммагнитом, первоначально отклоняющим частицы от орбиты ускорителя на угол 10 мрад^{/1/}. Угол отклонения пучка выводным магнитом — 100 мрад при поле в ВМ $1,3$ Т и эффективной длине $3,0$ м.

Выводной магнит спроектирован согласно техническим условиям на разработку ВМ в соответствии с расчётом системы протонного вывода синхрофазотрона^{/2,3/}. Он смонтирован на крышке прямолинейного промежутка, к которой крепится с помощью механизма, позволяющего поворачивать магнит и изменять его положение по горизонтали и вертикали.

Общий вид выводного магнита представлен на рис.1.

Конструкция выводного магнита

Сердечник электромагнита (рис. 2) собран из листов стали Э2 С-образного сечения толщиной 10 мм, по краям магнита — два листа толщиной 20 мм. Между листами стали вклеивается эпоксидной смолой стеклоткань толщиной $0,025$ мм. Сначала склеиваются отдельные секции



Рис. 1. Общий вид выводного магнита, смонтированного на крышке прямолинейного промежутка синхрофазотрона.

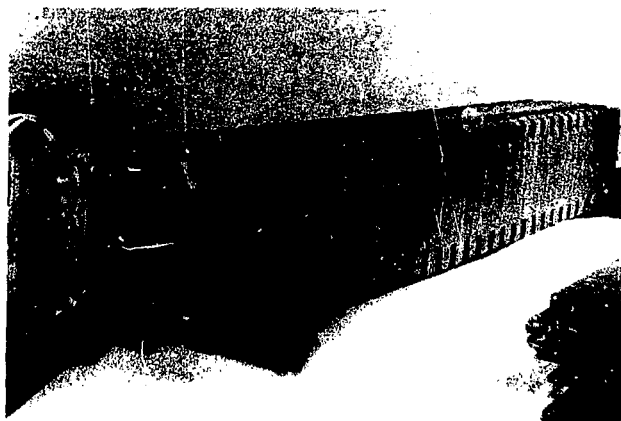


Рис. 2. Сердечник выводного магнита.

электромагнита (6 секций по 500 мм), затем – секции между собой. Полная длина сердечника – 3000 мм. Перед склейкой листы стали тщательно обезжириваются.

Обмотка возбуждения выводного электромагнита (рис. 3) имеет 5 витков и расположена по обе стороны зазора. Со стороны септума она выполнена в 1 ряд, со стороны сердечника – в два ряда (с целью улучшения ее охлаждения). Обмотка сделана из медной шины квадратного сечения 11,5 x 11,5 мм с внутренним отверстием ϕ 7,5 мм.

Непосредственно перед намоткой секций (за 2-3 часа) медный проводник отжигался для обеспечения большей мягкости меди при изгибании. Изготовление обмотки проводилось на специальном шаблоне. Затем медные шины очищались и обезжиривались. Изоляция между медными проводниками осуществлялась стеклотентой, пропитанной эпоксидной смолой (толщина стеклотенты – 0,08 мм, ширина – 15-20 мм), одним слоем влонахлеста.

Между витками и по бокам обмотки прокладывались полоски стеклотекстолита толщиной 0,5 мм. Сверху обмотки намотано 2 слоя влонахлеста стеклотенты, пропитанной эпоксидной смолой.

Тоководопроводы

Тоководопроводы к магниту в вакуумную камеру синхротрона осуществлены при помощи уплотненных на вакуум 10 шт. полых труб, соединенных при помощи переходников со шлангами, идущими к общему коллектору, 2 трубы из этих 10 являются не только водопроводами, а токовододами. Наружные тоководы выполнены из шин, сечение которых выбиралось соответственно эквивалентному току магнита, равному 4600 А.



Рис. 3. Обмотка возбуждения выводного магнита.

Характеристики магнитного поля

При конструировании выводного магнита было проведено моделирование магнитного поля в его сердечнике. Две модели позволили получить на проводящей бумаге сетку ортогональных эквипотенциальных линий магнитного поля. Анализ распределения магнитного поля позволил уточнить конструкцию магнита: определить влияние пазов в зазоре, отверстий для стяжных болтов, смоделировать магнитные и немагнитные накладки у септума. На рис. 4 представлено поле, снятое на модели.

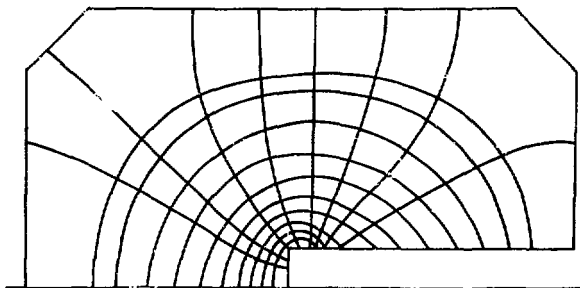


Рис. 4. Распределение магнитного поля в сердечнике ВМ, снятое на модели.

Кривые распределения магнитного поля по оси зазора были сняты с помощью индукционных катушек методом относительного измерения с точностью до 10^{-2} %.

Магнитное поле измерялось по оси магнита в 5 положениях индукционных катушек: перед магнитом, в его начале, середине, конце и за магнитом. Затем поле было проинтегрировано по длине, и суммарная кривая его распределения вдоль зазора по оси X представлена на рис. 5. Из этой кривой видно, что нестабильность магнитного поля в рабочей части зазора не превышала $\pm 0,15\%$.

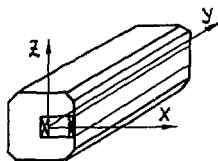
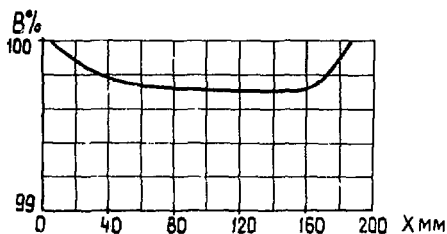


Рис. 5. Распределение магнитного поля в рабочем зазоре выводного магнита (X — расстояние от обмотки).

Рассеянное поле магнита сразу за септумом составляет 0,39% от поля в магните, а на расстоянии 50 мм от септума по оси X — уже 0,24%.

Кривая намагничивания сердечника была снята методом абсолютного измерения датчиком Холла размером $5 \times 0,2$ мм, с высокой чувствительностью (68 мкВ/А·Э).

Из этой кривой (рис. 6) видно, что рабочая напряженность магнитного поля в 13000 Э достигается при токе 14000 А.

В заключение авторы благодарят Н.И.Павлова, И.Б.Иссинского за помощь в работе, В.М.Головина, В.И.Рязанцева, Н.М.Чикварова, Л.Г.Конакова, Н.С.Иванченкова, А.С.Русакова, В.Г.Чуркина, А.Г.Саукова, В.М.Вирясова, В.Н.Ворошилова и И.А.Григорьева за участие в изготовлении и монтаже магнита медленного вывода.

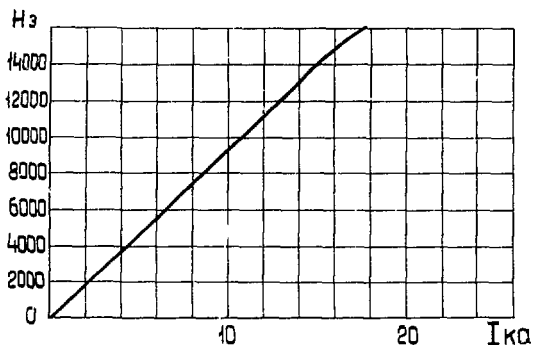


Рис. 6. Кривая намагничивания ВМ.

Таблица

I . Основные характеристики ВМ

1) Конфигурация железа	-	С -образная
2) Сердечник	-	а) высота - 460 мм б) ширина - 460 мм в) длина - 3000 мм
3) Зазор	-	а) высота - 66 мм б) ширина - 190 мм
4) Септум	-	толщина - 24,5 мм
5) Вес сердечника	-	4600 кг
6) Вес активной меди	-	39 кг
7) Общий вес электромагнита	-	< 5000 кг
8) Электромагнит предназначен для работы в вакуумной камере.		

II . Режим работы ВМ

1) Питание импульсное		
Длительность "стола"	-	400 мс
Длительность импульса	-	1000 мс
Частота импульсов	-	10 имп/мин
2) Максимальный ток	-	15600 А
3) Эквивалентный ток	-	4700 А
4) Максимальное падение напряжения на обмотке возбуждения при I _{макс}	-	104 В

III . Обмоточные данные ВМ

1) Проводник - медь прямоугольная с отверстием	-	11,3 x 11,5 мм - φ 7,5 мм
сечение меди	-	88 мм ²
2) Число витков в обмотке	-	5
3) Сопротивление обмотки при 20 ^o С	-	0,0052 Ом

- | | |
|---|------------|
| 4) Индуктивность электромагнита | - 0,0003 Г |
| 5) Постоянная времени
электромагнита | - 0,075 с |

IV . Данные охлаждения ВМ

- | | |
|---|---------------------------|
| 1) Перепад напора по воде
в обмотке электромагнита | - 13 кг/см ² |
| 2) Число параллельных ветвей по
воде | - 5 |
| 3) Общий расход воды | - 6,0 м ³ /час |
| 4) Температура воды на входе
в обмотку | - 15-20°C |
| 5) Максимально допустимая
температура воды | - 85°C |
| 6) Вода дистиллированная | |

Литература

1. Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский, В.С.Миронов, С.А.Новиц, В.И.Черников. Сообщение ОИЯИ, 9-6537, Дубна, 1972.
2. Б.В.Василишин, И.Б.Иссинский, Е.М.Кулакова, В.А.Михайлов. Сообщение ОИЯИ, Б1-9-6436, Дубна, 1972.
3. Н.Н.Umstatter. CERN 65-36, Geneve, 1959.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 марта 1975 года.