

УДК 629.7

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВАЯ БОРТОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТИПОВЫМ НАНОСПУТНИКОМ

Егоров А. М., Белоконов И. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Современное направление развития сферы космических экспериментов, проводимых университетами мира, неразрывно связано с использованием наноспутников. Аппараты широко применяемого стандарта CubeSat характеризуются малой массой – до 3 кг, малыми габаритными размерами – от одного до трёх кубических блоков с гранью 10 см.

Широкое использование наноспутников во многом обусловлено малым временем их разработки, а также значительной дешевизной запуска. Такие аппараты могут выводиться на орбиту попутно, в добавление к основной полезной нагрузке.

При разработке наноспутников инженеры стремятся использовать датчики и исполнительные механизмы, имеющие малые массогабаритные характеристики. Такой подход позволяет представить типовой набор элементов и систем борта, присущий большинству разрабатываемых аппаратов.

Ограниченный объём аппарата часто не позволяет дублировать системы и элементы борта с целью создания резерва на случай нештатной ситуации. Отсутствие возможности резервирования требует повышения отказоустойчивости отдельных элементов и систем, борта в целом.

Бортовая система управления должна учитывать состояние элементов борта. Так, если происходит сбой в любом элементе, он может неправильно выполнить задачу, возложенную на него бортовой системой управления. В этом случае возможно некорректное управление другими элементами наноспутника.

Необходимо обеспечить живучесть наноспутника, под которой понимается способность адаптироваться к текущей ситуации, противостоять и сохранять множество критических функций при непредвиденных воздействиях на наноспутник.

Типовая бортовая система управления выполняет алгоритм, который состоит из двух блоков. Первый блок предназначен для навигации, ориентации и стабилизации, информационного обмена с командным центром. Второй блок является "интеллектуальным элементом", который контролирует элементы наноспутника.

В случае неисправности какого-либо элемента борта выбирается другая ветка алгоритма бортовой системы управления, исключающая использование неисправного элемента.

Проверка элементов на отказ может производиться либо последовательно циклически с определённым интервалом времени, либо по факту обращения к элементу (перед получением или передачей информации или управляющих сигналов). Вторым вариантом имеет достоинство, так как является наименее затратным в отношении энергетических и вычислительных ресурсов борта, что наиболее актуально для наноспутников.

Выход из строя элемента наноспутника может привести к повышению энергопотребления, тогда для сохранения энергетического баланса наноспутника рекомендуется отключить неисправный элемент.

Метод определения отказа в каждом элементе напрямую зависит от типа элемента. Таким образом, неисправность датчика может быть найдена с помощью проверки возвращаемого значения на вхождение в диапазон, проверки потребляемого тока (напряжения питания), обработки информации от серии датчиков по принципу мажоритарной логики.

Для элементов памяти применяется метод проверки контрольной суммы считываемой информации. Перед записью данных в память производится пробный цикл записи и чтения. Отказ элемента памяти фиксируется, если возникла ошибка контрольной суммы, либо если прочитанные данные после записи не совпали с исходными данными.

Для предупреждения полной разрядки аккумуляторной батареи необходимо контролировать уровень напряжения на ней. Если уровень напряжения достигает минимально допустимого значения, бортовая система управления отключает питание всех элементов спутника кроме приёмопередатчика и самого бортового компьютера. Выполнение программы полёта прерывается до частичной подзарядки аккумуляторной батареи.

Для того, чтобы отказ элемента не привёл к провалу миссии наноспутника, он должен иметь избыточность на борту, которая может быть нескольких типов: структурной, информационной, функциональной.

Избыточность ресурсов на борту – это потенциал, который следует рационально использовать для повышения живучести космического аппарата. Для этого необходимо иметь алгоритм определения, в какой момент следует задействовать избыточные ресурсы. Этот алгоритм выявляет элементы спутника, в которых произошла внештатная ситуация, случился отказ, или имеется тенденция к переходу в отказ. Для работы такого алгоритма в бортовой системе управления нужно иметь базу данных об избыточности бортовых средств.

Дальнейшее повышение живучести наноспутника возможно при тщательном анализе данных, полученных от бортовых средств измерения, и прогнозировании нештатных ситуаций на борту.

Описанные подходы к повышению живучести борта используются при проектировании наноспутника СГАУ SamSat-218D. Разрабатываемые специальные алгоритмы позволяют снизить вероятность выхода из строя наноспутника в целом, а значит, и преждевременного завершения миссии.

Библиографический список

1. Ахметов, Р. Н. Принципы управления КА ДЗЗ в нештатных ситуациях [Текст]/ Р. Н. Ахметов, В. П. Макаров, А. В. Соллогуб // Информационные и управляющие системы. – 2012. – С. 16-22.

2. Кирилин, А. Н. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии [Текст]/А. Н. Кирилин, Р. Н. Ахметов, А. В. Соллогуб, В. П. Макаров. – М.: Машиностроение, 2010. – 384 с.