

Б-534

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

10 - 11044

БЕСПАЛОВА
Тамара Васильевна

**ВКЛЮЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
В СТАНДАРТЕ КАМАК
В СОСТАВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЭВМ М6000**

Специальность 05.13.06 - автоматизированные системы
переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель -

доктор физико-математических наук И.А.ГОЛУТВИН.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Ю.А.КАРЖАВИН,

кандидат технических наук Г.П.ЖУКОВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Московский инженерно-физический институт.

Защита диссертации состоится " " 1977 года
в часов на заседании Специализированного совета
ДО47.01.04 при ИВТА ОИЯИ, Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " " 1977 года.
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат физико-математических наук

Т.П. ПУЗЫРИНА Т.П.ПУЗЫРИНА

Актуальность

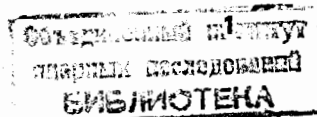
Широкое использование средств вычислительной техники для автоматизации научных исследований обусловило развитие новых принципов организации электронных измерительных и управляющих систем. Эти принципы предполагают создание систем, универсальных с точки зрения класса решаемых задач и сопрягаемых с управляющей ЭВМ. Реализуются такие системы при помощи устанавливаемых стандартов, регламентирующих основные правила построения электронной аппаратуры. Одним из наиболее распространенных стандартов электронной аппаратуры в настоящее время является стандарт КАМАК [1]. Большинство разрабатываемых в ОИЯИ измерительных и управляющих систем строится в полном соответствии с этим стандартом и ориентировано на работу под управлением ЭВМ. В то же время используемые в качестве управляющих ЭВМ имеют различную организацию каналов ввода-вывода, поэтому задача подключения к ним стандартных систем представляет в настоящее время большой практический интерес.

Для решения этой задачи необходимо создание специальных аппаратурных и программных средств, обеспечивающих сопряжение магистралей стандартных систем с магистралями ввода-вывода ЭВМ.

Цель работы

В 1972 г. в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ были начаты работы по созданию измерительно-вычислительного комплекса на базе отечественной ЭВМ М6000 [Ш], предназначенного для проведения исследований параметров коллективного ускорителя тяжелых ионов, включающих следующие этапы:

- измерение импульсных магнитных полей со сложной временной и пространственной структурой;
- измерение параметров электронного кольца на первом обороте в компрессоре (адгезаторе) ускорителя;
- измерение параметров электронного кольца в процессе его сжатия по синхротронному излучению;
- измерение параметров ускоренного кольца по времени пролета на начальном участке ускорения;
- диагностика ускоренных ионов.



Целью данной работы явилось создание для ЭВМ М6000 устройств и программ управления системами КАМАК, обеспечивших автоматизацию процесса измерений, а также автоматизацию процесса взаимодействия экспериментатора с измерительными системами.

Научная новизна. Автором диссертации впервые для отечественной ЭВМ М6000 разработаны принципы организации обмена информацией с системами КАМАК различной конфигурации и создан комплекс электронной аппаратуры, реализующий эти принципы.

Разработаны принципы построения управляющих программ, дающих возможность использовать стандартное математическое обеспечение АСВТ-М6000 для обслуживания измерительных и управляющих систем КАМАК.

Практическая ценность. Главным практическим результатом работ, положенных в основу диссертации, является то, что широко распространенная в Советском Союзе ЭВМ М6000 получила возможность работы с системами КАМАК. Несмотря на то, что разработанные средства управления стандартными системами предназначены для решения конкретных практических задач, связанных с исследованиями на создаваемом в ОНМУ ОИЯИ ускорителе, они могут использоваться в других областях науки и техники, где исследования проводятся с помощью систем, создаваемых на базе аппаратуры КАМАК и ЭВМ М6000.

Реализация. Разработанная автором аппаратура для управления однокрейтовыми системами КАМАК (спецконтроллер) изготовлена и успешно используется для проведения научных исследований.

Изготовлено, включено в состав действующего измерительно-вычислительного комплекса ОНМУ ОИЯИ и успешно используется для проведения научных исследований на ускорителе устройство управления многокрейтовыми системами КАМАК (интерфейс ветви КАМАК).

Измерительные системы ОНМУ, созданные на основе этих устройств, работают под управлением дисковой операционной системы реального времени (ДОСРВ АСВТ-М), в состав которой включен специально разработанный универсальный драйвер КАМАК [7].

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Работе представлена на 130 страницах с 54 рисунками и является обобщением результатов работ, выполненных при непосредственном участии автора в Отделе новых методов ускорения с 1972 по 1977 год [1-7].

В первой главе описываются основные принципы организации информационно-измерительных систем на базе аппаратуры КАМАК и ЭВМ М6000.

При рассмотрении принятой для систем КАМАК адресации источников информации предложен способ формирования в магистралях систем полной команды СНАФ и обоснован его выбор. Так как при использовании для управления системами КАМАК 16-разрядных ЭВМ команда СНАФ формируется с помощью двух машинных слов, предложенный способ разбиения полной команды отдельно на адрес крейта "С" и командную часть НАФ имеет следующие преимущества:

- передача адреса крейта может осуществляться позиционным кодом, что исключает необходимость его дешифрации;
- позиционный код адреса крейта обеспечивает возможность выполнения одной команды НАФ одновременно в нескольких крейтах КАМАК;
- формирование отдельно адреса крейта облегчает унификацию в организации команд для однокрейтовых и многокрейтовых систем;
- обеспечивается наиболее эффективное использование ресурсов ЭВМ из-за сокращения объема управляющих программ.

В главе анализируются характеристики каналов ввода-вывода ЭВМ М6000, способы организации систем КАМАК и способы подключения их к ЭВМ. На основании проведенного анализа выбран параллельный способ организации системных магистралей для измерительных установок Отдела новых методов ускорения. Показано, что высокая пропускная способность параллельных магистралей систем КАМАК (24 мбит/сек) позволяет наиболее эффективно использовать измерительные и экспериментальные установки и облегчает задачу обслуживания их в мультипрограммном режиме. На основании анализа способов организации стандартных систем определено назначение и место устройств управления в составе системы и предложена методика их разработки.

Во второй главе излагаются вопросы, связанные с разработкой для ЭВМ М6000 интерфейса ветви КАМАК [5]. Это устройство предназначено для управления системами, имеющими в своем составе до семи крейтов, объединенных в параллельную ветвь.

На основании проведенных исследований разработаны принципы согласования магистрали ввода-вывода ЭВМ М6000 с магистралью ветви и определены функции интерфейса ветви, способы реализации в ветви стандартных операций и способы взаимодействия интерфейса с управляющей ЭВМ. В результате разработано устройство, которое не только соответствует всем требованиям стандарта [1] по управлению системами подобного класса, но и обладает расширенными возможностями по выбору способов организации обмена данными, управления, обработки прерываний и контроля функционирования систем.

При помощи интерфейса реализуются следующие режимы обмена информацией:

- программно-управляемые (одиночные) передачи информации,
- передачи данных между блоками системы, минуя ЭВМ (межблочные передачи),
- передачи данных массивом с постоянным адресом СНА,
- передачи данных массивом в виде блока данных, адреса которых изменяются последовательно, начиная с некоторого $C_n N_n$ и кончая заранее определенным адресом $C_k N_k$ (режим сканирования).

Алгоритмы работы интерфейса задаются пятью управляющими словами (УС1+УС5), воспринимаемыми как внутренние команды. Форматы управляющих слов представлены на рис. 1, из которого видны возможные режимы работы интерфейса и способы управления этими режимами.

Выбранная структура внутренних команд экономит ресурсы ЭВМ за счет сокращения временных затрат на управление самим интерфейсом. В структуре внутренних команд имеется резерв, который может использоваться при расширении функциональных возможностей интерфейса.

Взаимодействие интерфейса с ЭВМ реализуется путем формирования запросов на прерывание. На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма работы интерфейса при выполнении операций по обслужи-

ванию запросов на прерывание. Для организации этих работ в интерфейсе предусмотрен специальный регистр служебного слова прерывания (РгССП). Запрос на прерывание формируется по сигналам запуска и сигналам ошибки. К сигналам запуска относится стандартный сигнал "BD", формируемый в ветви контроллерами крейтов при наличии в системе КАМАК запросов IAM, требующих обслуживания ЭВМ; и сигнал "B3", являющийся внешним по отношению к системе КАМАК, но соответствующий готовности аппаратуры к связи с ЭВМ.

Ошибочные ситуации распознаются в интерфейсе по сигналам, возникающим при обращении к выключенному или несуществующему в системе крейту (КФ), а также при отсутствии стандартных сигналов "Принято" (Ж) и "Ответ" (Q) в процессе выполнения операций, сопровождаемых этими сигналами.

Структурная схема интерфейса ветви КАМАК показана на рис. 3. Совместная работа отдельных блоков интерфейса осуществляется при помощи специально разработанной системы сквозных внутренних шин, которая не требует жесткой фиксации места расположения блоков и позволяет размещать дополнительное оборудование при расширении функциональных возможностей. Интерфейс выполнен на конструктивах используемой ЭВМ, размещается в одной из ее стоек, что упростило связь с ЭВМ и повысило надежность работы комплекса в целом.

В заключительной части второй главы приводятся краткие технические характеристики созданного устройства управления. Показано, что максимальная скорость передачи информации с помощью интерфейса по программному каналу ЭВМ составляет 20 К слов/сек, через канал прямого доступа в память (КЦДП) - 400 К слов/сек. Обмен может производиться как 16-, так и 24-разрядными словами. Интерфейс работает с ветвью длиной до 20 м; длина линии связи с ЭВМ не превышает 1,5 м.

В третьей главе излагаются результаты работ, связанных с созданием для ЭВМ М6000 специального контроллера, предназначенного для управления магистралью крейта КАМАК (спецконтроллера) [2,3]. При разработке спецконтроллера учитывалось, что он предназначен для обслуживания сравнительно небольших систем с объемом аппаратуры, не превышающим одного крейта КАМАК, поэтому все решения принимались с учетом минимизации аппаратуры самого

спецконтроллера, простоты управления при обеспечении функциональных возможностей, достаточных для управления стандартными системами подобного класса.

Спецконтроллер позволяет реализовать программно-управляемые передачи информации и передачи массивов данных в блочном режиме и в режиме автосканирования. В главе приводятся результаты исследований, позволивших выбрать способ управления спецконтроллером. Для этих целей предусмотрен набор внутренних команд, формат которых аналогичен формату команд КАМАК. Внутренние команды спецконтроллера идентифицируются номерами несуществующих в крейте блоков (N_0 , $N_{26+N_{28}}$) и подразделяются на следующие группы:

- команды общего управления ($Z \cdot J$) [I];
- команды управления режимами передачи данных;
- команды управления запросом на прерывание;
- команды управления контроллером передачи данных.

Сортировка запросов ЛАМ от всех блоков крейта КАМАК осуществляется в самом спецконтроллере, что освобождает системы от необходимости иметь в своем составе отдельный сортировщик запросов.

Счет длины массивов организуется программным способом. Сканирование адресов осуществляется путем добавления "+1" в командный регистр НАГ до установления адреса N_{23} Атах, без идентификации адреса крейта "С", что позволило сократить объем аппаратуры за счет счетчика длины массива и счетчиков адресов.

Для упрощения спецконтроллера обмен информацией осуществляется 16-разрядными словами. Двухсторонние передачи данных в линии связи с ЭВМ организуются с использованием 16-кабельных трактов.

Особенностью спецконтроллера является отсутствие регистров для запоминания данных. Обмен данными производится непосредственно между магистралью крейта и входными регистрами ЭВМ. Это также сократило объем аппаратуры и определило специфику реализации временной диаграммы [I].

Распределение выполняемых спецконтроллером функций между программными и аппаратурными средствами обусловили его компактность. Спецконтроллер представляет собой двойной блок КАМАК, размещаемый в крейте на месте контрольной и нормальной стэнций.

Предложен и реализован способ каскадирования однокрейтовых систем со спецконтроллерами для подключения к ЭВМ через один информационный вход до 3-х крейтов КАМАК. Структурная схема такого подключения изображена на рис. 4.

Технические характеристики спецконтроллера показывают, что созданное устройство удовлетворяет требованиям по управлению однокрейтовыми системами. Скорость обмена информацией определяется скоростью выполнения команд ввода-вывода или скоростью КПДП. Спецконтроллер работает с линиями связи двух типов: кабельной, длиной до 100 м, и проводной, длиной до 15 м.

В четвертой главе излагаются результаты работ по включению систем на базе созданных устройств управления в состав действующего вычислительного комплекса Отдела новых методов ускорения. Работы заключались в создании методики комплексной настройки устройств управления на линии с ЭВМ. Для этого разработаны алгоритмы программ функционального контроля [6], исследованы и обобщены в виде таблиц возможные способы диагностики ошибок и неисправностей в системах, определены способы их локализации с использованием для этого как аппаратурных, так и программных средств контроля.

Разработанные методы диагностики сыграли важную роль на начальном этапе пуско-наладочных работ, с их помощью производились доработка и уточнение алгоритмов функционирования устройств.

Разработанные алгоритмы программ контроля использованы при создании рабочих управляющих программ, что позволило вести контроль систем в процессе эксплуатации.

При включении систем КАМАК в состав вычислительного комплекса, работающего под управлением дисковой операционной системы реального времени (ДОСРВ АСВТ-М), определены правила взаимодействия системных программ с аппаратурой КАМАК, касающиеся:

- подготовки систем КАМАК к обмену информацией с ЭВМ (ИНИЦИАЦИЯ),
- обслуживания запросов аппаратуры КАМАК (ЛАМ-сигналы),
- формирования массивов данных в ОЗУ и на внешних накопителях.

Выбран способ построения управляющих программ, обеспечивающих работу в режиме диалога с экспериментатором [П]. Это позволяет

проводить настройку программ на конкретную задачу в процессе эксперимента.

В главе описан универсальный драйвер КАМАК, разработанный для управления обменом информацией с системами КАМАК различной конфигурации. Драйвером распознается три вида требований систем КАМАК:

- считывание информации из аппаратуры в ЭВМ;
- запись информации в аппаратуру;
- управление аппаратурой КАМАК.

В составе ДОСРВ драйвер отвечает за выполнение следующих функций:

- распознавание кода требования;
- настройка команд ввода-вывода на обслуживание систем КАМАК;
- включение и выключение КПП, если того требует код требования;
- обработка запросов на прерывание систем КАМАК;
- выполнение операций по обмену информацией с системами КАМАК;
- распознавание ошибок, возникающих в процессе обмена информацией.

В ОЗУ ЭВМ драйвер занимает 320 ячеек памяти.

Проведенные исследования показали, что время обработки драйвером одного обращения к аппаратуре составляет от 600-700 мксек до 2-3 мсек. В составе ДОСРВ драйвер может одновременно обслуживать несколько измерительных систем КАМАК как в однокрейтовом, так и в многокрейтовом исполнении.

В приложении к диссертации рассматриваются примеры применения созданных средств управления стандартными системами, демонстрирующие их практическую ценность и перспективность использования для широкого класса систем.

Основные результаты

Осуществлено включение в состав вычислительного комплекса на базе отечественной ЭВМ М6000 измерительных и управляющих систем КАМАК. В процессе выполнения работ получены следующие результаты:

1. Разработан, создан и введен в эксплуатацию интерфейс ветви КАМАК для ЭВМ М6000, организующий управление многокрейтовыми системами, объединенными в параллельную ветвь.

2. Разработан, создан и введен в эксплуатацию специальный контроллер крейта КАМАК (спецконтроллер), предназначенный для управления однокрейтовыми системами.

3. Разработаны принципы организации программного обеспечения для измерительных и управляющих систем КАМАК и осуществлено включение этих систем в состав средств, обслуживаемых стандартным математическим обеспечением АСВТ-М6000.

4. В процессе создания интерфейса ветви впервые для отечественной ЭВМ М6000 разработаны принципы организации обмена информацией со сложными многокрейтовыми системами КАМАК. Проведены исследование и разработки, касающиеся жесткого согласования временных диаграмм работы трех логически независимых структур, входящих в состав информационно-измерительных систем: ЭВМ - интерфейс - аппаратура КАМАК. Разработана принципиальная схема интерфейса, разработан комплекс электронной аппаратуры, реализующий эту принципиальную схему;

5. В процессе создания спецконтроллера предложена и реализована логическая схема организации обмена информацией между ЭВМ М6000 и однокрейтовыми системами КАМАК. Разработана и реализована принципиальная схема спецконтроллера. Предложен и реализован способ каскадирования крейтов КАМАК со спецконтроллерами, используемый для подключения не один информационный вход ЭВМ М6000 до трех однокрейтовых систем. В настоящее время изготовлено и успешно используется для проведения научных исследований в ОИЯИ пять спецконтроллеров [19-21].

6. На основе разработанной системы диагностики ошибок создана методика комплексной настройки устройств управления и систем в целом на линии с ЭВМ, обеспечивающая объективную оценку их функционирования.

7. Для включения систем КАМАК в состав вычислительных комплексов ЭВМ М6000, работающих под управлением дисковой операционной системы реального времени ДОСРВ АСВТ-М, разработана универсальная программа - драйвер КАМАК, обеспечивающая управление обменом информацией с системами КАМАК различной конфигу-

рации и позволяющая использовать для автоматизации процесса измерений все средства и возможности, предоставляемые ДЭСРБ.

8. Созданные средства управления используются в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ

- в системе измерения и формирования магнитного поля адгезатора,
- в системе измерения параметров электронного кольца на первом обороте в адгезаторе ускорителя,
- в системе измерения параметров электронного кольца по синхротронному излучению,
- в системе для исследования поведения электронного кольца на начальных участках ускорения по времени пролета,
- в системе диагностики ускоренных ионов.

Апробация

По результатам работ автора делались сообщения на УП Международном симпозиуме по ядерной электронике (Будапешт, 1973 г.), на I Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований (Киев, 1977 г.), на II Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (г. Ереван, 1977 г.). Все работы, положенные в основу настоящей диссертации, докладывались на семинарах Отдела новых методов ускорения.

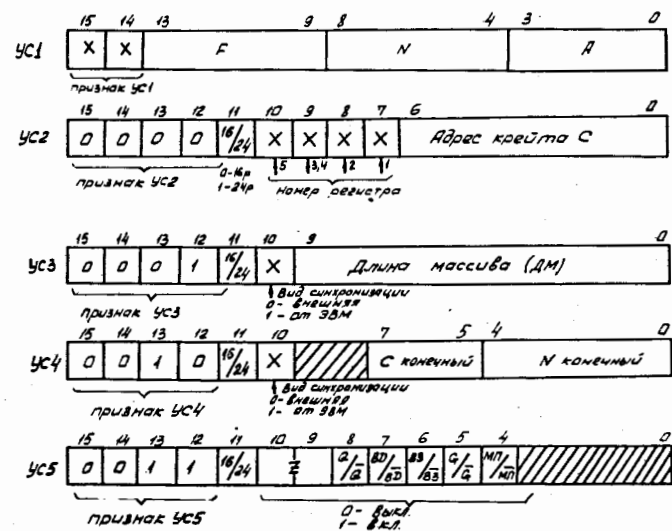


Рис. 1. Форматы управляющих слов интерфейса ветви КАМАК.

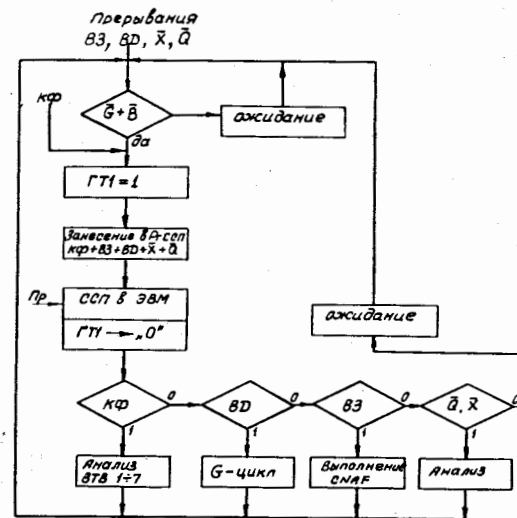


Рис. 2. Алгоритм работы интерфейса при формировании и обслуживании запросов на прерывание.

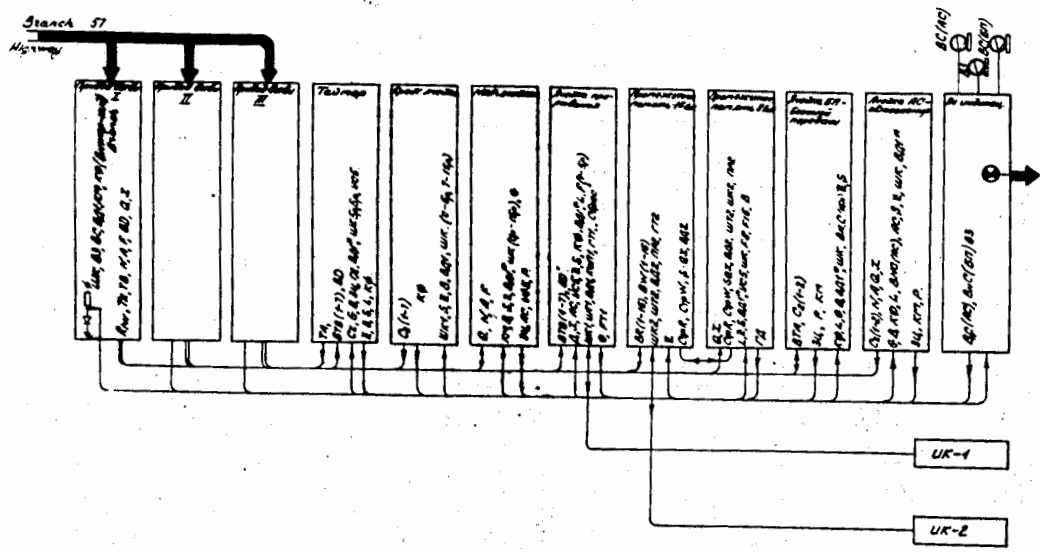


Рис. 3. Структурная схема интерфейса ветви.

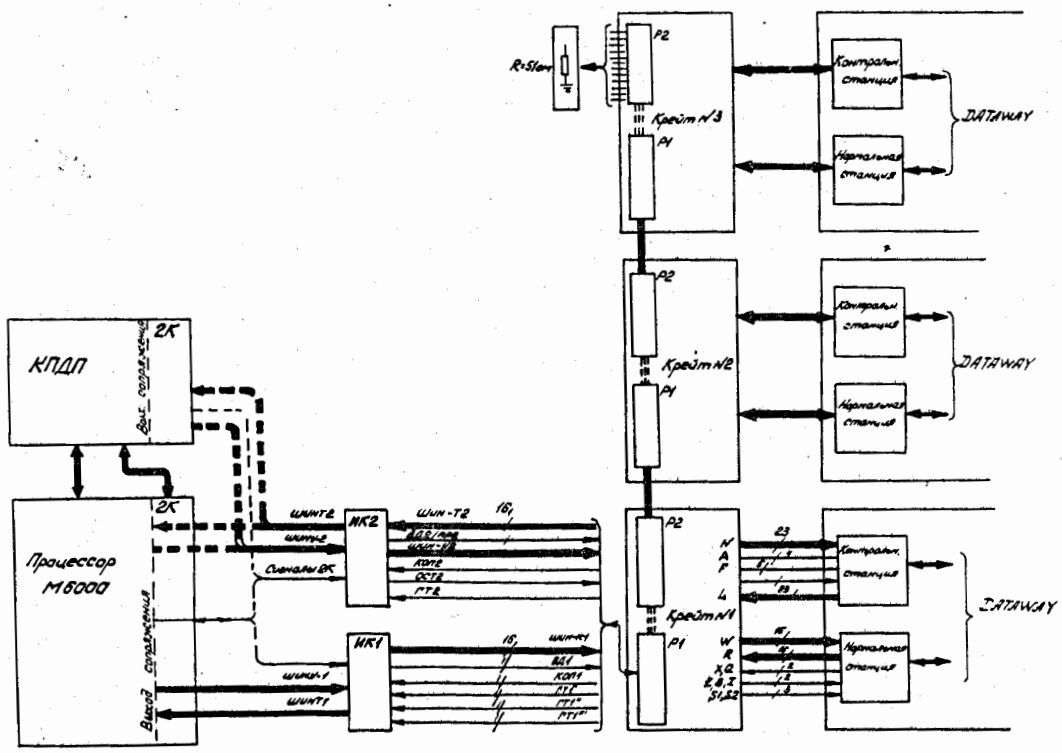


Рис. 4. Подключение к ЭВМ М6000 однокрептовых систем на базе спецконтроллера.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

1. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Комогорова Л.В. и др. Аппаратура и программы связи электронных блоков, выполненных в стандарте КАМАК с ЭВМ "Электроника-100", РДР-8 и М6000. Труды УП Международного симпозиума по ядерной электронике, Будапешт, 1973 г., стр. 128, Дубна, 1974, Д13-7616.

2. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Кондрашов В.Д., Смолин Д.А. Спецконтроллер для связи аппаратуры КАМАК с ЭВМ М6000. Часть I. Сообщение ОИЯИ, Р13-8271, Дубна, 1974 г. Логика работы.

3. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Кондрашов В.Д., Смолин Д.А. Часть II. Аппаратура спецконтроллера. Сообщение ОИЯИ, Р13-8272, Дубна, 1974 г.

4. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Кондрашов В.Д., Смолин Д.А. Контроллер для связи аппаратуры КАМАК с ЭВМ М6000. Депонированная статья, ПТЭ, № 3, 85, 1975 г.

5. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Комогорова Л.В., Смолин Д.А. Устройство для связи многокарусельных систем КАМАК с ЭВМ М6000. Депонированная статья, ПТЭ, № 5, 66, 1975 г.

6. Беспалова Т.В. Алгоритмы программ функционального контроля устройств сопряжения систем КАМАК с ЭВМ М6000. Сообщение ОИЯИ, IO-9970, 1976 г.

7. Беспалова Т.В., Голутвин И.А., Маслов В.В., Невская Н.А. Программа драйвер-системы реального времени АСВТ М6000 для управления сбором информации от измерительных установок в стандарте КАМАК. Сообщение ОИЯИ, IO-9970, 1976 г., Дубна.

Литература

I. EVR-4100, EVR-4600, Revision Version, Luxemburg, 1972.

II. Беспалова Т.В. и др. Организация вычислительного процесса ЭВМ М6000 для систем автоматизации физического эксперимента на базе аппаратуры КАМАК. Сообщение ОИЯИ, IO-IO814, Дубна, 1977.

III. Резанов В.В. и др. Механизация и автоматизация управления, № 4, 32, 1971.

IV. В.С.Алексахин, и др. Измерение и формирование импульсного магнитного поля в адгезаторе ускорителя многозарядных ионов. Сообщение ОИЯИ, Р9-9753, Дубна, 1975.

V. Т.В.Беспалова и др., I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике (тезисы докладов), г. Киев, 1976.

VI. X.-У.Зиберт и др. Сообщение ОИЯИ, Р9-9366, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 ноября 1977 года.