

СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ

УДК 621.396.6.19.3:629.783

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКИХ СРОКОВ АКТИВНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ РЭА СПУТНИКОВ СВЯЗИ

В.С. Анашин, зам. генерального директора — зам. главного конструктора ФГУП «НИИ КП», к.т.н.; systema-npp@mail.ru

Ключевые слова: стойкость радиоэлектронной аппаратуры, срок активного существования, ионизирующее излучение космического пространства, мониторинг, структурно-алгоритмические методы.

Введение. Анализ динамики развития спутниковых систем связи в последнее десятилетие позволяет выявить следующие основные тенденции: снижение удельной стоимости информации, увеличение функциональной сложности, в том числе рост числа корпусов электронной компонентной базы (ЭКБ), переход на сверхбольшие интегральные схемы и «системы-на-кристалле», увеличение срока активного существования (САС) космических аппаратов (КА).

Ионизирующие излучения — главенствующий естественный фактор космического пространства, ограничивающий САС радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) связанных КА из-за воздействия на конструкционные материалы и материалы электрорадиоизделий. Основное влияние они оказывают на ЭКБ и проявляются в одиночных и дозовых эффектах. Дозовые эффекты от протонов и электронов естественного радиационного пояса Земли (ЕРПЗ) приводят к параметрическим и функциональным отказам; одиночные эффекты от воздействия протонов и ионов ЕРПЗ, солнечных и галактических космических лучей приводят к обратимым (сбоям) и необратимым (катастрофическим) отказам. Доля ионизирующих излучений космического пространства (ИИКП) падает и по имеющимся данным, составляет от 30 до 50% квалифицированных отказов [1], хотя реально этот процент выше, поскольку вызываемая деградация материалов является стимулятором других (в первую очередь, электростатических) типов отказов.

Методы обеспечения (и повышения) стойкости бортовой РЭА к ИИКП. По мнению многих специалистов в этой области [2—4], к ним можно отнести:

- непосредственный контроль ИИКП на борту КА;
- методы контроля (определения характеристик) стойкости ЭКБ к ИИКП (далее везде стойкость ЭКБ);
- конструктивно-технологические методы повышения стойкости ЭКБ;
- информационные методы обеспечения стойкости ЭКБ;
- создание отраслевого центра испытаний ЭКБ (РЭА) на стойкость к ИИКП, включая ведение архивов по результатам испытаний, по конструкторско-технологической документации, нормативно-методическому и программному обеспечению.

Непосредственный контроль ИИКП на борту КА реализуется при создании отраслевой системы мониторинга ИИКП, являющейся дополнением к научным системам контроля ИИКП и предназначенной в основном для:

- расчета и контроля остаточного ресурса КА;
- управления структурно-алгоритмическими методами для повышения САС РЭА;
- прогнозирования изменения (в том числе опасного) воздействия ИИКП на РЭА;
- измерения характеристик воздействия ИИКП на РЭА и получения полетных данных по ее стойкости.

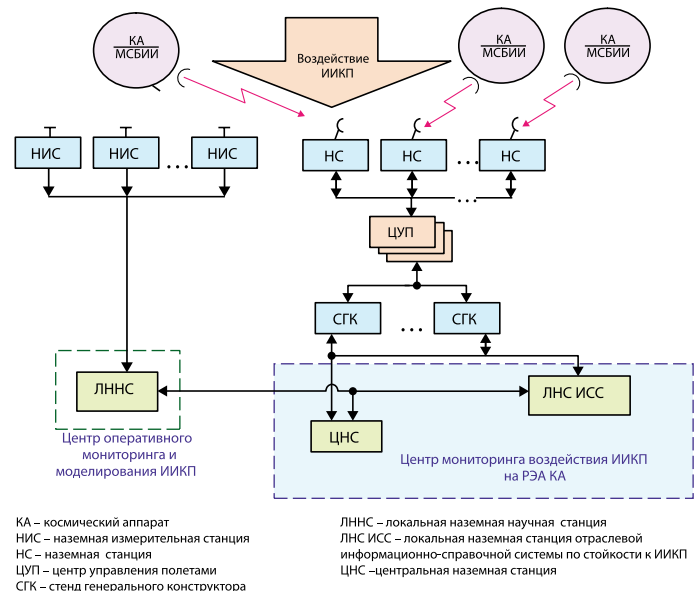


Рис. 1

В состав системы мониторинга (рис. 1), являющейся по сути спутниковой системой связи, входит микроминиатюрный (малый вес, габариты и потребление) бортовой измерительный сегмент (МСБИИ), устанавливаемый на всех КА и сопрягаемый с телеметрическими подсистемами для непрерывного сброса измерений на Землю, и наземный сегмент, базирующийся на существующем оборудовании и линиях связи. Наземный сегмент включает отраслевой центр мониторинга, осуществляющий, в первую очередь, контроль и расчет «остаточного» ресурса, и центр оперативного мониторинга и моделирования, обеспечивающий прогноз ИИКП. Результаты мониторинга доступны и на отраслевой информационно-справочной системе (ИСС) по стойкости ЭКБ.

Данный подход, в отличие от прогнозирования только состояния полей ИИКП по измерениям на нескольких КА, позволяет с требуемой точностью измерять как непосредственное воздействие ИИКП на РЭА, так и своевременно реагировать на его опасные уровни. При этом способ (метод) мониторинга воздействия ИИКП должен быть максимально приближен к специфике эффектов, протекающих в реальной ЭКБ.

Специалистами ФГУП «НИИ КП» созданы экспериментальные образцы элементов бортового измерительного сегмента, которые в настоящее время проходят летно-конструкторские испытания.

Методы контроля стойкости ЭКБ служат для комплектации бортовой РЭА спутниковой связи ЭКБ широкой номенклатуры с требуемыми характеристиками при одновременном сокращении затрат благодаря применению индустриальной ЭКБ. К ним относятся:

- определение характеристик стойкости ЭКБ [5,6], в том числе к дозовым и одиночным эффектам всех видов (SEU, SEL, SEHE, SEFI, SEB, SEGR, SESB, SET);

- отбор ЭКБ повышенной дозовой стойкости и отбраковка потенциально (аномально) ненадежной на основе анализа измеренных (прогнозируемых) индивидуальных характеристик стойкости и поведения ЭКБ в процессе облучения и отжига;

- определение базовых уровней стойкости типовых классов ЭКБ к дозовым и одиночным эффектам для сокращения объема испытаний и их исключения при предварительном выборе ЭКБ и оценке стойкости к ИИКП;

- уточнение надежных характеристик ЭКБ в условиях воздействия ИИКП, реализуемое путем экспериментально-аналитического определения радиационного коэффициента для предварительных надежных расчетов.

Указанные работы проводятся в институте с 2002 г. и уже реализованы в отраслевых нормативных документах и более 15 стандартах предприятия, используемых при разработке ряда спутниковых телекоммуникационных систем.

Конструктивно-технологические методы повышения стойкости РЭА служат для увеличения (в 2–5 раз и более) дозовой стойкости РЭА по сравнению со стойкостью отдельных компонентов; для одиночных эффектов можно говорить лишь об уменьшении последствий воздействия тяжелых заряженных частиц и недопущении катастрофического развития эффектов. К этим методам относятся:

- метод программного управления резервом (повышение времени функционирования в 1,5–2 раза), основанный на существенной разнице скоростей деградации параметров ЭКБ под действием ИИКП во включенном и выключенном состояниях; разработан на предприятии и реализован в отраслевом нормативном документе;

- метод локального экранирования, являющийся продолжением и адаптацией технологии RAD PAK, на основе сплавов вольфрама с различными металлами; реализован на предприятии в типовом наборе локальных экранов (дополнительных корпусов ЭКБ) и отраслевом нормативно-методическом обеспечении, примененными при разработке сенсоров накопленной дозы для спутников ГЛОНАСС-М.

Информационные методы (рис. 2, 3) служат в основном для предварительных расчетов стойкости (и надежности) РЭА и предварительного отбора ЭКБ, а также для нормативно-методического обеспечения работ по контролю стойкости. Они определяют следующие направления:

- создание и адаптация отраслевых нормативных документов по стойкости ЭКБ (РЭА);

- создание и верификация отраслевых пакетов программ расчета (оценки) стойкости РЭА к ИИКП, в том числе (расчет локальных полей ИИКП в конкретном месте расположения РЭА в КА, уточнение САС РЭА при штатной эксплуатации, оценка достаточности конструктивно-технологических мер защиты РЭА от ИИКП и т. п.

В институте созданы шесть отраслевых нормативно-методических руководящих документов и два отраслевых пакета программ (пять модификаций) по тематике обеспечения САС в условиях воздействия ИИКП.

Кроме того, создана и с 2007 г. эксплуатируется отраслевая информационно-справочная система по стойкости ЭКБ (www.kosrad.ru), включающая обширную (более 15000 записей) базу данных и большой объем разнообразной информации по указанной тематике.

Отраслевой центр испытаний стойкости ЭКБ (РЭА) к ИИКП является главным результатом проводимых в институте работ и служит для организации испытаний стойкости ЭКБ (РЭА)



Рис. 2

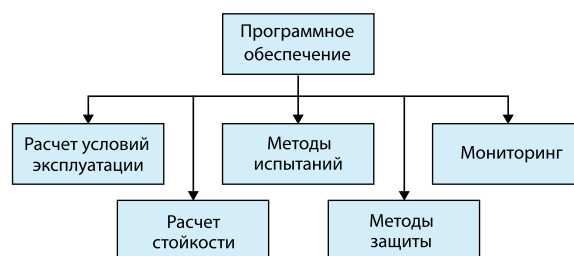


Рис. 3

к воздействию естественных факторов ИИКП с использованием как имеющихся мощностей, так и вновь создаваемых стендов. Проводимые работы направлены на создание:

- стенда прямого контроля одиночных радиационных эффектов ЭКБ всех видов на ускорителях протонов и ионов;
- стенда неразрушающего контроля индивидуальной дозовой стойкости ЭКБ;

- стенда контроля стойкости ЭКБ к естественным нейтронным потокам с использованием пучков вторичных нейтронов;

- стенда неразрушающего акусторадиографического контроля ЭКБ, включая декорпусирование и определение химического состава корпусов ЭКБ;

- стенда контроля (отбора) и отбраковки ЭКБ повышенных потребительских свойств совмещением электротермических, ионизационных и импульсных электромагнитных воздействий;

- дизайн-центра испытаний стойкости ЭКБ к ИИКП, включая автоматизацию разработки программ и методик, обеспечение испытаний специализированных приспособлений и технологической оснастки.

В институте в 2007 г. начаты работы по созданию стенда контроля одиночных эффектов (по двум типам эффектов из восьми), экспериментального стенда контроля дозовой стойкости (для небольших объемов ЭКБ), требуется продолжение в части модернизации под промышленные объемы проведения отбора и отбраковки ЭКБ.

Заключение. Результаты работ по указанному направлению являются инновационными, соизмеримы по уровню с передовыми мировыми достижениями в области обеспечения высоких САС КА, в частности:

- контроля стойкости всех типов ЭКБ к ИИКП (в части дозовых и одиночных эффектов всех видов);

- повышения эксплуатационных характеристик ЭКБ за счет отбора;
- снижения случайных отказов ЭКБ за счет отбраковки;
- расширения номенклатуры потенциально применимой ЭКБ за счет использования индустриальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Koons H.C. et al.** The impact of the space environment on space systems, Aerospace technical Report TR-99 (1670). — 1, 1999.
2. **Анашин В.С.** Развитие информационных, методологических и структурно-технологических аспектов обеспечения стойкости радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов к ионизирующим излучениям космического пространства // Тез. докл. международной конференции «Авиация и космонавтика-2007». — М.: МАИ, 2007.
3. **Анашин В.С.** Проблемы обеспечения высоких сроков активного существования радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов в условиях воздействия ионизирующих излучений космического пространства // Тезисы докладов международной конференции «Перспективы использования новых технологий и научно-технических решений в ракетно-космической и авиационной промышленности» (Aerospace 2008). — М, 2008.
4. **Анашин В.С.** Технологические методы повышения стойкости радиоэлектронной аппаратуры к ионизирующим излучениям космического пространства (в части дозовых радиационных эффектов) // Элементная база космических систем. Материалы конференции. — М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова, 2007.
5. **Анашин В.С. и др.** Определение радиационной стойкости КМОП ИМС при воздействии низкоинтенсивного ионизирующего излучения // Элементная база космических систем. Материалы конференции. — М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова, 2007.
6. **Анашин В.С. и др.** Испытания радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к одиночным радиационным эффектам от воздействия естественных тяжелых заряженных частиц космического пространства // Элементная база космических систем. Материалы конференции. — М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова, 2006.

Получено 18.02.09

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ

10-й Международный Форум МАС'09

«РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА»

переносится на 14 мая 2009 г.

Место проведения Форума: **Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр», павильон 7, Конференц-зал.** Начало работы — **12:00.** Начало регистрации — **11:15.**

По вопросам участия просьба обращаться в Оргкомитет:

Тел./факс: (495)742-53-53, 742-75-46

E-mail: info@ita.org.ru

ИНФОРМАЦИЯ

НОВОСТИ КОМПАНИИ «МФИ СОФТ»

Компания «МФИ Софт» представила новую линейку NGN-решений на базе комплекса оборудования РТУ — решения для организации узлов местной связи, создания узлов зонной и МГ/МН связи на базе IP, предоставления современных сервисов (ДВО), а также организации корпоративных и ведомственных сетей связи на базе технологии коммутации пакетов.

В составе линейки представлены следующие решения: «РТУ-комплекс», «РТУ-транзит», «РТУ местная связь», «РТУ сервисная платформа», «РТУ-корпорация». Технологическая основа всех решений — комплекс оборудования РТУ, который первым в 2008 г. был сертифицирован по новым правилам применения узлов связи с использованием технологии коммутации пакетов информации.

Решение «РТУ-транзит» предназначено для создания зонных, МГ/МН узлов связи на базе технологии коммутации пакетов, построения опорно-транзитных сетей операторов сотовой (GSM, WiMAX, 3G, MVNO) или фиксированной связи. В решении заложены функции гибкого программного коммутатора 4 класса и пограничного контроллера сессий, обеспечивается взаимодействие между коммутируемыми сетями общего пользования и NGN-сетями, а также межсетевой обмен VoIP-трафиком (IP-peering), осуществляется сопряжение разнородного оборудова-

ния в сети оператора и при межсетевом взаимодействии.

Решение «РТУ местная связь» позволяет операторам создавать узлы местной связи на базе технологии коммутации пакетов и предоставлять современные интеллектуальные сервисы (ДВО) частным и корпоративным клиентам. С помощью этого решения операторы могут оказывать услуги базового вызова, предоставлять широкий спектр услуг ДВО и набор услуг IP Centrex. Реализованная в «РТУ местная связь» система поддержки доменов позволяет решить задачу VoIP-хостинга и организации виртуальных офисов, предоставляемых другим операторам или корпоративным клиентам.

В решении «РТУ-комплекс» объединены возможности создания узлов местной, зонной, МГ/МН связи по технологии IP/NGN, а также построения целостных сегментов сети на основе технологии коммутации пакетов. Решение предназначено для операторов, заинтересованных в развитии сети, согласно концепции All IP. Универсальность решения дает оператору возможность самостоятельно выбирать наиболее перспективные направления развития сети, количество и виды предоставляемых абонентам услуг.

Решение «РТУ сервисная платформа» позволяет операторам получать дополнительный доход от предоставления новых востребованных сервисов (VAS) и развития перспективных направлений услуг,

в том числе услуг класса FMC. Используя это решение, можно оказывать более 40 современных дополнительных сервисов, включая Unified Messaging (Voice-to-Email, Fax-to-Email, Web-to-Fax и др.), внутренний план короткой нумерации, объединяющий GSM/TDM/VoIP номера сотрудников, сервис «Следуй за мной» с возможностью переадресации звонков на различные абонентские терминалы и др. Решения дают возможность оператору формировать набор сервисов индивидуально для абонента или групп абонентов, увеличивать производительность и расширять набор сервисов по мере роста востребованности услуг.

Решение «РТУ-корпорация» предназначено для создания корпоративных и ведомственных сетей связи на базе технологии коммутации пакетов и предоставления сотрудникам доступа к современным сервисам, повышающим производительность труда персонала. С помощью этого решения можно объединить географически удаленные офисы в единую коммуникационную систему с минимизацией затрат на телефонную связь между подразделениями компании.

Ключевыми особенностями всех представленных на базе комплекса оборудования РТУ решений являются высокая производительность с возможностью гибкого наращивания емкости, легкость интеграции в инфраструктуру существующей сети, реализация дополнительных механизмов резервирования и отказоустойчивости.