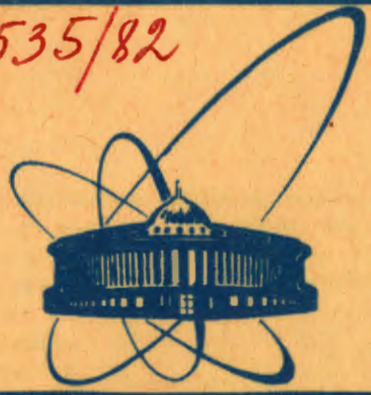


20/IX-82

4535/82



сообщения  
Объединенного  
Института  
Ядерных  
Исследований  
Дубна

10-82-430

В.А.Вагов, Ф.Вайдхазе, Г.П.Жуков, А.П.Сиротин

ОРГАНИЗАЦИЯ  
ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ ЭВМ  
ПО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ  
ЛИНИЯМ СВЯЗИ

1982

В настоящее время во многих измерительно-вычислительных центрах наблюдается общая тенденция - объединение нескольких вычислительных машин в сеть ЭВМ<sup>/1/</sup>.

Важными элементами сети ЭВМ являются устройства передачи/приема информации и линии связи. К ним предъявляются требования повышенной помехоустойчивости и скорости передач. Эти требования особенно актуальны в условиях Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, где работают два импульсных реактора на быстрых нейтронах<sup>/2,3/</sup> и строится линейный индукционный ускоритель ЛИУ-30<sup>/8/</sup> с импульсом тока  $200 \pm 250$  А.

Для автоматизации большого количества одновременно проводимых экспериментов используется более 20 ЭВМ, большая часть которых сконцентрирована в измерительном центре, удаленном от экспериментальных установок примерно на 1 км, а некоторые ЭВМ должны быть расположены непосредственно у экспериментальных установок и иметь с измерительным центром двустороннюю связь.

В этих условиях целесообразно применение волоконно-оптических линий связи, обладающих следующими преимуществами перед обычными:

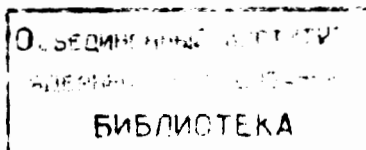
- невосприимчивость к электрическим и магнитным помехам;
- большие возможности по быстродействию /до нескольких сотен мегагерц/.

Далее будут рассмотрены опробованные нами два варианта связи через оптический канал между ЭВМ СМ-3:

- через блоки последовательного обмена /БПО/, подключаемые к "общей шине" ЭВМ, и квантово-электронные модули /КЭМ/<sup>/4/</sup>;
- через блоки последовательной связи в стандарте КАМАК типа 1471<sup>/5/</sup> и блоки оптической связи<sup>/6,7/</sup>.

## 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ "ОБЩАЯ ШИНА" - "ОБЩАЯ ШИНА"

Составной частью линии связи являются квантово-электронные модули, работающие на волоконно-оптический кабель. На концах оптического кабеля размещается приемо-передающий комплект КЭМ /КЭМ-передатчик и КЭМ-приемник/. Блок-схема КЭМ-передатчика изображена на рис.1. В качестве излучающего элемента в КЭМ-передатчике /КЭМ ПД/ используется инжекционный полупроводни-



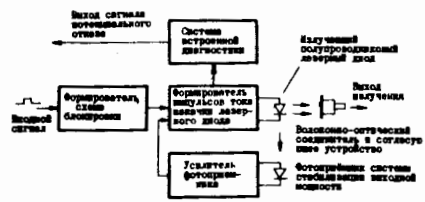


Рис.1. Функциональная схема КЭМ-передатчика.

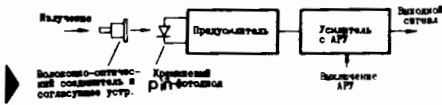


Рис.2. Функциональная схема КЭМ-приемника.

ковый лазерный диод /ЛД/. Схема блокировки предотвращает возникновение аварийных режимов работы ЛД и запрещает его работу при отсутствии входного сигнала. Фотоприемник системы стабилизации через усилитель вырабатывает сигналы обратной связи, с помощью которых стабилизируется мощность выходного излучения. Имеющаяся схема диагностики контролирует работу ЛД и в случае выхода его из строя вырабатывает сигнал отказа.

Блок-схема КЭМ-приемника /КЭМ ПР/ показана на рис.2. В нем в качестве приемного элемента используется кремниевый рп - фотодиод. Сигнал с фотодиода, пройдя через предусилитель и усилитель, поступает на выход схемы в виде обычного сигнала ТТЛ.

Квантово-электронные модули выполнены на единой конструктивно-технологической основе в виде герметичных микроприборов. Оптические разъемы, расположенные на корпусах КЭМ, рассчитаны на использование волоконно-оптических кабелей со светопроводящей жилой толщиной ~60 мкм.

#### Основные характеристики КЭМ

##### Передатчика:

длина волны импульсов излучения  
средняя мощность излучения  
частота передаваемых импульсов

$\lambda = 0,85 \text{ мкм};$   
 $P \geq 1 \text{ мВт};$   
 $2 \text{ МГц} \pm 8 \text{ МГц}.$

##### Приемника:

динамический диапазон автоматической  
регулировки чувствительности при изменении  
входного сигнала на 6 дБ

$5 \cdot 10^{-7} \div 10^{-5} \text{ Вт};$

время нарастания и спада  
переходной характеристики

~20 нс.

Блок-схема линии связи представлена на рис.3. Блоки последовательного обмена /БПО/ подключаются к каналу /"общей шине"/

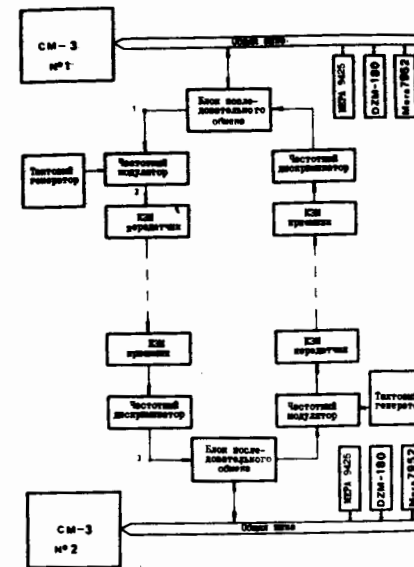


Рис.3. Блок-схема волоконно-оптической линии связи "общая шина" - "общая шина".

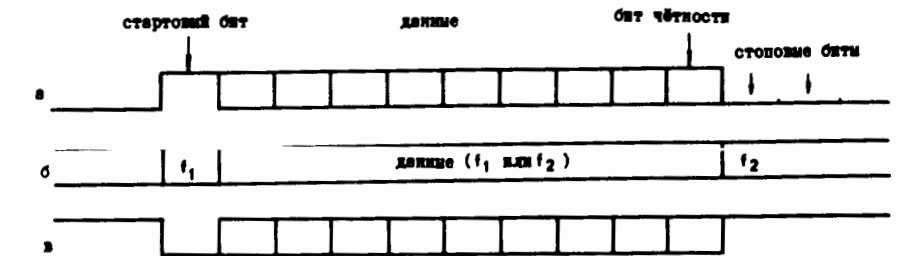


Рис.4. Формат информации, передаваемой и принимаемой блоками последовательного обмена.

ЭВМ и функционально разбиваются на три части: контроллер канала, передатчик и приемник.

Рассмотрим режим передачи информации из ЭВМ №1 в ЭВМ №2. БПО с каналом ЭВМ обмениваются параллельными восьмиразрядными байтами. При передаче БПО ЭВМ №1 преобразует полученный байт в последовательный код. Формат этого кода показан на рис.4а. Он начинается стартовым битом, в течение которого происходит синхронизация приемного блока на ответной стороне линии. Затем следуют восемь разрядов данных, а заканчивается посылка разрядом четности и одним или двумя стоповыми разрядами. Поступившая с выхода БПО информация преобразуется в частотном модуляторе /с помощью несущих частот  $f_1$  и  $f_2$  рис.4б/ и подается на вход квантово-электронного модуля-передатчика. Через волоконно-оптический кабель и КЭМ-ПР кодовая посылка поступает на частотный дискриминатор. После преобразования на выходе

дискриминатора появляется последовательная посылка, формат которой показан на рис.4в. Приемная часть БПО ЭВМ №2 преобразует эту информацию в параллельный код и по требованию обслуживающей программы через "общую шину" ЭВМ пересылает эти данные в оперативное запоминающее устройство. Передача данных в обратном направлении происходит аналогичным образом.

Описанная линия оптической связи была опробована в ИЦ ЛНФ ОИАИ для передачи информации между ЭВМ СМ-3<sup>1/1</sup>. Простые схемы частотной модуляции и демодуляции позволили быстро подключить стандартные блоки последовательного обмена ЭВМ измерительного центра к квантово-электронным модулям, серийно выпускаемым советской промышленностью.

Ориентация на стандартные БПО позволила вести обмен информацией между ЭВМ со скоростями не выше 9600 бод, но при этом линия связи позволяет применять без изменений любое программное обеспечение, написанное для организации межмашинных связей с применением БПО, в том числе и для машин типа PDP-11 с блоками типа DL-11.

Нечувствительность линии к электрическим и магнитным полям, наличие у КЭМ ПД схемы стабилизации выходного излучения и схемы автоматической регулировки усиления у КЭМ ПР позволили добиться устойчивого обмена массивами информации /порядка 5 Мбайт/ между ЭВМ.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ЧЕРЕЗ БЛОКИ КАМАК

Схема системы связи показана на рис.5.

Блоки последовательной связи 1471<sup>757</sup>/БПС/, разработанные в ГДР, установлены в крейтах КАМАК, которые управляются контроллерами /тип 106/, подключенными к "общей шине" ЭВМ СМ-3. При передаче информации в одном направлении поступивший из ОЗУ ЭВМ параллельный шестнадцатиразрядный код преобразуется БПС в последовательный, дополняется служебными разрядами и через блоки оптической связи /БОС/, разработанные в ГДР, и оптический кабель пересылается в БПС другой ЭВМ. БПС принимающей ЭВМ анализирует служебные разряды принятого слова, преобразует данные в параллельный код и передает их в оперативное запоминающее устройство ЭВМ. Передача информации в обратном направлении осуществляется аналогично. При организации данной системы связи использовались БПС, выполненные в стандарте КАМАК, и БОС, изготовленные в виде автономных модулей.

БПС типа 1471 представляет собой станцию единичной ширины. Формат передаваемой и принимаемой информации показан на рис.6. Каждое слово состоит из двадцати позиций:

- 1÷16 - разряды данных;
- 17 - разряд, сообщающий о наличии новой информации;
- 18 - запрос на начало передачи блока данных;
- 19 - сообщение о конце передачи блока данных;
- 20 - разряд, сигнализирующий о готовности блока к работе.

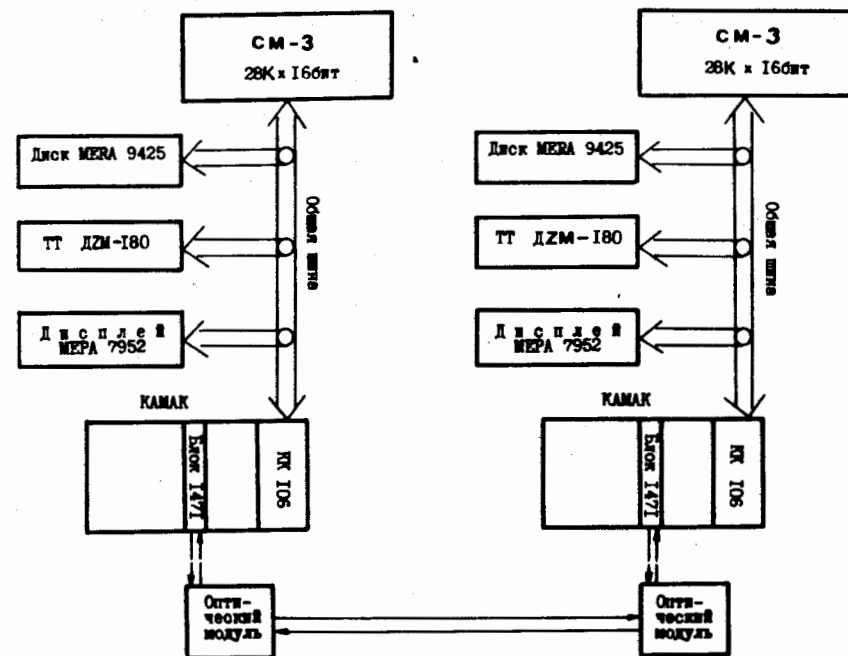


Рис.5. Блок-схема волоконно-оптической линии связи с использованием блоков КАМАК.

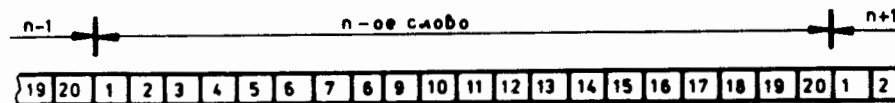


Рис.6. Формат передаваемой и принимаемой информации блока 1471.

БПС содержит схему автоматической подстройки частоты тактовых генераторов приемного и передающего устройств, что избавляет от необходимости пересылать тактовые импульсы между блоками 1471. Они обеспечивают скорость обмена данными до 4 Мбит/с.

Б0С служит для преобразования электрических сигналов в импульсы света, и наоборот. Конструктивно в одном блоке оптической связи смонтировано два приемника, два передатчика и стабилизированный источник питания /-5В, +12В, +24В/, который работает от нестабилизированного напряжения +5В. В качестве передающего элемента в Б0С используется люминесцентный светодиод, а в качестве приемника - р-п -фотодиод. Б0С содержит корректирующие схемы восстановления формы импульсов в приемнике, а также схемы автоматического регулирования напряжения смещения на входе дискриминатора, что повышает чувствительность приемной части блока /до  $10^{-7}$  Вт при  $f=10$  МГц/. Для этого необходимо при передаче информации через Б0С соблюдать правило  $\Sigma t_H = \Sigma t_L$ , где  $\Sigma t_H$  - суммарное время высокого потенциала, а  $\Sigma t_L$  - низкого потенциала в коде передаваемой информации.

Испытания данной системы связи проводились с помощью специальных тестовых программ, которые позволили при передаче информации между ЭВМ достичь скорости  $6,5 \cdot 10^5$  бит/с. Передавались массивы данных /до  $6,2 \cdot 10^9$  бит/ из одной ЭВМ в другую, затем данные возвращались в передающую ЭВМ, проводилось сравнение принятой информации с переданной, и при отсутствии ошибки передача продолжалась.

При обнаружении ошибки передача данных приостанавливалась, на терминал ЭВМ выдавались результаты анализа ошибочной ситуации, после чего передача автоматически возобновлялась. Испытания проводились в течение двух месяцев при непрерывных передачах от 4 до 48 ч. в среднем регистрировалась одна аппаратно исправляемая ошибка на  $6,5 \cdot 10^7$  бит информации, при обнаружении которой схема диагностики блока 1471 запрашивала повторную передачу слова. Рассмотренный вариант системы связи позволяет организовать обмен данными между любыми ЭВМ, к которым подключен крейт КАМАК.

Проверка двух вариантов оптических линий межмашинных связей показала устойчивую работу всей аппаратуры, надежную работу этих линий и их высокую помехозащищенность. Но, как было отмечено выше, для того чтобы сохранить неизменным программное обеспечение линий связи, применялись стандартные блоки БПО, работающие в режиме программной передачи со скоростями обмена информацией не выше 9600 бод. Применяемые квантово-электронные модули и блоки оптической связи позволяют повысить скорости обмена информацией до  $2 \div 4$  Мбит/с. По нашему мнению, для этого необходимо разработать устройства, использующие режим внепроцессорной передачи данных и удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к интерфейсам сети ЭВМ.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить признательность В.А.Владимирову и М.Л.Коробченко за полезные обсуждения и помощь в работе, В.И.Чивкину и М.Г.Кочурову за техническую помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-351, Дубна, 1982.
2. Бабаев А.И. и др. ОИЯИ, P13-10045, Дубна, 1976.
3. Ананьев В.Д. и др. ОИЯИ, P13-10888, Дубна, 1977.
4. Васильев К.В. и др. Электронная промышленность, 1981, 9, с.11-13.
5. Weidhase F. et al. Preprint TU Dresden, 05-28,78, Dresden, 1978.
6. Weidhase F. Preprint IHS Zittau, IHZ-WK-81-384, s.223, Zittau, 1982.
7. Weidhase F., Kreuzer E. Patent WF-H03F/21 9544 vom 10.3, 1980.
8. Анцупов П.С. и др. Препринт НИИЭФА, А-0213, Л., 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
8 июня 1982 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Вагов В.А. и др. 10-82-430  
Организация обмена информацией между ЭВМ по волоконно-оптическим линиям связи

Рассмотрены два варианта организации обмена информацией между ЭВМ SM-3 или кейтами КАМАК по волоконно-оптическим линиям связи, обеспечивающие высокую помехоустойчивость. Для передачи информации использовались блоки последовательного обмена, квантово-электронные модули, выпускаемые промышленностью, блоки КАМАК-1471 и устройства оптической связи, разработанные в ГДР.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Vagov V.A. et al. 10-82-430  
Organization of Information Exchange between Computers via Fiber Optical Links

Two version are considered of organizing the information exchange between the SM-3 computer and CAMAC crates by means of fiber optical link providing a high noise-immunity. For information transmission serial communication channels, quantum-electronical modules manufactured by industry CAMAC 1471 units and opto-electronic communication device elaborated in the GDR are used.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.