



УДК 629.7.051

**А. А. Горчаковский, В. В. Евстратко,
А. В. Мишуров, С. П. Панько, В. В. Сухотин**
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Аппаратура контроля сложного оборудования космических аппаратов, насыщенного электроникой, требует создания автоматизированных специализированных устройств, работающих по ранее разработанным сценариям. В работе описана контрольно-проверочная аппаратура для проведения приемосдаточных и предстартовых испытаний космических аппаратов.

Ключевые слова: автоматизация испытаний, сложное оборудование, система телеизмерений.

**A. A. Gorchakovsky, V. V. Evstratko,
A. V. Mishurov, S. P. Panko, V. V. Sukhotin**
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

THE PRINCIPLES OF AUTOMATION CONTROL AND TEST EQUIPMENT FOR SPACECRAFT

Monitoring equipment for complex equipment of the spacecraft, a busy electronics requires automated creation of specialised devices operating according to previously developed scenarios. This paper describes testing equipment for conducting acceptance and pre-launch testing of the spacecraft.

Key words: automation testing, sophisticated equipment, system of telemetry.

Процессы производства, приемосдаточных и промежуточных испытаний, а также эксплуатации сложного высокотехнологического оборудования, работающего в автономных и достаточно агрессивных условиях, требуют многократной дистанционной проверки работоспособности узлов и подсистем на соответствие техническим условиям. К такому оборудованию относятся космические аппараты (КА) и, в первую очередь, командно-измерительные системы (КИС КА) бортового базирования. Теория и практика контрольно-проверочной аппаратуры разработаны достаточно глубоко, но появление новых технических средств позволяет повысить эффективность упомянутых выше процессов, в первую

очередь, с позиций автоматизации испытаний [1–3].

Функции КПА КИС КА легко просматриваются из обобщенной схемы информационного взаимодействия КА и наземного комплекса управления (НКУ) по рис. 1.

По радиолинии uplink на КА передаются команды управления узлами и подсистемами КА, формируемые персоналом НКУ или автоматически в соответствии с программой полета. Сигналы, принятые приемной антенной ПРМА, стандартно обрабатываются приемником ПРМ и дешифрируются для исполнения. С помощью передатчика ПРД и передающей антенны по радиолинии downlink в НКУ передаются телеметрические данные, квитанции о приеме и исполнении команд и информация для определения параметров орбиты по каналу КПИПО.

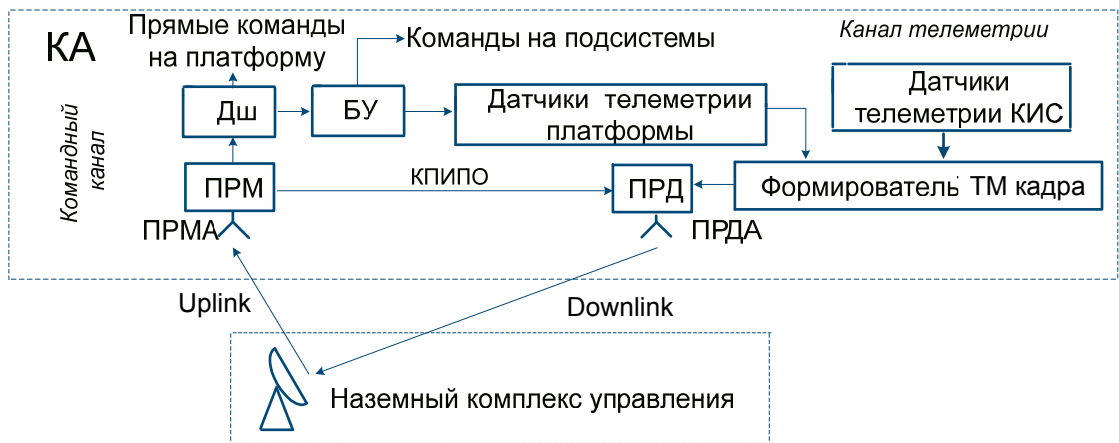


Рис. 1. Структурная схема операционного взаимодействия между КА и НКУ

Известные попытки создания универсальной КПА [5; 6], рассчитанной на широкий класс однотипного оборудования, например, космических аппаратов или станций спутниковой связи, указывают на необходимость разработки индивидуальной КПА, поскольку широкое разнообразие номенклатуры исследуемых параметров приводит к значительному усложнению программно-аппаратной основы КПА, т.е. высокой стоимости.

Ниже описаны общие принципы создания КПА, направленной на создание автоматизированного комплекса испытаний геостационарных КА [7].

Система управления узлами и функциями КА и телеметрической связи КА имеет разветвленные модули, распределенные по всему КА, которые объединены с узлом центрального управления и процессором обработки данных по последовательному интерфейсу. Много функций и аппаратных средств КА выполнено на аналоговом уровне, что также должно контролироваться в процессе испытаний. На рис. 2 приведена структурная схема взаимодействия КПА и КА.

Посредством персонального компьютера оператора ПКО в ручном или автоматическом режиме вводятся директивы, циклограммы проверки параметров узлов и систем КА, а также формируются протоколы испытаний. На сервере хранится программное обеспечение функциональных процедур и результаты испытаний. Адресный коммутатор цифровых потоков типа Ethernetswitch, VXIbus, PXIbus или т.п. Измеритель мощности ИМ, измеритель частоты ИЧ и анализатор спектра АС используются по прямому назначению для измерения параметров принимаемого радиосигнала. В блоке БКСИ производится контроль сопротивления изоляции, а в блоке БИС – сопротивление между бортовыми шинами питания ШП КА. Управляемые аттенюаторы УА1 и УА2 используются с целью имитации условий работы с большим ослаблением радиосигнала на реальной трассе сигнала при испытаниях в непосредственной близости КПА и КА. Радиосигналы, переносящие команды и полетную информацию, передаются по цепи: передатчик ПРД, второй управляемый аттенюатор УА2, передающая антенна ПРДА.

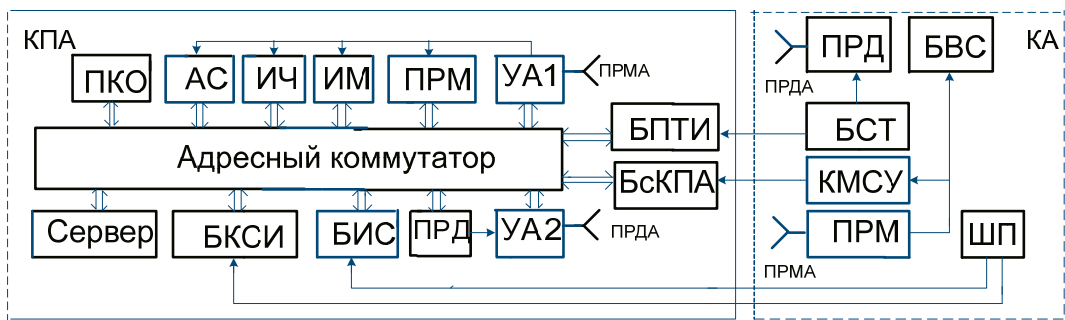


Рис. 2. Структурная схема КПА [7]

В состав КА штатно входят: приемник ПРМ и передатчик ПРД с соответствующими антеннами, командная матрица системы управления бортовой аппаратурой КМСУ, бортовая система телеизмерений БСТ, телеметрия с которой передается ПРД и контролируется по технологическому каналу передачи в БПТИ – блоке получения телеметрической информации; бортовая вычислительная система БВС.

Одиночными проводами указаны однопроводные линии передачи аналоговых сигналов. Остальные связи обеспечиваются цифровыми мультиплексными двунаправленными соединениями.

Команды управления поступают на КА через блок сопряжения БСКПА с командной матрицей системы управления бортовой аппаратурой КА КМСУ. Система бортовых телеизмерений КА – блок БСТ – соединяется с КПА через блок связи БСТИ.

Соединения БСТ – БПТИ, БСКПА – КМСУ, ШП – БКСИ, БИС осуществляются через технологические разъемы. Такая организация информационного взаимодействия КПА с КА совместно с использованием штатных радиоканалов позволяет повысить скорость и глубину производимых испытаний параметров КА.

Библиографические ссылки

1. Описание векторного генератора сигналов Agilent Technologies MXG5182B [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.home.agilent.com/ru/pd->

2115999-pn-N5182B/mxg-x-series-rfvector-signal-generator (свободный).

2. Описание цифрового осциллографа Agilent Technologies DSO9404A. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.home.agilent.com/ru/pd-1632456-pn-DSO9404A/oscilloscope-4-ghz-4-analog-channels> (свободный).
3. Крат Н. М., Савин А. А., Шарыгин Г. С. Контрольно-проверочная аппаратура системы автономной навигации космических аппаратов // Доклады ТУСУРа. № 1 (31), март 2014. С. 28–32.
4. Белевич А., Белов В., Брусиловский В., Пожидаев В. Контрольно-проверочная аппаратура оптико-электронного телескопического комплекса // Современные технологии автоматизации. № 3. 2006. С. 44–50. Режим доступа: www.cta.ru.
5. Автоматизированная испытательная система для отработки, электрических проверок и подготовки к пуску космических аппаратов : пат. № 2245825 Рос. Федерация / Зеленщиков Н. И., Кашицин М. П. [и др.]. Оpubл. 10.02.2005. Бюл. № 4.
6. Способ электрических проверок космического аппарата : пат. № 2513322 Рос. Федерация / Коротких В. В., Лесковский А. Г., Опенько С. И. Оpubл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
7. Контрольно-проверочная аппаратура космического аппарата : пат. № 2563925 Рос. Федерация, МПК В64G 5/00, G01R 31/00. № 2014118450/11 / Горчаковский А. А., Евстратько В. В., Мишуров А. В., Панько С. П., Рябушкин С. А., Сухотин В. В., Шатров В. А., Петренко В. Л. ; заявл. 06.05.2014 ; опубл. 27.09.2015.

*Статья поступила в редакцию
16.10.2015 г.*