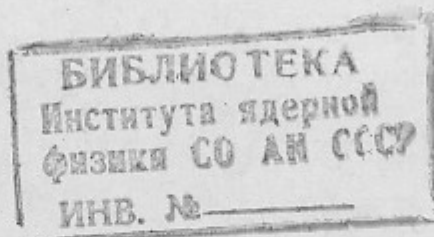


A. 93

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
СО АН СССР

В.Л.Ауслендер, Э.Л.Неханевич, Ю.И.Ощепков,
Б.Л.Факторович

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
СИНХРОТРОНОМ Б-5



ПРЕПРИНТ И ЯФ 78 - 89

Новосибирск

В.Л.Ауслендер, Э.Л.Неханевич, Ю.И.Ощепков,
Б.Л.Факторович

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОТРОНОМ Б-5

А Н Н О Т А Ц И Я

Управление ионным синхротроном Б-5 реализовано на основе УВК М-6000 с объемом памяти 8 К.

Для связи ЭВМ с аппаратурой управления и контроля использована система последовательной передачи данных.

Аппаратура управления содержит 70 аналоговых каналов и 100 каналов позиционного управления. Контролируется 100 аналоговых сигналов и свыше 100 дискретных состояний.

Описывается структура системы управления и особенности программного обеспечения.

Синхротрон Б-5 предназначен для ускорения протонов до энергии 200 МэВ и ионов до энергии 50 МэВ/нуклон. Время ускорения 10 мсек, частота повторения 50 Гц.

С точки зрения разработки, наладки и обслуживания ускоритель целесообразно рассматривать состоящим из следующих функциональных систем:

1. Источник протонов или ионов.
2. Инжектор-импульсный линейный ускоритель ИЛУ-5.
3. Канал-инжектор - синхротрон.
4. Система впуска - выпуска
5. Магнито-вакуумная система.
6. Система питания синхротрона.
7. Высокочастотная система.
8. Каналы разводки выпущенного пучка.

Каждая функциональная система содержит несколько автономных контуров автоматического регулирования. Входным параметром - уставкой регулятора - является опорное напряжение, которое вырабатывается цифро-аналоговым преобразователем.

Система управления устанавливает режим работы элементов ускорителя выдачей уставок, формирует импульсы от схем синхронизации для запуска импульсных элементов, контролирует выходные параметры регуляторов: ток, напряжение, магнитное поле.

На систему управления возлагается также сбор данных о физических параметрах ускорителя: токе пучка, температуре обмоток. Кроме того, имеется возможность производить включение и отключение большинства регуляторов программно.

Учитывая, что синхротрон рассчитан на непрерывную работу, важное значение приобретает надежность элементов и, следовательно, оперативная диагностика и статистика неисправностей.

Как объект управления ускоритель использует 70 аналоговых уставок и 50 позиций "включить - отключить". Контролируется 100 электрических параметров и 100 дискретных состояний "замкнуто - разомкнуто".

АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Управление ионным синхротроном Б-5 осуществляется на базе УВК М-6000 в следующем комплекте:

ОЗУ - 8К 16 разрядных слов

Перфоратор ПЛ-150

Фотосчитыватель FS -1500

Алфавитно-цифровой дисплей "Видеотон-340"

Устройство печати DZM -180

Два последних устройства выходят на сопряжение 2К через модифицированный интерфейс ИСД-1 /6/.

Аппаратными средствами являются следующие модули электронной аппаратуры, разработанные в ИЯФ для управления комплексами ВЭП-3, ВЭП-4, НАП-М:

1. Цифро-аналоговый преобразователь, состоящий из преобразователя код-скважность (ПКС) с последующим преобразованием скважности в опорное напряжение (ЦАП-ШИМ).

2. 16-канальный кварцованный синтезатор задержек (ГВИ-16)

3. Управляющий релейный регистр, осуществляющий программную коммутацию по 12 каналам (УР).

4. Релейный коммутатор аналоговых сигналов на 64 канала (КАС-64).

5. Интегрирующий вольтметр класса 0,005 с автоматическим выбором диапазона (Ц-1516).

6. Быстродействующий цифровой вольтметр позарядного взвешивания (АЦП-300).

7. Блок измерения мгновенных значений электрических параметров или их интегралов (БИИП).

8. Автономное функциональное устройство (АФУ) совмещающее в одном блоке 16 канальный ЦАП, коммутатор аналоговых сигналов на 32 канала и быстрый АЦП.

9. Измеритель положения пучка (ИПП-32).

10. 12 канальный датчик дискретных состояний типа "замкнуто-разомкнуто" (СДС).

11. 12 входной блок маскируемых прерываний.

12. Источники питания перечисленной аппаратуры /2,4/.

Оборудование ускорителя Б-5 установлено в нескольких помещениях: в зале ускорителя, аппаратном зале. Расстояния по

кабельным трассам от наиболее удаленных объектов управления до пультовой, где размещается ЭВМ, достигает 100 м.

Большой уровень импульсных помех и уравнительных токов между "землями" предъявляет повышенные требования к помехозащищенности аппаратуры и линий связи.

Цифро-аналоговые преобразователи ЦАП-ШИМ размещаются в непосредственной близости от соответствующих регуляторов. Управляющие импульсы поступают на вход ЦАПа от ПКС по коаксиальному кабелю через трансформаторные развязки.

Управляющие регистры и СДС смонтированы в шкафах релейной автоматики соответствующих функциональных систем. Длина проводов, соединяющих эти устройства с объектами позиционного контроля и управления, не превышает 3 м. УР и СДС также гальванически развязаны с обеих сторон.

Автономное функциональное устройство установлено в шкафу питания квадрупольных линз и корректоров пучка системы разводки. Остальная радиоэлектронная аппаратура вместе с аппаратурой передачи данных скомпонована в стойку управления и находится в пультовой рядом с ЭВМ.

Большое количество электрических параметров, подлежащих контролю, изменяется с частотой 50 Гц и имеет переменный или пульсирующий характер (выходы управляемых выпрямителей, напряжение на емкостных накопителях и т.п.). При этом достаточна точность измерения $\sim 1\%$. Амплитуда таких сигналов фиксируется пиковым вольтметром и затем измеряется интегрирующим АЦП.

В ряде случаев измеряется мгновенное значение параметра (поле впускного и выпускного магнитов, поле в момент инжекции и выпуска, напряжение на резонаторе ИЛУ в момент инжекции и т.д.).

Эти измерения проводятся 15 канальным блоком измерения импульсных параметров (БИИП) и быстродействующим АЦП.

Система управления предусматривает контроль двоичных состояний типа "разомкнуто-замкнуто". Датчики двоичных состояний (СДС) позволяют контролировать схемы релейной автоматики (наличие воды, воздуха, положение дверей высоковольтных отсеков

и т.д.). При изменении любой из 12 позиций СДС дает импульс прерывания в ЭВМ.

Измерение положения и плотности пучка на входе и выходе Б-5 производится вторичноэмиссионными датчиками ИПП-32.

Датчик представляет собой прямоугольную сетку с 15 проводочками по каждой координате. Заряд, возникающий на каждой проводочке при пролете пучка, запоминается. Каждый канал затем последовательно подключается к встроенному в блок АЦП.

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Обмен данными между ЭВМ и аппаратурой управления и контроля осуществляется через систему передачи данных с трехуровневой адресацией. Два уровня адресации реализуются магистральными станциями (МС), и коммутаторами последовательных кодов (КПК), предназначенными для разветвления линий связи. Третий уровень адресации служит для выбора канала в групповом устройстве аппаратуры управления и контроля. Способ передачи данных — последовательный двуполярный самосинхронизирующийся код, команды передаются число-импульсным кодом /2/.

Система передачи данных и аппаратура управления синхротрона Б-5 аналогичны системе и аппаратуре управления накопителями ВЭПП-3, ВЭПП-4 и отличаются только контроллером связи. В качестве контроллера связи используется модуль последовательной связи МПС-2. МПС-2 выполнен на стандартной плате АСВТ-М, устанавливается в программный канал и занимает один код выборки. По командам из ЭВМ в модуле формируются команды ЧТЕНИЕ, ЗАПИСЬ, КОНЕЦ, СООБЩЕНИЯ, признаки адреса 1-го, 2-го и 3-го уровня, собственно адреса, байты данных и пакеты синхроимпульсов для приема информации. МПС-2 рассчитан на побайтный обмен. При сбоях в системе передачи во избежание "зависания" ЭВМ модулем формируется сигнал ошибки, а программа — драйвер сообщает оператору о характере и месте сбоя. Программное управление алгоритмом передачи в модуле МПС-2 обеспечивает большую гибкость системы управления. В частности, устройства управления и контроля можно подключить к МС любого уровня, а также непосредственно к модулю.

Скорость передачи данных в системе определяется, в основном, программой и не превышает 10 кбайт/сек, что во всех случаях достаточно.

Инициатором обмена в применяемой системе передачи данных всегда выступает ЭВМ, т.к. в рамках системы не предусмотрено механизма прерывания от активных устройств. Поэтому система связи дополнена модулем прерываний.

СИСТЕМА ПРЕРЫВАНИЙ ДЛЯ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для управления ускорителем возможны два типа прерываний от аппаратуры:

1. Прерывания от СДС, информирующие об аварийных ситуациях (нет воды, нет воздуха и т.п.).

2. Прерывание от схем синхронизации для запуска программы измерения импульсных величин.

Импульсы прерывания поступают на 12 входной блок прерываний, состоящий из регистра маски и информационного регистра. Каждому источнику прерываний соответствует разряд маски. При снятой маске импульс прерывания проходит на модуль прерывания и устанавливает в I сигнал ГТО-I. Модуль прерывания занимает одно место в сопряжении 2К и представляет собой триггер готовности. Установка маски и анализ информационного регистра блока прерываний производится через магистральную станцию. Блок прерываний установлен в стойке управления. Структура системы управления представлена на рис.1.

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ

Управление работой ускорителя производится по директивам оператора. Для отладки отдельных систем и запуска ускорителя написана отладочная программа. Программа обеспечивает выполнение 15 директив оператора и предоставляет ему следующие возможности:

1. Чтение и засылка кодов в любой канал ПКС.
2. Измерение по любому из 64 каналов вольтметром ШИ516.
3. Установка задержки от 200 нсек до 20 мсек по 16 каналам.
4. Измерение положения пучка с распечаткой гистограммы распределения по двум координатам.
5. Групповой контроль постоянных и импульсных напряжений.
6. Загрузка ПКС и ГВИ из памяти ЭВМ или с перфоленты (установка начального режима).

7. Вывод содержимого ПКС и ГВИ на дисплей, печатающее устройство или перфатор для последующей загрузки.

8. Включение или отключение силовых элементов.

9. Опрос состояния цепей релейной автоматики.

Кроме того, программа управления выдает диагностические сообщения о сбоях в системе передачи данных и в системе синхронизации. При обработке прерываний от датчиков двоичных состояний выдаются текстовые сообщения о причине неисправностей в системах УЭС.

Следует отметить сильное несоответствие между большим объемом технических средств управления и скромностью вычислительных средств. При написании программы управления на первый план выступает проблема экономии памяти ЭВМ. Необходимо также иметь в виду, что во время наладки систем ускорителя неизбежно возникает необходимость некоторой перестройки структуры системы управления, введение в нее новых технических средств и т.д.

Программа написана на упрощенном языке ассемблера "ОСТАРИС", который постоянно находится в ОЗУ, занимая объем 1К.

"ОСТАРИС" включает в себя транслятор, ретранслятор, редактор, абсолютные драйверы стандартных устройств ввода-вывода. Часть его подпрограмм и драйверов использует программа управления.

Постоянное присутствие ОСТАРИС в ОЗУ позволяет оперативно изменять программу. Выход на системную страницу для подготовки новых программ является одной из директив программы управления.

Распределение оперативной памяти выглядит следующим образом:

ОСТАРИС	- 1к
Драйверы аппаратуры управления	- 0,5 к
Константы и рабочие ячейки	- 0,5 к
Массивы для сбора данных	- 0,5 к
Текстовые сообщения	- 1,5 к
Программа управления	- 1 к
Сервисные подпрограммы	- 0,5 к

Дальнейшее развитие системы управления требует усложнения программ и использования языков высокого уровня. С этой целью предполагается увеличить оперативную память до 24 К и подключить к ЭВМ дисковое ЗУ.

Авторы выражают благодарность Э.А.Куперу, Б.В.Левичеву, В.И.Нифонтову, А.Д.Орешкову, Б.Н.Шувалову за полезные советы и В.В.Каргальцеву, А.И.Копылову, А.В.Леденеву, В.К.Овчару, А.Н.Путьмакову, В.В.Репкову, С.В.Тарарышкину за помощь при запуске системы.

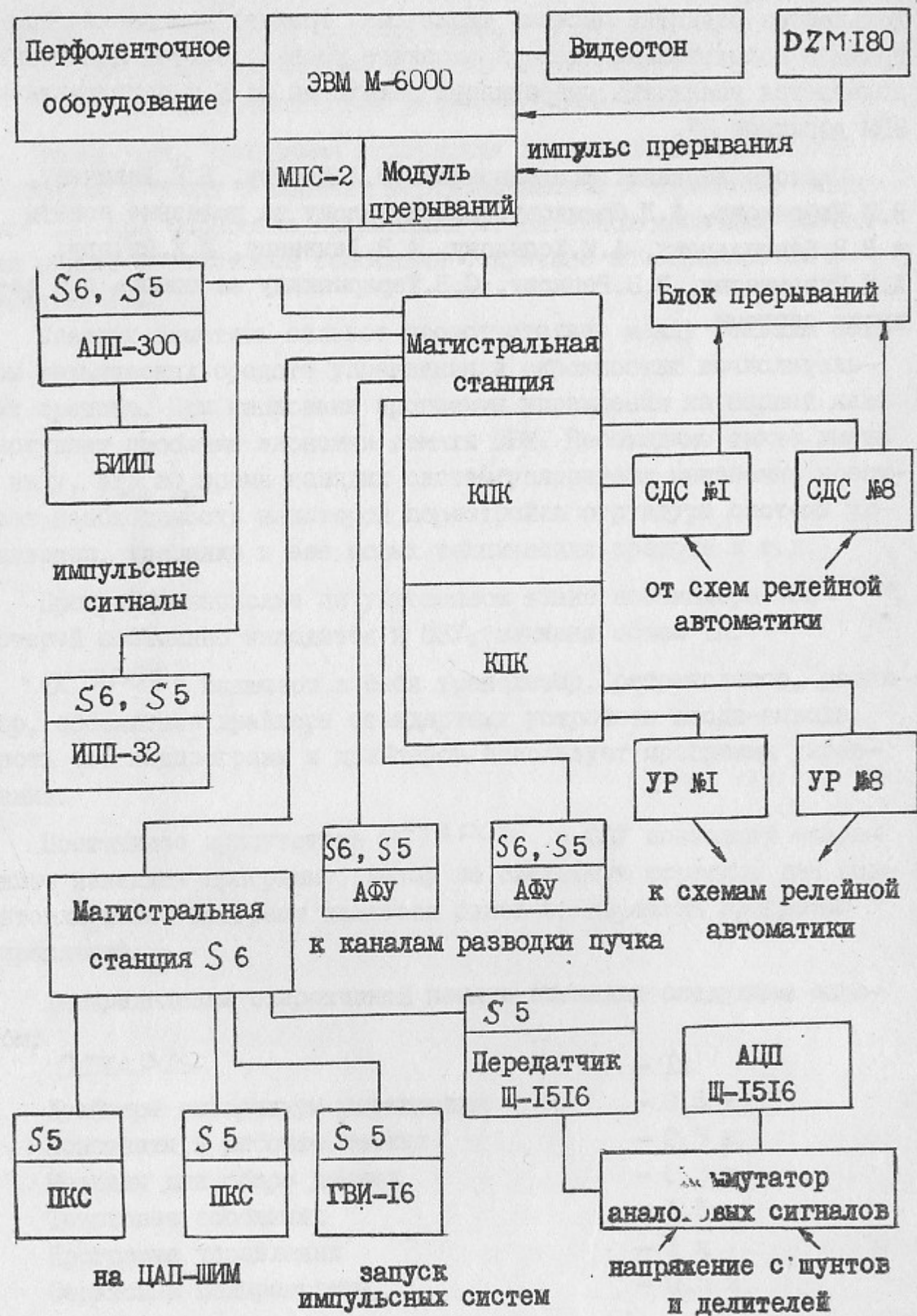


Рис. 1 Структура системы управления синхротроном Б-5.

1. В.Г.Абдульманов, В.Л.Ауслендер и др. Протонно-ионный синхротрон Б-5. Доклад на X Международной конференции по ускорителям заряженных частиц, т.П, Серпухов, 1977.
2. В.И.Нифонтов. Организация управления ускорительно-накопительными комплексами ИЯФ СО АН СССР при помощи ЭВМ. X Международная конференция по ускорителям заряженных частиц т.П, Серпухов, 1977 г.
3. В.И.Нифонтов. Радиоэлектронная аппаратура для управления ускорительно-накопительными установками при помощи ЭВМ. Кандидатская диссертация, Новосибирск, 1975г.
4. Э.А.Купер. Структура и аппаратные средства системы управления ускорительно-накопительным комплексом ВЭПП-4. Кандидатская диссертация. Новосибирск, 1978 г.
5. В.А.Гусев, М.Н.Захваткин, М.М.Карлинер, Э.А.Купер и др. Организация управления ускорительно-накопительными комплексами в ИЯФ СО АН СССР при помощи ЭВМ. Доклад на IX Международном симпозиуме по ядерной электронике, Варна, 1977 г.
6. Э.Л.Неханевич, Б.Сысолетин, Б.Н.Шувалов. Подключение алфавитно-цифрового дисплея к ЭВМ М-6000. Препринт ИЯФ, Новосибирск, 1976 г.

Работа поступила - 3 ноября 1978 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ

Подписано к печати 15.XI-1978 г. МН 07823

Усл. 0,6 печ.л., 0,5 учетно-изд.л.

Тираж 150 экз. Бесплатно

Заказ № 89.

Отпечатано на ротапринте ИИФ СО АН СССР