



УДК 629.7.051

**В. В. Евстратко**

*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*

## НАЗЕМНЫЙ СЕГМЕНТ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЙ NATIONAL INSTRUMENTS

*Рассмотрена реализация имитатора наземного сегмента командно-измерительной системы космического аппарата на оборудовании стандарта PXI. Описана структура обмена данными между функциональными узлами имитатора при передаче телекоманд и приеме телеметрии.*

*Ключевые слова: контрольно-проверочная аппаратура, командно-измерительная система, телеметрия, космический аппарат, PXI.*

**V. V. Evstratko**

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

## THE GROUND SEGMENT OF CONTROL AND MEASUREMENT SYSTEM BASED ON THE DECISIONS OF NATIONAL INSTRUMENTS

*In this article the implementation of the ground segment simulator of command and measurement system of spacecraft based on the PXI standard equipment is stated. The structure of the data exchange between functional units of the imitator in the transmission of telecommands and the reception of telemetry is described.*

*Key words: control and testing equipment, command and measurement system, telemetry, spacecraft, PXI.*

Командно-измерительная система космического аппарата играет важнейшую роль в успешности осуществления миссии, возложенной на космический аппарат (КА). Это относится, прежде всего, к осуществлению управления системами и приборами КА на всех этапах жизненного цикла – от проектирования, производства и предполётных испытаний, вывода на орбиту и всего срока активного существования вплоть до планового прекращения функционирования. Управление режимами работы и функциями КА осуществляется путём передачи из центра управления полётом (ЦУП) по радиоканалу команд и полётных заданий. По ответному (обратному) радиоканалу передаются квитанции об исполнении команд и отчёты о выполняемых функциях. Кроме того, командно-измерительная система поддерживает измерение текущих

навигационных параметров КА. Для обеспечения безотказной работы командно-измерительной системы на протяжении всего срока эксплуатации КА необходимо провести детальные испытания на соответствие всем заявленным характеристикам. Для проведения таких испытаний используется контрольно-проверочная аппаратура. В данной статье рассмотрена реализация имитатора наземного сегмента командно-измерительной системы КА на оборудовании стандарта PXI.

Для управления космическим аппаратом (КА) используется командно-измерительная система (КИС) [1]. До установки КИС в космический аппарат необходимо провести испытания, которые осуществляются с помощью контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) [2].

Контрольно-проверочная аппаратура командно-измерительной системы (КПА КИС) выполняет проверки НЧ интерфейсов, обеспе-

чивающих взаимодействие бортовой аппаратуры КИС с приборами КА, производит проверку командного тракта, тракта телеметрии, выполняет проверку параметров и функций подсистемы измерения орбиты [2].

Телеметрия – это получение информации о значениях измеряемых параметров спутника (напряжения, тока, давления, температуры и т.п.), контролируемых и управляемых с наземной станции. Количество контролируемых датчиков современного КА достигает нескольких тысяч. Также телеметрия содержит информацию о приёме и выполнении бортовым сегментом КИС команд с земли (квитанции). В процессе проверки и испытаний КИС телеметрия передается от КИС в КПА КИС по обратному ВЧ-каналу (канал «вниз»), а команды передаются от КПА КИС в КИС по прямому ВЧ-каналу (канал «вверх») [3]. Таким образом, на время испытаний КПА КИС выполняет функцию наземного сегмента КИС (имитацию наземной станции КИС).

Ниже рассмотрена реализация имитатора наземного сегмента КИС. Имитатор представляет собой приемопередающее устройство, которое служит для передачи радиоконанд в КИС, приема и анализа телеметрии от КИС.

На рис. 1 показана структурная схема имитатора наземного сегмента КИС.

Имитатор выполнен с использованием оборудования фирмы National Instruments стандарта PXI [4].

В режиме имитации тракта «вниз» (прием телеметрии от бортового сегмента КИС) к ВЧ-входу конвертера QM 1004-2-18 при помощи соединительного кабеля подключается ВЧ-выход передатчика КИС. Минимальный уровень входного сигнала конвертера – 18 дБм, что позволяет работать с оборудованием КИС без дополнительных каскадов усиления. Конвертер QM 1004-2-18 работает в диапазоне частот (2...18) ГГц и понижает выходную частоту передатчика КИС до промежуточной (1 ГГц). Далее на ПЧ сигнал поступает в векторный анализатор PXIe-5663, который представляет собой квадратурный преобразователь сигналов, состоящий из понижающего конвертера и АЦП. В результате аналого-цифрового преобразования сигнал преобразуется в цифровой код, после чего по шине PXI цифровой код передается в модуль ПЛИС 1 (PXIe-7966R), в котором записана программа демодуляции и декодирования сигнала в реальном времени. И по шине PXI для дальнейшего анализа информационный сигнал с выхода модуля ПЛИС 1 передается в PXI-ЭВМ PXIe-8135.

Функцию управления потоками данных по шине PXI выполняет контроллер шины PXI по заранее разработанным сценариям.

Для линии «вверх» из PXI-ЭВМ PXIe-8135 по шине PXI передается информационное сообщение с кодом команды в модуль ПЛИС 2 (PXIe-7966R), который генерирует цифровой сигнал в соответствии с выбран-

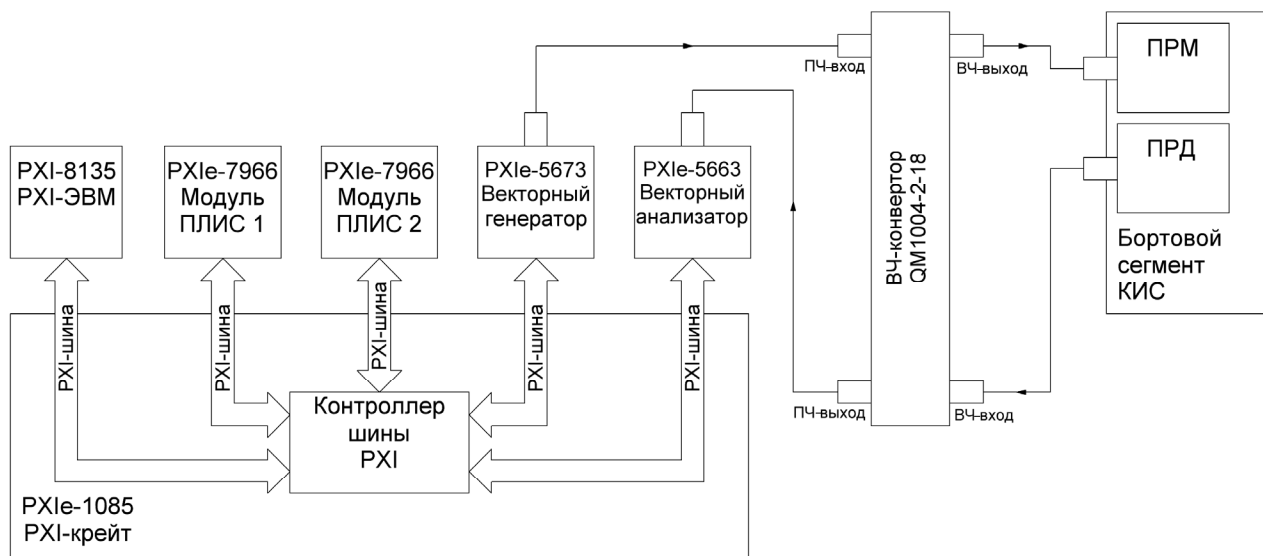


Рис. 1. Структурная схема узла имитации наземной станции КПА КИС

ным типом модуляции и помехоустойчивого кодирования. Далее цифровой сигнал передается по шине PXI в векторный генератор PXIe-5673E, который представляет собой ЦАП, совмещенный с квадратурным преобразователем частоты. Векторный генератор формирует аналоговый модулированный и закодированный сигнал, который на промежуточной частоте 1 ГГц поступает в конвертер QM 1004-2-18, конвертер повышает частоту ПЧ сигнала до рабочей частоты приёмника КИС. С ВЧ-выхода конвертера по соединительному кабелю сигнал поступает на вход приемника КИС. Максимальный уровень выходного сигнала конвертера достигает 24 дБм, что позволяет работать с оборудованием КИС без дополнительных каскадов усиления.

Для разработки программного обеспечения имитатора наземного сегмента КИС использована среда графического программирования LabVIEW [4]. Для разработки программного обеспечения ПЛИС использована среда LabVIEW FPGA.

Благодаря использованию современного оборудования стандарта PXI описанный имитатор обеспечивает гибкое изменение параметров (типа модуляции сигналов, алгоритмов обработки сигналов и типов кодирования данных и др.). Это значительно упрощает адаптацию имитатора к широкому спектру контрольно-проверочных задач.

### Библиографические ссылки

1. Конин В. В. Спутниковые системы и технологии : учеб. пособие. М. : КноРус, 2002. 245 с.
2. Панько С. П., Мишуров А. В., Горчаковский А. А., Рябушкин С. А. Some design aspects of command and control systems for spacecraft's. SIBCON. Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 13, 2013. ISBN: 978-1-4799-1060-1.
3. Стандарт ESA PSS-04-107 (European Space Agency Packet telecommand standard).
4. Магда Ю. С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. М. : ДМК Пресс, 2012. 208 с.

*Статья поступила в редакцию  
16.10.2015 г.*