

4622

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Экз. чит. зала

10 - 4622

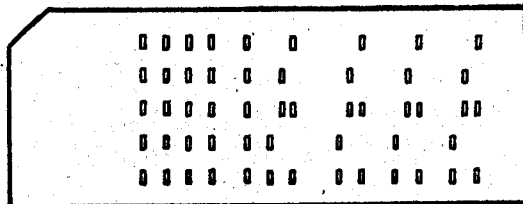


ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Г.И.Забиякин, З.В.Лысенко, В.Н.Поляков

ВОПРОСЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ  
В ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ  
ОИЯИ

1969



Объединенный институт  
ядерных исследований  
ЛВТА

10 - 4622

Г.И.Забякин, З.В.Лысенко, В.Н.Поляков

ВОПРОСЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ  
В ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ  
ОИЯИ

Направлено в ПТЭ

## Вопросы передачи данных в измерительно- вычислительном комплексе ОИЯИ

Создание в физических исследовательских центрах измерительно-обрабатывающих комплексов с использованием универсальных и специализированных вычислительных машин требует решения ряда вопросов, связанных с передачей цифровой информации на значительные расстояния. В измерительно-вычислительном комплексе (ИВК) Объединенного института ядерных исследований предусматривается несколько видов кабельных линий связи между ЭВМ, а также между ЭВМ и физической регистрирующей аппаратурой.

В связи с этим возникла необходимость рассмотреть варианты систем передачи цифровой информации, прежде всего, внутри комплекса.

На рис. I схематично показаны основные линии передачи цифровой информации в ИВК ОИЯИ /I/.

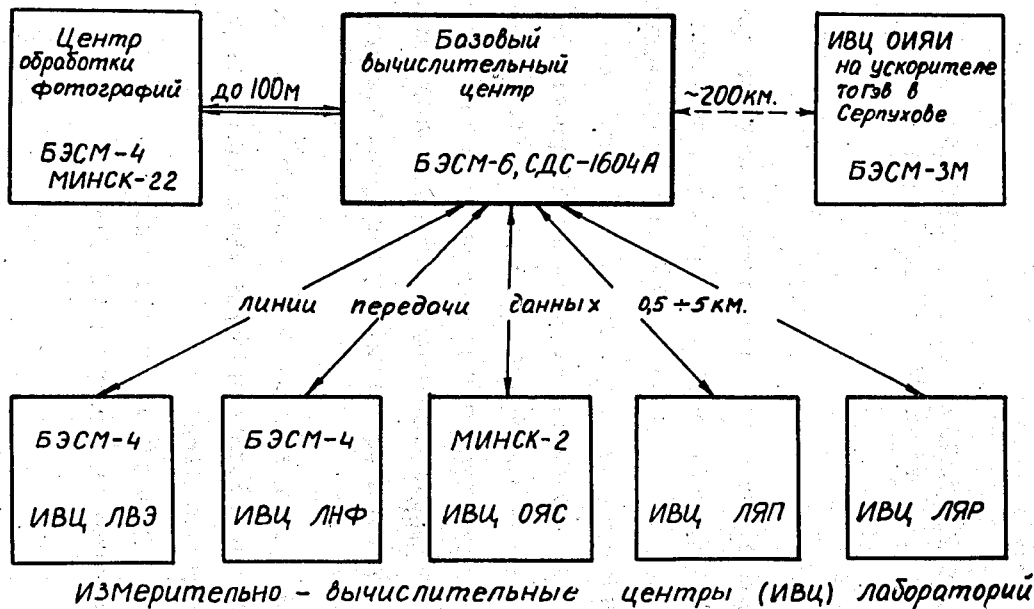


Рис. I. Структура ИВЦ ОИЯИ.

Основные вычислительные мощности комплекса сосредоточены в базовом вычислительном центре. Здесь концентрируется математическая обработка экспериментальных данных, требующая сложных вычислений, а также другие вычислительные работы, которые целесообразно проводить на больших ЭВМ.

Наряду с этим вблизи основных физических установок Института создаются экспериментально-вычислительные центры лабораторий, предназначенные для сбора и обработки экспериментальных данных, получаемых средствами электроники. Эти центры базируются на машинах среднего класса. В качестве такой ЭВМ используются, в основном, машины БЭСМ-4 со специально созданными каналами обмена цифровыми данными.

Один из лабораторных центров специализирован для обработки фотографий, получаемых с пузырьковых и искровых камер.

В измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ входит и измерительно-вычислительный центр, созданный на ускорителе 70 Гэв (г.Серпухов) для обеспечения средствами сбора и обработки информации экспериментов, проводимых на этом ускорителе группами из ОИЯИ.

Внутренние связи измерительно-вычислительного комплекса можно условно подразделить на три категории.

Прежде всего, это "ближние", с точки зрения измерительно-вычислительного комплекса, связи, обеспечивающие подключение к ЭВМ физической регистрирующей аппаратуры, а также стандартных для ЭВМ устройств ввода-вывода информации (устройства связи человек-машина, графикообразователи и др.). Если расстояние между ЭВМ и аппаратурой не превышает нескольких десятков метров, целесообразно использовать средства каналов ввода-вывода

информации, входящих в структуру ЭВМ. При этом логика работы устройств, электрические характеристики сигналов, передаваемых по кабелям, а также тип применяемых кабелей определяются заводом-изготовителем ЭВМ, и подключение новых устройств к ЭВМ не представляет особых трудностей. К таким связям можно отнести и связи между ЭВМ, расположенными на близких расстояниях внутри ИВК.

Вторым типом внутрисистемных связей являются "дальние" связи на расстояния десятки и сотни километров. Целесообразность обмена информацией между базовым вычислительным центром и центром, расположенным на ускорителе 70 Гэв в г. Серпухове, обуславливает необходимость оценки систем связи по телефонным линиям связи и других средств государственных линий связи общего пользования. Здесь представляется разумным использование стандартных средств для передачи цифровой информации по телефонным линиям связи, выпускаемых промышленностью. Аппаратура телефонных линий связи подсоединяется к ЭВМ как стандартные устройства ввода-вывода информации.

К отдельной категории следует отнести связи, требующие передачи цифровых данных с относительно высокой скоростью на "средние" расстояния, от 0,5 км до 5 км. В ИВК ОИАИ к таким связям могут быть отнесены связи измерительно-вычислительных центров лабораторий с базовым вычислительным центром.

Для связей третьей категории уже нельзя использовать средства каналов ЭВМ, не рассчитанных на работу с кабелями большой длины, и нецелесообразно пользоваться государственными линиями связи, требующими больших капитальных затрат.

Передача данных по линиям связи в физическом центре обладает рядом характерных особенностей. Во-первых, уровень электромагнитных помех довольно высок вследствие работы высокочастотных физических установок. Во-вторых, вследствие большой мощности этих установок, величина разности потенциалов между заземляющими электродами на концах линии связи может достигать значительной величины. В-третьих, скорость передачи информации по линиям связи должна быть во всяком случае не ниже скорости поступления информации с магнитных лент (около 50000 слогов/сек) и увеличиваться по мере развития ЭВМ измерительных центров до скорости работы памяти машины (вплоть до  $10^6$  слогов/сек). Наконец, линии связи должны обладать высокой надежностью, не меньшей, чем ЭВМ, входящие в систему, и быть достаточно дешевыми.

В Объединенном институте ядерных исследований ранее было реализовано несколько систем передачи по кабельным линиям связи, преобразованных в цифровую форму экспериментальных данных.

Первая из этих систем была создана для двухстороннего обмена цифровой информацией между накопительной аппаратурой спектрометрического измерительного центра Лаборатории нейтронной физики и ЭВМ "Киев", а затем "Минск-2" /2,3/. Данные передаются последовательным кодом на расстояние 1,5 км по коаксиальному радиокабелю со скоростью 250 кбит/сек. Для передачи управляющих служебных сигналов используется телефонный кабель.

Позднее система связи ЭВМ "Минск-2" была развита путем соединения линиями связи с двумя ЭВМ М-20 и устройствами ручного измерения фотографий с пузырьковых камер /4/.

По такому же принципу организована связь ЭВМ "Минск-22" с измерительным центром Лаборатории ядерных проблем /5/.

Последовательная система передачи данных по линии связи между установкой из магнитострикционных искровых камер и ЭВМ БЭСМ-3М была разработана в Лаборатории высоких энергий. В этой системе информация передается на расстояние 1 км последовательным кодом по коаксиальному радиокабелю со скоростью 1 мегабит/сек /6/. В той же лаборатории была выполнена другая система передачи данных в ЭВМ БЭСМ-3М с использованием магистрального телефонного кабеля со скрученными парами типа МКСБ /7/. Передача данных по этой линии связи производилась параллельно 45-разрядными словами со скоростью около 100 тысяч слов в секунду. В этой системе по кабелю передавались стандартные однополярные сигналы, т.е. не использовалась симметричность кабеля со скрученными парами.

Создание ИВК ОИЯИ потребовало разработки новых линий связи, работающих с высокой скоростью и рассчитанных на расширение системы в будущем.

Поскольку аппаратура линий связи подсоединяется к каналам ввода-вывода информации ЭВМ, желательно максимально избежать промежуточного преобразования сигналов. Каналы современных ЭВМ передают в сопряжении потенциальные сигналы, информация передается слогами параллельно. Поэтому естественно передавать по линиям связи информацию параллельно, тем более, что последовательный способ передачи информации между каналами ЭВМ требует двойного преобразования информации.

В рассматриваемом диапазоне скоростей для линий связи возможно применение как коаксиальных радиокабелей, так и симметричных магистральных телефонных кабелей. Из двух типов кабелей



для систем связи на "средние" расстояния было отдано предпочтение симметричным магистральным кабелям со скрученными парами по следующим причинам /8/.

1. Кабель со скрученными парами намного дешевле.
2. Как правило, кабели со скрученными парами имеют меньшие потери по постоянному току за счет большего сечения, что важно при передаче потенциальных сигналов.
3. Кабели со скрученными парами имеют относительно более высокую помехозащищенность. Разность помех, наведенных электромагнитными полями на проводах скрученной пары, меньше, чем разность помех между внутренней и внешней жилой коаксиального кабеля.
4. Поскольку кабель со скрученными парами является симметричным, становится несущественной разность потенциалов между заземляющими электродами аппаратуры на разных концах кабельной линии.
5. Вследствие относительно низкой стоимости кабеля со скрученными парами можно производить параллельную передачу информации, что позволяет избежать группировки данных при передаче по коаксиальным кабелям.

Ниже приводятся результаты исследований симметричных магистральных кабелей со скрученными парами, предназначенных для связи ЭВМ в системе ИВК ОИЯИ.

Опытная линия передачи цифровой информации  
по симметричному магистральному кабелю.

Блок-схема испытательной аппаратуры приведена на рис. 2. Генератор десятиразрядных кодов посылает последовательные коды

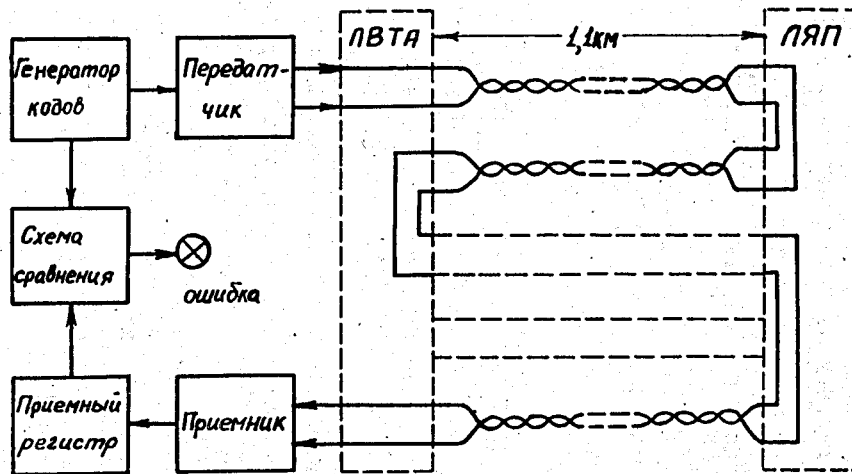


Рис.2. Блок - схема экспериментальной установки.

в усилитель передатчика, который преобразует эти коды в двухполярные сигналы, симметричные относительно потенциала земли, и посылает их в линию. Для испытаний использовалась линия связи длиной около 1100 м, проложенная магистральным симметричным кабелем типа МКСБГ 7x4xI,2+6xO,9 (ГОСТ 9046-59). В каждом таком кабеле имеется 14 скрученных пар и 6 сигнальных. Для увеличения длины линии отдельные пары кабеля соединялись последовательно на оконечных кабельных боксах. Для подсоединения аппаратуры к кабельным боксам использовался низкочастотный кабель типа ТРПКШ (ГОСТ 9297-59) длиной до 100 метров.

Усилитель приемника на выходе линии преобразует двухполярные сигналы линии в принятые в ОИЯИ в качестве внутреннего стандарта сигналы системы логических элементов ЭВМ БЭСМ-4. Сигналы с усилителя приемника поступают в приемный регистр, а с него в схему сравнения, где сравниваются с переданным в линию кодом. При несовпадении кодов схема сравнения вырабатывает сигнал ошибки, останавливающий работу аппаратуры.

В передатчике и приемнике применены хорошо зарекомендовавшие себя в работе балансные схемы со связями по постоянному току. На рис. 3 приведены схемы усилителей передатчика и приемника. Работа схем ясна из рисунка, однако следует остановиться на некоторых особенностях, связанных с применением симметричной линии.

Для уменьшения отражений линия связи и с передающего и с приемного концов нагружается на сопротивление, равное характеристическому. В описываемом опыте хорошее согласование линии на всех частотах получалось при нагрузке линии сопротивлением



110 ом. Средние точки согласующих сопротивлений заземлены, при этом линия связи становится нечувствительной к разности потенциалов между заземляющими электродами аппаратуры на обоих концах линии при работе на дифференциальный усилитель. Влияние разности потенциалов заземляющих электродов тем меньше, чем точнее подобраны между собой согласующие сопротивления.

Сигналы с линии поступают на входы дифференциального усилителя через высокочастотный фильтр, восстанавливающий форму сигнала после прохождения его через линию связи. Равенство сопротивлений фильтра влияет как на компенсацию разности потенциалов, так и на компенсацию помех, вычитающихся в дифференциальном усилителе. Подбор всех сопротивлений во входных цепях усилителя приемника с точностью  $\pm 2\%$  обеспечивает компенсацию разности потенциалов до  $\pm 20$  в и компенсацию помех, равных полезному сигналу или превосходящих его по величине.

Для наведения в линии искусственных помех используется генератор помех. Наихудший случай при передаче информации имеет место тогда, когда помеха синфазна с полезным сигналом. Амплитуда помехи может регулироваться от нуля до величины, превосходящей амплитуду полезного сигнала. Ток помехи передается по одной из жил кабеля, параллельной исследуемым скрученным парам.

Основными характеристиками кабельной линии передачи данных являются затухание и искажение сигналов в линии, а также ее помехозащищенность.

На вход линии поступают прямоугольные сигналы со скоростью 500 кбит/сек (рис. 4а). После прохождения линии длиной около 2 км сигналы искажаются и уменьшаются по амплитуде, но линия

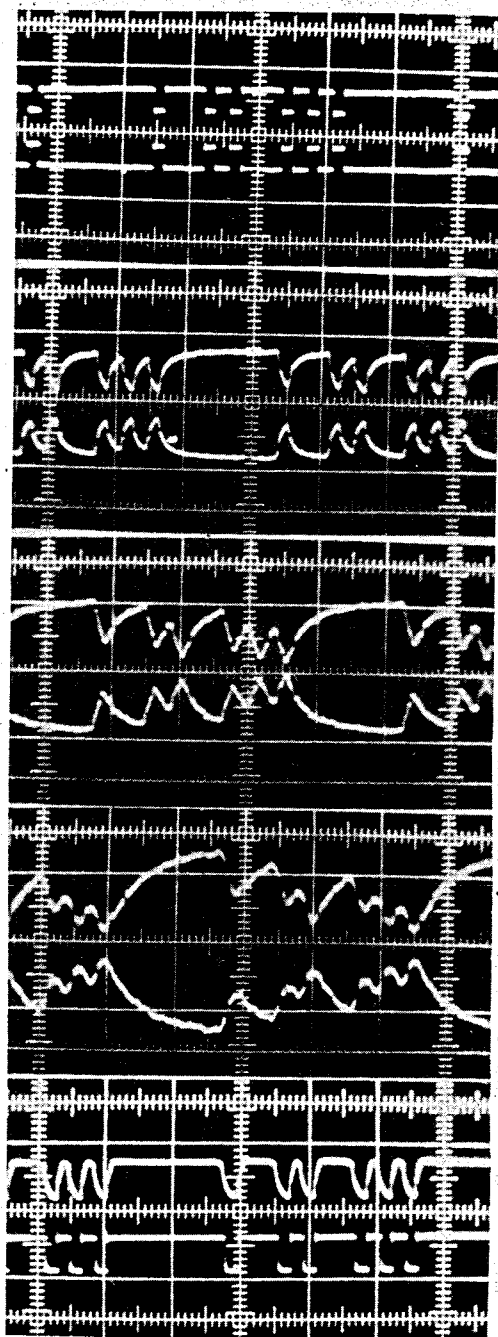


Рис.4. Распространение сигналов по линии связи (код 1011011100, 500 кбит/сек.)

а). Осциллограмма напряжения на входе кабельной линии (2в/см, 5 мксек/см).

б). Осциллограмма напряжения на выходе кабельной линии длиной 2км ( 0,5 в/см).

в). То же, линия длиной 4,5 км ( 0.2 в/см).

г). То же, линия длиной около 7 км ( 0,1 в/см).

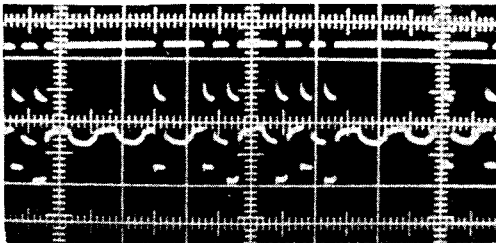
д). Осциллограмма напряжения на выходе линейного каскада усилителя приемника (верхний луч, 20 в/см) и на выходе усилителя (нижний луч, 10 в/см). Длина линии 7км.

успевает полностью разрядиться за время паузы между сигналами (рис. 4б). При длине линии 4,5 км становится заметным изменение заряда линии при изменении кода (рис. 4в). Наконец, линия длиной около 7 км успевает полностью перезарядиться лишь за время прохождения четырех разрядов кода (рис. 4г). Высокочастотный фильтр восстанавливает форму сигнала, и после усиления на выходе усилителя приемника получается тот же код, что и на входе линии (рис. 4д). Задержка в линии равна примерно 5 мксек/км.

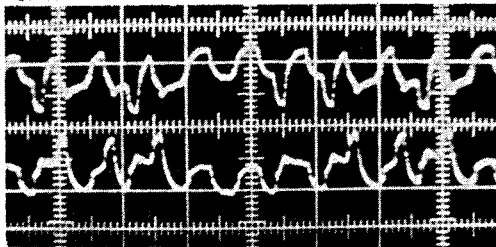
Применяемый способ передачи обеспечивает хорошую компенсацию наведенных электромагнитных помех. На рис. 5а приведены формы сигналов, поступающих в линию, находящуюся под воздействием электромагнитных помех. На выходе линии связи амплитуда синфазных помех равна примерно амплитуде полезного сигнала (рис. 5б), и по характеру кривых нелегко определить истинный характер полезных сигналов. В усилителе помехи, наведенные в проводах скрученной пары, вычитаются, и на выходе усилителя сигналы имеют тот же характер, что и на входе линии (рис. 5в). Проведенные испытания показали, что линия работает удовлетворительно при отношении сигнал/помеха меньшем, чем 1:1. За время испытаний по линии связи было передано примерно  $10^{11}$  бит информации, сбоев в работе линии связи не зарегистрировано.

Можно сделать вывод, что рассмотренная линия передачи данных по магистральному симметричному кабелю МКСБГ (оканчивающаяся низкочастотным телефонным кабелем ТРПКШ длиной до 100 м) позволяет передавать цифровые данные импульсно-кодовой модуляцией со скоростью до 500 кбит/сек на расстояние до 7 км по каждой паре кабеля без применения промежуточных кабельных усилителей. Дальнейшее увеличение скорости передачи в рассмотренном режиме приводит к усложнению схемы усилителя приемника.

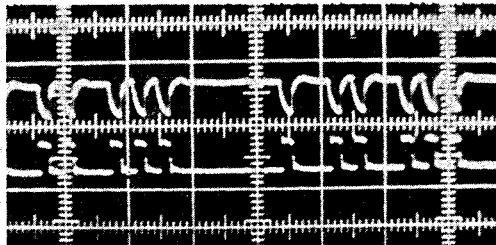
Рис.5. Работа линии при наличии помех (код 1011011100, 500 кбит/сек, длина линии 2 км, 5 мксек/см)



а). Осциллограмма напряжения на входе передатчика (верхний луч, 5 в/см) и на входе линии (нижний луч, 1 в/см).



б). Осциллограмма напряжений на обоих проводах приемного конца линий связи (0,5 в/см).



в). Осциллограмма напряжения на выходе линейного каскада усилителя приемника (верхний луч, 20 в/см) и на выходе усилителя (нижний луч, 5 в/см).



Увеличить скорость передачи цифровых данных по тем же линиям можно при применении других способов представления цифровой информации, требующих промежуточных преобразований сигналов /9/. Легко заметить, что, применяя способ, аналогичный записи информации без возврата к нулю на магнитный носитель информации, по рассматриваемой линии можно передавать данные с удвоенной скоростью, т.е. порядка 1 Мбит/сек. Увеличения скорости следует ожидать и при передаче информации по каждому из проводов двухполярными сигналами, так как в этом случае происходит принудительная перезарядка линии. Наконец, хорошие результаты дает применение промежуточных кабельных усилителей, расположенных вдоль трассы кабеля.

Приведенные выше результаты дают основание считать, что для связей внутри измерительно-вычислительного комплекса на расстоянии до 5 - 7 км могут успешно использоваться симметричные кабели МКСБГ с простыми схемами передающих и приемных усилителей (например, рис.3).

## ЛИТЕРАТУРА.

1. Г.И.Забиякин и др. Труды IV Симпозиума по радиозлектронике, 1967, Прага.  
N. Govorun, Yu. Karjavin, M. G. Meshcheryakov, V. Moroz, V. Semashko, N. Chulkov, G. Zabyakin. Proc. of the International Symposium on Nuclear Electronics, v. 2, 1968, Paris.
2. В.А.Дорофеев, Г.И.Забиякин, В.Н.Замрий, В.Н.Маркоменко и др. Труды 5-ой конференции по ядерной радиозлектронике, т.4, 1963, Атомиздат.
3. Г.И.Забиякин, В.Н.Замрий, Л.С.Нефедьева, Ю.М.Останевич, В.М.Ягафарова. ПТЭ, 1968, №2, 78.
4. А.Я.Астахов, Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, З.В.Лысенко, В.В.Федорин. Препринт ОИЯИ IO-3324, 1967, Дубна.
5. С.В.Кадыкова, А.И.Ефимова. Препринт ОИЯИ IO-4096, 1968, Дубна.
6. И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, В.Д.Кондрашев. Препринт ОИЯИ IO-3144, 1967, Дубна.
7. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Г.М.Кадыков и др. Препринт ОИЯИ P10-3592, 1967, Дубна.
8. J. M. Joosten. Proc. of the International Symposium on Nuclear Electronics, v. 2, 1968, Paris.
9. R. N. Franklin, N. B. Law. IEEE Spectrum, 1966, N11, 52.

Рукопись поступила в издательский отдел

25 июля 1969 г.