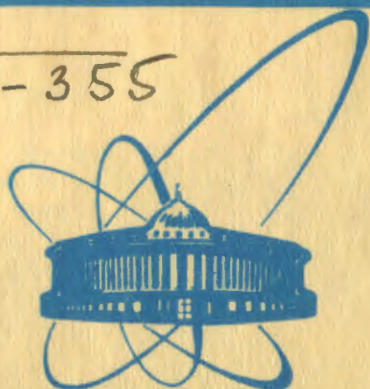


C-355



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

3491/2-81

13/11-81

9-81-299

В.Ф.Сиколенко, В.Л.Тищенко

АППАРАТУРА ВЫРАБОТКИ  
СИГНАЛОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ  
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ  
МЕДЛЕННЫМ ВЫВОДОМ ПУЧКА  
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ЛВЭ

1981

Аппаратура управления медленным выводом пучка из синхрофазотрона содержит системы аналоговых обратных связей по току выводимого пучка <sup>1/</sup> и по его положению.

При разработке этой аппаратуры учитывались особенности, состоящие в том, что некоторая ее часть расположена в зоне ограниченного доступа /доступ возможен лишь при снятом ускорении/ и передача сигналов осуществляется в условиях сильных помех, воздействующих на линии связей.

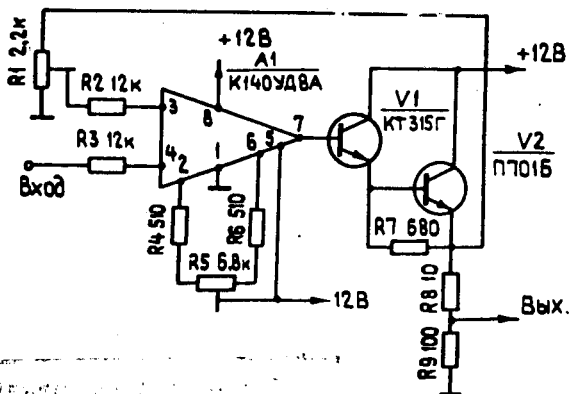
Первая особенность накладывает требования повышенной надежности и стабильности аппаратуры и ограничивает возможность периодической подстройки; вторая определяет необходимость в рациональном размещении аппаратуры и организации подавления помех в месте приема информации.

Опыт многолетней работы показал, что при умеренных коэффициентах усиления /в пределах ста/ достаточно стабильными и надежными микросхемами являются операционные усилители типа К140УД8, которые и были положены в основу разработанной аппаратуры.

Выходные аналоговые униполярные сигналы передаются по линиям связей через усилители мощности, выполненные по схеме следящей системы /рис. 1/. Это обеспечивает высокую точность воспроизведения сигналов и стабильность нулей.

Анализ характера помех на синхрофазотроне показал, что величина их существенно зависит от места положения приемника, кабельного канала, в котором проложена линия связи, и протяженности последней. Однако общий вид помех остается постоянным для всего синхрофазотрона, изменяются лишь соотношения амплитуд.

Рис. 1. Усилитель мощности для передачи по линиям связи аналоговых униполярных сигналов. Высокая точность воспроизведения сигнала и стабильность нуля обеспечиваются следящей системой, образованной усилителями А1, V1 и V2. Коэффициент передачи устанавливается с помощью R1.



Наиболее интенсивные помехи образуются за счет разнопотенциальных "земель" как между корпусами, так и внутри одного корпуса /даже на расстояниях нескольких метров между передатчиком и приемником/. Интенсивность емкостных и магнитных помех носит локальный характер. В основном помехи содержат спектр частот, который можно подразделить на:

1/ низкочастотные, порожденные током магнита главного поля ускорителя, достигающие в некоторых местах до 2,5...3 В;

2/ помехи с частотой 50 Гц и кратной этой частоте /100 Гц, 150 Гц, 300 Гц и 600 Гц/, как синхронные с сетью, так и несинхронные /от цепей, питаемых генераторами главного тока/, с амплитудами, достигающими до 1,5...2 В;

3/ коммутационные импульсы длительностью 0,1...0,3 мс, возникающие при переключениях вентилей в многофазных выпрямителях; различные чередования фаз в выпрямителях создают эффект утробения частоты помех /900 Гц/; амплитуды импульсов составляют от 0,1 В до 3 В; подавление помех этого вида вызывает наибольшие затруднения.

На некоторых участках линий связи наблюдаются помехи с двойным размахом, достигающим 0,5 В...0,7 В, от ускоряющих станций.

Наиболее эффективным способом борьбы с указанными помехами при передаче аналоговых сигналов является использование линий связей, выполненных в виде экранированных скрученных пар <sup>1/2/</sup> /например, кабель КММ-2х0,35/, с последующим сложением сигналов на дифференциальных усилителях /в уже имеющихся линиях с удовлетворительным успехом можно использовать два коаксиальных кабеля, один из которых включается как компенсационный /рис. 3//.

Операция сложения осуществляется с помощью операционного усилителя /К140УД8/ в дифференциальном включении и с довольно

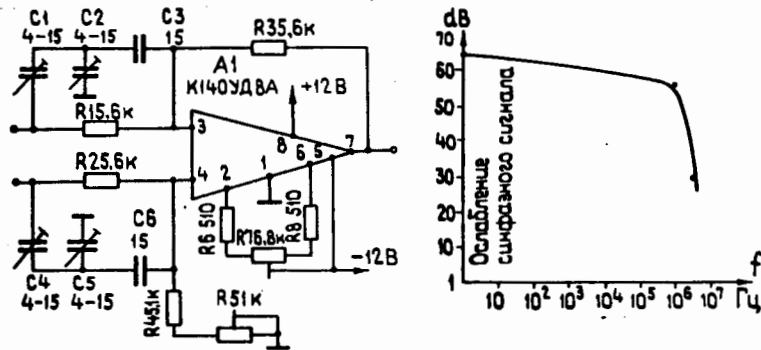


Рис. 2. Операционный усилитель в дифференциальном включении для подавления синфазных помех в широком диапазоне частот. Подстройка на низких частотах /до 300 Гц/ осуществляется с помощью резистора R5, на высоких - с помощью триммеров.

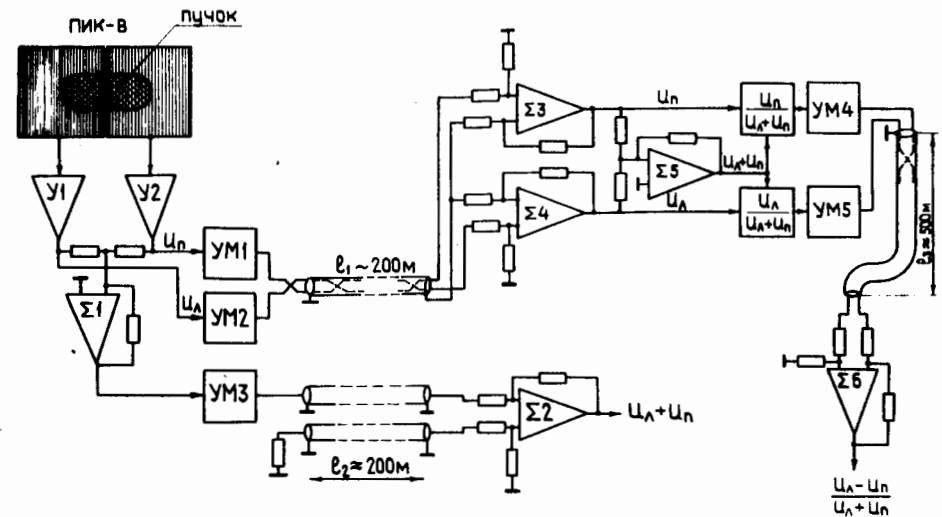


Рис. 3. Функциональная схема аппаратуры выработки сигналов тока пучка и напряжения-аналога его положения на участке вывода из синхрофазотрона ЛВЭ.

широким диапазоном подаваемых частот /рис. 2/. Требования к широкополосности определяются необходимостью подавления коммутационных импульсных помех.

Источником информационных сигналов для аппаратуры управления медленным выводом является многопроволочная камера, работающая в пропорциональном или ионизационном /в зависимости от интенсивности пучка/ токовом режиме, выполняющая также функции измерителя профиля <sup>3/</sup>. Для получения данных о положении и токе пучка камера содержит электроды, образованные двумя группами/по 15 в каждой/ закороченных между собой вертикальных проволочек.

Функциональная схема выработки сигналов тока пучка и его положения приведена на рис. 3. Сигналы тока, пропорциональные количеству частиц, прошедших в области электродов камеры, усиливаются электрометрическими усилителями и через усилители мощности УМ1 и УМ2 поступают на линию связи  $l_1$  / ~200 м/, выполненную в виде экранированной скрученной пары. Приемники расположены в зале управления ускорителем и состоят из сумматоров  $\Sigma 3$  и  $\Sigma 4$ , компенсирующих синфазные помехи. Очищенные от помех сигналы используются для получения информации о положении выводимого пучка. С этой целью осуществляется нормализация сигнала и одновременное исключение из него временной структуры. Делящие устройства выполнены на микросхемах типа AD433J, осуществляющих функцию деления двух положительных напряжений <sup>4/</sup>. Сигнал суммы для делителей образуется с помощью сумматора  $\Sigma 5$ . Выходные напряжения делящих устройств через уси-

лители мощности УМ4 и УМ5 по линии связи  $\ell_3 / \sim 500$  м/ передаются на системы управления магнитом. С помощью сумматора  $\Sigma 6$  осуществляется очистка сигнала от помех, окончательное формирование нормализованного сигнала ошибки в положении пучка на камере ПИК-В в виде  $(U_d - U_n) / (U_d + U_n)$ , где  $U_n$  и  $U_d$  - напряжения, пропорциональные количеству частиц, прошедших через правый и левый электроды многопроволочной камеры ПИК-В. Применение двух устройств, как уже было отмечено выше, обусловлено тем, что микросхемы типа AD433J работоспособны лишь при положительных входных напряжениях. Для разрешения неопределенности типа 0/0 /возникающей при отсутствии сигнала в паузе между рабочими циклами ускорителя или при снятии пучка/ на делительный вход микросхем подается небольшое положительное напряжение /т.е.  $U_d + U_n + e_0$  /, которое вносит некоторую ошибку при работе с малыми сигналами /  $e_0 = 50$  мВ/.

Сигнал, пропорциональный току пучка, вырабатывается сумматором  $\Sigma 1$  и через усилитель мощности УМ3 по линии связи  $\ell_2 / \sim 200$  м/ передается в зал управления ускорителем. Поскольку в качестве  $\ell_2$  использовалась уже существующая линия, выполненная на коаксиальном кабеле, для подавления помех, возникающих от разнопотенциальных земель, применен второй, компенсационный, коаксиальный кабель. Кабели подключены к сумматору  $\Sigma 2$ , с выхода которого снимается очищенный от помех сигнал, пропорциональный количеству частиц, прошедших через всю камеру ПИК-В /т.е. току пучка/. В последующем этот сигнал используется в системе обратной связи, осуществляющей стабилизацию амплитуды тока пучка и подавление пульсаций в нем при медленном выводе /1/.

Отдельные фрагменты схемы рис. 3 эксплуатировались в течение нескольких лет и показали высокую стабильность и надежность: со времени установки аппаратуры на пучок уход нулей не превысил 4-5 мВ, отказы не наблюдались /время работы описываемой аппаратуры почти полностью совпадает с годовым временем работы ускорителя/.

Достигнуто подавление помех в 50-100 раз.

В описанном объеме аппаратура введена в эксплуатацию в начале 1981 года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-12723, Дубна, 1979.
2. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. "Мир", М., 1979, с. 44-58.
3. Волков В.И. и др. ОИЯИ, 9-10104, Дубна, 1976.
4. Nonlinear Circuits Handbook. AD TH7. Analog Devices inc., 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел

5 мая 1981 года.