

41

И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И Я Ф 75 - 78

Ю. А. Болванов, В. И. Кононов, Э. А. Купер,
А. В. Леденёв, В. И. Нифонтов, А. Д. Орешков,
Ю. И. Ощепков, Д. В. Пестриков, Г. С. Пискунов,
В. Я. Сазанский, Б. Н. Сухина,

НАКОПИТЕЛЬ ПРОТОНОВ НАП - М.
IV. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕМ

Новосибирск

1975

НАКОПИТЕЛЬ ПРОТОНОВ НАП-М

IV. Система управления накопителем

Ю.А.Болванов, В.И.Кононов, Э.А.Купер, А.В.Леденев, В.И.Нифонтов,
А.Д.Орешков, Ю.И.Ощепков, Д.В.Пестриков, Г.С.Пискунов, В.Я.Сазан-
ский, Б.Н.Сухина

А Н Н О Т А Ц И Я

Управление накопителем НАП-М реализовано на базе цифровой вычислительной машины ОДРА-1325. Описывается аппаратура передачи данных, аппаратура преобразования аналог-код, код-аналог и программа управления, организующая взаимодействие ВМ с внешними устройствами.

Управление установкой для экспериментов по электронному охлаждению НАЦ-М реализовано на базе вычислительной машины (ВМ) ОДРА-1325, имеющей 16К ($K = 1024$) двадцатичетырехразрядных слов.

Основными внешними устройствами ВМ в режиме управления являются цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), а также система опроса данных, позволяющая производить контроль режима накопителя и установки с электронным пучком; считывать в ВМ показания с системы измерения орбиты ^{/1/}; считывать в ВМ ряд результатов измерений во время эксперимента.

Выходные напряжения ЦАПов, пропорциональные записанному коду, используются для управления ведущим полем накопителя, преобразователями частоты в ускоряющей системе и усилителями мощности в цепях питания корректирующих элементов ^{/2/}. Управляющий код может быть записан в ЦАП либо программно, либо с установленного в пультовой накопителя местного пульта управления (МПУ). В программе управления информация для записи в ЦАПы подготавливается в виде прямоугольной таблицы размером $32 \cdot N$, где N - необходимое число посылок, которое определяется временем ускорения и интервалом между отдельными посылками. Вывод кодов из таблицы производится блоками длиной до 32 слов.

В настоящей работе описывается аппаратура передачи данных (АПД) и программа управления, организующая взаимодействие ВМ с внешними устройствами.

I. Аппаратура передачи данных

Аппаратура передачи данных, структурная схема которой приведена на рис.1, включает в себя: блок связи БС-2, магистральную

станцию (МС), коммутатор последовательных кодов (КПК), станции оконченных устройств (ОУ), а также преобразователи последовательных кодов в параллельные, которыми оснащены все ОУ передачи данных.

Обмен информацией между ВМ и восемью ОУ осуществляет БС-2 по коммутируемому каналу связи в режиме последовательной стартовой передачи /3/. Прямой и обратный радиочастотные кабели, по которым осуществляется прием и передача чисел, адресов, служебных признаков, попарно переключаются КПК по 8 направлениям. МС отфильтровывает адрес для КПК и в дальнейшем работает как повторитель сигналов. К любому из каналов КПК подключаются станции ОУ, которые проводят прием или передачу информации в ОУ через регистры сдвига.

Для организации работы по передаче данных БС-2 получает от ВМ в начале каждого блока данных управляющее слово, в котором закодированы: режим (передача или прием), адрес для МС, длина разрядной сетки ОУ (до 48 разрядов), начальный подадрес для станции ОУ.

При передаче кодов в ЦАПы использован режим работы БС-2, когда признаками подадресов снабжаются первые 6 разрядов каждого передаваемого слова. При этом изменения заносятся только в те ЦАПы, адрес которых указан. В таком режиме возможен оперативный перевод необходимого числа ЦАПов на ручное управление. После коммутации БС-2 со станцией ОУ прием и передача данных ведутся через регистры сдвига в темпе, задаваемом ОУ. В настоящее время скорость передачи составляет до 12500 слов в секунду. Код в линии импульсный, двухполярный, самосинхронизирующийся с тактовой частотой

1 МГц. Амплитуда сигналов в линии $\pm 12В$. Приемники и передатчики сигналов имеют трансформаторные развязки, что избавляет от помех, возникающих из-за уравнивающих токов между установками и от синфазных помех в линиях связи. Введение порога срабатывания приемника $\pm 5В$, повысило помехозащищенность линий связи от внешних наводок.

В приемниках данных ОУ, а также в станциях, производится проверка кодов на нечетность. Для служебных признаков введена временная защита. При сбое в АЦД блок связи информирует ВМ о характере и месте сбоя.

Описанная АЦД может быть использована и на ВМ других серий, с заменой интерфейсной платы в БС-2.

2. Аппаратура преобразования код-аналог

Передача кодов в ЦАПы производится через циркулирующее буферное запоминающее устройство (БЗУ) с интервалом времени, задаваемым таймером. Емкость БЗУ 32 слова. С помощью схемы управления производится циклическое, с частотой 50 Гц, считывание слов из БЗУ и передача их через равные промежутки времени в ЦАПы. Генератор циклических адресов (ГЦА) делит период сети на 32 равных интервала и состоит из генератора с подстройкой частоты в каждом периоде сети. Каждому интервалу соответствует номер строки в БЗУ и номер подключаемого ЦАПа. В системе применяются 16-разрядные ЦАПы статического типа с разрядной сеткой $R-2R$ /4/. Погрешность коэффициента деления в рабочем диапазоне температур $5 \cdot 10^{-5}$.

Повышение требования к плавности изменения ведущего поля и радиочастоты ускоряющей системы привели к использованию в каж-

дом из каналов управления по два цифровых функциональных преобразователя (ЦФП). При этом ЦФП определяет уровень, к которому стремится линейно изменяющееся на выходе ЦАП напряжение. Скорость достижения уровня определяет ЦФП2. ЦФП состоит из счетчика и схемы сравнения кода счетчика с кодом, получаемым из БЗУ. ЦФП2, изменяющий скорость роста, является генератором, частота которого меняется обратно пропорционально записанному коду.

Один из ЦАПов используется для управления 24 каналами стабилизации токов корректирующих элементов установки /2/.

3. Аппаратура преобразования аналог-код

В системе опроса пикап-станций используется АЦП поразрядного взвешивания /5/ со следующими параметрами: время измерения 300 мксек, диапазон измеряемых напряжений 200 мкВ + 5В.

Контроль напряжений различных элементов накопителя производится при помощи разработанного в ИЯФ СО АН СССР цифрового вольтметра с параметрами: время измерения 40 мсек, погрешность измерения 10^{-4} , разрешающая способность 1 мкВ, входное сопротивление 10^{10} Ом, подавление последовательных помех сети 80 дБ, автоматическое переключение пяти диапазонов, максимальное измеряемое напряжение 400 вольт.

Переключение измеряемых напряжений осуществляется аналоговым 64-канальным коммутатором по подадресам станции ОУ. Коммутатор выполнен на полевых транзисторах; погрешность в рабочем температурном диапазоне не более 10 мкВ.

4. Программа управления

При управлении установками с широкими экспериментальными требованиями управляющая программа должна обладать универсальными организующими функциями, в отличие, например, от счетных программ, где это может быть не существенно. Эти требования предполагают написание специального "языка" управления, максимально приспособленного как для выполнения организующих функций управления, так и для организации счетных процессов (необходимых, например, для обработки экспериментальных данных, настройки установки и т.д.). В данной управляющей программе упомянутые требования реализованы с помощью довольно простых средств.

Управление работой ВМ производится при помощи ряда команд (директив), перечень которых содержится в оперативной памяти ВМ. Текст директив может сопровождаться цифровыми или текстовыми параметрами, конкретизирующими требования выполнения данной директивы. В этом смысле единицей языка в описываемой программе является строка управления, содержащая текст директивы и параметры.

В программе реализовано 68 директив, которые позволяют произвести следующие действия:

- а) составление управляющей таблицы, ее редакция, высылка отдельных строк или всей управляющей таблицы в ЦАПы;
- б) обмен информацией между оперативной памятью и магнитными барабанами или магнитной лентой;
- в) опрос пересчетных устройств, аналого-цифровых преобразователей, включение, запуск, синхронизация различных элементов накопителя;
- г) вычисление арифметических выражений и ряда стандартных функций;

д) организация рабочих программ (см. ниже), редакция их, запуск, уничтожение.

Каждая директива реализует сравнительно простую элементарную операцию в цикле управления накопителем. Это позволяет представить любой цикл накопителя в виде последовательностей элементарных операций и записать эту последовательность в виде списков строк управления (рабочих программ). Как правило, процесс управления накопителем реализуется при помощи именно таких программ, а отдельными директивами пользуются, в основном, при отладке или проверке программы или аппаратуры.

Рабочая программа представляет собой специально организованный список строк управления, дополненный рядом служебных массивов, необходимых для организации ее работы и хранения. Поскольку оперативная память ВМ ограничена, для хранения рабочих программ с возможностью быстрого вызова, а также для хранения других массивов, необходимых либо для управления, либо для накопления информации, получаемой в ходе эксперимента, используются магнитные барабаны. Одновременно на барабанах можно хранить до 10 рабочих программ, общее количество и список которых хранятся в каталоге (31 слово). Для хранения рабочих программ на барабанах отводится 4096 слов.

Директивы, участвующие в рабочей программе, в качестве параметров могут иметь либо некоторые числа с плавающей запятой (константы), либо названия переменных, значения которых определяются в ходе работы программы. В последнем случае на место параметра в строке помещается адрес переменной в оперативной памяти. Основные грамматические ограничения, возникающие при составлении рабочих

программ, связаны с различием ввода констант и переменных. Для хранения текстовых названий переменных используется массив длиной 128 слов. Для ускорения поиска начала строк используется массив (100 слов), содержащий начало строк программы в оперативной памяти. Кроме описанных массивов для запуска, загрузки (например, с магнитных лент) или редактирования рабочих программ используется информационный блок из 5 слов: количество строк в программе, количество переменных, длина текста рабочей программы, начальный адрес программы на барабанах, общий объем памяти, отведенный для данной программы.

Как отдельные строки управления, так и тексты рабочих программ, вводятся в оперативную память экспериментатором с помощью текстового дисплея *VIDEOTON* -340, расположенного в пультовой накопителя. В управляющей программе предусмотрена возможность редакции рабочих программ, то-есть, замены части строк программы другими, сокращения числа строк в программе и т.п.

Использование рабочих программ с описанной АЦД придает большую оперативность процессу управления рабочим циклом накопителя и проведению экспериментов.

Рабочий цикл накопителя начинается с ускорения протонов. В это время ВМ осуществляет коммутации в ВЧ-системе и управляет токами в обмотках корректирующих элементов. После достижения заданного поля отключается ВЧ-система, включаются продольное поле и подогрев катода в установке с электронным пучком, производится пространственное совмещение протонного и электронного пучков, начинается режим охлаждения. ВМ становится на прием экспериментальных данных (с систем опроса счетчиков нейтрального водорода,

рассеянных протонов, протонного тока и т.п. /6/). В зависимости от характера эксперимента происходит либо накопление экспериментальных данных на магнитных барабанах для последующей обработки, либо их обработка непосредственно во время приема. Возможность осуществления первичной обработки данных непосредственно в ходе эксперимента (в режиме *on-line*) существенно ускоряет темп получения физической информации и облегчает настройку соответствующих режимов установки.

Авторы выражают благодарность Б.В.Левичеву, Н.А.Мезенцеву, И.Я.Протопопову за полезные обсуждения, Э.И.Елинеру, А.В.Проскурину, В.С.Шабанову за содействие в выполнении данной работы.

Л и т е р а т у р а

1. В.Ф.Веремеенко, Н.С.Диканский, А.С.Калинин и др. "Накопитель протонов НАП-М. III. Ускоряющая система. Контроль параметров пучка"., ПТЭ.
2. Б.А.Баклаков, В.М.Боровиков и др. "Накопитель протонов НАП-М. II. Стабилизация токов в цепях питания ведущего поля и корректирующих элементах", ПТЭ.
3. М.Н.Захваткин, М.М.Карлинер и др. "Управление ускорительно-накопительными комплексами в ИЯФ СО АН СССР при помощи ЭВМ" Доклад на IV всесоюзном сов. по уск.зар.частиц, 1974.
4. М.М.Карлинер, В.И.Нифонтов, А.Д.Орешков, Прецизионный цифро-аналоговый преобразователь", "Автометрия", 2, 1972.
5. Ю.А.Болванов, Э.А.Купер и др. "Многоканальная широкодиапазонная измерительная система для ввода данных в ЭВМ", "Автометрия", 3, 1974.
6. Г.И.Будкер, Н.С.Диканский и др. "Первые эксперименты по электронному охлаждению", Доклад на IV Всесоюзном сов.по уск.зар. частиц, 1974.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1. Структурная схема управления: БС1, БС2—блоки связи;
 МС—магистральная станция; КПК—коммутатор последовательных
 кодов; станция ОУ — станции окончных устройств; БЗУ—бу-
 ферное запоминающее устройство; ЦФП—цифровой функциональ-
 ный преобразователь; МПУ — местный пульт управления;
 ЦА — генератор циклических адресов; АЦП — аналого-цифро-
 вой преобразователь; ЦВ — цифровой вольтметр; КА—коммута-
 тор аналоговый; Р1 — регистр прерываний; Р2 — регистр пе-
 переключений; Ц1—Ц7 — цифро-аналоговые преобразователи.

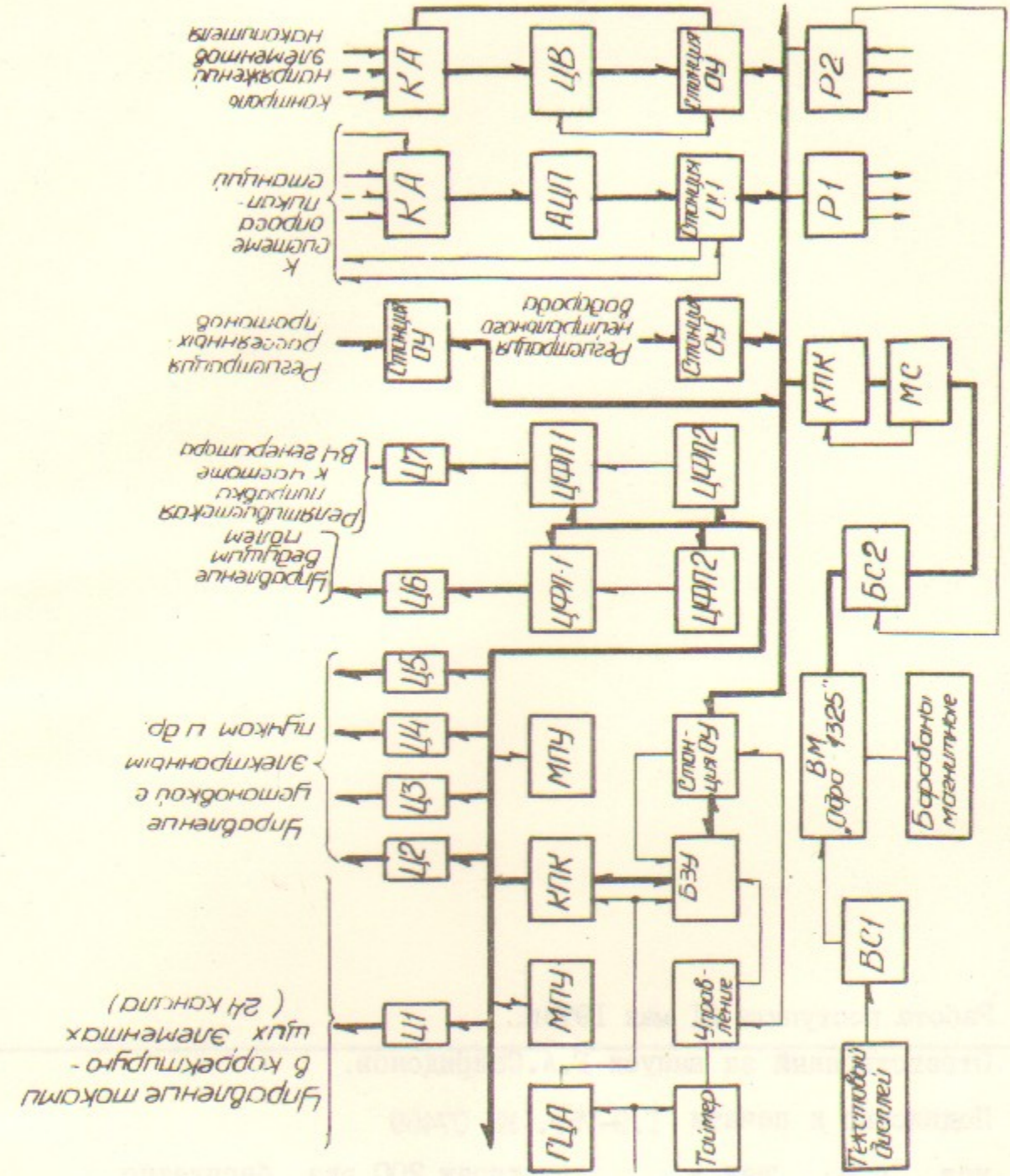


Рис.1.

Работа поступила 21 мая 1975г.

Ответственный за выпуск Г.А.Спиридонов.

Подписано к печати 1.9-75г. МН 07459

усл. 0,8 печ.л. тираж 200 экз. бесплатно.

Заказ № 78

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР, пр.