

Современное состояние и перспективы развития бортовых телеметрических систем для спутников связи ОАО «ИСС»

Дымов Д.В.

ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева»,
г. Железногорск, Красноярский край

Аннотация

Приводятся этапы развития бортовых информационно-телеметрических систем космических аппаратов ОАО «ИСС», основные тактико-технические и функциональные характеристики современной телеметрической системы с распределенной структурой, описывается общая структура информационно-измерительной системы с использованием сетевой технологии SpaceWige.

Ключевые слова: телеметрическая система; спутники связи; диагностирование; работоспособность; распределённая структура.

Введение

Для обеспечения управления космическим аппаратом (КА) важной проблемой является обеспечение в течение всего срока эксплуатации, надежного диагностирования работоспособности и функционального состояния бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА). Такой контроль позволяет оперативно выявить отклонения от штатных режимов работы БРЭА, предотвратить развитие дефектов и своевременно восстановить работоспособность.

Наибольшую актуальность приобретает проблема технической диагностики для современных космических аппаратов (КА), в составе которых используются сложные технические электронные системы, с большим количеством телеметрических параметров различного типа (например, в спутнике связи «Экспресс-АМ5» необходимо контролировать до десяти тысяч телеметрических параметров). Телеметрическую информацию необходимо собрать, обработать, при необходимости запомнить, и передать по служебному радиоканалу командно-измерительной системы (БА КИС) на наземный комплекс управления (НКУ), в котором она должна быть обработана и передана для анализа и принятия решений.

Задача диагностики БРЭА на современном КА решается с помощью системы телеметрического контроля (СТК), состоящей из датчиковой аппаратуры и телеметрической системы. Бортовая телеметрическая система (ТМС) обеспечивает сбор информации от различных служебных и научных датчиков, преобразует выходные сигналы этих датчиков в цифровую форму, обеспечивает хранение информации в период между сеансами связи и формирование телеметрического сообщения на НКУ.

На современном этапе в развитии бортовых телеметрических систем можно выделить несколько направлений:

- рост объемов данных, получаемых от бортового оборудования КА;
- сокращение массогабаритных характеристик аппаратуры ТМС;
- сокращение затрат на разработку и модернизацию ТМС для новых КА;
- интеграция информационных каналов ТМС в общую информационно-коммуникационную сеть КА, включая распределенную архитектуру сбора информации от датчиковой аппаратуры.

За прошедшие 20 лет, по техническим заданиям и системным проектам ОАО «ИСС», было создано несколько поколений бортовых телеметрических систем, которые обеспечили информационную поддержку и управление всех космических аппаратов разработанных на предприятии (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика	TA932MS/AM	TA932M1M	TA932MD-01	TA932MD-233
Измерительные 8-р. каналы:	640	576	480	652
– аналоговые	256	256	128	128
– температурные	192	160	256	432
– цифровые 8р	192	160	96	92
Цифровой интерфейс с БРЭА	-	-	-	2 порта по 576 байт
Измерение цифрового датчика	1р.	1р.	1р.	8р.
Компаратор сигнальных датчиков	Фиксированный на 8 входов			Программный 320 входов
Процессор обработки событий	-	-	ПОС-М ПОС-Б	ПОС-М, ПОС-Б, PKC
Тип ПЗУ управления	Внешняя PROM			Внутренняя EEPROM
Интерфейс с БА КИС	Специальный		2 порта RS232	2 порта RS232 или SpaceWire (опция)
Интерфейс с БЦВК	Специальный	MIL-1553B		MIL-1553B или Space- Wire (опция)
Конструкция ТМС	моноблок			распределенная
Конструкция КА	герметичная		негерметичная	
Масса ТМС	15 кг.	13,5 кг.	7,1 кг.	6,9 кг.
Масса 8р. канала	23,5 г	23,5 г	15 г	10,6 г (3,8)
САС, лет	10,5	10,5	15,25	15,5

В 90-е года прошлого века были созданы первые ТМС, в которых применялись цифровые технологии и специализированные интерфейсы для информационно-логического обмена с БЦВК и БА КИС:

– телеметрические системы TA932M1 с «жесткой аппаратной логикой» для космических аппаратах «Экспресс-А» и «Молния-3К»;

– телеметрические системы TA932MS и TA932AM с использованием программируемой логики малой степени интеграции (RH1280, Actel) для спутников связи со сроком эксплуатации 10 лет «SESAT» и ««Экспресс-AM» первого поколения (AM1, 2, 3, 22, 33, 44).

В 2002 году, для навигационных спутников серии «Глонасс-М», была разработана телеметрическая система TA932M1M с информационно-управляющим интерфейсом стандарта MIL-STD-1553B для взаимодействия с БЦВК, открывшим широкие возможности по унификации информационных коммуникаций на борту КА.

В 2011 году завершилась разработка малогабаритных ТМС серии TA932MD-01, для негерметичных унифицированных платформ «Экспресс-1000», «Экспресс-2000» и созданных на их базе коммерческих спутников связи со сроком эксплуатации 15 лет: «AMOS-5», «TELKOM-3», «Ямал-300», «Ямал-401», «LYVID», «Экспресс-AT1,2», «Экспресс-AM5,6,8», «KAZSAT-3». Основным техническим решением, позволившим существенно снизить массогабаритные параметры ТМС, стала реализация функциональных узлов TA932MD-01 на ПЛИС большой степени интеграции (RTAX1000, Actel) с применением технологий «система на кристалле» и СФ-блоков.

Рассмотренные выше телеметрические системы, позволяя гибко изменять количество измерительных модулей в моноблоке ТМС под задачи контроля определенного КА, имеют существенный недостаток, который ограничивает их дальнейшее развитие - протяженные аналоговые электрические линии связи типа «звезда» с датчиками БРЭА. Упрощенная структурная схема аналоговых линий связи датчиков с ТМС показана на рис. 1.

Как видно из рис. 1, аналоговые линии связи, кроме сложной конструкции кабельной сети (экраны, повив), необходимости установки большого количества дополнительных соединителей для обеспечения технологии поэтапной сборки и испытания КА, обладают низкой помехоустойчивостью к электромагнитным помехам, снижая общую достоверность диагностики БРЭА. Для улучшения массогабаритных характеристик ТМС, повышения достоверности результатов измерения сигналов от датчиков, а также удовлетворению возросших потребностей в цифровых стандартных интерфейсах со стороны проектируемой для перспективных проектов БРЭА, в 2012 году началась разработка телеметрической системы TA932MD-233 с распределенной структурой.

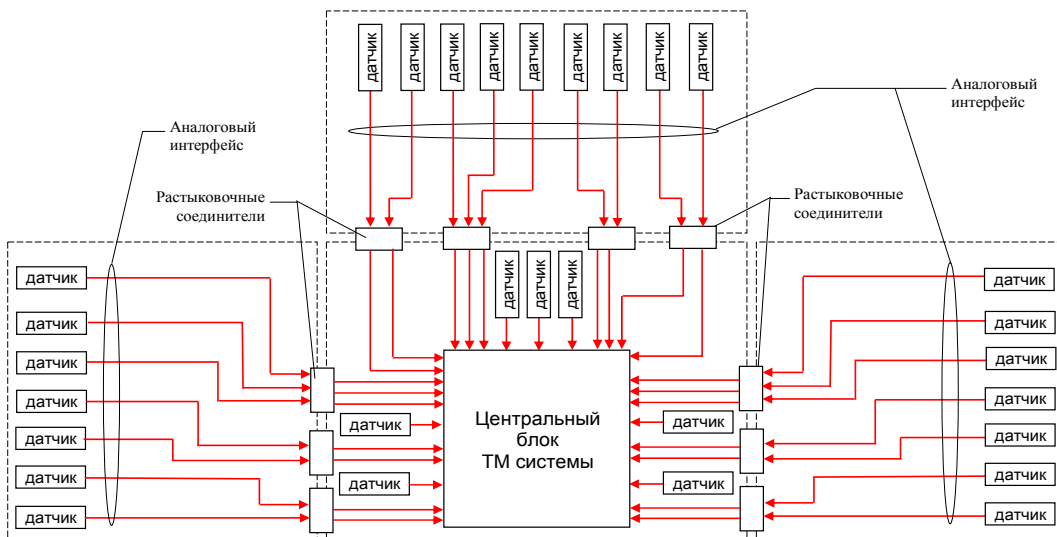


Рис. 1. Упрощенная структурная схема аналоговых линий связи датчиков с ТМС

При проектировании ТА932МД-233 был проведен большой комплекс проектных работ, результатами которых стали: 1) оптимизированная архитектура «системы на кристалле» центрального блока ТМС; 2) новые функциональные узлы обработки информации от датчиков (320-входовый программируемый логический компаратор, три типа процессоров обработки событий); 3) новые типы универсальных измерительных модулей, позволяющих измерять сигналы от различных типов датчиков; 4) опциональная поддержка цифровых интерфейсов стандартизованных для применения в КА ОАО «ИСС» (MIL-STD-1553, SpaceWire, RS232, LVDS, DMA-T); 5) малогабаритная механическая конструкция на 30% меньше прототипа; 6) возможность изменять в процессе эксплуатации программ управления функциональными модулями ТМС (применены перепрограммируемые микросхемы ПЗУ устойчивые к ВВФ космического пространства); 7) сокращение аналоговых интерфейсных линий связи (и соответствующее снижение массы бортовой кабельной сети) за счет установки выносных измерительных модулей в местах скопления датчиков (рис. 2).

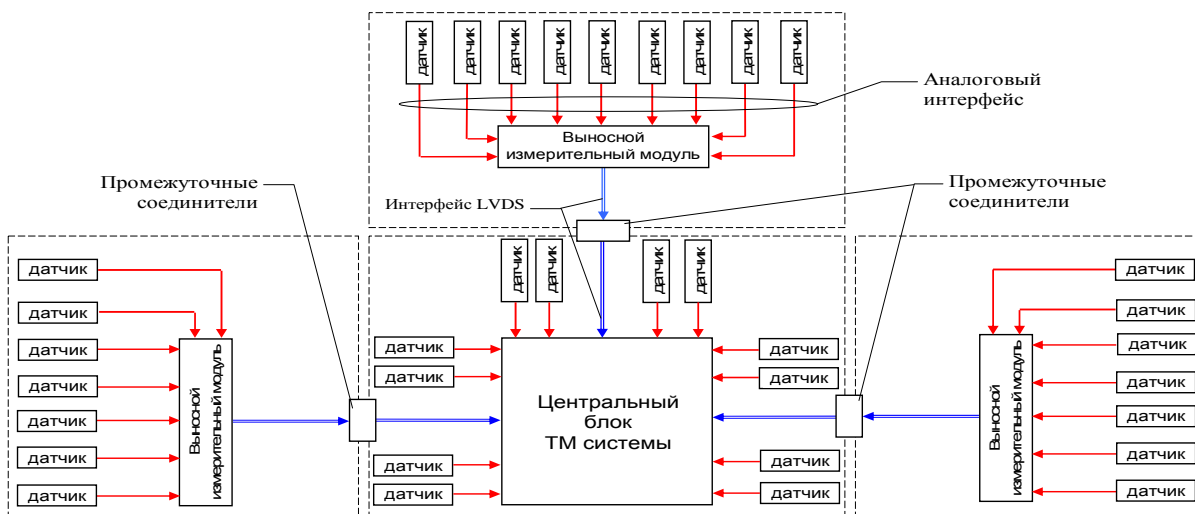
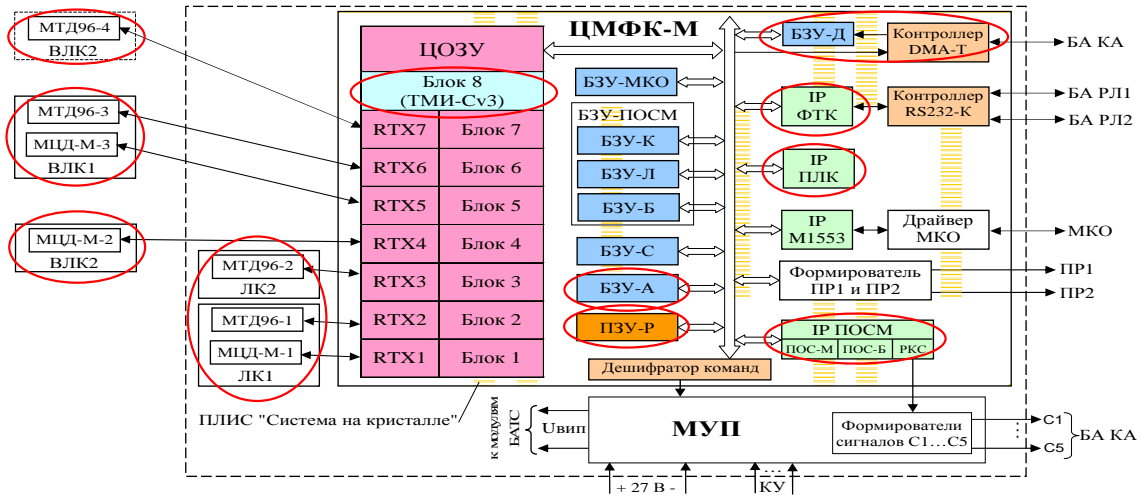


Рис. 2. Информационные связи ТМС с распределенной структурой

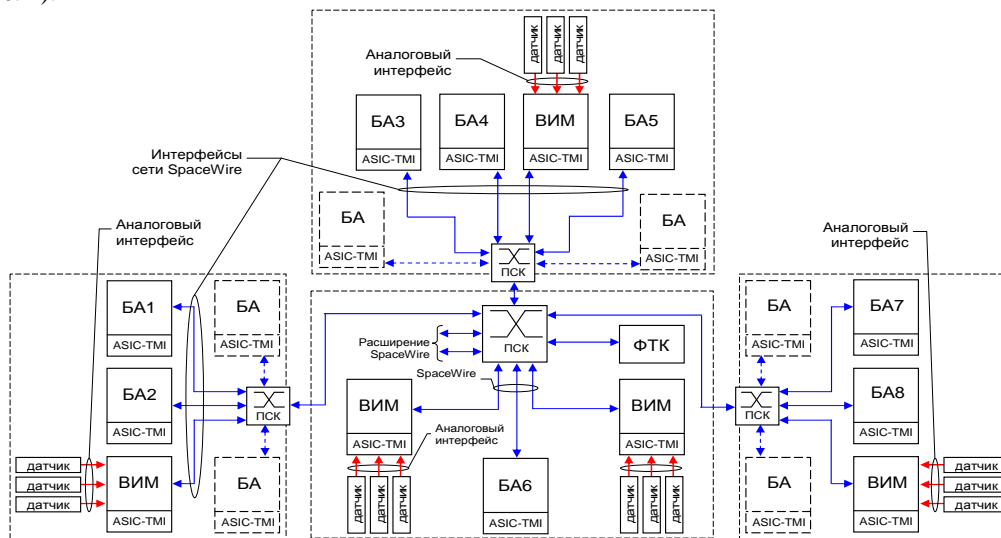
Структурная схема телеметрической системы ТА932МД-233М (модификация с интерфейсом MIL-STD-1553В) с выделенными новыми функциональными и структурными элементами показана на рис. 3.



ВЛК – выносной локальный коммутатор, МТД96 – модуль для температурных и аналоговых датчиков, МЦД- модуль для сигнальных, аналоговых и температурных датчиков, ФТК – формирователь транспортных кадров; МКО – ОУ интерфейса MIL-STD-1553В»; ПОС – процессоры обработки событий, РКС – регистратор комплексных событий, МУП – модуль управления и питания

Рис 3. Структурная схема ТА932МД-233М

Дальнейшее развитие радиоэлектронной аппаратуры перспективных КА предполагает создание бортовой информационно-коммуникационной сети, которая в единой аппаратно-программной среде реализует передачу всех видов информации (пакетов данных от БА с телеметрическими параметрами, потоков команд управления, пакетов данных информационно-вычислительных средств, меток системного времени и т.д.). С учетом разрабатываемых информационных технологий, электронной компонентной базы (ЭКБ) и проектных проработок, определена предварительная схема коммуникационной сети платформы КА в которую гармонично включены информационные каналы телеметрического контроля (рис. 4).



ВИМ – выносной измерительный модуль, ФТК – формирователь транспортных кадров;
ПСК – маршрутизирующий коммутатор сети SpaceWire;
АСИС-ТМИ – специализированная БИС для измерения сигналов от датчиков БА

Рис. 4. Сетевая структура информационных связей ТМС

Заключение

Реализация предложенной распределенной сетевой информационно-коммуникационной сети на основе технологии SpaceWire позволит коренным образом повлиять на решение совокупности основных задач отечественного космического приборостроения, во-первых добиться высокой надежности при приемлемом уровне затрат аппаратного резервирования, во-вторых выдержать жесткие требования к массогабаритным показателям и потребляемой мощности, в третьих добиться унификации интерфейсов передачи данных, и в четвертых достичь необходимых технико-экономических показателей, позволяющих конкурировать на мировом рынке.

Литература

1. Городнов В.П. Методика сравнительной оценки штабных моделей // Воен. радиоэлектроника. № 6. 1987. С. 19–33.
2. Абрамовица М., Стиган И. Справочник по специальным функциям. М.: Наука. 1979.

Для цитирования:

Дымов Д.В. Современное состояние и перспективы развития бортовых телеметрических систем для спутников связи ОАО «ИСС» // i-methods. 2014. Т. 6. № 1. С. 5–9.

Current state and prospects of development of onboard telemetry systems for communication satellites of the company "ISS"

Dimov D.V.

JSC "Information satellite systems named after academician M.F. Reshetnev",
Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region

Abstract

Presents the stages of development of onboard information and telemetry system of spacecraft company "ISS", the main tactical and technical and functional features of a modern telemetry system with distributed structure, describes the main structure of information-measuring system using SpaceWire network technology.

Keywords: telemetric system; communication satellites; diagnosing; working capacity; the distributed structure.

References

1. Gorodnov V.P. Methodology for comparative evaluation of models of staff // Wars. electronics. No. 6. 1987. Pp. 19–33.
2. Handbook of special functions / edited by Abramovici M., Stigan I. M.: Nauka. 1979.

For citation:

Dimov D.V. Current state and prospects of development of onboard telemetry systems for communication satellites of the company "ISS" // i-methods. 2014. Vol. 6. No. 1. Pp. 5–9.