

95-409



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13-95-409

Н.И.Балалыкин, В.К.Маковеев, В.Г.Шабратов

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ КАЛИБРОВОЧНЫЙ СТЕНД
С «ТЁПЛЫМ» РАБОЧИМ ОБЪЁМОМ

1995

Введение

В настоящее время начато создание крупных установок для проведения исследований на следующем поколении ускорителей. При разработке калориметров для установок типа GMS на LHC, работающих в сильных магнитных полях, знание параметра Биркса [1] является определяющим [2]. Этот параметр никогда ранее в магнитном поле не измерялся. Целью данной работы является создание комплекса оборудования для измерения параметра Биркса для пластических синцилляторов, работающих в сильных магнитных полях (до 4 Тл).

1. Основные детали и узлы стенда

Блок-схема стенда представлена на рис.1. Основой стенда является магнит соленоидального типа, помещенный в криостат вертикального исполнения.

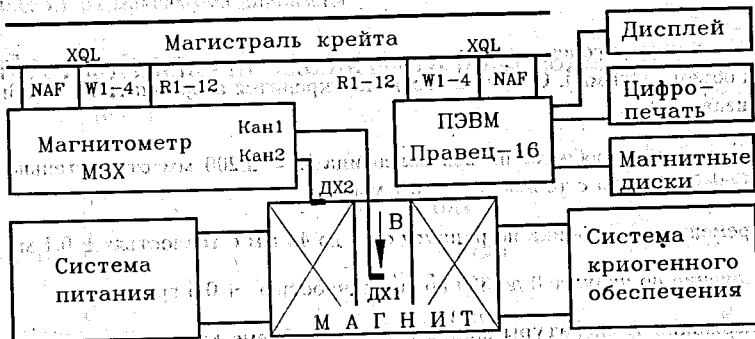


Рис.1 - Блок-схема стенда

Криостат изготовлен [3] из нержавеющей листовой стали и состоит (рис.2) из вакуумного корпуса, азотного и гелиевого сосудов. Сверхпроводящий магнит [4], состоящий из 5 независимых секций с отдельными тоководами, устанавливается на дно гелиевого сосуда. Общая высота соленоида 220 мм, его внутренний диаметр 136 мм, внешний диаметр 270 мм. Различным соединением секций или их независимой запиткой можно добиваться необходимой конфигурации магнитного поля. В центре

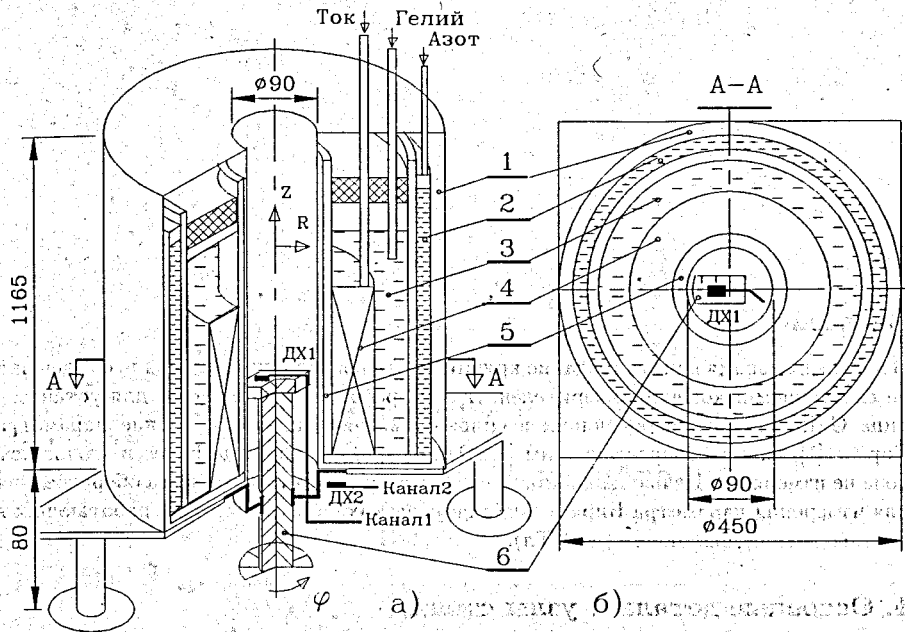


Рис.2. а) Устройство и б) поперечное сечение криостата:
 1-вакуумный корпус; 2-азотный сосуд; 3-гелиевый сосуд;
 4-соленоид; 5-антикриостат; 6-координатный механизм

криостата и внутри соленоида находится антикриостат, который создает "теплый" рабочий объем (Ø 90 мм). Снизу на основании крепится координатный механизм. Он обеспечивает

- перемещение пробника по оси соленоида $Z = \pm 200$ мм относительно центра рабочей области с точностью ± 0.1 мм;
- перемещение пробника по радиусу от 0 до 40 мм с точностью ± 0.1 мм;
- вращение по углу от 0 до 360 град с точностью ~ 0.5 град.

Поддержание температуры жидкого гелия в объеме катушки соленоида обеспечивается соответствующей криосистемой. В нее входят криостат с антикриостатом (рис.1,2), система тоководов с охлаждением обратным потоком газообразного гелия, система вакуумной откачки, сифон для переливания жидкого гелия, измеритель уровня жидкого гелия, измерители низких температур, газгольдер для сбора газообразного гелия, газовый пульт. Объем азотной ванны ~ 30 л, объем гелиевой ванны ~ 35 л. На охлаждение соленоида до 4.2 К с последующим поддержанием рабочего режима в течение 5 часов необходимо ~ 150 л жидкого азота и ~ 100 л жидкого гелия.

Система питания [5] сверхпроводящего магнита включает следующие три основных узла:

1. Сильноточный низковольтный выпрямитель ($U_{\text{ном}} = 6$ В, $I_{\text{ном}} = 150$ А).
2. Стабилизатор тока, интегратор которого обеспечивает плавный ввод-вывод тока в сверхпроводящий соленоид с регулируемой скоростью (от 0.005 до 0.5 А/с). Сигнал для цифровой индикации берется с шунта (150 А, 75 мВ).
3. Эвакуатор энергии магнитного поля, обеспечивающий аварийный выход из сверхпроводящего режима с помощью магнитного сопротивления ($R = 4$ Ом), включенного параллельно катушке магнита.

Магнитометр (МЗХ) [5] измеряет магнитное поле по двум независимым каналам, причем первый канал модернизирован для целей измерения высоких полей (до 5 Тл.). Прибор работает (рис.1) в автоматическом режиме на связи с персональным компьютером с набором статистики в каждой измеряемой точке $n = 10$. Результаты измерений накапливаются на магнитном диске и отображаются на экране дисплея и на цифрочасти. Первый датчик Холла (ДХ1) использовался для измерения топографии магнитного поля соленоида и помещался на подвижной каретке координатного механизма (рис.2). Второй датчик Холла (ДХ2) был зафиксирован на постоянном месте под магнитом и служил опорной точкой при определении стабильности режима запитки током в момент проведения измерения в первом канале. Это позволило избежать ошибок при измерениях в переходных режимах и строго фиксировать установившийся режим запитки магнита. Относительная точность измерения магнитного поля была $\sim \pm 0.01\%$ от максимума диапазона. Точность абсолютных измерений была $\sim \pm 0.025\%$ от максимума диапазона.

2. Результаты измерений магнитного поля соленоида

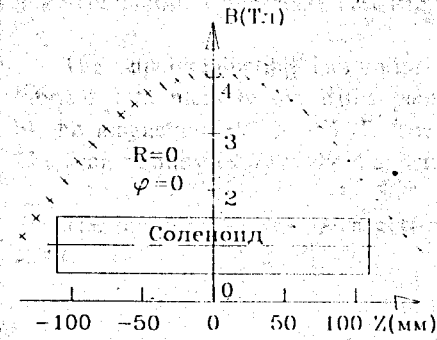


Рис.3. Распределение магнитного поля по оси соленоида

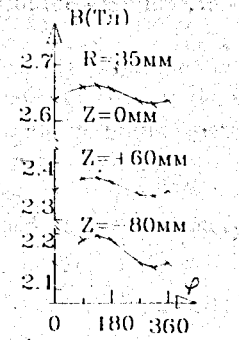


Рис.4. Распределение магнитного поля по углу

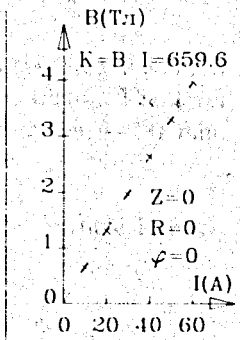


Рис.5. Зависимость поля от тока

Измерения магнитного поля (B_z) проводились по следующей схеме. Пробник с ДХ1 устанавливался в данной точке с помощью координатного механизма. Пробник с ДХ2 фиксировался на постоянном месте. Измерения в обоих каналах производились одновременно. Причем в каждой точке делалось 10 измерений с определением среднего значения и с вычислением среднеквадратической ошибки. Распределение магнитного поля измерялось на оси соленоида с шагом $\Delta Z=10$ мм. Результаты измерений показаны на рис.3. Магнитное поле в центре соленоида поддерживалось на уровне 4.1 Тл. Неоднородность магнитного поля в центральной части магнита составила $\sim 0.15\%/см$. Затем была измерена неоднородность магнитного поля по углу на радиусе $R=35$ мм при трех значениях Z (0, +60, -80). Максимальная неоднородность (рис.4) в центральной части соленоида составила $\sim 1\%$ на 360 град. Это соответствует требованиям на рабочий объем для проведения эксперимента. На рис.5 показано соответствие тока запитки и магнитного поля в центре соленоида. При всех измерениях долговременная стабильность магнитного поля определялась по показаниям ДХ2 и в установившемся режиме была не хуже 0.01%.

Работа выполнена при поддержке проекта "Методика".

Литература

1. M.Hirshberg et all IEEE vol.39 N4,1992,p.511.
2. G.L.Bayatjan et all GMS TII/94-222,1994.
3. В.Ф.Буринов и др. СМКС.ОИЯИ,Р9-85-567,Дубна,1985.
4. Ю.И.Смирнов,В.Г.Шабратов,Сообщение ОИЯИ,8-8561,Дубна,1975.
5. V.K.Makoveev et all Devices for test measurements of c-tau.Factory magnetic systems.2 Workshop on JINR Tau-Charm Factory. April 1993.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 сентября 1995 года.