



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

На правах рукописи

2000–24

Ветров Петр Борисович

**АППАРАТУРА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ  
ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
КАНАЛАМИ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
ПУЧКОВ ЧАСТИЦ  
УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА У–70 ИФВЭ**

05.13.05 – элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Протвино 2000

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г.Протвино).

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук В.Н.Алферов (ИФВЭ, Протвино).

Официальные оппоненты: доктор технических наук Е.В.Арменский (Московский государственный институт электроники и математики), доктор физико-математических наук В.Л.Соловьянов (ИФВЭ, Протвино).

Ведущая организация – Московский радио-технический институт (МРТИ РАН, Москва).

Защита диссертации состоится “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2000 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета К034.02.01 при Институте физики высоких энергий по адресу 142284, Протвино Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета К034.02.01

В.Н.Ларин

© Государственный научный центр  
Российской Федерации  
Институт физики высоких энергий, 2000

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы** определялась практической необходимостью создания в заданные сроки современной системы управления комплексом каналов транспортировки пучков частиц (каналы № 8; 21; 22 и 23), обеспечивающей проведение исследований на экспериментальных физических установках СКАТ, СФИНКС, ФОДС и СВД, “Меченые нейтрино”. СУ комплексом каналов должна включать в себя аппаратуру передачи данных, обеспечивающую гибкость и открытость структуры системы, позволяющей оперативно вносить изменения в состав обслуживаемого оборудования, включать в состав СУ новых потребителей, а также расширять функции самой системы управления. Создание аппаратуры мультиплексных каналов передачи данных обеспечило решение указанных задач.

**Целью диссертационной работы, является:**

- выработка технических и эксплуатационных требований к системам передачи данных (СПД) в СУ комплексом каналов У-70;
- анализ существующих систем передачи данных;
- обоснование, создание, исследование и внедрение аппаратуры симплексного мультиплексного канала передачи данных (СМ-КПД) для автоматизации управления источниками питания магнитооптических элементов и корректирующих магнитов каналов транспортировки пучков частиц;

- обоснование, создание, исследование и внедрение аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала передачи данных в единой СУ комплексом каналов;
- обоснование, создание и исследование аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала передачи данных (ПМКПД) для модернизированной СУ комплексом каналов.

### **Научная новизна**

1. Впервые сформулированы технические и эксплуатационные требования к СПД в СУ комплексом каналов транспортировки пучков частиц У-70.
2. Разработан и создан комплекс аппаратуры симплексного мультиплексного канала передачи данных.
3. Разработана аппаратура для проведения исследования полудуплексного мультиплексного канала передачи данных.
4. Проведено исследование полудуплексного мультиплексного канала передачи данных.
5. Разработан и произведен комплекс унифицированной аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала с блочной передачей данных.
6. Для использования в модернизированной СУ комплексом каналов транспортировки пучков частиц У-70 разработан унифицированный модуль удаленного терминала.

**Практическая ценность** работ, вошедших в диссертацию, заключается в обеспечении возможности проведения физических экспериментов на каналах № 8; 21; 22 и 23, в создании набора унифицированной аппаратуры мультиплексных каналов передачи данных и использовании его в системах управления:

- комплексом каналов транспортировки пучков частиц № 8; 21; 22 и 23;
- источниками питания магнитооптических элементов каналов № 8; 21; 22 и 23;
- источниками питания корректирующих магнитов каналов № 8; 21; 22 и 23.

Внедрение специального стенда и программного обеспечения позволило автоматизировать работу по настройке и ремонту аппаратуры мультиплексных каналов передачи данных.

Освоен выпуск девяти типов разработанных модулей, всего было произведено 142 модуля.

**На защиту выносятся** следующие результаты работы.

1. Анализ задач по созданию СПД для систем управления комплексом каналов транспортировки пучков частиц У-70 и обоснование технических и эксплуатационных требований к ним.

2. Разработка, выпуск и исследование аппаратуры симплексного мультиплексного канала передачи данных.

3. Применение аппаратуры симплексного мультиплексного канала передачи данных в СУ источниками питания корректирующих магнитов и магнитооптических элементов каналов №8; 21; 22 и 23.

4. Разработка, производство и исследование аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала передачи данных.

5. Применение аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала передачи данных в СУ каналами транспортировки пучков частиц.

6. Разработка, создание и исследование удаленного терминала полудуплексного мультиплексного канала передачи (FIELD BUS) данных для использования в модернизированной системе управления каналами транспортировки пучков частиц У-70.

**Апробация диссертации.** Полученные результаты докладывались на IV Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях на IV Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (Нор-Амберд, 1988 г.), на V Всесоюзном семинаре по автоматизации исследований в ядерной физике и смежных областях (Ташкент, 1988 г.), на VI Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Томск, 1991 г.) и на ICALEPCS'93 (Berlin, Germany, 1993 г.), а также опубликованы в сборниках трудов научных семинаров, в журналах и в виде препринтов ИФВЭ [1-13].

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы из 60 наименований. Объем диссертации — 109 страниц, включая 31 рисунок и 4 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность решаемых автором задач, рассматривается возможность использования мультиплексных каналов передачи данных для построения автоматизированных систем управления каналами транспортировки пучков частиц, формулируются основные цели диссертационной работы, приводится краткое содержание диссертации по главам.

**В первой главе** дан анализ и сделан выбор структуры СУ каналами транспортировки пучков частиц, сформулированы требования, предъявляемые к аппаратуре СПД в распределенной СУ комплексом каналов транспортировки пучков частиц, сделан выбор прототипа СПД.

В состав оборудования, включенного в систему управления каналами, входят десятки единиц оборудования, а именно: поворотные, корректирующие магниты, фокусирующие линзы, коллиматоры пучка, приборы диагностики пучка, различное технологическое оборудование (вакуумная система, система охлаждения и т.д.). Оборудование находится в разных зданиях и разнесено на сотни метров.

Пользователями системы управления каналами являются:

- оперативный персонал энергетического корпуса;
- оперативный персонал каналов;
- физики-оптики;
- физики-экспериментаторы.

Чтобы удовлетворять требованиям всех пользователей, СУ должна обеспечить:

- выполнение функций непосредственного управления элементами технологического и магнитооптического оборудования канала;
- автоматизацию сбора и обработки данных о параметрах пучка;
- автоматизацию сбора и обработки данных о состоянии технологического и вспомогательного оборудования канала;
- автоматизацию контроля режимов элементов канала и параметров пучка;
- стабильность основных параметров;
- доступ к информации с главного пульта ускорителя, пультов систем вывода пучка и радиационного контроля;
- представление данных в виде, удобном для различных категорий пользователей;
- доступ к элементам управления и необходимой информации других каналов;
- обмен информацией с потребителями пучка;
- документирование и архивацию данных.

Исходя из вышеуказанного, систему управления каналами целесообразно строить как распределенную по функционально-территориальным признакам с двухуровневой организацией вычислительных средств. Верхний уровень представлен мини-ЭВМ, нижний — микропроцессорами и микроЭВМ. Для достижения программной совместимости все ЭВМ были выбраны с единой системой команд (DEC). ЭВМ верхнего уровня (мини-ЭВМ класса CM-4) обеспечивают контроль и управление подсистемами СУ, вычисления, интерактивное взаимодействие с пользователями системы, документирование параметров, хранение программ и развитие программного обеспечения, загрузку программ в микропроцессоры и микроЭВМ. ЭВМ нижнего уровня (“Электроника-60”) выполняют конкретные алгоритмы управления технологическим оборудованием, осуществляют связь с ЭВМ верхнего уровня и операторской консолью.

Состав оборудования каналов со временем мог меняться, необходимо было обеспечить доступ к оборудованию различных пользователей. Поэтому система должна была строиться из автономных под-

систем, взаимодействующих через общую коммуникационную среду. Сами подсистемы должны представлять собой автономные модульные конструкции, позволяющие легко изменять и дополнять функции всей системы. Автономность подсистем должна гарантировать работоспособность отдельных частей СУ независимо друг от друга, и обеспечивается локальными вычислительными средствами, модульность достигается применением магистрально-модульной электроники “Вектор”/СУММА.

Структура системы управления комплексом каналов транспортировки пучков частиц приведена на рис.1.

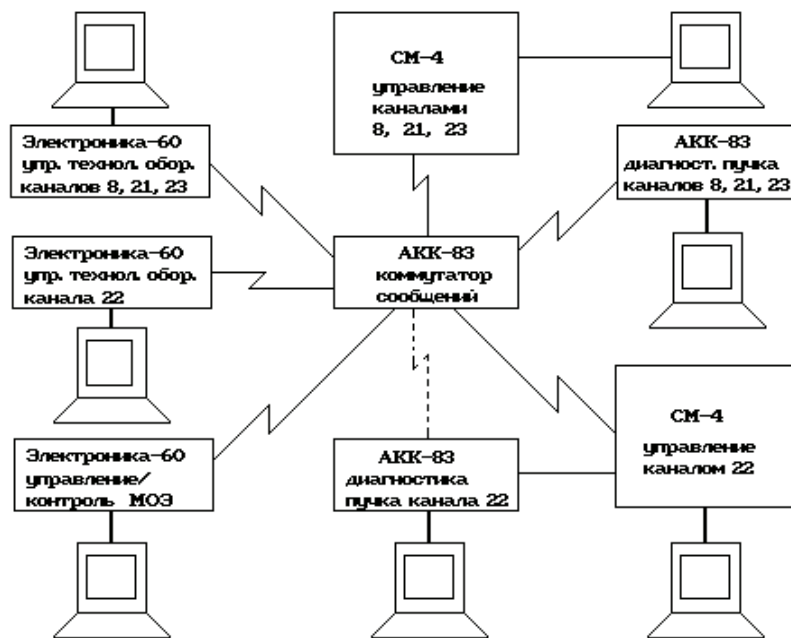


Рис. 1. Структура СУ комплексом канала.

Объединение различных подсистем в единую систему управления каналами осуществляется специализированной вычислительной сетью на основе СПД верхнего уровня. СПД верхнего уровня обеспечивает передачу данных для настройки подсистем управления ка-



налами на конкретную программу и ее функционирование в реальном масштабе времени. Требования по скорости передачи данных в СПД верхнего уровня обуславливаются требуемыми скоростями управления технологическим оборудованием и, как правило, не превосходят 0,3 – 0,5 Мбит/с. С учетом требований по достоверности и необходимого для надежной передачи данных запаса по производительности скорость передачи информации в СПД верхнего уровня должна обеспечиваться в пределах от 0,5 – 1,0 Мбит/с.

Для обеспечения модульности структуры СУ комплексом каналов в ряде подсистем целесообразно использовать СПД нижнего уровня. К таким подсистемам, например, относятся подсистемы контроля и управления источниками питания магнитооптических элементов (МОЭ) и корректирующих магнитов (КМ). Для каналов № 8, 21, 22, и 23 используются 73 источника питания МОЭ, и максимальное расстояние между управляющей микроЭВМ “Электроника-60” и самым удаленным источником питания составляет 500 метров. Второй крупной подсистемой является подсистема контроля и управления корректирующими магнитами (КМ). 12 источников питания КМ расположены вдоль трасс каналов и максимальное расстояние между управляющей микроЭВМ “Электроника-60” и источником питания составляет около 300 метров.

Поскольку структура и задачи, решаемые этими двумя распределенными подсистемами схожи, а также в целях универсализации оборудования и программного обеспечения было решено использовать единые принципы построения систем передачи данных нижнего уровня. К СПД нижнего уровня также предъявляются жесткие требования по надежности и достоверности передачи информации. Требования по скорости передачи составляют 0,2 – 0,5 Мбит/с, это следует из структуры подсистем управления источниками питания МОЭ и КМ.

Все СПД единой системы управления целесообразно строить на основе единого стандарта, что позволяет унифицировать оборудование, сократить сроки разработки и отладки автоматизированных систем управления, одновременно обеспечивая достижение лучших

экономических показателей, т.е. получить наилучшее соотношение “стоимость/производительность”. Исходя из указанной структуры СУ каналами транспортировки пучков частиц и специфики решаемых задач, были сформулированы основные критерии, которым должны удовлетворять обе СПД, а именно:

- относительно простой протокол;
- детерминистический метод доступа;
- возможность подключения к линии связи нескольких абонентов;
- гальваническая развязка подключенных к СПД абонентов;
- легкая расширяемость;
- высокая надежность;
- эффективное выявление ошибок при передаче;
- скорость передачи данных в диапазоне от 200 КБод до 1 МБод;
- максимальное расстояние между двумя станциями – 500 метров;
- доступность элементной базы.

Таблица 1.

	Асинхронные СПД	Serial SAMAC	DL-DMA	MIL-1553B ПМКПД
Скорость	19,2 КБод	1 Мбод	4,8 Мбод	1 Мбод
Гальванич. развязка	Оптронная пара	Трансформатор	Оптика	Трансформатор
Длина СПД	До 300 м	До 1 км	Более 1 км	До 500 м
Топология	“точка-точка”	“кольцо”	“точка-точка”	“шина”
Протокол	+ -	+	+ -	+ +
Стоимость	+ + +	-	- -	+
Расширяемость	- -	+ +	-	+
Надежность	-	+	+	+
Простота реализации	+ + +	- -	+ -	+

“+” и “-” — качественные оценки параметров.

Выбор прототипа системы передачи данных был сделан на основе сформулированных требований, в результате анализа существующих в стране и в ИФВЭ систем передачи данных, а также с учетом мирового опыта и перспектив дальнейшего развития СУ ускорительным комплексом ИФВЭ. В табл. 1 приведены основные параметры некоторых распространенных СПД. Видно, что каждая из проанализированных СПД имеет определенные достоинства и недостатки. В качестве прототипа СПД был выбран MIL-STD-1553B, как обладающий лучшей суммой характеристик.

**Во второй главе** описывается разработка структуры СУ источниками питания МОЭ и корректирующих магнитов, обосновывается использование симплексного мультиплексного канала передачи данных как СПД нижнего уровня, рассматриваются её протокол и конкретная аппаратная реализация — магистральный контроллер (ВС-03) и цифровой источник опорного напряжения (ЦИОН). Описано применение данной аппаратуры в СУ источниками питания магнитооптических элементов и корректирующих магнитов.

Использование симплексной СПД было продиктовано структурой СУ источниками питания МОЭ и КМ и доступным набором электронных компонентов. Был разработан модуль ЦИОН, который состоит из аналогового коммутатора, цифро-аналогового преобразователя и интерфейса (удаленный приемник) к симплексной СПД. Управление передачей данных по симплексной СПД осуществляется магистральным контроллером ВС-03, выполненным в конструктиве СУММА.

На рис. 2 представлена структурная схема СУ источниками питания МОЭ на основе симплексного мультиплексного канала передачи данных. МикроЭВМ связана с каркасом СУММА через системный контроллер КС-30. В каркасе расположен контроллер (ВС-03), преобразующий данные, поступающие по каналу каркаса СУММА, из параллельного вида в последовательный код Манчестер-2. Сигнал с выхода ВС-03 поступает на все удаленные приемники (УП) модулей ЦИОН, в которых он преобразуется в параллельный двоичный код.

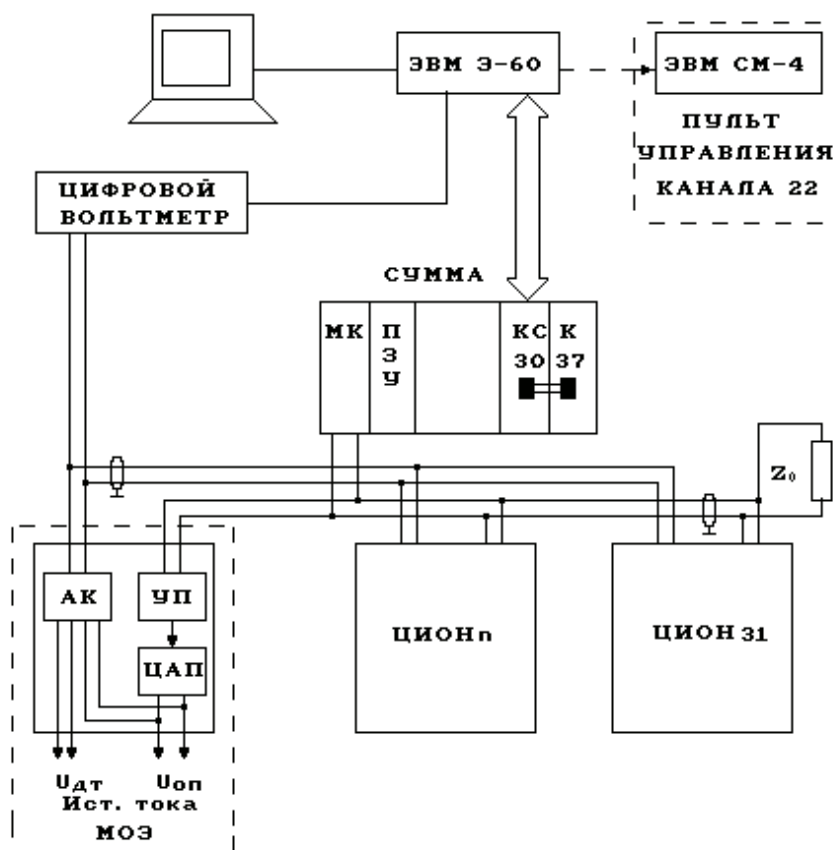


Рис. 2. Структура СУ источниками питания МОЭ.

Подключение всех удаленных приемников и магистрального контроллера к линии связи осуществляется через трансформатор МИТ-4В, что обеспечивает надежную гальваническую развязку. Двоичный код преобразуется ЦАП в опорное напряжение источника питания МОЭ. Обратная связь между модулем ЦИОН и микроЭВМ осуществляется с помощью цифрового вольтметра (ЦВ). Аналоговые сигналы поступают на вход ЦВ по измерительной линии, к которой они подключаются распределенным аналоговым коммутатором (АК), состоящим из аналогового коммутатора каждого ЦИОН.

В качестве измерительной линии и линии связи используется кабель ВЧС-160 (свитая пара в экране). ЦВ преобразует измеренную величину в цифровой двоичный код, который поступает в микроЭВМ. МикроЭВМ сравнивает полученное от ЦВ значение с заданным режимом, при необходимости вычисляет скорректированный код опорного напряжения ЦАП и с помощью ВС-03 пересылает его в выбранный ЦИОН.

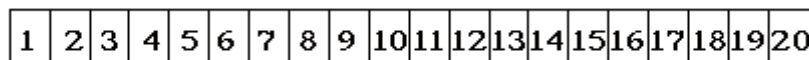
Применение аппаратуры симплексной СПД позволило решить задачу создания распределенной СУ источниками питания МОЭ и КМ, продемонстрировало высокую надежность выбранного способа передачи данных и показало верность выбора прототипа (MIL-STD-1553B) для создания СПД нижнего уровня. Этот опыт, а также некоторые схмотехнические решения были использованы при создании СПД верхнего уровня, описанной в третьей главе.

**В третьей главе** рассматривается реализация полудуплексного мультиплексного канала передачи данных — СПД верхнего уровня. Приводятся результаты исследований. Дается подробное описание состава, назначения и принципов функционирования аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала передачи данных. Приводятся результаты применения указанной аппаратуры в специализированной вычислительной сети многомашиного комплекса СУ каналами транспортировки пучков частиц. Рассмотрены протокол полудуплексного мультиплексного канала передачи данных, применяемого в CERN и разработанный на основе этого протокола Удаленный Терминал.

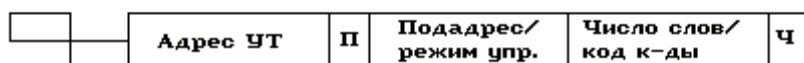
Сообщения по полудуплексной магистрали передаются в последовательном коде Манчестер-2. Обмен информацией между абонентами магистрали осуществляется в асинхронном полудуплексном режиме с временным разделением посылок по принципу “команда-ответ”. Функции магистрального контроллера (МК), иницирующего все пересылки путем выдачи в магистраль соответствующих команд, выполняет только одно из устройств, подключенных к магистрали. Остальные абоненты канала — удаленные терминалы (УТ) — выполняют его команды.

С помощью команд МК производятся диагностика устройств, подключенных к магистрали, пересылка данных между устройствами, подключение или отключение удаленных терминалов и передача функций магистрального контроллера удаленному терминалу. Информация по магистрали передается в виде посылок, состоящих из командных, статусных слов и слов данных. Для кодирования слов всех типов используется 20-разрядный код, включающий синхросигнал (3 бит-тайма), 16 информационных разрядов и разряд контроля четности.

На рис. 3 приведены форматы командных, статусных слов и слов данных.



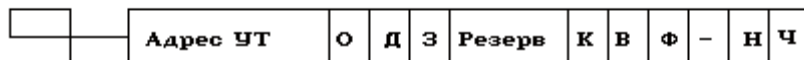
### Командное слово



### Информационное слово



### Статусное слово



- Синх.Сигнал**
- П** – признак према/передачи;
  - Ч** – бит четности;
  - О** – ошибка в сообщении;
  - Д** – диагностирование;
  - З** – запрос на обслуживание;
  - К** – принята команда общего доступа;
  - В** – подсистема занята;
  - Ф** – флаг неисправности подсистемы;
  - Н** – неисправность УТ.

Рис. 3. Форматы командных, информационных и статусных слов.

С целью исследования работы полудуплексной магистрали были разработаны прототипы модулей магистрального контроллера (МК-246) и удаленного терминала УТ-244, специальный стенд, а также тестовое программное обеспечение.

Результаты тестирования показали, что созданная аппаратура удовлетворяет требованиям стандарта MIL-STD-1553B:

- При работе на кабель ВЧС-160 длиной до 500 м с 30 пассивными отводами и при наличии синусоидального сигнала помехи с амплитудой  $\pm 200$  мВ на входе УТ-244 или МК-246 вероятность появления ошибочного цикла приема/передачи одного слова данных не превышает  $10^{-7}$ .
- Исключение внешнего источника помех ведет к безошибочной работе в течение 80-100 миллионов циклов.
- Амплитуда выходного сигнала УТ-244 и МК-246 равна  $\pm 15$  В, амплитуда сигнала на конце кабеля длиной 500 м с 30 пассивными отводами составляет  $\pm 3$  В.
- Затухание сигнала при передаче по кабелю ВЧС-160, длиной 100 метров составляет приблизительно 2 ДБ.
- Увеличение длины кабеля до 1 км приводит к появлению большого числа ошибок. В этом случае необходимо использовать ретрансляторы либо уменьшать частоту передачи.

Требования к максимальной эффективности работы специализированной вычислительной сети (рис. 4) СУ комплексом каналов сделали необходимым разработку аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала с блочной передачей данных до 2К 16-разрядных слов в одном блоке. Комплекс аппаратуры состоит из пяти типов модулей, выполненных в конструктиве СУММА:

- магистральный контроллер МК-282;
- удаленный терминал УТ-275;
- статическая память ОЗУ-277;
- ретранслятор МКИ-297;
- дисплей последовательной магистрали.

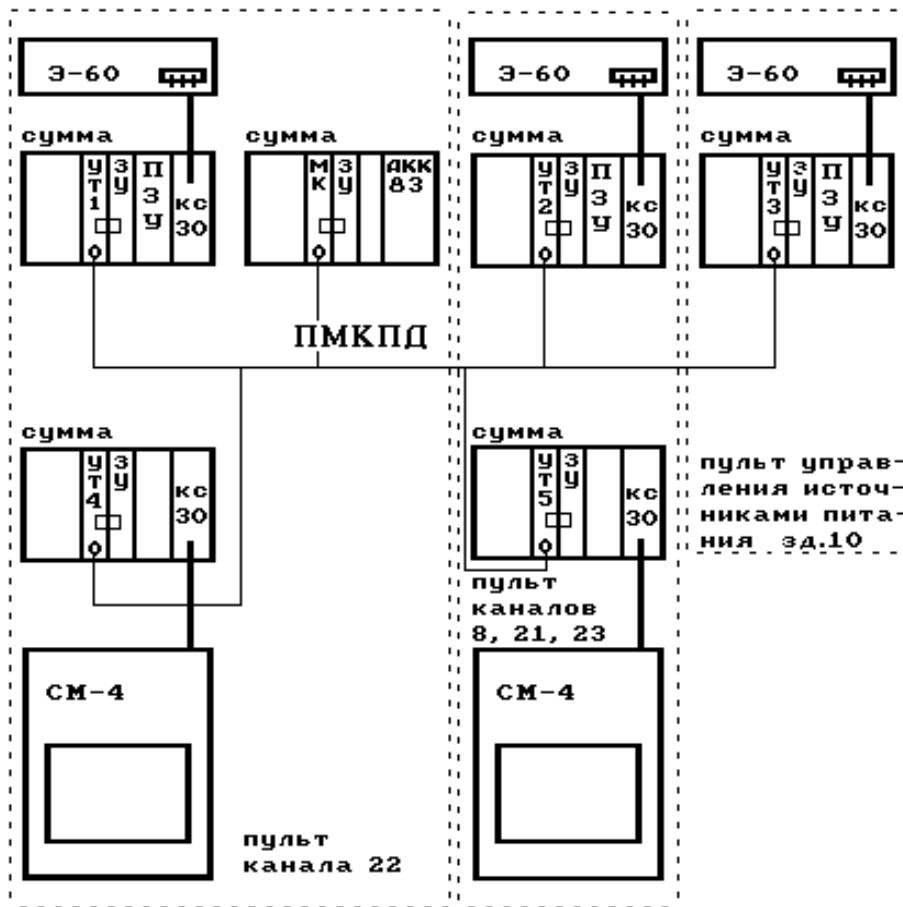


Рис. 4. Структура СВС комплексов каналов.

Магистральный контроллер (МК-282) инициирует все пересылки путем выдачи в магистраль соответствующих команд. Остальные абоненты канала — удаленные терминалы (УТ-275) — выполняют его команды.

Удаленный терминал выполняет адресованную ему команду и посылает в МК-282 статусное слово либо с блоком данных — режим передачи, либо без блока данных — режим приема.



Модуль ОЗУ-277 предназначен для совместной работы как с МК-282, так и с УТ-275 и обеспечивает пересылку блоков данных.

Модуль ретранслятора (МКИ-297) позволяет увеличить протяженность магистрали дополнительно на 400–500 м.

Модуль дисплея последовательной магистрали обеспечивает визуализацию передаваемых сообщений.

Протокол работы СВС на базе последовательной магистрали основан на постоянном опросе (Polling) статусных слов всех удаленных терминалов, который осуществляется с помощью магистрального контроллера. Проведение анализа статусных слов позволяет выбрать необходимый режим работы.

Применение аппаратуры полудуплексного мультиплексного канала с блочной передачей данных позволило создать одну из первых в ИФВЭ распределенных систем управления на основе скоростного последовательного канала связи.

В 90-е годы в ходе модернизации СУ ускорительным комплексом ИФВЭ были созданы программно-аппаратные средства нового поколения, электроника нижнего уровня размещается в конструктивах Евромеханики с микропроцессорной системной шиной Multibus-1. Для системы передачи данных, по-прежнему, было решено использовать полудуплексный мультиплексный канал передачи данных, описанный стандартом MIL-STD-1553В.

Модули были разработаны с использованием PLD микросхем фирм ALTERA и AMD. За основу сетевого протокола был принят протокол QuickData, используемый в CERN. Модули Удаленный Терминал (ЕД60020) и Монитор Магистрали (ММ) были разработаны в соответствии с требованиями стандартов Multibus-1, MIL-STD-1553В и протокола QuickData. Тестирование модуля ЕД60020 показало его высокую надежность и полную совместимость с сетевым протоколом QuickData.

**Основные результаты,** которые защищает автор, сформулированы в заключении:

1. Анализ задач, решаемых СУ комплексом каналов транспортировки пучков частиц, позволил сформулировать основные тре-

бования, которым должна удовлетворять СУ и сделать выбор её структуры.

2. Впервые сформулированы требования к аппаратуре передачи данных в системе управления комплексом каналов. За прототип СПД был принят полудуплексный мультиплексный канал передачи данных, выполненный в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-1553B.

3. Разработана и реализована аппаратура симплексного мультиплексного канала передачи данных для систем цифрового управления источниками питания магнито-оптических элементов и корректирующих магнитов каналов № 8; 21; 22; 23. Аппаратура симплексного канала эксплуатируется в системах управления каналов с 1984 года и продемонстрировала высокую надежность. Простои по вине СУ источниками питания МОЭ и КМ в течение десяти сеансов составляют 0,1% от общего времени простоев. В настоящее время в СУ каналов пучков частиц используются 85 ЦИОН и 5 магистральных контроллеров.

4. С целью изучения возможностей реализации аппаратуры, соответствующей стандарту MIL-STD-1553B, и исследования ее характеристик были разработаны два опытных модуля — МК-246 и УТ-244, а также тестовое программное обеспечение.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о возможности использования полудуплексного мультиплексного канала передачи данных в СУ комплексом каналов.

5. Для обеспечения максимальной эффективности работы специализированной вычислительной сети был разработан комплекс аппаратуры полудуплексной последовательной магистрали с блочной передачей данных. Эта аппаратура, в количестве 12 модулей различных типов, использовалась в специализированной вычислительной сети СУ комплексом каналов с 1989 года и продемонстрировала высокую надежность. Процент простоев СУ каналов во время сеансов по вине аппаратуры ПМКПД не превышал 0,1% от общего времени простоев.

6. Для модернизированной СУ комплексом каналов были разработаны модули удаленного терминала (ЕД60020) и монитора магистрали. Модули выполнены в соответствии с требованиями стандарта Multibus-1 и позволяют использовать сетевой протокол QuickData.

Использование разработанного комплекса аппаратуры систем передачи данных позволило значительно ускорить создание СУ каналами транспортировки пучков частиц. Модульность и однородность предложенных СПД позволили упростить программное обеспечение СУ каналами и предоставили возможность быстрого включения в состав обслуживаемых нового канала с типовым набором оборудования.

### Список литературы

- [1] Алферов В.Н., Ветров П.Б., Вражнов Ю.Н., Дышкант А.С., Кузнецов В.С., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Система автоматизированного контроля и управления режимами магнитооптических элементов канала для установки ФОДС: Препринт ИФВЭ 84-81. – Серпухов, 1984.
- [2] Ветров П.Б., Ермолина Г.П., Кузнецов В.С., Мойбенко А.Н. Цифровое дистанционное управление источниками питания магнитооптических элементов каналов частиц: Препринт ИФВЭ 84-146. – Серпухов, 1984.
- [3] Ветров П.Б., Ермолина Г.П., Кузнецов В.С., Мойбенко А.Н. Цифровая дистанционная система управления источниками питания магнитооптических элементов каналов частиц.// ПТЭ, 1986, №2, с.83-87.
- [4] Ветров П.Б., Мамаков П.В., Никонов С.В., Трушин К.И. Вспомогательные модули последовательной магистрали СУММА: Препринт ИФВЭ 87-57. – Серпухов, 1987.

- [5] Алферов В.Н., Ветров П.Б., Давыденко Ю.П., Кузнецов В.С., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Петренко С.В., Соловьев В.Е., Терехов В.И., Трушин К.И. Распределенная система для управления каналами частиц. – В кн.: Материалы 4-го Всесоюзного семинара по обработке физической информации, Нор-Амберд. – Ереван, 1988, с.98.
- [6] Алферов В.Н., Ветров П.Б., Даньшин В.П., Кузнецов В.С., Кузнецова Г.И., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Система управления источниками питания магнитооптических элементов каналов пучков частиц: Препринт ИФВЭ 88-73. – Серпухов, 1988.
- [7] Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Кузнецова Г.И., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н. Исследование мультиплексного канала информационного обмена: Препринт ИФВЭ 88-138. – Серпухов, 1988.
- [8] Алферов В.Н., Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Кузнецова Г.И., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Два варианта реализации мультиплексного канала информационного обмена. – В сб.: Материалы 5-го Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. – Ташкент, ФАН, 1988, с.88-89.
- [9] Бондаренко Е.Д., Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Кузнецова Г.И., Мойбенко А.Н., Мусатов А.Л., Новиков Н.П. Система питания корректирующих магнитов каналов пучков частиц с дистанционным управлением от ЭВМЖ: Препринт ИФВЭ 90-58. – Протвино, 1990.
- [10] Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Сеть ЭВМ на основе стандарта MIL-1553B. – В сб.: Материалы 6-го Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. – Томск, Управление статистики, отдел полиграфии, 1991, с.113-114.

- [11] Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Специализированная сеть ЭВМ в системе управления каналами пучков частиц У-70: Препринт ИФВЭ 91-24. – Протвино, 1991.
- [12] Bardik Yu., Dunaitsev A., Kalistratov E., Kim L., Komarov V., V.Kovaltsov, A.Lukyantsev, A.Machnachev, A.Matiushin, G.Obukhov, V.Soloviev, A.Sytin, Yu.Tchernousko, G.Tishin, N.Trofimov, P.Vetrov. Toolkit for UNK equipment controllers development. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1994, p. 421-423.
- [13] Ветров П.Б., Кузнецов В.С., Любимова Е.Н., Мойбенко А.Н., Соловьев В.Е. Набор модулей СУММА для реализации мультиплексного канала информационного обмена: Препринт ИФВЭ 94-16. – Протвино, 1994.

*Рукопись поступила 4 июля 2000 г.*

П.Б.Ветров.

Разработка, исследование и внедрение аппаратуры передачи данных для систем управления каналами транспортировки пучков частиц ускорительного комплекса У-70 ИФВЭ.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы  $\text{\LaTeX}$ .

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

---

Подписано к печати 05.07.2000. Формат  $60 \times 84/16$ . Офсетная печать.  
Печ.л. 1,17. Уч.-изд.л. 1,14. Тираж 100. Заказ 135. Индекс 3649.  
ЛР №020498 17.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий  
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

---

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т 2000–24, И Ф В Э, 2000

---