

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АППАРАТНОГО МОДУЛЯ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ

А. В. Стахи, А. Н. Зотов, В. В. Жаднов (научный руководитель)

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
E-mail: avstakhi_1@edu.hse.ru*

В докладе рассмотрен аппаратный модуль антенной системы, а также состав оборудования данной системы. Модуль антенной системы - это составляющая станции спутниковой связи, предназначенный для организации дальней многоканальной радиосвязи и оповещения с использованием ретрансляторов на искусственных спутниках Земли. Рассмотрены критерии долговечности для данной системы. Выполнен расчет надежности аппаратного модуля антенной системы с помощью компьютерной программы АСОНИКА-К-СЧ.

В условиях современной экономики автоматизация является одним из основных направлений технического прогресса. Это является первой причиной возрастания фактора надежности в современных условиях развития техники и, в частности, при проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) различного назначения. Второй причиной, требующей повышения надежности, является возрастание сложности РЭА, аппаратуры ее обслуживания, жесткости условий эксплуатации и ответственности задач, которые на нее возлагаются [1].

Долговечность есть общее время, которое РЭА может отработать на номинальном режиме в условиях нормальной эксплуатации без существенного снижения основных расчетных параметров, при экономически приемлемой суммарной стоимости ремонтов. Иногда применяют понятие «ресурс» (время работы РЭА в часах до первого капитального ремонта). Во многих случаях, особенно для РЭА непериодического действия, долговечность измеряют показателями суммарной выработки за все время ее функционирования [2]. Фактическая долговечность может значительно отличаться от номинальной в зависимости от условий работы. Она уменьшается при систематической перегрузке РЭА. При облегченных условиях работы долговечность РЭА возрастает [3, 4].

Основные факторы, лимитирующие долговечность и надежность, следующие: поломки составных частей (СЧ); износ трущихся поверхностей; повреждения поверхностей в результате действия контактных напряжений, наклепа и коррозии; пластические деформации деталей, вызываемые местным или общим переходом напряжений за предел текучести при повышенных температурах.

В наихудшем положении находится РЭА, долговечность которой зависит в первую очередь от стойкости СЧ, работающих при высоких температурах. Прочность материалов резко снижается с увеличением температуры и, как следствие, к утрате работоспособности РЭА [5].

Аппаратный модуль антенной системы относится к радиотехнике и может быть использован при конструировании РЭА, осуществляющих прием из эфира сигналов спутниковых систем, например, сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС, GPS, WAAS, EGNOS и др., и передачу принятых сигналов по высокочастотному фидерному тракту удаленному потребителю для обработки и выделения информации [6].

На рис. 1 мы можем видеть оборудование, размещенное в стандартной стойке, включающее три специализированных автоматизированных рабочих места (АРМ) и семь выносных рабочих мест. К специализированному АРМ подключен принтер. Такой модульный принцип построения аппаратуры позволяет комбинировать различные модификации антенных модулей и модулей обработки.

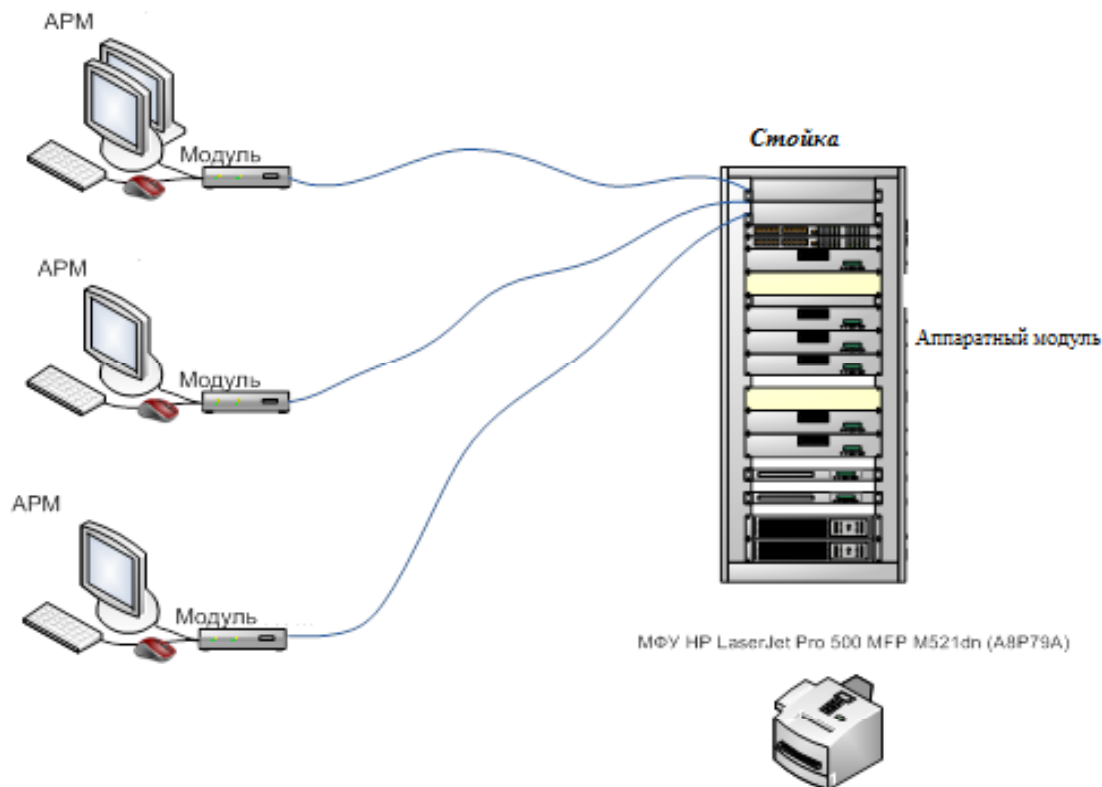


Рис. 1. Состав оборудования

При необходимости передачи высокочастотных сигналов по протяженному фидерному тракту в антенных модулях устанавливаются соответствующие усилители. Примером протяженного фидерного тракта является фидерный тракт, соединяющий антенный модуль, размещенный на крыше высотного здания или иного сооружения, с модулем обработки, размещенным в одном из нижних этажей этого же здания или в другом здании.

Подобное размещение применяется, в частности, при приеме сигналов СРНС ГЛОНАСС и/или GPS базовыми станциями сети сотовой радиосвязи в целях получения сигналов точного времени и сигналов синхронизации.

Аппаратный модуль антенной системы предназначен для применения в спутниковых системах, для которых характерно, что элементы, осуществляющие прием сигналов спутниковых систем, сосредоточены в рамках одной конструкции (аппаратный модуль). Эскиз конструкции аппаратного модуля показан на рис. 2, а состав элементов одной из его СЧ приведен в табл. 1.



Рис. 2. Аппаратный модуль антенной системы

Таблица 1

Элементы составной части

№ п/п	Наименование	Темп. диапазон
1	2	3
1	Резистор CR0805-JW	- 55 °С до + 155 °С
2	Резистор GRM39-X7R	- 55 °С до + 125 °С
3	Преобразователь напряжения 10ТРА33М	- 55 °С до + 105 °С
4	1533ЛН2 Микросхема	-10 °С до +70 °С
5	LTC1345CSW Модулятор	- 40 °С до +85 °С
6	МАХ3032ЕЕSE Датчик	-40 °С до +85 °С
7	МАХ3096СSE Датчик	-40 °С до +85 °С
8	Микросхема ХС3S200-4ТQ144С	-40 °С до +100 °С
9	Микросхема ХСF02SVO20С	-40 °С до +85 °С
10	Вилка DRB	-50 °С до +105 °С
11	Светодиод в корпусе LA07W/G	-30 °С до +85 °С

Аппаратный модуль антенной системы должен отвечать следующим требованиям по надежности:

- срок гарантии 3 года эксплуатации;
- среднее время наработки на отказ – не менее 10000 ч.

Критерием отказа аппаратного модуля является потеря работоспособности, приводящая к невозможности приема или передачи в режиме «РАБОТА» хотя бы по любому стыку при подключенной заглушке.

Расчеты надежности аппаратного модуля были проведены с помощью системы АСОНИКА-К-СЧ программного комплекса АСОНИКА-К [7]. АСОНИКА-К-СЧ – система анализа и обеспечения надежности и качества РЭА. Система предназначена для обеспечения надежности РЭА при проектировании. Исходные данные для расчета задаются с помощью последовательности диалоговых окон и схемы расчета надежности (СРН).

Система имеет множество сервисных функций, которые упрощают работу, например, такие как настройка «по умолчанию», размножение, копирование, формирование отчетов, контекстно-связанная справочная система. Благодаря наличию данных сервисных функций системой могут пользоваться не только специалисты в области надежности, но и непосредственно инженеры-схемотехники и конструкторы.

Система позволяет обеспечить одновременную работу нескольких пользователей. При этом пользователи могут работать как в локальных сетях, так и в глобальной сети Интернет. Система использует базу данных, в которой имеются электрорадиоизделия (ЭРИ) как отечественного, так и зарубежного производства.

Система позволяет производить расчеты надежности РЭА, которая имеет различные виды резервирования.

Система АСОНИКА-К-К-СЧ создана в технологии «клиент-сервер». Система состоит из двух частей – клиентской и серверной. Клиентская часть системы функционирует на компьютерах с установленной операционной системой семейства Windows. Для нормальной работы сервера системы АСОНИКА-К-СЧ необходимо наличие установленной СУБД [8].

На рис. 3 показано окно системы АСОНИКА-К-СЧ, содержащая результаты расчетов, а в табл. 2 – численные значения характеристик надежности элементов. Как видно на рис. 3, некоторые выбранные типы элементов рассматриваемой СЧ при эксплуатации не будут полностью обеспечивать качество и надежность изделия. Таким образом, в отчете системы АСОНИКА-К-СЧ данные части выделены красным цветом.

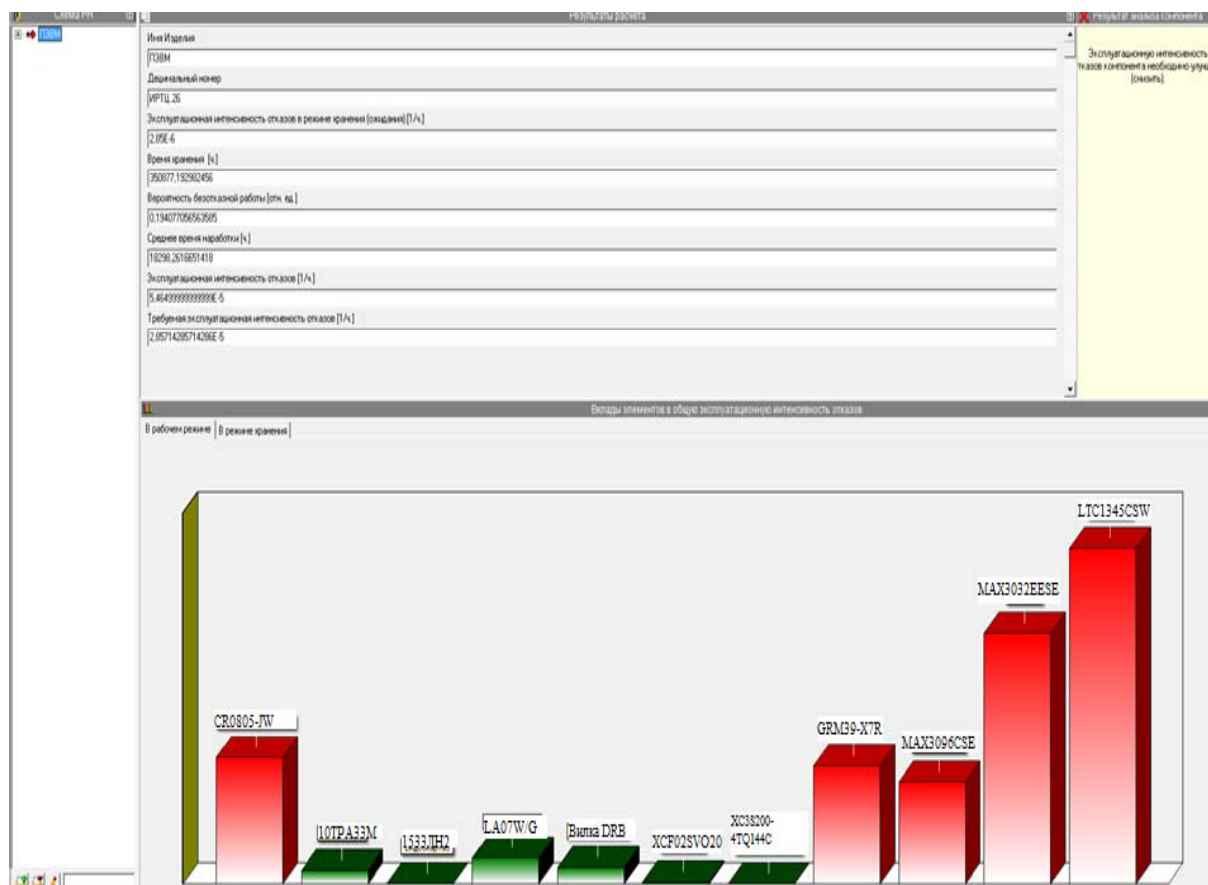


Рис. 3. Система АСОНИКА-К-СЧ: Результаты расчета

Таблица 2

Характеристики надежности элементов

№ п/п	Техн. группа	$T_{вi}$	λ_{ci}	T_{oi}	$K_{гi}$
1	Резистор 1	4	0,0000068	147058,8	0,999973
2	Преобразователь	2,5	0,00000107	934579,4	0,999997
3	Микросхема	1,5	0,0000004	2500000,0	0,999999
4	Вилка	2	0,0000017	588235,3	0,999997
5	Жесткий диск	4	0,0000012	833333,3	0,999995
6	XILINX 1	0,4	5,08E-07	1968503,9	1,000000
7	XILINX 2	1,2	0,0000004	2500000,0	1,000000
8	Резистор 2	0,9	0,00000638	156739,8	0,999994
9	Датчик 1	0,5	0,00000555	180180,2	0,999997
10	Датчик 2	0,2	0,0000132	75757,6	0,999997
11	Модулятор	0,5	0,0000175	57142,9	0,999991

Пути исправления для подобных случаев должны состоять в замене типономиналы элементов на другие [9]. Кроме того, при расчете надежности, определив из ТЗ требуемую вероятность безотказной работы аппаратуры, конструктор распределяет эту вероятность по составляющим РЭА модулям, подбирает элементы с необходимыми интенсивностями отказов, выявляет потребность и глубину резервирования, принимает меры по защите аппаратуры от воздействий дестабилизирующих факторов. При конструировании необходимы данные об ожидаемых изменениях характеристик элементов в течение всего срока службы РЭА.

Например, если разрабатывается аппаратура со сроком службы 10 лет, то необходимо предварительно в течение 10 лет, если не используется какой-либо метод ускоренных испытаний, собирать данные об изменении параметров комплектующих элементов, что в общем случае нереально, так как за это время может устареть как элементная база, так и сама разрабатываемая РЭА.

В общем случае надежность РЭА зависит от соотношения прочности и устойчивости к нагрузке, которую приходится выдерживать аппаратуре в процессе эксплуатации. Под прочностью здесь понимается способность аппаратуры выдерживать без разрушений внешние температурные, механические, влажностные и прочие воздействия, под устойчивостью – способность к работе при тех же воздействиях.

Список литературы

1. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надёжности электронных средств наземно-космических систем: науч. издание / отв. ред. В.В. Жаднов. Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012. 565 с.
2. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем: учеб. пособие. М.: Моск. гос. ин-т электроники и математики, 2002. 113 с.
3. Карапузов М.А., Полесский С.Н., Жаднов В.В. Влияние внешних воздействующих факторов на долговечность СВЧ-устройств // Т-Сопп: Телекоммуникации и транспорт. 2014. № 12. С. 29–31.
4. Жаднов В.В. Расчётная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем // Надёжность и качество сложных систем. 2013. № 2. С. 65–73.
5. Патраев В.Е., Трифанов И.В. Анализ показателей качества и надёжности при эксплуатации современных космических аппаратов // Вестник СибГАУ. 2010. № 2. С. 110–113.
6. Спутниковое Телевизионное вещание. Общие принципы построения / URL: http://www.arstel.com/ru/articles/art1p_one.php (дата обращения: 01.03.2016).
7. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: учеб. пособие. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2004. 464 с. Сер. «Библиотека инженера».
8. Жаднов В.В., Кофанов Ю.Н., Малютин Н.В. Автоматизация проектных исследований надёжности радиоэлектронной аппаратуры: науч. издание. М.: Радио и связь, 2003. 156 с.
9. Информационная технология обеспечения надёжности сложных электронных средств военного и специального назначения / В.В. Жаднов, С.Н. Полесский, А.Н. Тихменев, Д.К. Авдеев, В.Н. Кулыгин // Компоненты и технологии. 2011. № 6. С. 168–174.