

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ БОРТОВЫХ РЭС В РАМКАХ СИСТЕМЫ «АСОНИКА»

Жаднов В.В., Сарафанов А.В., Гриненко А.П.

(Московский государственный институт электроники и математики

Красноярский государственный технический университет

sav@rtf.kgstu.ru)

Обеспечение показателей безотказности элементной базы бортовых РЭС на разных этапах проектирования, в соответствии с принятными в настоящее время методами [1], основано на расчетной оценке показателей безотказности, при которой не учитывается индивидуальный режим работы каждого электрорадиоэлемента (ЭРЭ) по различным видам механических и некоторых климатических воздействий, которые могут отличаться на отдельных ЭРЭ в десятки раз. Такой подход ведет к значительным материальным и времененным затратам по обеспечению необходимого уровня надежности на ЭРЭ, который согласно традиционному методу может отличаться от реального уровня в десятки раз. Это в свою очередь ведет к снижению конкурентоспособности разрабатываемых образцов РЭС. В докладе для учета данного эффекта предложен метод оценки влияния механических и климатических факторов на надежность элементной базы, реализованный в системе «АСОНИКА». Для изложения сущности разработанного метода рассмотрим математические модели безотказности ЭРЭ [1].

Для расчета эксплуатационной интенсивности отказов λ_r , r -го ЭРЭ используются математические модели вида

$$\lambda_{or} = \lambda_{0r} \prod_{i=1}^l K_i, \quad (1)$$

где λ_{or} – интенсивность отказов при нормальных условиях эксплуатации и номинальной электрической нагрузке; K_i – составляющие модели безотказности; l – количество составляющих модели.

Учет механических и климатических воздействий в модели (1) осуществляется с помощью коэффициента K_s (коэффициент, зависящий от жесткости условий эксплуатации РЭС /учитывает ударные и вибрационные нагрузки, влажность, атмосферное давление, климат, герметизацию и т.п./). Перепишем (1) в виде:

$$\lambda_{or} = K_s \lambda_{0r} \prod_{i=1}^{l-1} K_i. \quad (2)$$

Если в качестве оценки степени влияния элементной базы на общую безотказность РЭС принять его вероятность безотказной работы, которая равна

$$P(\tau) = e^{-K_s \lambda_{0r} \left(\prod_{i=1}^{l-1} K_i \right) \tau}, \quad (3)$$

где τ – время эксплуатации, то в качестве оценки степени влияния совокупности механических и климатических факторов можно принять величину:

$$P_{\kappa \varepsilon}(\tau) = \frac{P(\tau)}{P_0(\tau)}, \quad (4)$$

$$P_0(\tau) = e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) \tau}.$$

Тогда, используя (3), получим:

$$P_{\kappa \varepsilon}(\tau) = e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) (K_2 - 1) \tau}. \quad (5)$$

Если известен процент отказов (по результатам испытаний или эксплуатации) по механическим (N_1) и климатическим (N_2) воздействиям, причем $N_1 + N_2 = 100 \%$, то

$$\frac{N_1}{100} Q_{\kappa \varepsilon}(\tau) + \frac{N_2}{100} Q_{\kappa \varepsilon}(\tau) = Q_{\kappa \varepsilon}(\tau), \quad (6)$$

где $Q_{\kappa \varepsilon}(\tau) = 1 - P_{\kappa \varepsilon}(\tau)$ – вероятность отказа.

В этом случае оценка степени влияния климатических ($j=I$) или механических ($j=2$) воздействий равна

$$P_j(\tau) = 1 - \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) \tau (K_j - 1)} \right]. \quad (7)$$

Если известен процент отказов по каждому климатическому или механическому воздействию, то аналогично могут быть получены оценки степени влияния по конкретному воздействию:

$$P_{j,m}(\tau) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) \tau (K_j - 1)} \right], \quad (8)$$

где m – номер воздействия (климатического или механического).

Таким образом, выражение (8) позволяет оценить влияние каждого воздействия на общий уровень надежности ЭРЭ и может служить основой для принятия проектных решений.

Выражение (8) позволяет также уточнить расчетную оценку показателей безотказности. рассмотрим данный момент подробней.

Методы математического моделирования [3, 4], реализованные в проблемных подсистемах системы «АСОНИКА» (<http://www.electrade.ru/index.sema?a=maillist&sa=unsub>) позволяют получить значения действующих факторов на каждом ЭРЭ. Следует заметить, что значения климатических воздействий (таких как влажность, морской туман, давление и

т.п.) в среде, окружающей РЭС, и на ЭРЭ отличаются незначительно, поэтому при расчетах надежности этим можно пренебречь. Термовой и электрический режимы работы каждого ЭРЭ в расчетах надежности учитываются при помощи соответствующих коэффициентов [1]. Что же касается механических воздействий, то их значения могут различаться в десятки и сотни раз. Поэтому использование для всех ЭРЭ единого значения K , может существенно снизить точность расчетной оценки показателей надежности.

Суть реализованного в подсистеме «АСОНИКА-К» (www.asonika-k.ru/ (подсистема анализа и обеспечения показателей надежности и качества аппаратуры") метода расчета K , заключается в следующем:

1. На основе методов математического моделирования [3, 4] определяются характеристики механических воздействий на каждом ЭРЭ.
2. По комплексу стандартов (КС) «МОРОЗ-6» [2] определяется класс аппаратуры на основе данных, полученных в п. 1.
3. Из справочника «Надежность ЭРИ» [1] выбирается значение K_s на основе данных, полученных в п. 2.
4. Вычисляется вероятность отказа по механическому воздействию:

$$Q_{1,m}(\tau) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) \tau (K_s - 1)} \right]. \quad (9)$$

5. Повторяется выполнение п.п. 1...4 для остальных механических воздействий.
6. Вычисляется вероятность отказа по механическим воздействиям:

$$Q_1(\tau) = \sum_{m=1}^M Q_{1,m}(\tau). \quad (10)$$

7. На основе методов математического моделирования определяются характеристики климатических воздействий на каждом ЭРИ. По КС «МОРОЗ-6» [2] определяется класс аппаратуры на основе полученных данных. Из справочника [1] выбирается значение K_s для заданного класса аппаратуры с точки зрения конкретного климатического воздействия.

8. Вычисляется вероятность отказа по климатическим воздействиям:

$$Q_{2,s}(\tau) = \frac{K_s}{100} \cdot \frac{N_2}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) \tau (K_s - 1)} \right], \quad (11)$$

где K_s – процент отказа по s – му климатическому фактору.

9. Повторяются п.п. 7, 8 для остальных климатических воздействий.
10. Вычисляется вероятность отказа Q_2 по климатическим воздействиям по аналогии

с выражением (10): $Q_2(\tau) = \sum_{s=1}^S Q_{2,s}(\tau)$

11. Вычисляется вероятность отказа:

$$Q(\tau) = 1 + [Q_1(\tau) + Q_2(\tau)]. \quad (12)$$

12. Вычисляется значение K_3 :

$$K_3 = \frac{\ln(P_{K_3}(\tau))}{\left[-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^I K_i \right) \cdot \tau \right]} \quad (13)$$

В качестве примера рассмотрим стабилитрон $2C101A^*$ ($\lambda=0,003 \cdot 10^{-6}$), работающий в аппаратуре относящейся в группе 3.4 (РЭС, работающая в самолетах /бронющий полет/). Согласно справочнику [1] для диода $2C101A$, работающего в РЭС группы 3.4 $K_3 = 19$. Результаты расчета показали, что диод работает в следующих механических режимах: гармоническая вибрация – 5g; случайная вибрация – 8g; одиночный удар – 30g; многократный удар – 14g; линейное ускорение – 12g; акустический шум – 60 дБ. В соответствии с данными характеристиками условия эксплуатации диода можно отнести к классу аппаратуры 1.2 (РЭС, работающая на наземном транспорте), для которого $K_3 = 5$. При принятии процента отказов /в соответствии с выше приведенной последовательностью воздействий/ 22%, 28%, 16%, 11%, 10%, 13%, полученное на основе выражений (9) – (13) значение $K_3 = 13,2$. Это говорит о том, что в процессе разработки был заложен излишний запас по надежности, т. е. в 1,5 раза завышены требования по наработке.

Литература

1. Надежность ЭРИ: Справочник. – М.:22 ЦНИИ МО, РНИИ «Электростандарт», ОАО «Стандартэлектро», 2000.
2. ГОСТ РВ 20.39.304-98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. – Издание официальное, 1998.
3. Кофанов Ю.Н., Сарафанов А.В., Манохин А.И., Шалумов А.С. Моделирование сложных радиотехнических систем с помощью комплексного применения систем *ACONICA* и *ANSYS* // Системные проблемы качества, математического моделирования, информационных, электронных и лазерных технологий / Материалы Международной научно-технической конференции и Российской научной школы. Часть 1. – М.: ГНПО "АГАТ", 2001. С. 3-4.
4. Кофанов Ю.Н., Потапов Ю.В., Сарафанов А.В. Подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик радиоизделий аппаратуры "ACONICA-T" // *EDA Express* – М.: Издат-во ОАО Родник Софт, 2001. № 4. С. 17-20

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ, ТЕПЛОВЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЭС НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЗОВАННЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Межевов О.В., Сарафанов А.В.

(Красноярский государственный технический университет
sav@rtf.kgtu.rutnet.ru, triana@ire.krgtu.ru)

Процесс моделирования физических процессов в РЭС (тепловых, гидравлических, аэродинамических и механических) основывается, как правило, на применении топологических моделей. При этом эти модели можно разделить на два класса: *1-й класс* –