

A. A. Koltashev

MAIN PRINCIPLES OF COMMUNICATION AND NAVIGATION SATELLITES ONBOARD SOFTWARE SYSTEM TESTING AND VALIDATION

This paper describes an approach providing the quality of system testing and validation stages of the developed onboard software for communication and navigation satellites. The approach is based on the onboard software stratification, software modeling of satellite subsystems and high level of the users interface of the software testing tools.

Keywords: onboard software, system testing, satellite, interface, software modeling.

©Колташев А. А., 2010

УДК 629.78.051:681.3

В. В. Прудков

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АВТОНОМНОЙ ОТРАБОТКИ ПОДСИСТЕМ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрена концепция, состав, принцип построения и взаимодействия составных частей, а также возможности программного обеспечения отработки подсистем блока управления космического аппарата. Описан разработанный протокол обмена программы рабочего места и специального программного обеспечения центрально-процессорного модуля.

Ключевые слова: блок управления, центрально-процессорный модуль, интерфейсный модуль сопряжения, автономная отработка.

В настоящее время блоки управления (БУ) бортового комплекса управления (БКУ) современных и перспективных космических аппаратов, выпускаемых ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева», проектируются по модульному принципу и состоят из центрально-процессорного модуля (ЦПМ), который позволяет реализовать все логические функции конкретной аппаратуры не аппаратными, а программными средствами, и интерфейсных модулей сопряжения (ИМС), осуществляющих управления системами КА и подключаемых к ЦПМ по последовательному периферийному интерфейсу (ППИ). Управление БУ осуществляется бортовым интегрированным вычислительным комплексом (БИВК) по мультиплексному каналу обмена (МКО) (ГОСТ Р 52070–2003). ЦПМ принимает команды управления по МКО от БИВК, декодирует их и выдает слова данных (СД), содержащие команды управления (КУ), в соответствующие подсистемы БУ (ИМС). БИВК также считывает СД, содержащие телеметрическую информацию, от ЦПМ.

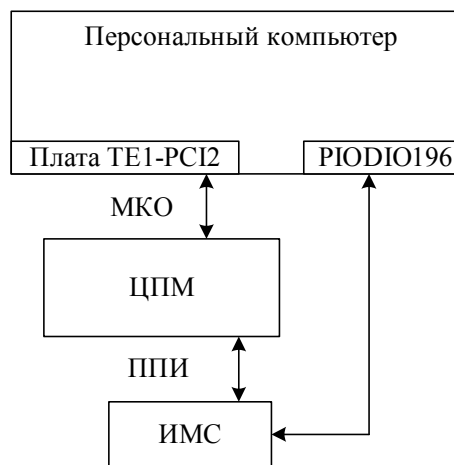
Проведение автономных испытаний ИМС является очень важным этапом при отработке блоков управления перспективных космических аппаратов, так как оно позволяет на ранних этапах провести проверку заложенных схемных и технических решений в соответствии с техническим заданием (ТЗ).

Цель проведения автономной отработки ИМС заключается в проверке правильности реализации требований ТЗ, выявлении ошибок при проектировании и изготовлении ИМС, а также в проектах программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) ИМС.

В ходе проведения автономной отработки ИМС решались следующие задачи:

- полная проверка функционирования как отдельных блоков ИМС, так и всех ИМС, состоящих из нескольких блоков;
- проверка устойчивости функционирования ИМС при аномальных ситуациях;
- выявление ошибок в функционировании ИМС.

Рабочее место автономной отработки ИМС (см. рисунок) состоит из персонального компьютера (ПК), ЦПМ и подключаемых ИМС. Для информационного обмена ПК с ЦПМ применяется плата TE1-PCI2, поддерживающая протокол МКО. Для связи ПК и ИМС используется плата PIODIO196.



Рабочее место автономной отработки ИМС

Построенное по такому принципу рабочее место создает определенные трудности при разработке программного обеспечения автономной отработки ИМС, так как отсутствует возможность прямого воздействия персонального компьютера на ИМС.

Первоначальный вариант построения ПО автономной отработки ИМС заключался в написании отдельных программ-тестов, зашиваемых в ЦПМ и запускаемых оператором с помощью программы на ПК. Но этот вариант построения ПО имел ряд недостатков:

- необходимо разрабатывать большое количество программ-тестов, зашиваемых в ЦПМ, для проверки каждого ИМС, что влечет за собой значительный объем работ и затрату большого количества времени на разработку и написание этих программ-тестов;

- для перехода от одного теста к другому каждый раз нужно перепрошивать ЦПМ, записывая в него новую программу-тест, что требует значительных временных затрат;

- локальное изменение программы-теста в ЦПМ невозможно, следовательно для изменения каких-либо параметров необходимо перепрошивать ЦПМ программой-тестом с измененными параметрами;

- для перепрошивки ЦПМ новой программой-тестом необходимо привлекать специалиста либо обучать разработчика ИМС, который осуществляет проверку.

Недостатки такого подхода к построению ПО не позволяют проводить автономную отработку ИМС с минимальными трудозатратами и в кратчайшие сроки. Тщательный анализ ситуации помог преодолеть эти недостатки путем создания универсального программного обеспечения, которое решает поставленные задачи по проведению отработки ИМС и обладает рядом дополнительных достоинств: оно может обрабатывать несколько ИМС, соединенных между собой по межблочным разъемам и подключенных к ЦПМ, а также блоки управления в сборе с использованием в качестве соединения ИМС штатных кабелей.

Разработанное ПО можно разделить на две части:

- основное ПО, которое является управляющим, т. е. задает управляющие воздействия и считывает СД на входах ИМС;

- дополнительное ПО, которое контролирует состояние регистров ИМС и позволяет записывать/считывать СД на выходах ИМС.

Основное ПО включает следующие элементы:

- программу «Рабочее место проверки ИМС», разработанную на языке Borland C++ Builder 6.0 и устанавливаемую на персональном компьютере;

- специальное программное обеспечение (СПО), зашиваемое в ЦПМ. Оно выполнено в технологической среде разработки программного обеспечения ЦПМ, поставляемой ФГУП НИИ «Субмикрон», и полностью поддерживает разработанный протокол.

Для обеспечения информационного взаимодействия этих программ был разработан протокол, основанный на протоколе обмена по МКО. Особенностью этого протокола является то, что разработчик, проверяющий ИМС, передает с ПК в ЦПМ сообщения, составленные в соответствии с протоколом ППИ, и дополнительную информацию обмена. Приняв полученные сообщения, ЦПМ

выдает их в ИМС согласно дополнительной информации. Данная технология делает протокол МКО прозрачным и позволяет формировать сообщения по ППИ на компьютере. Благодаря этой технологии нет необходимости корректировать СПО, достаточно зашить его в ЦПМ один раз и затем использовать для проверки любых ИМС различных изделий.

В состав дополнительного ПО входит набор программ, разработанных на языке Borland C++ Builder 6.0 специально для конкретного ИМС в соответствии с его исходными данными. Каждая программа предназначена для регистрации состояния внутренних регистров и задания значений выходных регистров конкретного ИМС.

Основной принцип работы ПО автономной проверки ИМС заключается в следующем. Оператор задает на персональном компьютере набор пакетов в программе «РМ проверки ИМС», каждый из которых состоит из сообщения в формате ППИ и дополнительной информации, необходимой для обмена. В свою очередь программа «РМ проверки ИМС» формирует из каждого пакета сообщение по МКО в соответствии с разработанным протоколом. После задания пакетов оператор запускает обмен. Сообщения с помощью платы ТЕ1-РС12 передаются от ПК в ЦПМ по каналу МКО. ЦПМ, принимая каждое сообщение, декодирует его согласно разработанному протоколу и передает по ППИ на входы ИМС согласно дополнительной информации, находящейся в полученном сообщении. Если в сообщении указан тип обмена «Чтение СД», то ЦПМ считывает СД со входов ИМС. Эти слова данных содержат информацию, формируемую в самом ИМС и на его выходах. Формирование внутренних данных в ИМС контролируют специальные дополнительные программы, написанные для конкретного ИМС, с помощью платы P10DIO196. Эти же программы контролируют и состояние выходов ИМС, отображая на экране полученные данные, а также задают состояния регистров на выходах ИМС для их последующего считывания ЦПМ.

Основные особенности разработанного ПО следующие:

- единая оболочка, позволяющая разработчику ИМС проводить автономную отработку ИМС через единую оболочку – программу «РМ проверки ИМС» – путем задания различных тестов;

- прозрачность протокола МКО: разработанный протокол может обойти протокол МКО, задавая на компьютере сообщения в формате ППИ с дополнительной информацией;

- простота в использовании: единая оболочка и интуитивно понятный интерфейс позволяют разработчикам ИМС создавать пакеты тестов, проводить проверку и анализировать полученную информацию без чьей-либо помощи.

Единая оболочка отработки ИМС обладает следующими функциональными возможностями, которые в своей совокупности являются мощным средством обеспечения гибкой, надежной и достоверной отработки ИМС:

- генерацией набора пакетов, которая предоставляет оператору средства для автоматического формирования цепочки пакетов на основании заданных параметров, соответствующих конкретному ИМС;

– предварительным анализом набора пакетов на предмет полноты и правильности составления. В случае невыполнения этих условий программа выдает соответствующие предупреждения, исключая тем самым возможные ошибки, вносимые оператором при корректировке цепочки пакетов;

– работой в автоматическом режиме. При этом запускается заданная цепочка пакетов с автоматическим изменением данных на каждом цикле выполнения этих пакетов, а объем изменяемых данных задается предварительно оператором;

– анализом протокола обмена, который выявляет ошибки в функционировании ИМС на основании полученных данных и отображает оператору подробную информацию об этом;

– имитацией нештатных ситуаций, которая проверяет работоспособность ИМС при неполноте или недостоверности передаваемой в него информации.

Таким образом, разработанное ПО полностью решает поставленные задачи автономной отработки ИМС, а так-

же, благодаря своим особенностям, позволяет проверять работоспособность ИМС при возникновении нештатных ситуаций путем их моделирования, автономно обрабатывать каждый комплект ИМС (основной/резервный), подключаемый к каждому комплекту ЦПМ (основному/резервному), проводить автономную отработку БУ в сборе.

В настоящее время с помощью данного программного обеспечения проведена автономная отработка ИМС блоков управления космических аппаратов «Муссон». Оно используется и при отработке КА «Глонасс-К», «Луч-5». В ходе проведения испытаний была подтверждена правильность выбранного подхода к построению программного обеспечения, которое доказало свою надежность, универсальность и простоту в использовании, благодаря чему оно может применяться для отработки последующих ИМС блока управления перспективных КА.

Дальнейшим направлением развития программного обеспечения автономной отработки может быть интеграция дополнительных программ в основную для более удобного оперирования с данными на уровне единой программной оболочки.

V. V. Prudkov

SOFTWARE OF STAND-ALONE DEVELOPMENT OF SUBSYSTEMS OF THE CONTROL MODULE OF THE PERSPECTIVE SPACE VEHICLES

The conception, composition, principle of construction and interaction of components and also capabilities of stand-alone development of the software for the subsystems of the control module of space vehicles is considered. The developed protocol of exchange of the workplace program and the central-processor module special software is described.

Keywords: control module, central-processor module, interfacing of the control module, stand-alone development.

© Прудков В. В., 2010

УДК 629.735.064

Е. А. Фурманова, О. Г. Бойко, Л. Г. Шаймарданов

ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Проведен анализ правомерности применения традиционного подхода к расчету надежности систем с индивидуальным резервированием. Разработан альтернативный метод расчета систем с индивидуальным резервированием и показана возможность его использования при решении задач оптимизации структуры функциональных систем.

Ключевые слова: анализ надежности, оптимизация структуры, функциональные системы.

Функциональные системы самолетов выполняют большое число жизненно важных функций: осуществляют привод рулевых поверхностей средств механизации планера, обеспечивают питание топливом авиационных двигателей, осуществляют наддув салонов и кондиционирование воздуха в них, снабжают всех потребителей переменным и постоянным током, защищают самолет от обледенения, выполняют функции по пожаротуше-

нию, обеспечивают автоматическое пилотирование и самолетовождение (аэронавигацию).

На всех магистральных самолетах одноименные функциональные системы выполняют одни и те же функции. Вместе с тем одноименные системы различных разработчиков, а зачастую и одного разработчика на различных типах самолетов, имеют существенные различия в структуре функциональных систем. К тому же при од-