

Лекция 3

Тема лекции: Радиотелеметрические системы с временным разделением каналов

Цели лекции: На основе систематизированных основ научных знаний в области теории радиотелеметрии познакомить обучаемых с концепцией построения многоканальной телеметрической системы с временным разделением каналом, типовой структурой построения передающих бортовых и приёмных наземных радиотелеметрических систем.

Вопросы лекции: 1. Принцип временного разделения каналов.
2. Структурная схема радиотелеметрической системы с ВРК.

Литература: Назаров А.В. и др. Современная телеметрия. В теории и на практике. – Учебный курс. СПб: Наука и техника, 2007. 668 с.

1. Принцип частотного разделения каналов

В телеметрических системах с временным разделением каналов (ВРК) для передачи информации каждому каналу отводится отдельный временной интервал в цикловой кодограмме.

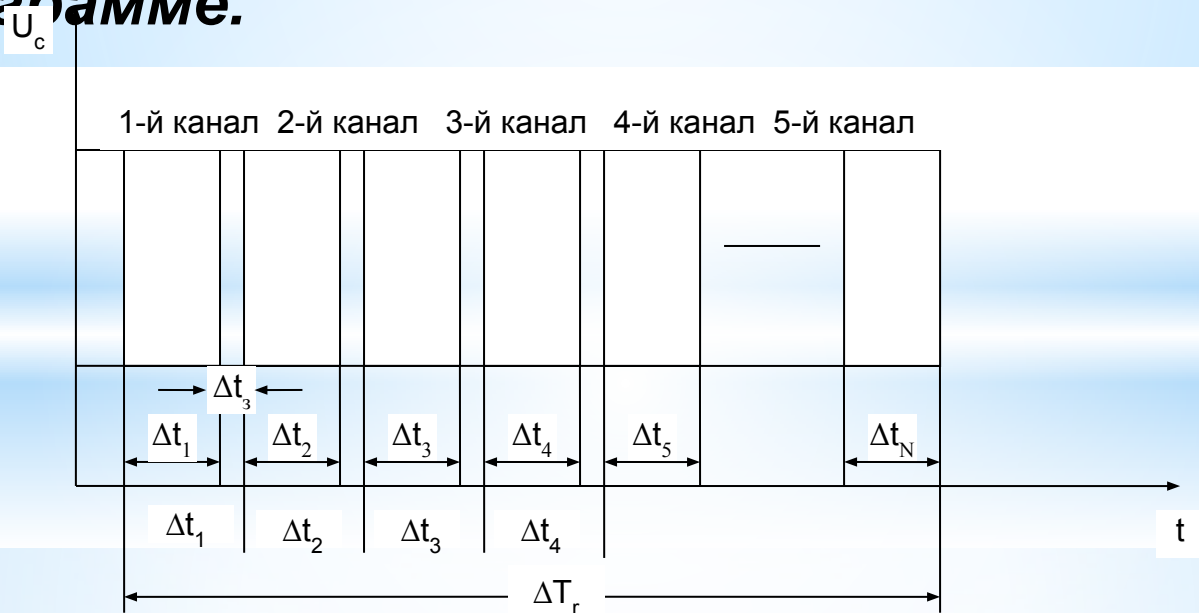


Рисунок 1 – Временное разделение каналов

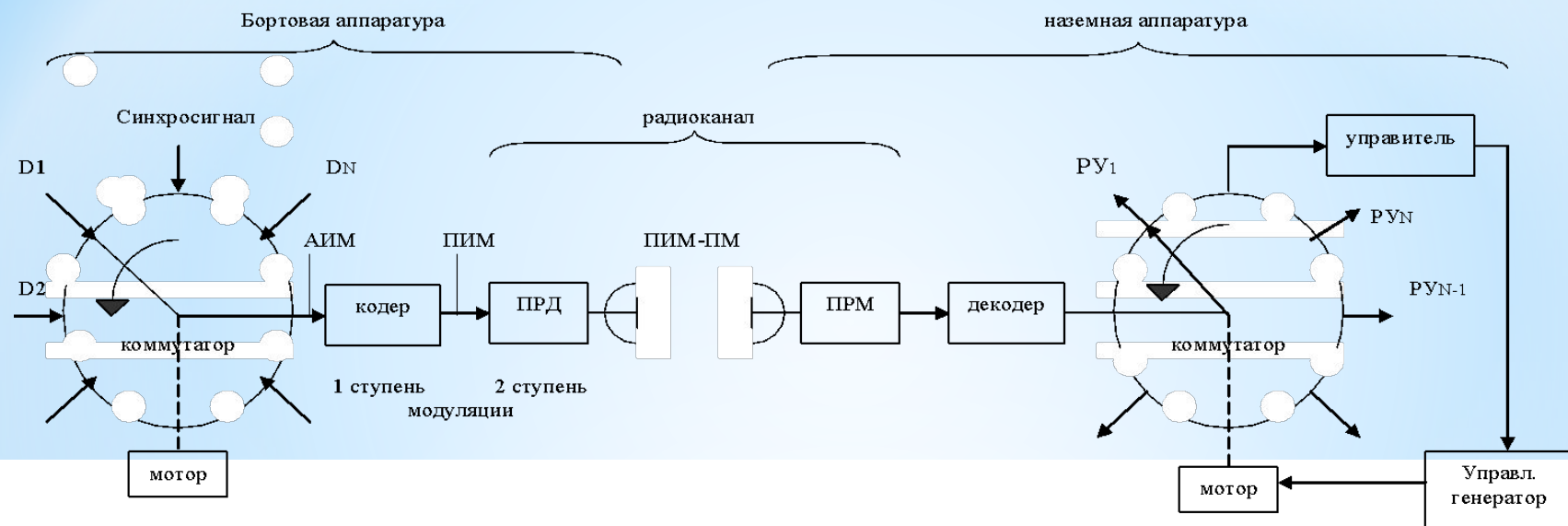


Рисунок 2 - Упрощенная схема РТС с ВРК.

В бортовой аппаратуре механический коммутатор поочередно подключает датчики $D1, D2, \dots, DN$ на вход формирователя телеметрического кода. В процессе коммутации получают сигналы с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ). Величина амплитуды импульсов равна величине сигнала датчика во время подключения его к общему тракту. Таким образом, на входе кодера действует АИМ-сигнал, содержащий импульсы всех N информационных каналов.

Передача сигналов датчиков происходит дискретно во времени. При вращении подвижного контакта коммутатора производится последовательный “опрос” датчиков. Частота, с которой производится “опрос”, называется частотой опроса F_0 . Она связана с периодом опроса соотношением

$$T_0 = \frac{1}{F_0}$$

Последовательность сигналов, соответствующих одному циклу опроса всех датчиков, называется *кадром или циклом*. Время T_k (рис. 1,а), отводимое в цикле для передачи информации одному каналу, называется *канальным интервалом*. Для передачи измерительной информации отводится лишь часть канального интервала, называемая *измерительным интервалом* T_i ; остальные части канального интервала T_z , называемые защитными (рис. 1,б) и используются для того, чтобы на приёмной стороне можно было разделить каналы.

Кодер телеметрического сообщения преобразует сигналы с АИМ в более помехоустойчивые аналоговые или цифровые сигналы. К аналоговым сигналам относятся импульсы, модулированные по длительности (ширине) (ШИМ), или по временному положению (ВИМ).

При ШИМ в зависимости от величины передаваемого параметра изменяется длительность τ импульса (рис. 3а). При ВИМ в зависимости от величины параметра изменяется время появления измерительного импульса τ относительно опорного импульса (0 на рис. 3в).

При цифровых методах передачи величина параметра преобразуется в цифровой код (сигнал с кодоимпульсной модуляцией - КИМ).

Сигналы с выбранной импульсной модуляцией, снимаемые с выхода кодера, используются для модуляции высокочастотных колебаний передатчика. Сигнал в радиолинии обозначается в соответствии с видами модуляции на первой и второй ступенях: ДИМ-ЧМ, ВИМ-АМ, КИМ-ФМ и т.д.

Принятые приёмником сигналы детектируются. Для этого используются детекторы, соответствующие виду модуляции на второй ступени: АМ – амплитудный, ЧМ – частотный, ФМ – фазовый. В приёмнике, таким образом, производится первая ступень обработки принимаемой информации.

Вторая ступень обработки принимаемой информации осуществляется декодером телеметрического сообщения. Часто в регистраторах записываются сигналы с ВИМ, КИМ и т.п.; в этих случаях устройства второй ступени обработки отсутствуют.

Синхронность и синфазность вращения коммутаторов бортовой и наземной аппаратуры достигается путём передачи специальных синхронизирующих сигналов.

Сигнал на выходе кодера содержит информационные сигналы, сигналы синхронизации, а также некоторые служебные сигналы (уровни калибровки, время), и называется *групповым сигналом (ГС)*, или *телеметрическим кодом*.

Удобные для пояснения принципа ВРК механические коммутаторы находят ограниченное применение. Вместо них используются электронные коммутаторы (рис. 4). Распределитель импульсов выдаёт ряд последовательностей неперекрывающихся во времени импульсов (рис. 4,в). Электронные ключи $K1, K2, \dots, KN$ в течении цикла коммутации $T_{\text{ц}} = T_0$ последовательно один за другим открываются сигналами $Sk1, Sk2, \dots, SkN$ на время, равное каналному интервалу T_k , и пропускают сигналы датчиков $D1, D2, \dots, DN$.

В наземной аппаратуре на вход коммутаторов подаётся групповой сигнал, а на выходе электронных ключей $K1, K2, \dots, KN$ появляются сигналы отдельных каналов $S1, S2, \dots, SN$.

Начало цикла коммутации определяется *маркерными синхроимпульсами* S_m , следующими с периодом опроса T_0 ; время, отводимое каналу, определяется периодом следования *канальных синхроимпульсов* T_k .

2. Структурная схема РТС с временным разделением каналов.

Радиотелеметрическая система состоит из бортовой и наземной приёмно-регистрирующей аппаратуры (рис. 5). На борту первичный сигнал с выхода датчиков поступает на вход системы коммутации. Сигнальные и некоторые, относительно медленно меняющиеся параметры, предварительно поступают на устройства амплитудного и временного уплотнения - программно-коммутирующее устройство (ПКУ).

Использование устройств уплотнения позволяет передать по одному информационному каналу РТС сигналы нескольких датчиков и тем самым эффективнее использовать пропускную способность каналов РТС.

На вход системы коммутации поступают также сигналы калибровки. В простейшем случае передаётся минимальное и максимальное значения параметра - уровни сигнала, соответствующие 0% и 100% значения параметра. Благодаря этому на приёмной стороне можно оценить полученные значения в относительном масштабе зарегистрированных сигналов. При нелинейном характере изменения измеряемого параметра передаётся больше двух уровней калибровки, например через 10% шкалы каждый. Системой коммутации формируется АИМ сигнал, представляющий собой последовательность отсчётов всех измеряемых параметров и уровней калибровки. Для управления системой коммутации от синхронизатора поступают маркерные и каналные синхроимпульсы.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует каждый отсчёт в цифровой код. Для его работы используются синхроимпульсы, следующие с частотой канальных импульсов F_k и символов кода F_c . В аналоговых системах АЦП нет.

В кодере формируется групповой сигнал, содержащий информационные сигналы определенной структуры (ВИМ, ШИМ или КИМ), а также синхро - и служебные сигналы. Групповой сигнал (телеметрический код) содержит также сигналы маркеров, отмечающие начало цикла коммутации (рис. 6). Структура маркера отличается от структуры измерительных кодограмм. При КИМ в качестве маркера часто используются кодовая группа импульсов, запрещённая в информационных каналах (рис. 6,а).

Синхроимпульсы каналов часто включаются в код. Они размещаются на границе каналов. При ВИМ, например, опорные импульсы (рис. 6,б) обозначают границы каналов и используются для временного разделения каналов.

Символьные синхроимпульсы, как правило, в код не включаются.

Один из каналов отводится для передачи бортового времени, что позволяет привязать данные телеизмерений к единому времени.

К служебным сигналам можно отнести информацию о номере космического аппарата, режиме работы бортовой аппаратуры и т.п. В обобщенном виде структура кода на выходе формирователя представлена на рис. 6,в.

Сигнал с выхода кодера поступает либо непосредственно на вход передатчика, либо через долговременное запоминающее устройство.

В передатчике осуществляется модуляция передаваемого телеметрического сообщения одним из возможных способов (АМ, ЧМ или ФМ). Далее радиосигнал излучается в направлении приёмно-регистрирующей станции. Долговременное запоминающее устройство служит для запоминания информации на время отсутствия связи с наземным комплексом управления.

При известном числе каналов N , частоте цикла опроса F_0 и значности кода в каждом канале n можно рассчитать скорость потока информации на выходе кодера

$$B = NF_0n \text{ _ бит / сек}$$

Эта скорость при заданном времени запоминания $t_{\text{зап}}$ определяет необходимую ёмкость долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) на борту КА

$$V_{\text{ДЗУ}} = Bt_{\text{зап}}.$$

Ёмкость используемых ДЗУ достигает нескольких Гбит.

Таким образом, бортовая аппаратура может работать в одном из трёх режимов: непосредственной передачи (НП), воспроизведения информации (ВИ) и запоминания информации (ЗИ).

Отличительной особенностью режима ЗИ является уменьшение частоты опроса датчиков по сравнению с частотой опроса при непосредственной передаче. Соответственно уменьшаются частоты F_m , F_k , F_c , что обусловлено желанием уменьшить объём ДЗУ.

Бортовой эталон времени выдает высокостабильные сигналы, которые являются задающими для синхронизатора, а также код времени, включаемый в групповой сигнал в режиме ЗИ.

Приёмно-регистрирующая аппаратура (ПРА) осуществляет приём, декодирование и регистрацию телеметрической информации (рис. 5,б). В состав этой аппаратуры может входить аппаратура обработки данных телеизмерений и передающая часть системы ретрансляции, обеспечивающей передачу данных в центр сбора и обработки информации.

Антенно-фидерное устройство, управляемое системой управления антенной, позволяет осуществлять поиск приходящего от объекта сигнала по направлению, захват и слежение за перемещением КА. Слежение может осуществляться одним из возможных способов: вручную или автоматически.

Групповой сигнал с выхода приёмника поступает на входы декодера и синхронизатора. В синхронизаторе выделяются маркерные и каналные синхроимпульсы, используемые в декодирующем устройстве для выделения сигналов информации и служебных сигналов.

В процессе регистрации данных осуществляется их привязка к единому времени. Для этого в регистратор подаются метки времени от генератора, который синхронизируется сигналами радиостанций службы единого времени (СЕВ). Интервал между метками СЕВ составляет 1 секунду, генератор меток времени выдаёт также сигналы большей длительности через $1/60$ или $1/300$ секунды. Аппаратура обработки позволяет в соответствии с приоритетом обработать зарегистрированные данные и выдать их потребителю в требуемом виде.

Лекция окончена.

У кого есть вопросы?