

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

27

2692/2-81

1/6-81

9-81-17

М.А.Воеводин, В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев,
А.С.Исаев, И.И.Карпов, Л.Г.Макаров,
В.Н.Перфеев, И.Н.Семенюшкин, В.Л.Степанюк,
Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой, С.В.Федуков,
В.И.Черников

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.
РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

(III квартал 1980 г.)

1981

1. РАБОТА УСКОРИТЕЛЯ И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В III квартале 1980 г.* было запланировано 1332 ч работы ускорителя. На физические исследования использовано 1004 ч /75,4%/, на совершенствование синхрофазотрона - 44 ч /3,3%/. Технологическая подготовка заняла 111 ч /8,3%/, потери времени по причине простоев оборудования составили 172 ч /12,9%/, прочие затраты - 0,1%.

В ходе экспериментов на синхрофазотроне ускорялись дейтроны, ядра гелия и углерода. Интенсивность ускоряемых частиц в импульсе, длительность работы, давление в вакуумной камере ускорителя представлены в следующей таблице:

	\bar{N}	N_m	T_4	$p \times \text{Торр}^{-6}$
d	$1,4 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{11}$	729	2,0
He	$0,4 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	229	2,7
C	$1,0 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$	374	2,7

Коэффициент использования ускорителя для физических экспериментов $K=1,83$.

В течение третьего квартала на синхрофазотроне выполнены исследования продуктов фрагментации ядер в широком угловом и импульсном интервалах. С помощью улучшенного триггера на СКМ-200 получены экспериментальные данные о центральных взаимодействиях ядер углерода и меди. Измерены выходы нейтронов при взаимодействии релятивистских ядер с тяжелыми мишенями. Проведены радиобиологические эксперименты.

На 2-метровой пропановой и 1-метровой жидководородной пузырьковых камерах в пучках релятивистских ядер углерода, гелия, монохроматических нейтронов получено 200 тысяч фотографий.

* Во II квартале 1980 г. синхрофазотрон был остановлен из-за проведения работ по очистке от песка системы главного водовода и водозабора.

2. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НЕОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Повышение интенсивности ускоренных пучков синхрофазотрона занимает значительное место в программе его совершенствования. Именно поэтому для проведения оптимального корректирования показателя неоднородности магнитного поля /МП/ (n) необходимо детально знать топографию магнитного поля всей рабочей области вакуумной камеры ускорителя^{1,2/}. До сих пор проведение подобного рода работ сопровождалось пребыванием людей в зоне повышенной радиации и магнитного поля.

В настоящее время создана и испытана в рабочих условиях автоматизированная десятиканальная система измерения n , работающая на линии с ЭВМ ЕС-1010. Помимо задач автоматизации, увеличения эффективности и оперативности измерений были решены также и методические вопросы, связанные с достижением высокой точности измерений. Были разработаны и изготовлены прецизионная электронная аппаратура, устройство контроля и калибровки и различные механические приспособления.

Вследствие малости величины квадрупольной компоненты магнитного поля /градиент $5,35 \cdot 10^{-4}$ Т/м при величине МП $2,3 \cdot 10^{-2}$ Т/ был выбран индукционный метод измерений. Использование многоканальной системы измерений n позволило получить точность не хуже 1%. При этом изготовленные преобразователи обладали высокой чувствительностью и избирательностью ко второй гармонике МП /ослабление дипольной составляющей должно быть не хуже 100 дБ/^{3/}.

Преобразователь должен быть небольших размеров, технологичен в изготовлении и обладать стабильностью характеристик. Этим условиям в значительной степени отвечает преобразователь, состоящий из четырех клиновидных секций, которые жестко закреплены на цилиндрическом каркасе. На поверхности клиновидных секций расположены витки обмоток, образующие контуры, описываемые гармоническим законом^{4/}. Для данной системы было изготовлено 11 таких преобразователей. Блок преобразователей устанавливается на подвижной платформе, обеспечивающей его перемещение внутри камеры ускорителя по дуге окружности радиусом 28 м /рис. 1/. Платформа тремя колесами опирается на рельсы, расположенные вне рабочей области /рис. 2/. Расстояние между рельсами 1700 мм. В движение платформа приводится двигателем с редуктором, который вместе с направляющими роликами смонтирован на плите и стойках. Устройство, передающее движение платформе, представляет собой верньерный механизм, состоящий из немагнитного металлического тросика и направляющих роликов. Блок преобразователей включает в себя 10 квадрупольных датчиков и один датчик абсолютной величины магнитного поля.

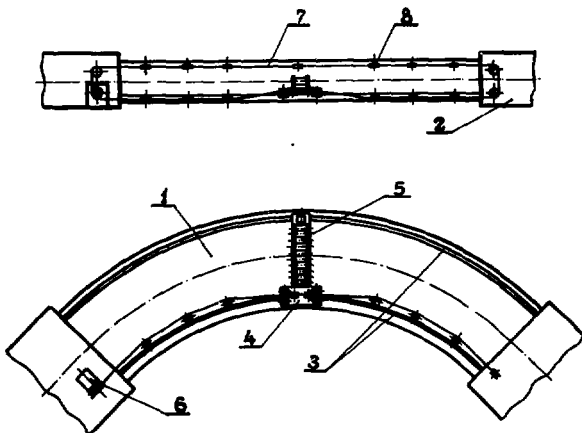


Рис.1. Кинематическая схема привода подвижной платформы: 1 - вакуумная камера ускорителя; 2 - прямолинейный промежуток; 3 - рельсы; 4 - платформа; 5 - блок преобразователя на платформе; 6 - двигатель; 7 - тросик; 8 - направляющие ролики.

Каждый из десяти каналов измерения градиента состоит из предусилителя с автономным источником питания, программно-управляемого аттенюатора, управляемого интегратора и оконечного усилителя с фильтром низких частот.

Сигнал с квадрупольного датчика посредством экранированной скрученной пары длиной ~ 80 м передается в предусилитель, а затем аналогичным образом транслируется на расстояние ~ 300 м в зал управления синхрофазотроном, где и располагается основная часть аппаратуры, для последующей обработки.

Блок управления режимом работы интеграторов / В-таймер/, на вход которого поступает сигнал с датчика абсолютной величины поля, определяет абсолютную величину магнитного поля и вырабатывает команды для изменения коэффициента передачи интегратора и управляет режимом работы последнего. Таким образом, реализуется возможность автоматически измерять величину μ в полном динамическом диапазоне рабочих индукций синхрофазотрона / В = $2,3 \cdot 10^{-2} \div 1,2$ Т/.

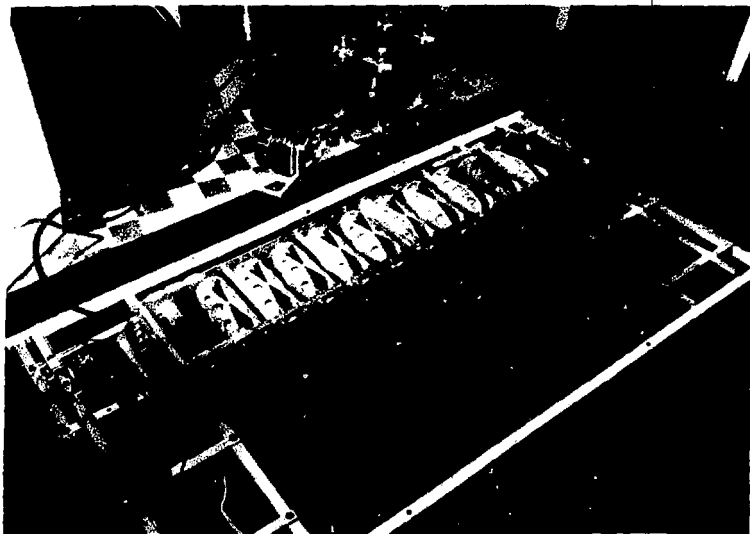


Рис.2. Общий вид подвижной платформы с блоком преобразователей.

Аппаратура сопряжения измерительной и управляющей электроники с ЭВМ выполнена в стандарте КАМАК. В системе предусмотрено девять режимов работы. Основным рабочим режимом является режим измерения при последовательно увеличивающихся значениях индукции магнитного поля синхрофазотрона.

Программное обеспечение системы, написанное на языке АССЕМБЛЕР ЭВМ ЕС-1010, включает подпрограммы приема, обработки и вывода информации на устройства представления и накопления на магнитной ленте. Результаты каждого измерения, соответствующие определенному значению магнитного поля, можно вывести на устройства представления информации. На печать выводятся измеренные величины сигналов с десяти датчиков магнитометра, вычисленные значения μ на соответствующих радиусах апертуры ускорителя и значения индукции магнитного поля.

Для наглядного представления зависимостей $\mu=f(r)$ используется графический дисплей и графопостроитель. При этом на графический дисплей можно вывести все графики, соответствующие одной серии измерений, - 8 графиков.

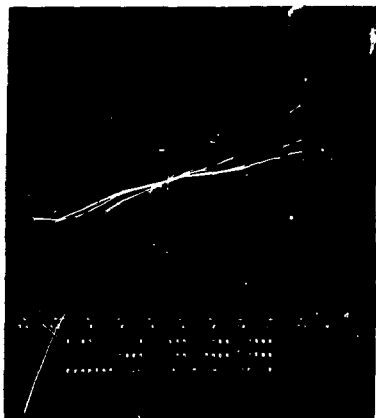


Рис.3. Зависимости $p = f(r)$ для середины одного из полюсов при 8 значениях магнитной индукции, фото с экрана дисплея.

На рис. 3 приведены зависимости p , полученные для середины одного из полюсов электромагнита при восьми значениях магнитной индукции. Фотография сделана с экрана графического дисплея ГД-71.

С помощью данной системы за 20 ч измерений было получено 16000 значений p при восьми значениях магнитной индукции. Погреш-

ность измерений не превышала 1% для $B \leq 0,023\text{Т}$ и 0,5% для $B \geq 0,6\text{ Т}^{1/5}$.

3. МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ ДЛЯ ИСТОЧНИКА КРИОН

Одним из путей повышения зарядности ионов в электронно-лучевом источнике КРИОН является увеличение энергии электронного пучка. С этой целью был разработан малогабаритный высоковольтный умножитель, позволяющий поднять энергию электронного пучка в КРИОНе до 60 кэВ. Применение в умножителе довольно высокой рабочей частоты ~20 кГц позволило снизить пульсацию выходного напряжения и уменьшить габариты прибора.

Умножитель состоит из высоковольтного блока /рис. 4/ и блока питания /рис. 5/. Высоковольтная часть умножителя собрана по однофазной схеме на диодах КЦ 106Г и конденсаторах К15-4; 470 пФ, повышающих напряжение в 6 раз. Высоковольтная обмотка повышающего трансформатора разбита на 10 последовательно соединенных секций, расположенных на обоих стержнях ферритового сердечника. В трансформаторе использован феррит строчного трансформатора типа ТВС 110 ЛА. Напряжение на вторичной обмотке трансформатора - 8 кВ, коэффициент трансформации - 400.

Блок питания /рис. 5/ состоит из стабилизированного источника питания +30В, 2А, задающего генератора по схеме Вина и усилителя мощности. Поскольку повышающий ферритовый транс-

Рис. 4. Высоковольтный блок умножителя.

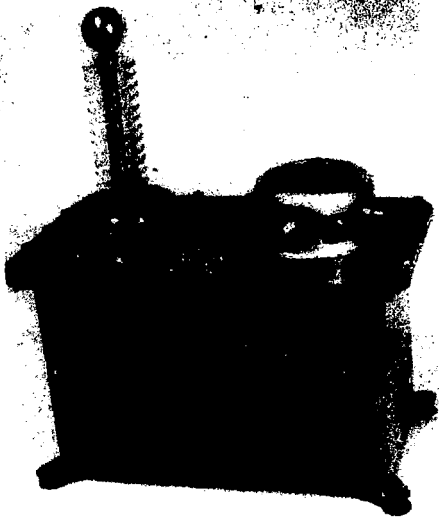


Рис. 5. Блок питания умножителя.



форматор умножителя обладает резонансными свойствами, рабочая частота задающего генератора может регулироваться в пределах $15 \div 25$ кГц. Усилитель мощности собран по двухтактной схеме. Предусмотрена регулировка коэффициента его усиления, используемая для плавного изменения выходного напряжения умножителя.

Умножитель снабжен электронной токовой защитой выходных транзисторов усилителя мощности и релейной защитой по току стабилизированного питания.

Основные параметры умножителя:

1. Выходное напряжение /предусмотрена плавная регулировка от 0 до -60 кВ/ - $U_{\text{вых}} = -60$ кВ.
2. Максимальный ток нагрузки - $I_{\text{max}} = 0,2$ МА.
3. Коэффициент пульсации выходного напряжения - $K < 1\%$.
4. Габариты высоковольтного блока - $210 \times 364 \times 416$ мм³.
5. Масса высоковольтного блока - ~ 15 кг.

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения проводились по "кусту реперов", по шкалкам рабочей и осадочной сети синхрофазотрона.

Таблица 1

Результаты измерений по "кусту реперов"

№ № цикла	Дата проведения	№ № репера	S'_{max} (мм)	S'_{abs} (мм)	Средн. квадрат. погреш. измер. (мм)
1	2	3	4	5	6
68	10.04.80	1	+ 0,08	- 0,06	$\pm 0,012$
		2	- 0,03	+ 0,02	
		3	- 0,07	- 0,02	
		4	+ 0,02	- 0,08	
69	25.05.80	1	- 0,06	- 0,12	$\pm 0,006$
		2	- 0,02	0,00	
		3	+ 0,01	- 0,01	
		4	+ 0,04	- 0,04	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
70	18.06.80	I	0,00	- 0,12	± 0,009
		2	- 0,02	- 0,02	
		3	- 0,06	- 0,07	
		4	+ 0,09	+ 0,05	
71	9.09.80	I	- 0,01	- 0,13	± 0,022
		2	- 0,02	- 0,04	
		3	+ 0,05	- 0,02	
		4	+ 0,04	+ 0,04	
72	14.10.80	I	- 0,05	- 0,18	± 0,012
		2	- 0,05	- 0,09	
		3	- 0,08	- 0,10	
		4	+ 0,20	+ 0,24	

Таблица 2

Результаты измерений по шкалкам рабочей сети на колоннах здания синхрофазотрона

№ № цикла	Дата провед. цикла	№ № квadrанта	S (мм)		S abs. (мм)		Ср. квадр. погрешн. измер. (мм)
			Вн.	Наруж.	Вн.	Наруж.	
XXIII	апрель 1980 г.	I	+0,06	+0,03	+0,07	+0,03	± 0,020
		II	+0,26	+0,35	+0,06	-0,55	
		III	+0,18	+0,02	-0,34	-2,12	
		IV	-0,04	-0,02	-0,48	-1,08	
XXIV	июнь 1980 г.	I	+0,018	-0,013	+0,017	-0,011	± 0,014
		II	-0,01	-0,06	-0,13	-0,61	
		III	-0,013	-0,07	-0,37	-2,20	
		IV	+0,013	-0,06	-0,34	-0,92	

Таблица 3

Результаты измерений по шкалкам осадочной сети на стойках электромагнита синхрофазотрона

№ № цикла	Дата провед. цикла	№ № квадранта	$S_{\text{нак}} (\text{мм})$		$S_{\text{обс.}} (\text{мм})$		Средн. квадр. погрешн. изм. (мм)		
			Вн.	Внуж.	Вн.	Внуж.			
XXIII	апрель 1980 г.	I	-0,55	+0,29	-1,86	-0,14	= 0,060	0,2	0,5
		II	-0,44	+0,22	-1,14	-0,48			
		III	+0,09	-0,16	-1,58	-1,38			
		IV	-0,22	-0,04	-2,42	-0,92			
XXIV	июнь 1980 г.	I	+0,50	-0,51	-1,17	-0,46	± 0,020		
		2	+0,56	-0,33	-0,52	-0,76			
		3	-0,17	+0,14	-1,65	-1,02			
		4	+0,68	-0,08	-1,69	-1,07			

ЛИТЕРАТУРА

1. Безногих Ю.Д. и др. В кн.: Труды V Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. "Наука", М., 1977, т.2, с. 245.
2. Безногих Ю.Д. и др. В кн.: Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т. 2. ОИЯИ, Дубна, 1979, с. 136.
3. Воеводин М.А., Коваленко А.Д. ОИЯИ, P9-12378, Дубна, 1979.
4. Воеводин М.А. Авт.свид. СССР №631848, кл. GO 1232/02. Бюлл. ОИПОТЗ, 1978, №41, с. 170.
5. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, P9-80-578, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 января 1981 года.