

Технология и средства испытаний системы электропитания космических аппаратов

Тютюнин Т.В.

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

Прокофьев Е.Н.

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

Аннотация

Рассматриваются способ проведения наземных испытаний системы электропитания космического аппарата. Указанный способ позволяет обеспечить повышение функциональных возможностей и надежность процесса электроиспытаний, а также сохранение ресурсных характеристик бортовых аккумуляторных батарей.

Ключевые слова: система электропитания; космический аппарат; средства испытаний; ресурсные характеристики; аппаратура имитации.

Введение

Современный космический аппарат (КА), представляет собой взаимосвязанный комплекс систем различного назначения, каждая из которых требует специфического электрооборудования. Учитывая, что это электрооборудование работает в тяжелых условиях космического пространства, к нему предъявляются весьма жесткие требования по надежности и эффективности. Поэтому на всех стадиях изготовления КА от разработки отдельных блоков и узлов до запуска на орбиту, большое значение придается наземным испытаниям.

Одной из основных систем любого космического аппарата является система электропитания (СЭП), любые сбои в работе, которой приводят к нарушению других систем, а при ее отказе к завершению срока активного существования КА (САС).

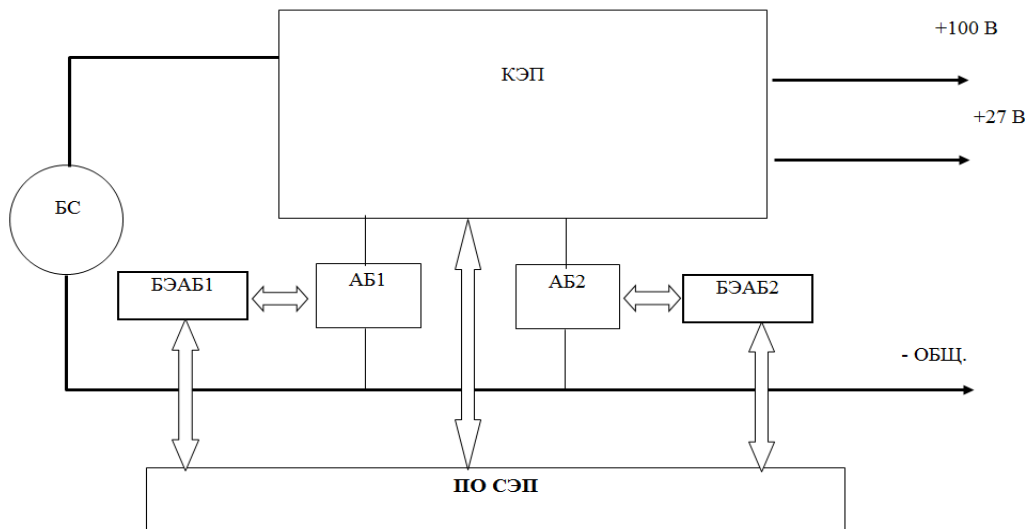
Как правило, в состав СЭП большинства КА разработки ОАО «ИСС» входят четыре основных элемента:

- первичный источник энергии (солнечная батарея);
- вторичный источник энергии (аккумуляторная батарея)
- комплекс энергопреобразующий (КЭП);
- блок электроники аккумуляторных батарей (БЭАБ).

Структурная схема системы электропитания приведена на рисунке 1.

По мере накопления опыта по разработке и исследованию космической техники стало очевидным, что полная физическая имитация технических характеристик бортовых источников энергии требует слишком больших затрат. К примеру, использование солнечной батареи в качестве первичного источника энергии СЭП КА в наземных условиях требует использования больших помещений и специальных стендовых устройств для обеспечения заданных условий освещенности и температуры (мощных осветителей, систем термостабилизации и др.), что технически трудно осуществимо и экономически нецелесообразно. Использование же реальных аккумуляторных батарей ведет к длительному времени отработки и испытаний КА, так как в силу длительности электрохимических процессов, протекающих в АБ, невозможно быстрое изменение их режимов работы и состояния (напряжения, степени заряженности, температуры, давления).

Поэтому на практике при наземных испытаниях КА вместо штатных источников энергии (АБ и БС) применяются имитаторы источников энергии (блоки имитации аккумуляторных батарей и имитаторы батарей солнечных).



АБ – аккумуляторная батарея; БЭАБ – блок электроники аккумуляторных батарей; БС – батарея солнечная; КЭП – комплекс энергопреобразующий; ПО СЭП – программное обеспечение системы электропитания

Рис.1. Структурная схема системы электропитания

Назначение оборудования, которое входит в состав СЭП КА

Батарея солнечная (БС) является основным источником тока СЭП и предназначена для генерации электрической энергии на освещенных участках орбиты в течение всего срока эксплуатации спутника по целевому назначению.

БС КА состоит из трехкаскадных арсенид-галлиевых фотопреобразователей, расположенных на струнах углепластикового каркаса панелей БС. Электрически БС разделена на секции, при этом ток каждой секции в начале САС имеет значение не более 7 А при напряжении в рабочей точке более 100 В.

Комплект аккумуляторных батарей (АБ) предназначен для накопления энергии от БС и обеспечения энергопотребления БА при превышении мощности, потребляемой бортовой аппаратурой (БА) относительно мощности БС, а так же при выведении КА на орбиту, при прохождении КА теней Земли и Луны, обеспечения пикового потребления БА, отказов в управлении ориентацией, а также при проведении электрических испытаний спутника.

В настоящее время в ОАО «ИСС» на замену никель-водородным АБ пришли литий-ионные АБ. Комплект аккумуляторных батарей состоит из двух литий-ионных АБ.

Комплекс энергопреобразующий предназначен для выполнения следующих функций:

- формирование и стабилизацию напряжения энергопитания по главной шине "+ 100 В";
- формирование и стабилизацию напряжения энергопитания по служебной шине "+ 27 В";
- формирования сигналов на отключение нагрузки (ОН) при снижении напряжения энергопитания ниже допустимого значения $95\% \pm 1\%$;
- обеспечения совместной работы БС и комплекта АБ в составе системы электропитания;
- обеспечения заряда/разряда комплекта АБ и защиты АБ от перезаряда/переразряда;
- приема и исполнения команд управления и обменных сигналов из блока управления бортового комплекса управления;
- формирования телеметрической информации СЭП.

Блок электроники литий-ионных аккумуляторных батарей предназначен:

- для измерения напряжений и температур;
- преобразования результатов измерений для передачи данных по мультиплексному каналу обмена (МКО) в бортовой центрально-вычислительный комплекс;

- реализации алгоритмов управления режимами заряда/разряда АБ с помощью программного обеспечения СЭП;
- коммутации балансировочных резисторов АБ для выравнивания степени заряженности аккумуляторов в АБ;
- управления байпасными переключателями для исключения из зарядной/разрядной цепи отказавших аккумуляторов АБ.

Этапы испытаний КА

Испытания КА состоят из нескольких этапов: электро-радио технические испытания, интеграционные испытания, испытания на внешние воздействия, испытания после внешних воздействий, ПСИ КА.

- На ЭРТИ проводятся измерения электрических характеристик служебных систем КА.
- На интеграционных испытаниях отрабатывается взаимодействие систем и работа КА в комплексе.
- При испытаниях на внешние воздействия проводится проверка работоспособности систем КА в условиях максимально приближенных к эксплуатационным (имитация участка выведения, начальные режимы работы, холодные и горячие случаи на орбите функционирования КА).
- Испытание после внешних воздействий необходимы для подтверждения работоспособности всех систем КА после температурных и вибрационных воздействий.
- Приёмо-сдаточные испытания КА.

Оборудование, используемое в настоящее время при наземных испытаниях КА в ОАО «ИСС»

ИБС-200/7-4 (в дальнейшем ИБС) выполнен в виде функционально законченной стойки, обеспечивающей работу в ручном режиме и в составе автоматизированных комплексов под управлением ПЭВМ верхнего уровня автоматического испытательного комплекса (АИК).

ИБС предназначен для обеспечения энергопреобразующей аппаратуры платформы КА и КА в целом при проведении комплексных испытаний электропитанием, параметры которых идентичны электропитанию спутника, поступающему при штатной эксплуатации БС.

Блок имитации литий-ионных аккумуляторных батарей БИАБ-100ЛИ (в дальнейшем БИАБ) также выполнен в виде функционально законченной стойки, обеспечивающей работу в ручном режиме и в составе автоматизированных комплексов под управлением ПЭВМ верхнего уровня автоматического испытательного комплекса (АИК).

БИАБ предназначен для:

- имитации АБ при ее заряде и разряде;
- имитации изменения напряжения на каждом аккумуляторе АБ;
- имитации датчиков температуры АБ;
- имитации обогревателей АБ.

Достоинства и недостатки аппаратуры имитации АБ, БС

Главным достоинством применения имитаторов является сохранение эксплуатационных характеристик реальных АБ и БС на всех этапах изготовления КА. Применение ИАБ и ИБС позволяет предотвратить появление аварийных ситуаций (таких как короткое замыкание), имитаторы полностью контролируются автоматизированным испытательным комплексом и содержат механизмы защиты от перенапряжения и короткого замыкания.

Главный недостаток такой аппаратуры это зависимость от первичного источника питания – промышленной сети, при пропадании которой ИАБ и ИБС отключаются. Одним из недостатков имеющих БИАБ-100ЛИ и ИБС-200 является ненадёжность работы каналов связанных с качеством ЭРИ и отсутствием резервирования важных модулей/каналов, что очень критично при проведении продолжительных испытаний (1000 часов и более) при которых на КА должно непрерывно поступать питание от имитаторов АБ и БС (испытания в крио-барокамере).

Перспективы развития оборудования для наземных испытаний КА

Имея опыт работы с БИАБ-100ЛИ и ИБС-200 в данный момент ведутся работы по созданию (ОКР) имитаторов АБ и БС с резервированием основных модулей и каналов для бесперебойного обеспечения испытаний КА. Одновременно при разработке имитаторов предъявляются более жёсткие требования на этапе изготовления: выборка ЭРИ, температурный прогон модулей, ресурсные испытания аппаратуры имитаторов.

Заключение

Технология и способы испытаний СЭП КА позволяет повысить функциональные возможности, надёжность и непрерывность процесса электроиспытаний КА, сохранить ресурсные характеристики бортовых аккумуляторных батарей и батарей солнечных.

Литература

1. Кремзуков Ю.А. Автоматизированная система контроля энергопреобразующей аппаратуры систем электропитания космических аппаратов / Ю.А. Кремзуков, В.М. Рулевский, Ю.А. Шиняков, М.Н. Цветков // Доклады ТУСУР. № 2(22). 2010. С. 274–280.

Для цитирования:

Тютюнин Т.В. Прокофьев Е.Н. Технология и средства испытаний системы электропитания космических аппаратов // i-methods. 2009. Т. 1. № 1. С. 10–13.

Technology and tools for testing of power supply system of spacecraft

Tyutyunin T.V.

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

Prokofev E.N.

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

Abstract

Рассматриваются способ проведения наземных испытаний системы электропитания космического аппарата. Указанный способ позволяет обеспечить повышение функциональных возможностей и надёжность процесса электроиспытаний, а также сохранение ресурсных характеристик бортовых аккумуляторных батарей.

Keywords: power system; spacecraft; testing tools; resource characteristics; simulation equipment.

References

1. Krasukov Yu.A. Automated control system PCU systems of spacecraft power supply / Krasukov Y.A., V.M. Rulevski, J.A. Sinyakov, M.N. Cvetkov // proceedings of TUSUR. No. 2(22). 2010. Pp. 274–280.

For citation:

Tyutyunin T.V. Prokofev E.N. Technology and tools for testing of power supply system of spacecraft // i-methods. 2009. Vol. 1. No. 1. Pp. 10–13.