

А. И. ГОРНОСТАЕВ

УНИФИКАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСНЫХ МОДУЛЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ БЛОКОВ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются проблемы унификации интерфейсных модулей сопряжения для аппаратуры бортовых комплексов управления космическими аппаратами. Представлены особенности построения интерфейсных блоков бортового комплекса с использованием интерфейсных модулей различного функционального назначения. Приведены примеры решения задач унификации модулей.

Ключевые слова: интерфейс, модуль сопряжения, бортовой комплекс управления, космический аппарат.

При разработке аппаратуры бортового комплекса управления (БКУ) современными космическими аппаратами (КА) в ОАО „Информационные спутниковые системы“ (Железногорск) широко применяется магистрально-модульный принцип, что позволяет осуществлять ее построение на базе центрального приборного модуля (ЦПМ) с использованием отдельных функциональных интерфейсных модулей сопряжения (ИМС) различного назначения. При

этом особую актуальность приобретает решение задач унификации ИМС, что позволит использовать такие модули при создании бортовой аппаратуры для различных платформ КА, сократить сроки ее разработки и повысить надежность [1].

При разработке аппаратуры БКУ задачи унификации ИМС целесообразно решать одновременно на двух уровнях:

1) разбиение аппаратуры на отдельные функциональные устройства, которые, независимо от принадлежности к конкретной платформе КА, необходимо реализовывать в виде набора унифицированных ИМС, обеспечивающих взаимодействие с ЦПМ по внутрисприборному последовательному периферийному интерфейсу (ППИ, далее I_1);

2) разбиение ИМС на отдельные функциональные узлы, которые необходимо реализовывать в виде набора унифицированных плат, обеспечивающих взаимодействие между платами по внутримодульному параллельному интерфейсу (ПИ, далее I_2).

На первом уровне не всегда удается достигнуть полной унификации ИМС вследствие частичного несоответствия выполняемых ими функций для различных платформ КА. В большинстве случаев, чтобы сохранить возможность использования ИМС в других устройствах, целесообразно ввести некоторую избыточность в модулях, учитывающую возможные существенные различия выполняемых функций. Однако для некоторых платформ КА эти различия носят существенный характер, что и обуславливает необходимость разработки модификаций ИМС.

На втором уровне унификация может быть достигнута путем выделения из набора плат ИМС базовой платы, выполняющей основные функции, и плат расширения, выполняющих дополнительные функции. Такое построение позволяет осуществлять взаимодействие базовой платы ИМС с центральным приборным модулем по интерфейсу I_1 и с платами расширения — по интерфейсу I_2 . Однако и здесь полной унификации достигнуть иногда не удается. В этом случае требуются разные варианты выполнения отдельных плат, при котором необходимо учитывать возможные различия функций ИМС, что позволит осуществлять модификацию многоплатных ИМС путем введения набора плат расширения без изменений в базовой плате.

В общем случае на втором уровне, независимо от функционального назначения ИМС, необходимо решить несколько задач унификации:

— выбор для набора плат ИМС единого унифицированного конструктивного исполнения, что позволит обеспечить преемственность решений при разработке бортовой аппаратуры для различных платформ КА;

— выделение из набора плат ИМС базовой платы, которая будет содержать окончательное устройство, обеспечивающее обмен с ЦПМ по интерфейсу I_1 и обмен с платами расширения по интерфейсу I_2 , и не будет подвергаться изменениям при модификации ИМС;

— введение в отдельные платы функциональной избыточности, учитывающей возможные отличия функций ИМС для различных платформ КА;

— определение для набора плат ИМС унифицированного способа контактного соединения, что позволит при модификации ИМС организовывать внешние, внутрисприборные и внутримодульные связи через стандартный набор кабелей без их изменения.

На обоих уровнях возможны различные варианты решения задач унификации в зависимости от функционального состава и особенностей построения конкретного типа аппаратуры БКУ. В настоящей статье представлены решения задач унификации на примере построения интерфейсных блоков БКУ и входящих в их состав ИМС.

Структура построения интерфейсных блоков БКУ определяется следующими факторами:

— внешним информационным взаимодействием с бортовым информационно-вычислительным комплексом (БИВК), которое осуществляется с ЦПМ по мультиплексному каналу обмена (МКО) в соответствии со стандартом [2];

— сопряжением с внешней бортовой аппаратурой, датчиками температуры (ДТ), электрообогревателями (ЭО) различных систем КА и исполнительными элементами агрегатов системы терморегулирования (СТР);

— наличием двух режимов работы КА (на участке выведения и в штатном режиме).

Перечисленные элементы сопряжения являются общими для всех платформ КА, отличие заключается только в их детализации.

Решение задачи унификации на первом уровне предполагает разбиение интерфейсных блоков БКУ по отношению к ЦПМ на отдельные ИМС по общему функциональному признаку независимо от детализации элементов сопряжения. В результате такого разбиения с учетом двух режимов работы КА получена обобщенная структурная схема (рис. 1), пригодная при построении интерфейсных блоков (на схеме — БИ) БКУ для различных платформ КА.

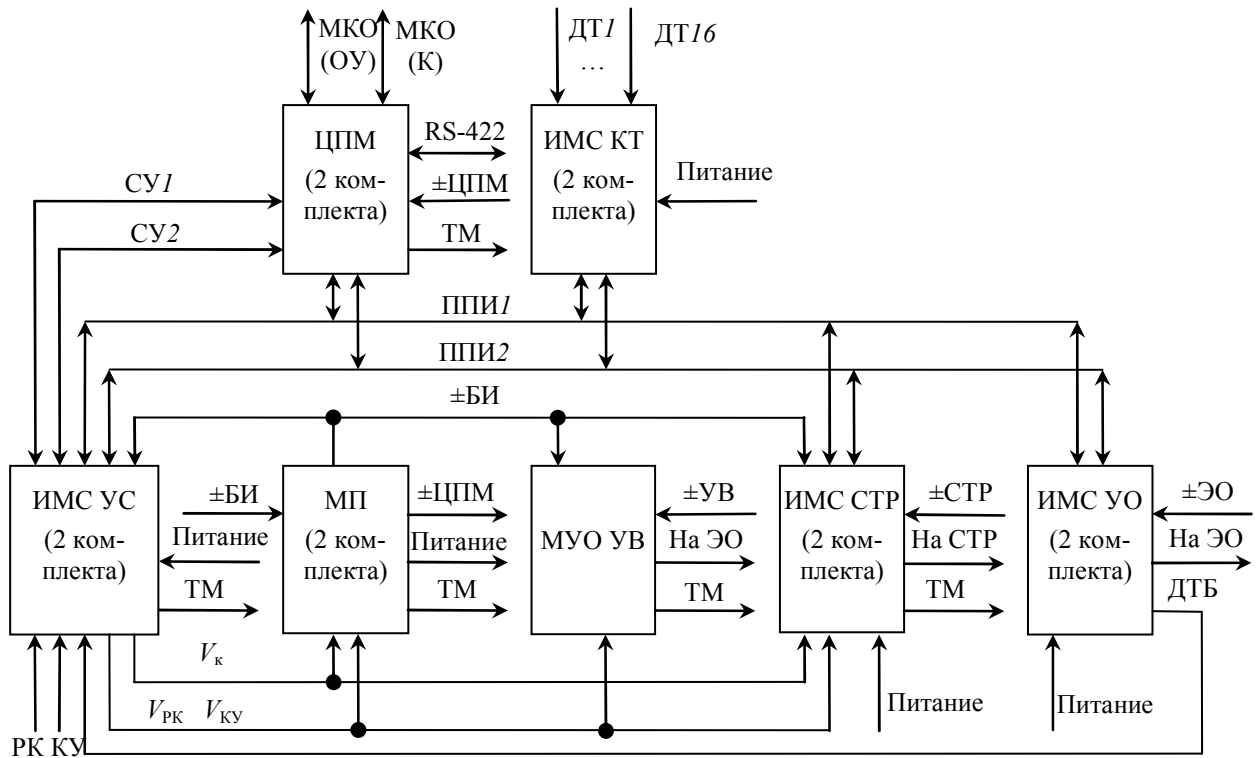


Рис. 1

В обобщенном варианте в состав схемы входят следующие ИМС, взаимодействующие с центральным приборным модулем:

— ИМС устройств согласования (ИМС УС), предназначенный для приема команд из ЦПМ по интерфейсу I_1 для формирования управляющих воздействий по цепям передачи командных сигналов V_k и приема разовых команд (РК) и команд управления (КУ) от внешней аппаратуры для формирования линейных управляющих воздействий $V_{РК}$ и $V_{КУ}$ на другие модули;

— ИМС устройств контроля температур (ИМС КТ), предназначенный для контроля в циклическом режиме до 16 каналов датчиков температуры и преобразования их сигналов в цифровой код;

— ИМС систем терморегулирования (ИМС СТР), предназначенный для управления исполнительными элементами агрегатов СТР (гидронасосами, перепускными клапанами и клапан-регуляторами);

— ИМС устройств управления обогревателями (ИМС УО), предназначенный для коммутации электрообогревателей в штатном режиме работы КА.

Кроме того, в состав схемы входят не взаимодействующие с ЦПМ модуль питания (МП) и модуль управления обогревателями на участке выведения КА (МУО УВ), предназначенный для коммутации обогревателей до начала работы КА в штатном режиме.

Для обеспечения требуемой надежности интерфейсные блоки БКУ строятся с использованием двухкомплектного резервирования модулей; один из комплексов находится в холодном резерве (кроме МУО УВ, который выполняется по схеме горячего резервирования), поэтому в схеме предусмотрена возможность передачи информации по дублирующему внутриприборному периферийному интерфейсу через перекрестные связи. Для контроля работоспособности модулей в схеме предусмотрена выдача телеметрической (ТМ) информации.

Для информационного доступа БИВК к внутренним регистрам ИМС в схеме применяется дополнительный ЦПМ (с процессорным ядром). Такой ЦПМ обеспечивает выполнение ряда вычислительных функций при работе схемы в автономных режимах, благодаря чему удалось добиться упрощения и частичной унификации ИМС. ЦПМ позволяет осуществлять обмен информацией с вычислительным комплексом по дублирующему МКО в режиме оконечного устройства (ОУ) и с внешней бортовой аппаратурой в режиме контроллера; кроме того, ЦПМ осуществляет выдачу 16-битовой ТМ-информации о работе схемы в штатном режиме. Это требует создания для ЦПМ унифицированного общего программного обеспечения (ПО), на базе которого разрабатывается специальное ПО, предназначенное для реализации конкретных функций интерфейсных блоков БКУ на различных платформах КА. Для информационного доступа к программному обеспечению в ЦПМ предусмотрен интерфейс RS-422, что позволяет производить отладку специального ПО, не внося изменений в общее.

При обмене информацией все ИМС по отношению к ЦПМ также работают в режиме оконечного устройства и имеют каждый свой адрес, что дает возможность использовать во всех модулях одинаковые устройства. Между ЦПМ и ИМС устройств согласования предусмотрены дублирующие обменные сигналы управления (СУ), что позволяет реализовать унифицированную схему контроля работоспособности ЦПМ и управления режимом начального тестирования. Использование в схеме интерфейсных блоков БКУ унифицированных ИМС и входящих в их состав плат также позволяет частично унифицировать для ЦПМ и специальное ПО, что способствует сокращению времени его разработки и отладки.

Способы решения задач унификации на втором уровне в схеме интерфейсных блоков БКУ зависят от функционального назначения отдельных ИМС. Рассмотрим задачи унификации для ИМС устройств управления обогревателями. При построении различных вариантов таких многоплатных ИМС возникают специфические задачи унификации, связанные с различными значениями коммутируемых токов и напряжений обогревателей.

Анализ технических требований к цепям коммутации электрообогревателей для различных платформ КА показал, что их питание может производиться от бортовых источников напряжением 27 В при токах 0,1—5 А либо напряжением 100 В при токах 0,1—2 А. При этом число обогревателей с токами нагрузки более 1 А на различных КА не должно превышать 50 % от общего количества.

На основе проведенного анализа в ОАО „Информационные спутниковые системы“ для ИМС устройств управления обогревателями разработан на базе электронных силовых ключей на МДП-транзисторах с трансформаторной развязкой цепей управления [3] следующий набор унифицированных плат:

— базовая плата для коммутации восьми обогревателей с токами нагрузки до 3 А при напряжении 27 В;

— плата расширения для коммутации шести обогревателей с токами нагрузки до 2 А и восьми обогревателей с токами нагрузки до 1 А при напряжении 27 В;

— плата расширения для коммутации четырех обогревателей с токами нагрузки до 5 А при напряжении 27 В;

— плата расширения для коммутации восьми обогревателей с токами нагрузки до 2 А при напряжении 100 В.

Набор унифицированных плат позволяет производить простые модификации этого модуля и обеспечить снижение трудоемкости их разработки для различных платформ КА. В перспективе также можно обеспечить снижение массогабаритных характеристик модуля при разработке новых разновидностей унифицированных плат, например для коммутации шестнадцати электрообогревателей на токи нагрузки до 1 А. Модуль допускает объединение по параллельному интерфейсу до семи унифицированных плат. Обобщенный вариант конфигурации ИМС устройств управления обогревателями из приведенного набора четырех унифицированных плат показан на рис. 2.

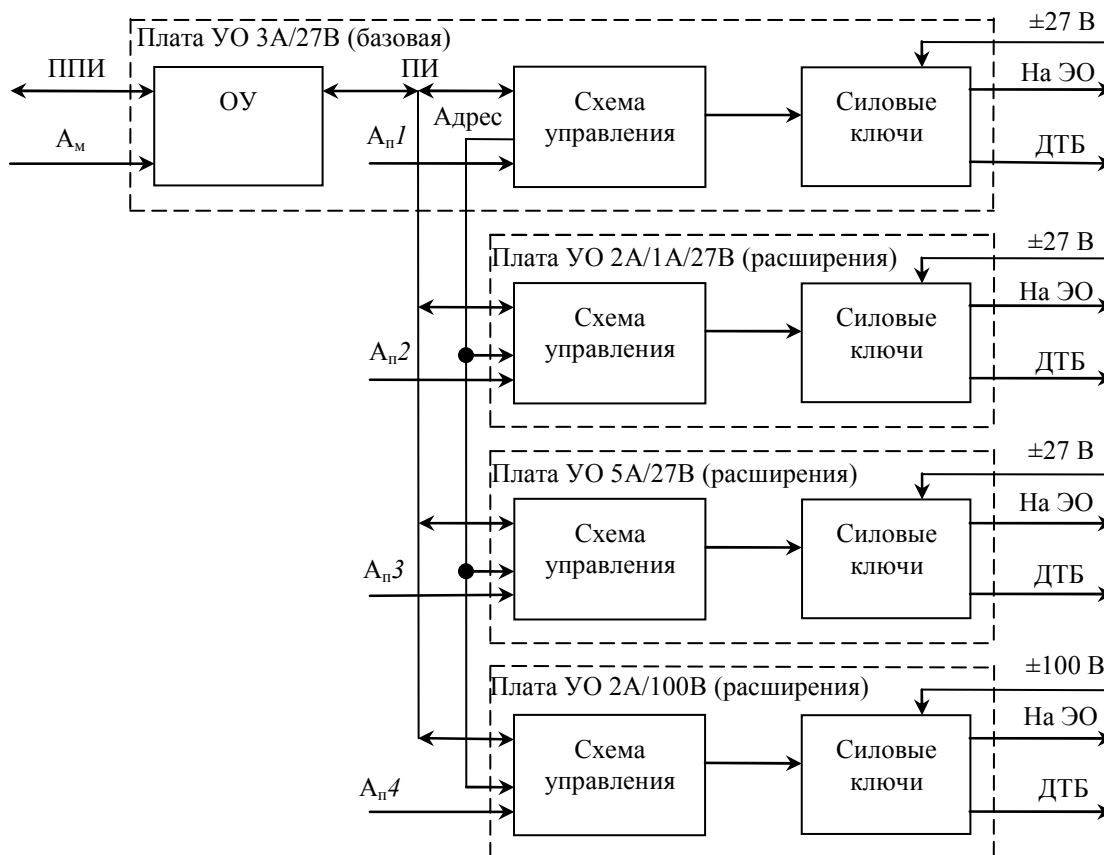


Рис. 2

Для обеспечения обмена информацией по интерфейсу И₁ (ППИ) адрес модуля задается внешними переключателями (А_м) в оконечном устройстве базовой платы. Для обеспечения обмена информацией по интерфейсу И₂ (ПИ) адрес требуемой платы задается внешними переключателями (А_{п1}—А_{п4}) в схемах управления каждой платы. В базовой плате предусмотрено управление силовыми ключами в импульсном режиме с возможностью модуляции длительности импульса. Для телеметрического контроля значения суммарного тока, протекающего при включении силовых ключей через отдельные группы электрообогревателей, в каждой плате предусмотрены бесконтактные датчики тока (ДТБ).

В базовой плате модуля в качестве оконечного устройства для обмена информацией с ЦПМ по интерфейсу И₁ использован базовый матричный кристалл Н5503МХ5-171, а в качестве схемы управления — программируемая логическая интегральная схема.

Рассмотренные унифицированные ИМС нашли практическое применение в бортовой аппаратуре для КА „ГЛОНАСС-М“ и используются при разработке аппаратуры для КА „ГЛОНАСС-К“.

„Луч-5А“, „Amos-5“, „Telkom-3“ и „Ямал-300К“. Созданные унифицированные ИМС и их модификации на основе унифицированных плат могут быть использованы в новых разработках бортовой аппаратуры для КА „Экспресс-АМ5,6“ и др. Однако дальнейшие перспективы связаны с более глубоким анализом возможности унификации технических решений на уровне КА в целом, а также с разработкой дополнительного ряда унифицированных плат для обеспечения простой модификации ИМС. Это позволит улучшить основные технические характеристики ИМС, а также сократить сроки их разработки для различных платформ КА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горностаев А. И., Капустин А. Н., Зубавичус В. А., Колесников С. М. Применение магистрально-модульного принципа при построении бортовой аппаратуры бортового комплекса управления космических аппаратов // Решетневские чтения: Материалы XIII Междунар. науч. конф.; Под общ. ред. Ю. Ю. Логина / Сиб. гос. аэрокосм. ун-т. Красноярск, 2009. Ч. 1. С. 20—22.
2. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральной последовательной системы электронных модулей. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 2003.
3. Горностаев А. Разработка электронных силовых ключей на МДП-транзисторах с гальванической развязкой цепей управления // Современная электроника. 2009. № 1. С. 62—63.

Сведения об авторе

Алексей Иванович Горностаев

— канд. техн. наук, доцент; ОАО „Информационные спутниковые системы“ им. акад. М. Ф. Решетнёва, Железногорск, Красноярский край; нач. сектора; E-mail: galiv@iss-reshetnev.ru

Рекомендована ОАО „ИСС“

Поступила в редакцию
19.11.10 г.