

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В МАХОВИКАХ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КА

С.В. Кузнецов, АО «Арсенал»КрЗПП г. Краснознаменск,
А.С.Стреж, АО «Арсенал»КрЗППё г. Краснознаменск,
С.В. Стреж, к.т.н. АО «Арсенал»КрЗПП г. Краснознаменск,
А.Ю. Цариков, АО «Арсенал»КрЗПП г. Краснознаменск

Аннотация

Статья посвящена исследованию возможного пространственного размещения плат электронных компонентов в конструктиве маховичных систем, а так же применению технологий монолитного многослойного бондажа-диэлектрика с дополнительными противорадиационными свойствами и проектирования и размещения соединителей для плат ВМ и блоков устройств СМКА

Результатом обработки исследований являются разработанная технология размещения плат электронных компонентов в конструктиве маховичных систем, а так же прототипы/макеты соответствующих плат электронных компонентов и соединительной арматуры, в т.ч. построенных с использованием монолитного многослойного бондажа-диэлектрика.

В настоящее время в космической отрасли наблюдается устойчивая эволюционная тенденция к снижению массо-габаритных и вещественно-энергетических характеристик технических объектов, что дополнительно стимулируется прогрессом в производстве, материаловедении и опережающим развитием информационных технологий, которые являются базовыми для управления КА и обработки СИ [1].

Требования к функциональным характеристикам таких космических платформ также видоизменяются, что приводит к необходимости постоянного совершенствования вычислительных и информационных мощностей в рамках разработки и эксплуатации космических платформ, которые, в свете современных тенденций к увеличению объемов и скорости обработки проходящих в космическом сегменте КС данных, а так же к снижению временных порогов принятия решений и управления КС в целом, приобретают решающие значения.

В рамках ответа на вышеуказанные вызовы отечественной космической индустрии в 2003-2016 гг, на основе исследований по программе "РОЙ", были конкретизированы соответствующие концептуальные требования к вопросам построения облика составляющих многоагентную КМ [платформ] КА [2]:

а) максимальное комплексирование (по массе, по габаритам, по функциональности) и системная интеграция модулей, комплексов, подсистем и систем КА между собой[3];

б) широкое выявление и использование эмергентных свойств и возможностей элементов и систем проектируемой платформы нового типа.

Реализация вышеназванных концепций построения платформ нового типа, например, перспективной рото-статической платформы, поднимает проблематику размещения блоков электронной аппаратуры и других элементов СМКА внутри составляющих отдельные рото-блоки маховичного конструктива – ниже приводится результат рассмотрения вариантов этих размещений.

Плоскость плат вычислительных модулей может быть ориентирована по отношению к вектору силы [гравитационной составляющей] по-разному - перпендикулярно вектору силы и вдоль вектора силы.

В случае ориентации плоскости плат вычислительного модуля перпендикулярно вектору силы возможно два способа размещения этих плат в рото-блоке:

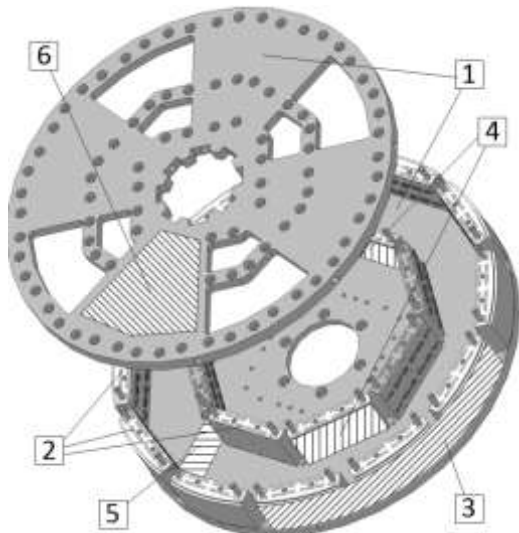


Рисунок 1,а. Концептуальная схема размещения полезной нагрузки в маховичном конструктиве рото-платформы

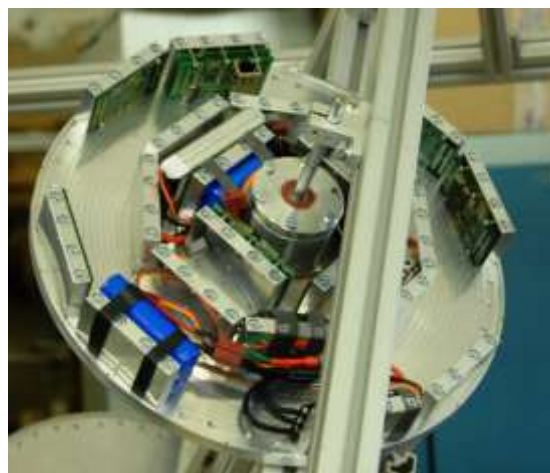


Рисунок 1,б. Прототип рото-блока перспективной рото-статической платформы КА нового типа

1-маховиковый конструктив рото-платформы; 2-шасси для устройств с модульно-пространственной ориентацией; расположения полезной нагрузки (плат, аккумуляторных сборок, спец. контейнеров и т.п): 3- ленточное; 4- модульно-пространственное; 5-секторное; 6-радиальное

- в виде лент вдоль обода маховика рото-блока (ленточные платы ВМ – см. позицию 3 на рис. 1,а), выполненных как из жесткого (текстолит), так и гибкого материалов. Следует особо учитывать, что данный вариант предполагает значительный (до 100%) объем немеханизированных работ по пайке элементной базы для ВМ. Так же, для любых вариантов исполнения рото-блоков, сам обод маховика представляет наиболее удачное место размещения ряда исполнительных механизмов [4], датчиков, измерителей, антенн и другой аппаратуры, что может послужить препятствием к размещению ВМ в виде лент на обode маховика;

- вдоль обода (в том числе и в несколько рядов) маховика рото-блока, деля его на равные (соответствующие размерам плат вычислительного модуля) уплощенные посадочные места с организованной подложкой (см. позицию 2 на рис. 1,а) – форма организации посадки вычислительных модулей на обode маховика рото-блока выглядит в проекции как правильный шести или восьмиугольник. Сами платы (модульно-пространственные платы ВМ – см. позицию 4 на рис. 1,а) при этом – как правило, вытянутые параллелепипеды.

Соответственно, в процессе проектирования плат таких вычислительных модулей следует учесть, что более массивные элементы из набора необходимой для монтажа этих ВМ элементной базы, включая корпусные блоки микроконтроллеров,

следует размещать на той стороне плат, в которые входит вектор силы гравитационного действия – в этом случае будут сняты риски срыва отдельных элементов монтажа с плат.

Предлагается в виде такого конструктива реализовывать основные ВМ КА, рассчитанные на высокие вычислительные нагрузки. Стандартизация посадочных мест обеспечит значительную унификацию всех ВМ на КА.

В случае ориентации плоскости плат вычислительного модуля вдоль вектора силы, они могут располагаться:

- в плоскости вращения рото-блока – и тогда отдельные платы будут иметь форму, производную от сектора с возможными технологическими вырезами (секторные платы ВМ – см. позицию 5 на рис. 1,а);
- перпендикулярно плоскости вращения рото-блока, размещаясь вдоль радиусов окружности вращения – в этом случае платы будут иметь форму (как правило) вытянутого параллелепипеда. Одним из преимуществ такого размещения плат (радиальные платы ВМ – см. позицию 6 на рис. 1,а) может являться их дополнительное использование в качестве элементов набора рото-блоков, повышая ее жесткость.

Отдельный элемент из набора необходимой для монтажа этих ВМ элементной базы будет располагаться к ободу рото-блока (и чем выше будет его масса), тем выше будут гравитационные силы, направленные на срыв этого элемента с поверхности платы ВМ.

Предлагается в виде такого конструктива реализовывать дополнительные ВМ КА, предназначенные для непосредственного управления конечными устройствами КА. Использование таких промежуточных ВМ на рото-блоках позволит повысить аппаратную унификацию высокопроизводительных ВМ (убрав из них цепи непосредственного управления внешней нагрузкой) и максимально сократить кабельное хозяйство.

Так же показано, что высокие значения градиента гравитационной составляющей могут привести к отрыву отдельных элементов с плат ВМ и к разрушению внутренней структуры микроконтроллеров и больших интегральных схем (например, отрыв кристаллов элементов электронной аппаратуры от креплений контактов внутри корпуса), от чего элементы внешнего локального для каждого этого элемента бандажа защитить не в состоянии. Более того, множество не связанных друг с другом корпусов микросхем и электронных компонентов их обеспечения препятствуют нормальному обеспечению характеристик баланса системы терморегуляции КА, множественный локальный бандаж отдельных элементов схем также отрицательно сказывается на виброустойчивости всего изделия в целом. Для разрешения большинства вышеприведенных противоречий предлагается:

- монтаж кристаллов микроконтроллеров, больших интегральных схем и максимального количества электронных компонентов их обеспечения в конечный продукт – платы ВМ и модулей устройств – в безкорпусном виде, с дальнейшим покрытием полученных плат массивом специального композита-диэлектрика;

- покрытие полученного защищенного от срыва кристаллов с поверхности монтажа композита материалами, повышающими радиационную стойкость и теплопроводность полученной сборки;
- внедрение полученных модульных сборок в несущий конструктив всех элементов перспективной рото-статической платформы КА – что существенно повысит стойкость этихборок к проявлениям вибрации.

Платы внутри каждого из двух описанных выше типов ориентации (и, соответственно, проектирования) разрабатываются с учетом требований к полной взаимозаменяемости их как в пределах пула ВМ соответствующей ориентации в рамках отдельных элементов (рото-блоков, статического конструктива) перспективной рото-статической платформы КА, так и между таковыми пулами всех элементов КА в рамках рото-статической платформы – такой подход к проектированию и эксплуатации ВМ обеспечивает гибкость использования аппаратных и программных средств КА, а их унификация предполагает значительное увеличение надежности вычислительных средств КА.

Целям стандартизации управления программно-аппаратными средствами КА также может служить принцип замыкания цепей управления отдельными аналоговыми конечными устройствами на периферические (вспомогательные) ВМ, разрабатываемые с учетом особенностей ряда целевых конечных устройств – таким образом, в целом управление этими конечными устройствами будет проводиться по единым цифровым интерфейсам и по единому внутреннему протоколу. Более того, переход на использование единого цифрового канала взаимодействия этих оконечных устройств с высокопроизводительными ВМ резко уменьшит длину аналоговых трактов, что значительно сократит кабельное хозяйство как на рото-блоках, так и на статическом конструктиве перспективной рото-статической платформы КА.

При исследовании путей создания технологий перспективных средств использования бортовых устройств, исходя из всего вышеперечисленного, были разработаны следующие технологии размещения информационных средств управления в корпусе маховика в виде двух типов конструктивно различных ВМ:

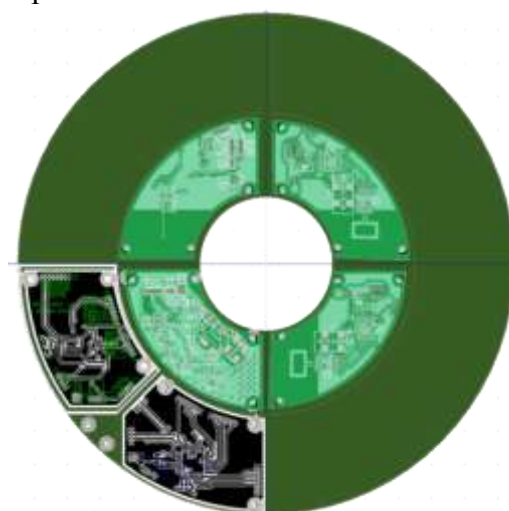


Рисунок 2 Прототип модульно-пространственной платы ВМ

Рисунок 3. Функциональная схема размещения цифровых модулей по секторной схеме

- размещенных вдоль обода маховика, плоскость плат ориентирована перпендикулярно вектору силы гравитационного воздействия, платы ВМ выполнены в виде вытянутого параллелепипеда (модульно-пространственные платы ВМ, см рис. 2) – данные ВМ используются в качестве высокопроизводительной программно-аппаратной платформы, необходимой для решения задач ориентации, стабилизации; поиска цели, анализа текущей обстановки состояния окружающего КА пространства, оценки и применения СН с последующим анализом результатов этого применения;

- располагаемых в плоскости вращения маховика, плоскость плат ориентирована по вектору силы гравитационного воздействия, платы проектируются в виде производных от сектора окружности (секторные платы ВМ, см рис. 3) – данные ВМ используются в качестве посредников (драйверов) в управлении периферийными устройствами, расположенными как в рото-блоках, так и на статическом конструктиве.

Результатом разработки вышеназванных технологий пространственно-ориентируемого расположения отдельных вычислительных модулей (ВМ) и блоков устройств в маховичном конструктиве является создание экспериментальных образцов модульно-пространственных плат вычислительных модулей, а так же конструкторская документация для выпуска прототипа секторных плат блоков управления мехатронных устройств рото-блоков отдельной рото-платформы (для блока управления двигателями-генераторами [5, 7, 8] создан рабочий прототип). Все вышеуказанные прототипы испытаны в ходе проведения первого этапа стенда построения главного конструктора в рамках внутреннего НИОКР "Ориентир 1" КРЗПП "Арсенал".

Список литературы

- 1 Анализ достигнутого научно-технического задела в области разработки средств доставки БО: НИР "Оснащение-ЭД-Р": отчет о НИР / НПО «ЭД», «Арсенал» КРЗПП; Рук. Стреж С. В., Ответст. исп. Корнеев В.П. М., 20014. – 123 с. Испол. : Ермак С. Н., Е.П. Гребенников Е.П.. [и др]. С.40 140. Инв. № 102.
- 2 Стреж С. В., Трошин Е. В. Новый этап развития космонавтики [Текст] // Космонавтика и ракетостроение. 2005. Вып. 1(38). С.173 190.
- 3 Комплексный анализ целесообразности и проблем создания отечественных систем на базе малых и сверх малых космических аппаратов нового поколения : «Автоклав Т» : отчет о НИР / ЦНИИмаш, ЦНИТИ «Техномаш» ; Рук. Стреж С. В., Ответст. исп. Трошин Е. В. М., 2003. – 186 с. Испол. : Ермак С. Н., Квасников А. Ю., Середин С. В. [и др]. С.40 140. Инв. № 36536.
- 4 Система стабилизации скорости вращения силовых гиросtabilизаторов : пат. 2383863 Рос. Федерация : С1, МПК3 Н02Р 23/08 (2006.01) / Стреж С. В., Вороной А.Т.. - №2008134188/09 ; заявл. 21.08.2008 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9
- 5 Адаптивная система управления гиросtabilизатором : пат. 2381451 Рос. Федерация : С1, МПК Н02Р 23/08 (2006.01) / Стреж С. В., Вороной А.Т.. - №2008134194/09 ; заявл. 21.08.2008 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9
- 6 Способ стабилизации момента вращения силовых гиросtabilизаторов : пат. 2385530 Рос. Федерация : С1, МПК Н02Р 23/08 (2006.01) / Стреж С. В., Вороной А.Т.. - №2008134191/09 ; заявл. 21.08.2008 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9

7 Система стабилизации момента вращения силовых гиросtabilизато-ров :пат. 2382334
Рос. Федерация : С1, МПК G01С 21/00 (2006.01) / Стреж С. В., Вороной А.Т.. - №2008134190/09 ; заявл.
21.08.2008 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9

8 Способ стабилизации скорости вращения силовых гиросtabilизато-ров :пат. 2385531
Рос. Федерация : С1, МПК H02Р 23/08 (2006.01) / Стреж С. В., Вороной А.Т.. - №2008134189/09 ; заявл.
21.08.2008 ; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9