

## 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.**

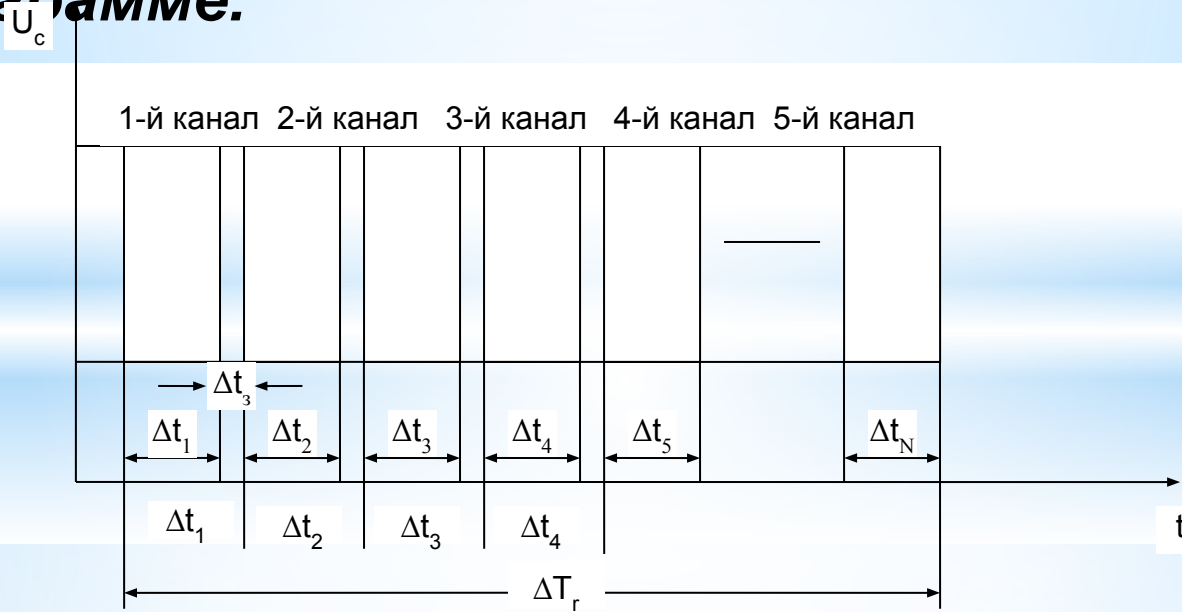


Рисунок 1 – Временное разделение каналов

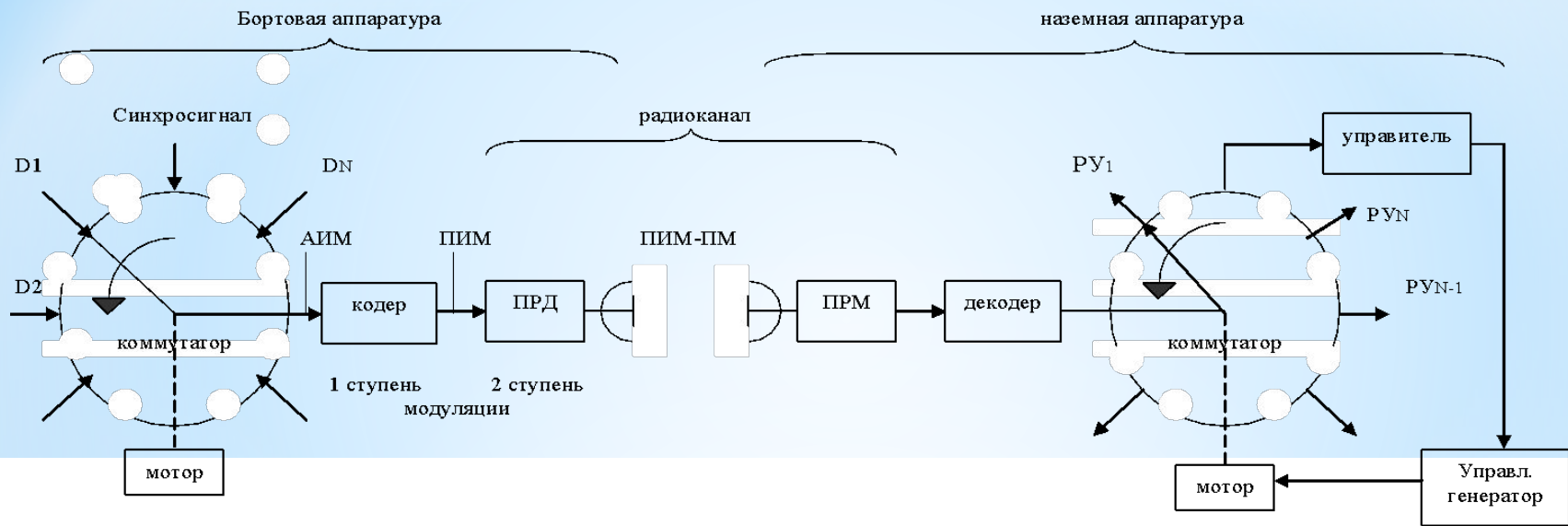


Рисунок 2 - Упрощенная схема РТС с ВРК.

В бортовой аппаратуре механический коммутатор поочередно подключает датчики  $D_1, D_2, \dots, D_N$  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  $\tau$  импульса (рис. 3а). При ВИМ в зависимости от величины параметра изменяется время появления измерительного импульса  $\tau$  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  $T_{ц} = T_0$  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

$$V = NF_0n \text{ _ бит / сек}$$

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

$$V_{\text{дзу}} = Vt_{\text{зап}}.$$

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?