

е
+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4442/2-81

31/8-81

10-81-295

Ю.И.Романов

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА "КВАНТ-6"
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Направлено в "ПТЭ" и на Школу-семинар
"Применение средств оптоэлектроники в связи,
автоматике и вычислительной технике"
/Москва, ВДНХ, июнь 1981 г./

1981

В таком высоковольтном устройстве современного ускорителя заряженных частиц, как форинжектор на базе импульсного трансформатора, часто бывает необходимо контролировать режим работы ионного источника. Этот контроль сопряжен с определенными трудностями, т.к. источник ионов находится под потенциалом -700 кВ относительно земли. Возникает вопрос о применении телеметрических устройств с использованием беспроводного канала связи.

Разработка систем телеметрии для контроля параметров электрофизической установки характеризуется некоторыми специфическими условиями:

- 1/ расстояние до контролируемого объекта не превышает десятков метров;
- 2/ число измеряемых параметров установки обычно не более десяти;
- 3/ часто требуется наблюдение формы электрических импульсов, вырабатываемых в контролируемой аппаратуре;
- 4/ работа аппаратуры телеметрии протекает в условиях сильного ионизирующего излучения и сопровождается интенсивными радиопомехами от высоковольтных разрядов;
- 5/ возможности размещения телеметрического оборудования весьма ограничены;
- 6/ автономный источник питания электрофизической установки имеет малую мощность.

Современное состояние развития телеметрической техники позволяет успешно решить эту задачу. Наиболее универсальны беспроводные линии связи с использованием радио-^{1,2/} или светового ^{3,4/} канала. Относительно простым в практической реализации является тракт оптической передачи информации с использованием кабеля на основе волоконных световодов ^{5,6/}. Он предпочтительнее, чем радиоканал, т.к. совершенно невосприимчив к воздействию электромагнитных помех, имеет абсолютную электрическую изоляцию и сам не является источником паразитных излучений. При передаче информации по оптическому волокну в основном используется способ модуляции по интенсивности оптической несущей, при котором от амплитуды электрического сигнала зависит мощность излучения, подаваемого в кабель. Непосредственно частотная и фазовая модуляции не могут быть применены ввиду шумового характера источников излучения, работающих в оптическом диапазоне, сигнал которых не является синусоидальным, а имеет частотный спектр конечной ширины ^{7/}.

В разработанной телеметрической системе применяется кодирование информации измерительных каналов по способу АИМ-ВИМ, с последующим преобразованием ее в двоично-десятичный код и временным разделением каналов. Небольшая высота "подвеса" платформы источника ионов относительно земли позволила использовать в качестве канала передачи информации сравнительно короткий световодный жгут.

1. НАЗНАЧЕНИЕ

"КВАНТ-6" - телеметрическая система ТС, разработанная для целей контроля основных параметров источника "КРИОН" /11/ во время его эксплуатации на форинжекторе ЛУ-20 /10/.

Она позволяет:

а/ одновременно контролировать и отображать с помощью трехзарядных десятичных цифровых индикаторов следующие медленно изменяющиеся параметры ионного источника:

- 1/ величину тока накала катода электронной пушки;
 - 2/ напряжение на электроде - L1 /элемент ионной оптики/;
 - 3/ напряжение на электроде - L4 /элемент ионной оптики/;
 - 4/ напряжение-эталон 9,8 В, для контроля погрешности, вносимой телеметрической системой;
 - б/ наблюдать форму импульсов с помощью осциллографа:
- 1/ ионного тока; 2/ электронного тока.

Передача этих параметров идет попеременно, с частотой синхроимпульсов запуска источника.

II. УСТРОЙСТВО И ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Конструктивно система выполнена в виде трех отдельных блоков. Один из них - шифратор, установленный на высоковольтном терминале, второй блок - фотоприемник канала связи, расположенный у основания высоковольтных опорных изоляторов. Связь между ними осуществляется с помощью трехметровой волоконно-оптической линии связи. Блок дешифратора и цифровых индикаторов находится на пульте управления линейного ускорителя ЛУ-20. Связь между блоками фотоприемника и дешифратора осуществляется высокочастотным кабелем РК-75-4-15ЛИ.

На рис.1 приведена временная диаграмма работы системы. Передача информации производится циклически с частотой ~18 Гц. При помощи синхроимпульсов СИ запуска источника, следующих с периодом циклов ускорителя $1/8 \pm 15$ с/, осуществляется периодическая коррекция синхронизации передачи и приема информации. Непосредственно после поступления СИ в течение ~500 мс происходит передача импульсных сигналов: ионного тока ИТ или элект-

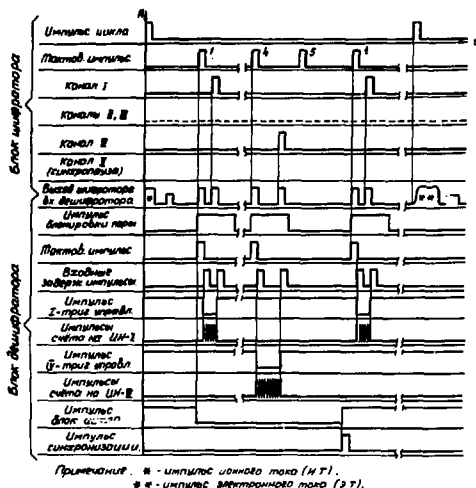


Рис. 1

Информация от датчиков /Д1÷Д4/ в виде постоянного или медленно изменяющегося напряжения поступает в четырехканальный преобразователь "напряжение-время" - ПНВ. Преобразование осуществляется путем сравнения напряжения от датчиков с линейно-изменяющимся напряжением генератора "пилы".

В момент равенства этих напряжений схемы сравнения выдают серию коротких импульсов /рис.1/, которые поступают на вход мультиплекса - МП. Мультиплексер и генератор пилообразного напряжения запускаются от генератора тактовых импульсов Г.

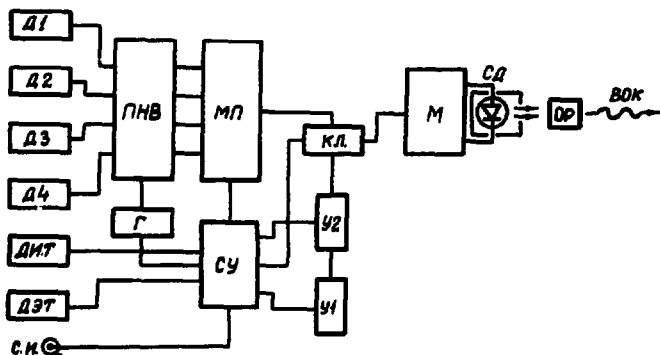


Рис. 2

ронного тока - ЭТ, совместно с калибровочным импульсом КИ. Затем передается информация по 4 каналам в виде промодулированных по длительности временных интервалов. Во всех последующих циклах передачи информации, вплоть до поступления очередного синхримипульса, канал передачи ЭТ или ИТ остается отключенным.

Блок-схема передающего и приемного устройства системы приведена на рис.2 и 3 соответственно.

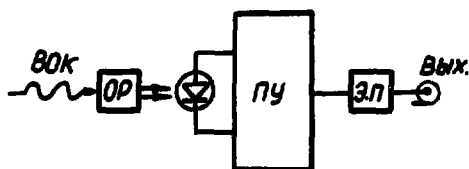


Рис.3

Он работает с частотой ~ 90 Гц и синхронизируется импульсами СИ циклов ускорения, сформированных в схеме управления - СУ. На выходе мультиплексера получается последовательность коротких импульсов, порядок следования и вре-

менное положение которых соответствуют порядку опроса и аналогу измеряемых величин соответствующих каналов. Эта последовательность импульсов через аналоговый ключ КЛ поступает в модулятор М, в котором с ними смешиваются тактовые импульсы от генератора Г.

С приходом синхроимпульса схема управления СУ запирает генератор тактовых импульсов Г, приводит в начальное состояние счетчик мультиплексера МП, вырабатывает калибровочный импульс КИ, устанавливает очередность опроса датчиков ИТ и ЭТ, ключом КЛ подключает импульсный канал передачи ЭТ или ИТ сигнала - У1, У2 к модулятору М.

С целью получения жестко-циклической синхронизации в системе использована пауза, расположенная между концом последнего канала и началом следующего цикла опроса. Она получается в процессе работы мультиплексера МП, подключающего к 4 рабочим один "пустой" канал.

Таким образом, на вход передатчика поступает циклическая последовательность импульсов, соответствующая временной диаграмме рис.1.

Передатчик состоит из модулятора и генератора световых сигналов. Модулятор обеспечивает предварительное линейное преобразование входного напряжения в ток, который запитывает и модулирует светодиод, обеспечивая линейаризацию его выходной характеристики $П'$.

В качестве генератора используется светодиод инфракрасного диапазона с высокой мощностью световых выходов.

Поскольку характеристики светодиода существенно термозависимы $\sim 1\%/^{\circ}\text{C}/П'$, они вносят основную погрешность при передаче импульсов ЭТ или ИТ. Для устранения влияния температуры на работу светодиода, последний помещен в термостат с прозрачным окном для источника. Внутри камеры термостата автоматически поддерживается температура $25 \pm 40^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 0,1\%$. Выставление необходимой температуры в термостате производится переменным резистором, который в целях удобства вынесен за его пределы.

С целью повышения эффективности ввода оптического сигнала в кабель /для снижения потерь на вводе/ в опторазъеме передатчика использован элемент сопряжения^{8,9/}.

Для присоединения волоконно-оптического кабеля к передатчику и приемнику использованы стандартные высокочастотные разъемы типа СР-50-64Ф с небольшой доработкой.

Оптический световодный шнур типа ГОЖВ-А, соединяющий передатчик с приемником, представляет собой жгут из большого числа волокон, помещенных в пластиковую оболочку^{5/}. Он имеет числовую апертуру ~0,6, что обеспечивает легко осуществимую связь^{6/}. Довольно большое затухание в этом световоде /~6 дБ, включая опторазъемы/ не вызывает особых затруднений, поскольку его длина невелика.

Приемник. Приемное устройство /рис. 3/ представляет собой двухкаскадный усилитель - преобразователь "фототок - напряжение" с использованием р-і-п диода в качестве фотоприемника. Для реализации высокого быстродействия на фотодиод подается смещающее напряжение в обратном направлении. Передаточную характеристику для этого режима можно записать в виде:

$$I_{\text{фд}} = K / (I_{\text{сд}} - I_0) / t_{\text{с}}^{\text{const}} + I_T,$$

где $I_{\text{фд}}$ - выходной ток фотодиода; K - коэффициент передачи по току светодиода - фотодиод; $I_{\text{сд}}$ - ток светодиода, макс.; I_T - темновой ток фотодиода; I_0 - ток покоя светодиода.

Фотодиоды обладают линейной зависимостью изменения фототока от светового потока, а их температурная зависимость проявляется в основном в изменении темнового тока. Для р-і-п диодов этот ток весьма мал / $I_T = 10^{-10}$ А/ и слабо изменяется в диапазоне температур^{11/}, что позволяет получить удовлетворительную параметрическую стабилизацию устройства.

Приемник излучения имеет коэффициент усиления, равный 200, изменение коэффициента усиления за 8 час непрерывной работы - не более 0,05%/°С, дрейф нуля на выходе не превышает ±1 мВ/°С.

Как было показано выше, основной дрейф нуля на выходе фотоприемника происходит, главным образом, благодаря температурному изменению неинформативной составляющей выходного сигнала фотодиода. Если при заданной величине $U_{\text{макс}}$ передатчик будет работать в режиме максимального тока светодиода, то темновая составляющая выходного тока фотодиода станет на порядок меньше световой.

Таким образом, стабилизация усиления сигнала в фотоприемном устройстве сводится лишь к устранению дрейфа самого усилителя.

Мощный эмиттерный повторитель, подключенный на выход фотоприемника, позволяет устройству работать на высокочастотный согласованный кабель длиной ~60 м, с полной амплитудой сигнала.

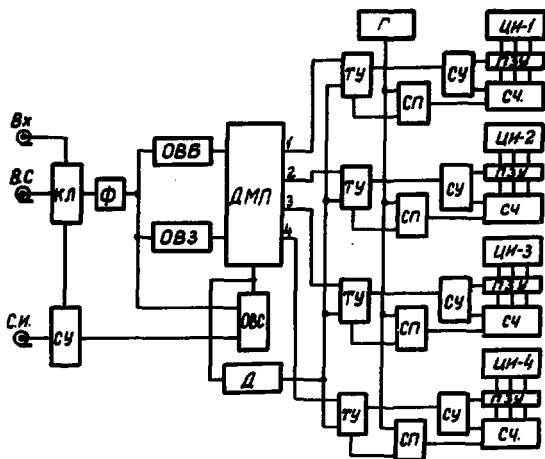


Рис. 4

На пульте управления ЛУ-20 этот кабель подключается на вход декодирующего устройства /рис. 4/. С приходом синхриимпульса СИ на схему управления СУ срабатывает аналоговый ключ КЛ, и передаваемая информация в течение ~500 мс поступает через выход ВС на осциллограф. Оператор наблюдает форму импульсов ЭТ или ИТ. Затем принимается цифровая информация от 4 датчиков аналогового сигнала.

Через ключ КЛ и формирователь Ф она поступает на вход селекторного устройства. Селектор синхриимпульсов /ОВБ, ОВС, ОВЗ/ из временной последовательности сигналов выделяет импульсы, соответствующие по времени тактовым импульсам передающей части телеметрической системы /рис. 1/. Они производят запуск /ОВБ/ демультиплексера ДМП и управляют его сбросом /ОВС/. Селектор выделяет пары импульсов и, чтобы компенсировать "мертвое время" ДМП, осуществляет их задержку /ОВЗ/. Демультиплексер распределяет пары импульсов по соответствующим каналам. В каждом таком канале имеется свой преобразователь "время-число", образованный триггером управления - ТУ, схемой пропускания СП и шиной сброса, подключенной через декадный делитель Д. Преобразователь вырабатывает пачки импульсов с длительностью, соответствующей временной последовательности пары. Стабилизированный кварцевый генератор импульсов заполнения Г генерирует непрерывную последовательность импульсов с периодом в 10 мкс. В дальнейшем пачки импульсов, каждая по своему каналу, поступают на вход цифровых индикаторов ЦИ-1+ЦИ-4.

Каждый цифровой индикатор представляет собой трехразрядный десятичный счетчик, управляющий с помощью промежуточного запоминающего устройства ПЗУ и дешифратора свечением соответствующих катодов индикаторных ламп. Информация из счетчика при помощи сигнала опроса, поступающего от триггера управления ТУ в схему управления СУ через определенные промежутки времени, передается в ПЗУ и содержится в нем до следующего опроса. При этом обновление запоминаемой информации происходит только в моменты соответствующего перепада на тактовом входе регистра памяти.

III. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

1. Длина волоконно-оптической линии связи /ВОЛС/, включая опторазъемы /ОР/ - 3 м;
2. Затухание света в линии - 6 дБ;
3. Число каналов:
 - а/ аналоговых - 4;
 - б/ импульсных - 2;
4. Параметры аналогового канала:
 - а/ входное сопротивление - 200 кОм;
 - б/ полярность - отрицательная;
 - в/ динамический диапазон 0,05÷9,99 В;
 - г/ погрешность - 0,02 В;
 - д/ эффективная частота опроса - ~18 Гц.
5. Параметры импульсного канала:
 - а/ входное сопротивление по входам ЭТ и ИТ - 510 кОм;
 - б/ полярность: 1/ по входу ЭТ - отрицательная;
2/ по входу ИТ - положительная;
3/ полярность импульсов ЭТ и ИТ на выходе канала - положительная;
 - в/ динамический диапазон:
 - 1/ по входу ЭТ: 0,1÷10 В/длит.имп.400 мс/
 - 2/ по входу ИТ: 0,01÷1 В/длит.имп.40 мкс/;
 - г/ нелинейность амплитудной характеристики:
 - 1/ по входу ЭТ - не более 5%;
 - 2/ по входу ИТ - не более 2%.
 - д/ фронт и спад при передаче контрольного сигнала 1 В по входам ЭТ и ИТ - 1,2 мкс;
 - е/ период опроса: 8÷15 с.
6. Индикация информации:
 - а/ аналоговых каналов - с помощью трехразрядных цифровых индикаторов в десятичной системе отсчета;
 - б/ импульсных каналов - с помощью осциллографа;

7. Потребление мощности:

а/ передающим устройством - 32 ВА;

б/ фотоприемным устройством - 13 ВА;

в/ дешифрирующим устройством с индикацией - 50 ВА.

Монтаж телеметрической системы произведен в укороченных блоках "Вишня" производства ОП ОИЯИ /рис.5/.

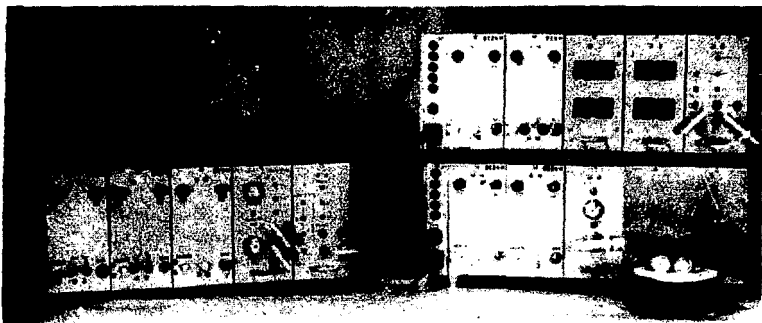


Рис. 5

Избранный принцип построения системы имеет большие возможности по варьированию количества каналов телеметрии. Оно легко может быть увеличено до десяти-пятнадцати, с выводом информации на дисплей.

Телеметрическая система с использованием волоконно-оптической линии связи может дать положительный эффект при отладке источников ионов, таких, как дуоплазмотрон и Полярис^{12/}.

Кроме того, она может найти применение на других электрофизических установках ОИЯИ и особенно там, где существенное ослабление мощных радиопомех широкоизвестными способами невозможно.

В заключение автор благодарит М.А.Воеводина за внимание и поддержку в работе, А.А.Ларина за полезные обсуждения предварительных результатов, П.Н.Буйлова за разработку монтажных схем блоков, В.Н.Кузнецова и А.А.Анашина - за техническую помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов Ю.И. и др. ОИЯИ, 9-3484, Дубна, 1967.

2. Ангелов И. и др. ОИЯИ, Р10-10631, Дубна, 1977.
3. Герасимов В.П., Колесов С.Я. В кн.: Электрофизическая аппаратура. Атомиздат, М., 1964, вып.2, с.131.
4. Мальцев И.Г. Препринт ИФВЗ, Серпухов, 1971.
5. Аранчий В.П. и др. ПТЭ, 1975, №4, с.129.
6. Коршунов В.Н. и др. Оптические кабели связи. "Связь", М., 1980.
7. Носов Ю.Р., Сидоров А.С. Оптроны и их применение. "Радио и связь", М., 1981.
8. Основы волоконно-оптической связи. Под ред. Е.М.Дианова, "Советское радио", М., 1980.
9. Мурадян А.Г., Гинзбург С.А. Системы передачи информации по оптическому кабелю. "Связь", М., 1980.
10. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-12723, Дубна, 1979.
11. Донец Е.Д. и др. ОИЯИ, Р7-80-515, Дубна, 1980.
12. Пелипенко Ю.К. и др. ОИЯИ, Е13-80-500, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 апреля 1981 года.