

В конечном итоге, при любом конфигурировании, все составляющие ЭМ могут быть распределены («растворены») при помощи модели конвертации по информационным объектам интегрированного описания РЭС. В случае необходимости ЭМ может быть снова конфигурирован, наполнен исходной информацией, уровень которой определяется этапом жизненного цикла РЭС и использован для проведения комплексных исследований характеристик РЭС как в автономном режиме, так и рамках сетевых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарафанов А.В. Комплексная модель и методология исследования характеристик РЭС на ее основе// Интернет в образовании и технических приложениях: Сборник науч. трудов – М.: МГИЭМ, 2000. С. 92–98.
2. Автоматизация проектирования и моделирования печатных узлов радиоэлектронной аппаратуры / Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин, А.В. Сарафанов и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 389 с.
3. Плоскирев А.Е., Степанов П.В., Тумковский С.Р. Схемотехническое моделирование в Интернете // Электромагнитная совместимость и интеллектуальные здания: Сборник науч. трудов / Под ред. Л.Н. Кечиева, П.В. Степанова. М.: МГИЭМ, 2000. С. 96 – 100.
4. Дектерев М.Л., Кофанов Ю.Н., Межевов О.В., Преснякова Г.О., Сарафанов А.В. Экспертный анализ сложноформализуемых проектных процедур технических объектов. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2000610422. – М.: Российское агентство по патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ), 2000.
5. Вермишев Ю.Х. Фрагмент ОКР "Электронное КБ" для разрабатывающего предприятия радиотехнического профиля// Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. журн. – ГУП "ВИМИ", 2000. № 2. С. 46–56.

Метод оценки влияния механических и климатических воздействий на надежность элементной базы РЭС

Жаднов В.В. (МГИЭМ), Сарафанов А.В. (МГИЭМ)

Обеспечение надежности элементной базы РЭС на разных этапах проектирования, в соответствии с принятыми в настоящее время методами, основано на расчетной оценке показателей безотказности. При этом для расчета эксплуатационной интенсивности отказов λ_3 используются математические модели вида

$$\lambda_3 = \lambda_0 \prod_{i=1}^I K_i, \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность отказов при нормальных условиях эксплуатации и номинальной электрической нагрузке; K_i – составляющие модели; I – количество составляющих.

Учет механических и климатических воздействий в модели (1) осуществляется с помощью коэффициента K_9 (коэффициент, зависящий от жесткости условий эксплуатации РЭС).

Перепишем (1) в виде

$$\lambda_9 = K_9 \lambda_0 \prod_{i=1}^{I-1} K_i. \quad (2)$$

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

$$P(t) = e^{-K_9 \lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) t}, \quad (3)$$

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

$$P_{кэ}(t) = \frac{P(t)}{P_0(t)}, \quad (4)$$

где

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

Тогда, используя (3), получим:

$$P_{кэ}(t) = e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) (K_9 - 1) t}. \quad (5)$$

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

$$\frac{N_1}{100} Q_{кэ}(t) + \frac{N_2}{100} Q_{кэ}(t) = Q_{кэ}(t), \quad (6)$$

где $Q_{кэ}(t) = 1 - P_{кэ}(t)$ – вероятность отказа.

В этом случае оценка степени влияния климатических ($j=1$) или механических ($j=2$) воздействий равна

$$P_j(t) = 1 - \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) t (K_3 - 1)} \right]. \quad (7)$$

Если известен процент отказов по каждому климатическому или механическому воздействиям, то аналогично могут быть получены оценки степени влияния конкретного воздействия:

$$P_{j,m}(t) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) t (K_3 - 1)} \right], \quad (8)$$

где m – номер воздействия (климатического или механического).

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

Выражение (8) позволяет также уточнить расчетную оценку показателей безотказности. Рассмотрим данный момент подробнее.

Методы математического моделирования позволяют получить значения воздействующих факторов на каждом ЭРИ. Следует заметить, что значения климатических воздействий (таких как влажность, морской туман, давление и т.п.) в среде, окружающих РЭС и на ЭРИ отличаются незначительно, поэтому при расчетах надежности этим можно пренебречь. Тепловой и электрический режимы работы каждого ЭРИ в расчетах надежности учитываются при помощи соответствующих коэффициентов. Что же касается механических воздействий, то их значения могут различаться в десятки и сотни раз. Поэтому использование для всех ЭРИ единого значения K_3 может существенно снизить точность расчетной оценки показателей надежности.

Суть предлагаемого в статье метода расчета K_3 заключается в следующем:

1. На основе методов математического моделирования определяются характеристики механических воздействий на каждом ЭРИ.
2. По комплексу стандартов (КС) «МОРОЗ-6» [1] определяется класс аппаратуры на основе данных, полученных в п.1.
3. Из справочника «Надежность ЭРИ» [2] выбирается значение K_3^* на основе данных, полученных в п.2.
4. Вычисляется вероятность отказа по механическому воздействию:

$$P_{j,m}(t) = 1 - \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) t (K_3^* - 1)} \right]. \quad (9)$$

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

$$Q_j(t) = \sum_{m=1}^M Q_{j,m}(t), \quad (10)$$

7. Из справочника «Надежность ЭРИ» выбирается значение K_3^{**} для заданного класса аппаратуры.
8. Вычисляется вероятность безотказной работы по климатическим и механическим воздействиям:

$$P_{j,m}(t) = \frac{M_m}{100} \cdot \frac{N_j}{100} \left[1 - e^{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^{I-1} K_i \right) t (K_3^{**} - 1) + Q_j(t)} \right]. \quad (11)$$

9. Вычисляется значение K_3 :

$$K_3 = \frac{\ln(P_{кэ}(t))}{-\lambda_0 \left(\prod_{i=1}^I K_i \right) t} + 1.$$

Использование приведенного в статье метода позволяет рассчитать реальный уровень надежности ЭРИ, запас которой, согласно традиционной методике для некоторых ЭРИ, может быть превышен или уменьшен в десятки раз. Это в свою очередь приводит к дополнительным материальным и временным затратам, что в конечном итоге снижает конкурентоспособность разрабатываемых РЭС.

Литература

1. 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.
2. Надежность ЭРИ: Справочник. – М.: ЦНИИ МО, РНИИ «Электростандарт», ОАО «Стандартэлектро», 2000.