

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

2381/2-80

2/6-80

9-80 - 128

М.А.Воеводин, В.Ф.Голембевский, В.П.Заболотни,  
Л.П.Зиновьев, А.С.Исаев, Г.С.Казанский, И.И.Карпов,  
Н.А.Коруков, Л.Г.Макаров, В.Н.Перфеев,  
Ш.З.Сайфулин, И.Н.Семенюшкин, С.В.Федуков,  
А.П.Царенков, В.И.Черников, Д.И.Шерстянов,  
И.Н.Яловой

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ.

РАБОТА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

/III квартал 1979 г./

1980

## 1. РАБОТА УСКОРИТЕЛЯ И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Из запланированных в III квартале 1979 г.\* 1669 ч работы синхрофазотрона на экспериментальные физические исследования и совершенствование ускорителя затрачено 1604 ч /96,1%/, в том числе на эксперименты - 1400 ч /83,9%/, на совершенствование - 128 ч /7,7%/. Технологическая подготовка заняла 76 ч /4,5%/, потери времени из-за простоев составили 65 ч /3,9%/.

На протяжении сеанса ускорялись протоны и дейтроны. Длительность работы и значение интенсивности в импульсе при конечной энергии составили:

		$\bar{N}_k$	$N_{k \max}$
протоны	730 ч	$2,2 \cdot 10^{11}$	$3,5 \cdot 10^{11}$
дейтроны	939 ч	$2,2 \cdot 10^{11}$	$3,0 \cdot 10^{11}$

Коэффициент использования ускорителя для физических экспериментов  $K = 1,34$ . Среднее значение вакуума в камере ускорителя  $\bar{p} = 3,1 \cdot 10^{-8}$  Тор.

С 4 июля 1979 г. постоянно эксплуатируется новая система ускоряющего напряжения на второй кратности ускоряющей частоты. После юстировки магнитных элементов канала медленного вывода /МВ/ улучшилось прохождение пучка в ионопроводе измерительного павильона.

На синхрофазотроне были продолжены эксперименты по поиску и изучению многобарионных и экзотических резонансов, исследованию кумулятивного рождения частиц, изучению спектров возбуждений малонуклонных систем, инклюзивных спектров легких фрагментов. Завершены эксперименты по изучению каналирования заряженных частиц в монокристалле.

Все системы синхрофазотрона работали устойчиво, физическая программа была выполнена полностью.

---

\* Во II квартале 1979 г. синхрофазотрон был остановлен из-за проведения работ по очистке от песка системы главного водовода и водозабора.



## 2. КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ $\mu$ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СИНХРОФАЗОТРОНА

Система коррекции показателя неоднородности магнитного поля синхрофазотрона<sup>1/1</sup> была спроектирована и изготовлена для оперативного поквадрантного изменения величины тока коррекции на первых 100 мс ускорения. В этот период наблюдались наиболее интенсивные потери ускоряемых частиц. Система коррекции показала высокие эксплуатационные характеристики и совместно с другими модифицированными системами ускорителя позволила увеличить интенсивность ускоряемых в синхрофазотроне пучков ядер<sup>2/2</sup>.

С целью дальнейшего расширения функциональных возможностей системы в ней были проведены некоторые изменения, в результате чего система приобрела новые свойства:

а/ для центральной области камеры ускорителя сохранена поквадрантная структура корректирования, в случае необходимости легко реализуется схема регулирования тока коррекции во всех четырех квадрантах одновременно;

б/ появилась возможность изменять направление тока в корректирующих обмотках в течение цикла ускорения;

в/ увеличена длительность динамики роста тока, и для проводников, расположенных вблизи центрального радиуса ускорителя, она доведена до 400 мс;

г/ при ускорении ядер в режиме форсированного роста индукции магнитного поля появилась возможность оперативного изменения производной тока коррекции на ограниченном отрезке времени.

Величина и форма тока в изолированных от земли корректирующих обмотках измеряются при помощи двухполярного измерительного усилителя с гальванической развязкой во входной цепи. До сих пор это делалось при помощи усилителя с оптронной развязкой входной цепи, который имел ряд недостатков: можно было измерять сигнал только одной полярности, требовались источники питания с изолированным выходным напряжением, наблюдался дрейф "нуля" усилителя. На рис.1 приведена схема измерительного усилителя, который свободен от указанных недостатков. В нем используется принцип модуляции - демодуляции измеряемого аналогового сигнала<sup>3/3</sup>. Входное напряжение через поочередно замыкающиеся ключи  $V_1$  создает ток в обмотках  $W_1, W_2$  развязывающего трансформатора  $Tr1$ . Обмотки  $W_3$  и  $W_4$  создают в сердечнике встречный магнитный поток, зависящий от выходного напряжения. Результирующий магнитный поток наводит на выходной обмотке  $W_5$  напряжение, величина которого определяется разностью входного и выходного напряжений, а частота равна частоте генератора коммутирующего напряжения. Величина этого напряжения мала. Оно усиливается микросхемой  $A_1$ , демодулируется транзистором  $V_3$  и поступает на фильтр  $R_{15}C_5$ . Микросхема  $A_2$  повышает напряжение фильтра и

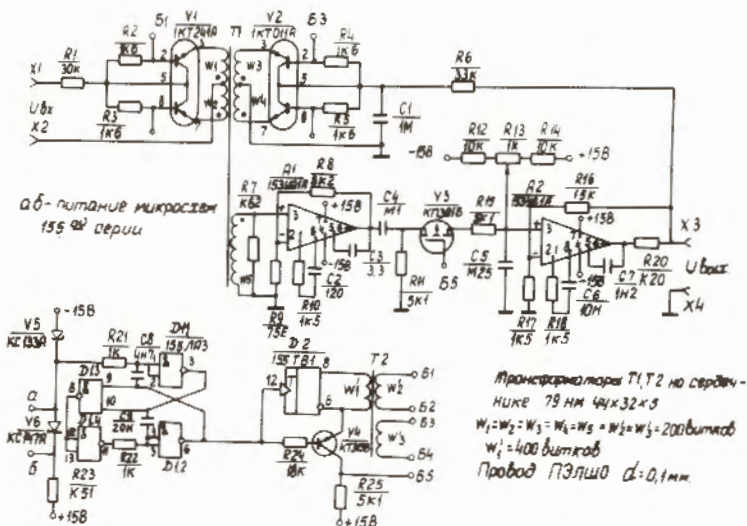


Рис.1. Схема измерительного усилителя.

обеспечивает необходимую нагрузочную способность изолирующего усилителя. Коммутирующее напряжение для ключей  $V_1, V_2$  и демодулятора  $V_3$  вырабатывает генератор, состоящий из автоколебательного мультивибратора  $D_1$  и триггера для получения напряжения, управляющего работой демодулятора. Питание микросхем 155 серии осуществляется от стабилизатора  $V_8R_{23}$ .

Технические характеристики изолирующего усилителя:

- |   |            |
|---|------------|
| 1. Диапазон входных и выходных напряжений                           | $\pm 10$ В |
| 2. Входное сопротивление  | 30 кОм     |
| 3. Амплитуда пульсаций  | 0,3%       |
| 4. Время переходного процесса при скачкообразном изменении $U_{вх}$ | 1,5 мс     |
| 5. Напряжение питания   | $\pm 15$ В |

В описанной схеме обращает на себя внимание малогабаритный разделительный трансформатор, в котором использован в качестве намоточного провод с фторопластовой изоляцией. Это позволило получить хорошую развязку во входной цепи при напряжении несколько киловольт. Усилитель прост в изготовлении и обладает высокой надежностью, может быть рекомендован для передачи аналогового сигнала ограниченного быстродействия в различных устройствах ускорительной техники.



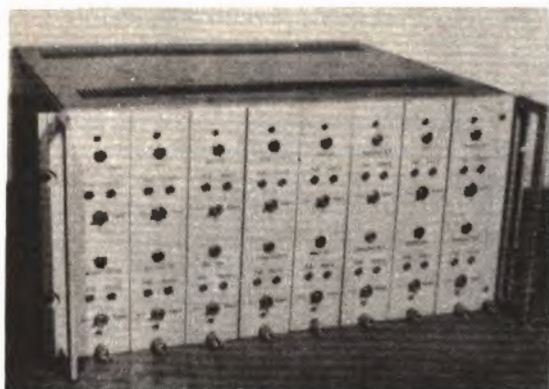


Рис. 2. Блок формирования управляющих импульсов.

### 3. УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Введен в эксплуатацию новый блок формирования управляющих импульсов /рис. 2/, что значительно повысило надежность синхронизации функциональных узлов синхрофазотрона.

Блок вырабатывает четырнадцать оперативных импульсов с амплитудой 10 В и длительностью 10 мкс, что обеспечивает режим инжекции и начало синхротронного режима. Предусмотрена возможность изменения полярности и введения регулируемой временной задержки.

Разработана и внедрена новая схема бланкирования управляющих импульсов. Схема не нуждается в регулировке, не зависит от модификации программы изменения магнитного поля ускорителя и обеспечивает надежное формирование импульсов только в необходимом интервале в течение 100 мс после начала цикла ускорения.

Реализовано управление комбинированным режимом выведения остановленного пучка из камеры ускорителя при двух значениях остановленного магнитного поля, т.н. стол. При одном значении магнитного поля осуществляется режим медленного вывода /МВ/ длительностью ~400 мс, а при другом - режим быстрого вывода /БВ/. Таким образом, в одном цикле ускорения получена возможность осуществить электронные и камерные эксперименты. В другом варианте вместо БВ первичного пучка используется наведение пучка на внутреннюю мишень. Оригинальность этого режима заключается в получении автоматической дозировки частиц в эксперименте с нейтронами. Последовательность функционирования осуществляется следующим образом: ускоренный пучок ядер стабилизированного уровня интенсивности при одном значении остановленного магнитного поля медленно выводится из ускорителя.

Посредством программного отведения циркулирующего пучка от резонансной области вывод прекращается, и продолжается ускорение до заданного значения энергии, при котором необходимо получить пучок вторичных частиц. Благодаря программному управлению высокой частотой циркулирующий поток на-

водится на внутреннюю мишень. Наведение пучка прекращается по команде с монитора камерного канала, который определяет оптимальную загрузку камеры. Командный импульс выдается только при оптимальной загрузке камеры. Такой режим работы был использован при ускорении дейтронов и ядер углерода.

### 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В течение III квартала 1979 г. было проведено 3 цикла измерений по кусту реперов. Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица

№ цикла	Дата проведения цикла	№ репера	$S_{\max}$ /мм/	$S_{\text{абс}}$ /мм/	Средняя квадратическая погрешность измерений /мм/
60	05.07.79	1	0	-0,10	$\pm 0,044$
		2	+0,04	-0,02	
		3	+0,03	0	
		4	-0,02	+0,02	
61	30.08.79	1	-0,05	-0,15	$\pm 0,065$
		2	-0,01	-0,01	
		3	-0,01	-0,01	
		4	0	+0,02	
62	28.09.79	1	+0,09	-0,06	$\pm 0,035$
		2	-0,02	-0,03	
		3	+0,03	+0,02	
		4	-0,10	-0,08	

### ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, 9-9625, Дубна, 1976.
2. Безногих Ю.Д. и др. Труды V Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. "Наука", М., 1977, т.2, с.245.
3. Лейтман М.Б. и др. Электронная техника и автоматика. "Сов. радио", М., 1977, с.283.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 февраля 1980 года.