

$C 345e5 + c 345e2$

Б-959

18 X 1967.

ПТЭ, 1968, N5, с. 27-31

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

9 - 3484



Ю.А. Бычков, Ю.И. Романов, Ш.З. Сайфулин

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ ФОРИНЖЕКТОРА ПРОТОНОВ

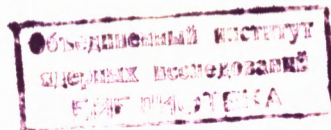
1967.

9 - 3484

Ю.А. Бычков, Ю.И. Романов, Ш.З. Сайфулин

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ ФОРИНЖЕКТОРА ПРОТОНОВ

Направлено в ПТЭ



5329/1, пр

При наладке и эксплуатации высоковольтных источников питания форинжек-торов, каскадных генераторов, генераторов Ван де Граафа и т.д. возникает необходимость в дистанционном контроле и измерении параметров электрофизической аппаратуры. В связи с тем, что отдельные узлы и приборы, параметры которых подлежат контролю, находятся под высоким напряжением (сотни киловольт) относительно земли, возникает вопрос о применении телеметрических устройств с использованием беспроводного канала связи.

Современное состояние развития телеметрической техники <sup>/1/</sup> позволяет успешно решать эту задачу. Однако применение телеметрии для контроля параметров электрофизической аппаратуры характеризуется некоторыми специфическими условиями: 1) расстояние до контролируемого объекта редко превышает несколько десятков метров; 2) работа электрофизической аппаратуры сопровождается интенсивными радиопомехами от высоковольтных разрядов, мощных генераторов высокой частоты, модуляторов и др.; 3) число измеряемых параметров невелико, обычно не более 10-20; 4) нередко требуется наблюдать на осциллографе форму и измерять параметры электрических импульсов, вырабатываемых в контролируемой аппаратуре; 5) автономные источники питания электрофизических устройств имеют ограниченную мощность. Учитывая это, приходится разрабатывать специальные телеметрические системы (ТС), предназначенные для работы в этих условиях.

В литературе <sup>/2,3/</sup> описаны подобного рода ТС, использующие световой канал связи, достоинством которого является высокая помехоустойчивость. Однако имеются трудности из-за отсутствия простых и надежных источников света, допускающих линейную амплитудную модуляцию в достаточно широком амплитудном и частотном спектре. Такие источники разработаны <sup>/3/</sup>, но широкого практического применения пока не получили.

Разработанная в отделе синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий телеметрическая система ТС-6 служит для контроля параметров аппаратуры, расположенной на высоковольтной колонне форинжектора протонов 700 кэВ. В данной ТС используется радиоканал связи в 3-сантиметровом диапазоне, применение которого определилось рядом его преимуществ: 1) диапазон расположен в области частот, находящихся выше спектра частот основных промышленных помех (кроме искровых); 2) направленное излучение дает возможность при незначительной мощности передатчика (порядка нескольких милливольт) достигнуть хорошей помехоустойчивости канала связи; 3) применение простых металлических отражателей позволяет принимать сигнал передатчика по непрямолинейному пути, что иногда важно; 4) использование в качестве передатчика отражательного клистрона 3-сантиметрового диапазона дает возможность применять как амплитудные, так и частотные методы модуляции, что значительно расширяет возможности ТС; 5) аппаратура 3-сантиметрового диапазона компактна, проста, надежна и хорошо освоена в промышленном производстве, что дает возможность использовать стандартные узлы; 6) применение 3-сантиметрового диапазона позволяет в принципе разработать очень широкополосную ТС с передачей большого количества информации.

В разработанной ТС применяется кодирование информации измерительных каналов по способу АИМ-ВИМ с последующим преобразованием в числовой десятичный код и временным разделением каналов<sup>1/</sup>. Для передачи информации по видеоканалу используется частотная модуляция несущей частоты радиоканала.

## II

Блок-схема телеметрической системы.

На рис. 1 изображена временная диаграмма работы ТС. Передача информации производится циклически с частотой  $F_{\text{ц}} \frac{1}{T_{\text{ц}}} \approx 17$  гц. При помощи синхрипульсов СИ запуска форинжектора, следующих с периодом циклов ускорения ( $\theta_{\text{сек}}$ ) и поступающих одновременно в передающую и приемную часть ТС, осуществляется периодическая коррекция синхронизации передачи и приема информации. Непосредственно после поступления синхрипульса СИ в течение времени  $T_0$  происходит передача информации по видеоканалу, т.е. передается подлежащий контролю видеосигнал ВИ совместно с калибровочным импульсом

КИ, затем передается информация по 5 измерительным каналам в виде промодулированных по длительности временных интервалов  $t_1 \dots t_5$ . Во всех последующих циклах передачи информации вплоть до поступления очередного синхроимпульса СИ видеоканал остается "пустым".

Блок-схема передающей части ТС изображена на рис. 2. Информация от датчиков измерительных каналов в виде постоянного или медленно изменяющегося напряжения поступает в пятиканальный преобразователь ВИМ "амплитуда-время". Преобразование осуществляется путем сравнения напряжения от датчиков с линейно возрастающим напряжением от генератора пилообразного напряжения.

В момент равенства этих напряжений схемы сравнения в каждом канале выдают короткие импульсы, которые поступают в схему электронного коммутатора ЭК-1. Электронный коммутатор и генератор пилообразного напряжения запускаются от генератора тактовых импульсов, работающего с частотой 100 гц и синхронизируемого импульсами СИ циклов ускорения. На выходе электронного коммутатора получается последовательность коротких импульсов, порядок следования и временное положение которых соответствуют порядку опроса и аналогу измеряемых величин соответствующих каналов. Эта последовательность импульсов поступает в модулятор, в котором с ними замешиваются также импульсы видеоканала и тактовые импульсы. Схема задержки компенсирует задержку импульсов в схемах преобразователя ВИМ и электронного коммутатора. Таким образом, на вход передатчика поступает циклическая последовательность импульсов, соответствующая временной диаграмме рис. 1. В качестве генератора в передатчике СВЧ используется отражательный клистрон 3-сантиметрового диапазона, работающий в непрерывном режиме. Модуляция импульсами измерительных каналов осуществляется "на срыв" колебаний клистрона, а импульсы видеоканала, имеющие небольшую амплитуду, осуществляют частотную модуляцию клистрона в пределах линейной части модуляционной характеристики. Передатчик работает на рупорную антенну А-1, которая осуществляет направленное излучение.

Блок-схема приемной части ТС изображена на рис. 3. Приемник СВЧ супергетеродина типа. Колебания СВЧ, принятые антенной А-2, поступают на кристаллический смеситель, напряжение промежуточной частоты усиливается полосовым усилителем ПЧ. В качестве гетеродина используется отражательный клистрон 3-сантиметрового диапазона. На выходе частотного детектора выделяется напряжение огибающей сигнала видеоканала, которое после усиления видеосуп-

лителем поступает на контрольный осциллограф. Постоянная составляющая напряжения частотного детектора используется как управляющий сигнал для схемы автоматической подстройки частоты АПЧ гетеродина, которая устраняет рассогласование частот передатчика и приемника.

Огибающая напряжения на выходе амплитудного детектора повторяет временную последовательность передаваемых импульсов  $r_1 - r_5$  (рис. 1), которые после усиления видеоусилителем поступают в блок дешифрации. Селектор синхронимпульсов выделяет из входного сигнала импульсы, соответствующие во времени тактовым импульсам передающей части ТС, которые затем через схему управления поступают на переключение электронного коммутатора ЭК-2 и управление "сбросом на нуль" цифровых индикаторов перед индикацией нового значения параметра. Электронный коммутатор ЭК-2 распределяет пары импульсов  $r_1 - r_5$  (рис. 1) по соответствующим каналам. В 5-канальном блоке преобразования "время-число" вырабатываются пачки импульсов с длительностью, соответствующей парам импульсов  $r_1 - r_5$ . В качестве генератора импульсов заполнения используется генератор, стабилизированный кварцем, который генерирует непрерывную последовательность импульсов с периодом 10 мксек. В дальнейшем пачки импульсов, каждая по своему каналу, поступают на вход цифровых индикаторов ЦИ-1 ÷ ЦИ-V. Каждый цифровой индикатор представляет собой трехразрядный десятичный счетчик, управляющий через дешифратор свечением цифровых газоразрядных ламп ИН-1.

### III

#### Некоторые вопросы применения телеметрической системы ТС-6

Для испытания в рабочих условиях опытный вариант телеметрической системы ТС-6 был установлен на высоковольтной колонне форинжектора протонов (рис. 6). Передающая часть (рис. 4) располагалась под кондуктором колонны, приемная (рис. 5) — у ее основания. Блоки дешифрации и цифровой индикации были размещены на пульте управления ЛУ. Связь между приемником и блоком дешифрации осуществлялась по в/ч кабелю длиной 70 м. Измерялись следующие параметры форинжектора:

- 1) напряжение генератора автономного питания в/в колонны  $\approx 220$  в,
- 2) ток  $\approx 8$  а накала катода источника протонов, 3) напряжение  $(8 \div 10)$  кв

фокусирующего электрода, 4) ток  $(0,1 \div 0,2)$  а электромагнита источника.

Для контроля погрешности, вносимой ТС, по пятому каналу передавалось эталонное напряжение 10 в постоянного тока. По видеоканалу производился контроль и измерение огибающей импульса тока дуги источника протонов.

Как показали испытания, применение ТС на форинжекторе позволяет сократить непроизводительные простои оборудования, т.к. измерение таких параметров, как ток накала катода, ток магнита источника и др., без применения ТС требует остановки ускорителя.

Кроме того, применение ТС позволяет производить измерения таких параметров, которые невозможно или нецелесообразно делать при неработающем форинжекторе (например, фокусирующее напряжение). Это значительно облегчает отыскание неисправностей в аппаратуре и ее настройку на оптимальный режим.

Вместе с тем испытания показали недостаточную надежность некоторых узлов ТС, связанную с тяжелыми условиями эксплуатации: аппаратуре ТС иногда приходится работать круглосуточно без перерывов. Для повышения надежности блоки, выполненные на лампах (УПЧ, схема автоподстройки частоты и др.), целесообразно перевести на транзисторы, что потребует некоторых доработок ТС. Кроме того, для удобства обслуживания ТС необходимо в схему автоподстройки частоты гетеродина ввести устройство автоматического поиска и захвата частоты при ее значительном "уходе".

В целом испытания показали, что применение ТС при эксплуатации форинжектора и другой электрофизической аппаратуры может дать положительный эффект.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Технические данные телеметрической системы

1) Число каналов:

а) измерительных - 5;

б) видеоканал - 1.

2) Погрешность по измерительным каналам  $\pm 5\%$ .

3) Нелинейность амплитудной характеристики видеоканала (при максимальной амплитуде передаваемого видеосигнала положительной полярности 2 в) - не более 10%.

- 4) Измеряемая величина должна быть представлена в виде постоянного или медленно изменяющегося напряжения отрицательной полярности в диапазоне (2 - 25) в.
- 5) Эффективная частота опроса каналов  $\approx 17$  гц.
- 6) Расстояние надежной связи по радиоканалу - до 50 м.
- 7) Входное сопротивление измерительных каналов - 200 ком.
- 8) Индикация информации:
  - а) измерительных каналов - по цифровым трехразрядным индикаторам в десятичной системе отсчета;
  - б) видеоканала - на экране осциллографа .
- 9) Потребление мощности:
  - а) передающим устройством  $\approx 50$  вт;
  - б) приемным устройством  $\approx 50$  вт.
- 10) Вес:
  - а) передающей части  $\approx 10$  кг;
  - б) приемной части  $\approx 24$  кг.

#### Л и т е р а т у р а

1. М.Х. Никольс и Л.Л. Раух. Радиотелеметрия. Перевод с англ., под ред. А.Е. Башаринова. М., ИЛ, 1958.
2. В.П. Герасимов, С.Я. Колесов. Система телеизмерения для электрофизических установок. Электрофизическая аппаратура. Сб. статей, вып. 2. М., Атомиздат, 1964.
3. S.J.Goanstown, G.F.Kalban, H.C.Lang. Proc. IRE, 40, 12, 1664-1674 (1952).
4. Управление и измерение на расстоянии, материалы национальной конференции по телеизмерению в Чикаго, 1954 г. (сборник статей, ч. I и II) М., ИЛ, 1957.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 августа 1967 г.



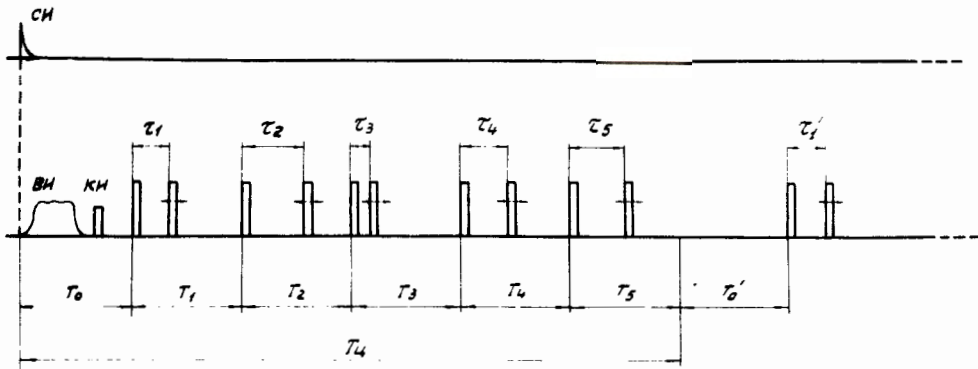


Рис. 1. Временная диаграмма работы ТС-6.

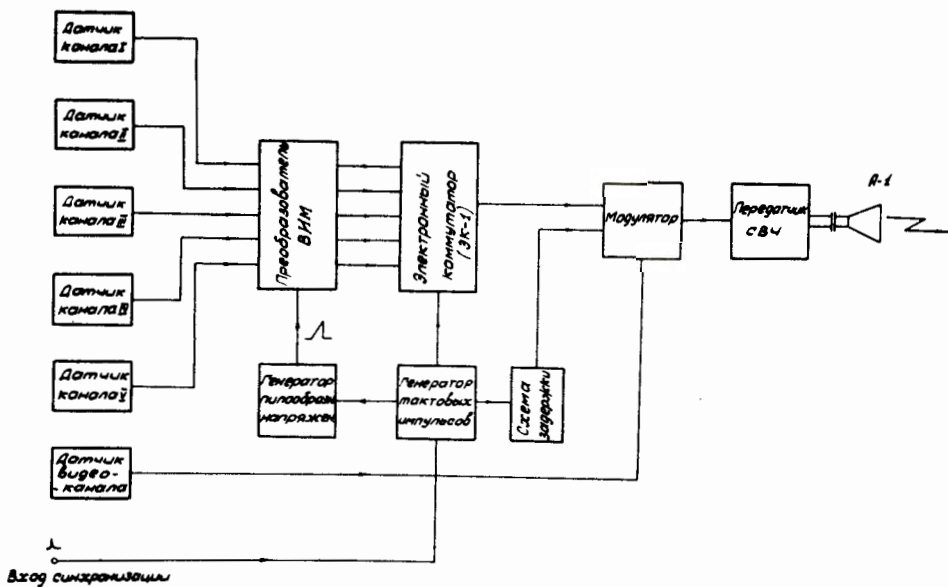


Рис. 2. Блок-схема передающей части ТС-6.

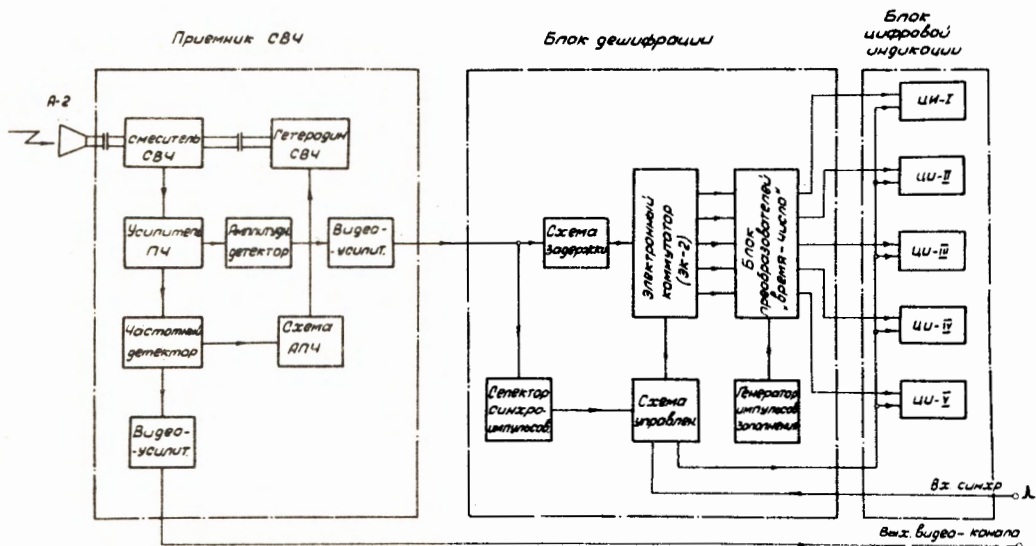


Рис. 3. Блок-схема приемной части ТС-6.

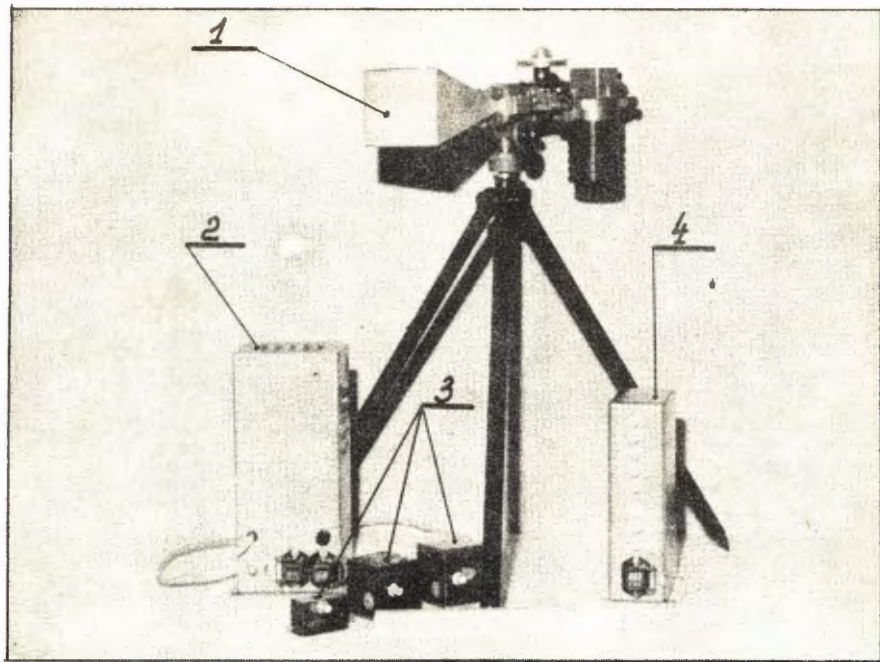


Рис. 4. Общий вид передающей части ТС-8. 1-передатчик СВЧ, 2-блок питания передающей части СВЧ, 3-датчики, 4-блок шифрации.

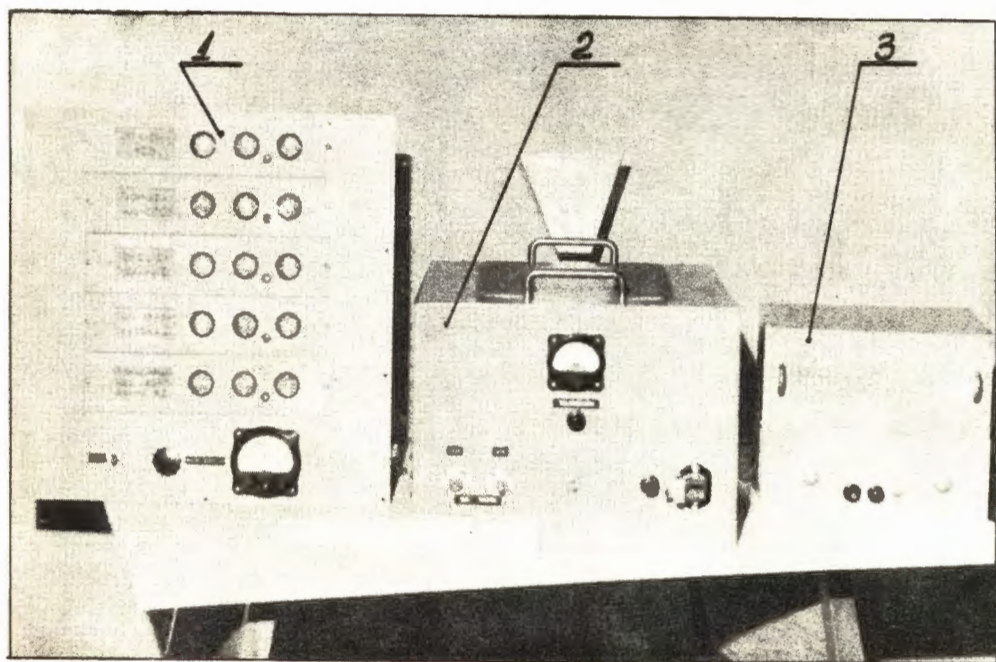


Рис. 5. Общий вид приемной части. 1-блок цифровой индикации, 2-приемник СВЧ, 3-блок дешифрации.

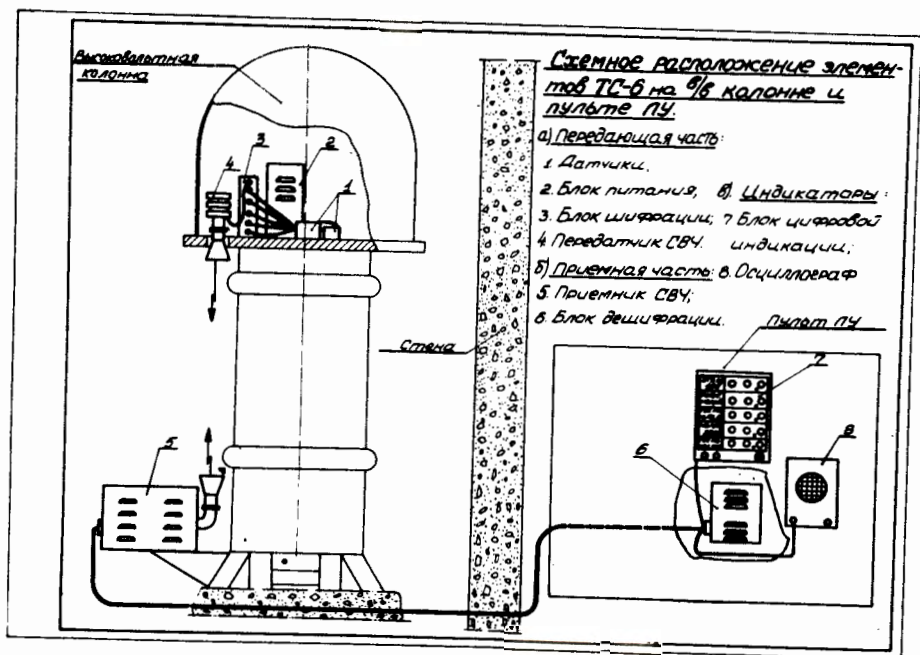


Рис. 6