

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АСОНИКА-К

С. Н. Полесский, В. В. Жаднов (научный руководитель)
 Московский государственный институт электроники и математики
 (Технический университет)
 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 1-3/12, стр. 8
 E-mail: serg@asonika-k.ru

Теория надежности, как и любая техническая наука, имеет свой математический аппарат, в основе которого лежат математические модели и методы их решения. При использовании некоторых из них возникает ряд проблем, поэтому нами были сформулированы новые подходы в решении задачи математического обеспечения при оценке надежности РЭА:

- Применение численных методов (метода Монте-Карло) для расчета надежности РЭА.
- Создание логико-алгоритмических моделей (ЛАМ) резервных групп.
- Создание макромоделей интенсивности отказов составных частей (СЧ).
- Создание моделей эксплуатационной интенсивности отказов электрорадиоизделий (ЭРИ) для режимов эксплуатации и хранения (в т. ч. модели коэффициентов – коэффициента режима и др.).
- Создание метода идентификации параметров моделей отказов (функция распределения времени наработки на отказ).

Для оценки надежности сложных систем был разработан метод, представляющий собой оригинальную модификацию метода статистических испытаний (метода Монте-Карло). Это позволило наиболее точно промоделировать поведение РЭА в реальных условиях. Метод предполагает выполнение следующих основных стадий:

1. Синтез схемы расчета надежности (СРН) РЭА.
2. Расчет реализаций наработки составных частей (СЧ).
3. Расчет реализаций наработки резервных групп.
4. Расчет реализаций наработки групп СРН.
5. Расчет показателей надежности РЭА.

Для расчета показателей надежности необходимо повторения стадий со 2 по 4 N раз (т. е. провести N испытаний). Другими словами, в результате многократного моделирования будет получено N временных диаграмм состояния РЭА, проведя статистическую обработку которых можно получить искомые показатели надежности (стадия 5).

Наиболее существенными достоинствами метода являются:

- Произвольные модели отказов СЧ.
- Расчет полной номенклатуры показателей надежности.
- Работа с основными группами резервирования.
- Использование топологическую модель СРН.
- Поддержка древовидных и иерархических структур СРН.

При практической реализации метода моделирования РЭА были разработаны ЛАМ-модели основных групп резервирования, таких, как «Горячий резерв» (рис. 1), «Холодный резерв», «Горячий скользящий» и «Холодный скользящий».

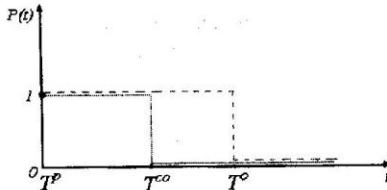


Рис. 1. Временная диаграмма состояния группы «Горячий резерв»

Математическое представление ЛАМ-модели показано для группы «Горячий резерв» для расчета реализаций наработки группы при трех видах контроля:

$$T^p = 0,$$

$$T^{co} = \max(T_n^{co}),$$

$-T^o = T^{co}$ – при непрерывном контроле;

$-T^o = (\text{int}(T^{co}/t_k) + 1) t_k$ – при периодическом контроле;

$-T^o = \infty$ – при отсутствии контроля,

где n – номер составной части; t_k – период контроля.

ЛАМ – это модели, позволяющие рассчитать реализацию наработки группы в данном испытании, на основе алгоритмических методов, выбор которых происходит путем организации цепочки логических операций.

Традиционно в качестве характеристики надежности стандартных СЧ используется значение эксплуатационной интенсивности отказов (постоянная величина). При использовании такой модели возникает проблема оценки влияния внешних воздействующих факторов (ВВФ) на характеристики надежности СЧ. Это привело к созданию макромоделей СЧ. Такая модель представляет из себя зависимость эксплуатационной интенсивности отказов от величины нагрузки и температуры окружающей среды (рис. 2).

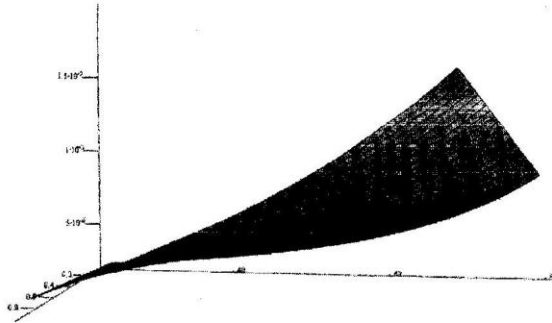


Рис. 2. Зависимость эксплуатационной интенсивности отказов от K_H , T

Для аппроксимации таких зависимостей (см. рис. 2) была разработана макро модель следующего вида:

$$\begin{cases} \lambda_{s_1} = \lambda_0 \cdot K_{\mathcal{E}_1} \cdot K_{P_1}(T, K_H) \\ \lambda_{s_2} = \lambda_0 \cdot K_{\mathcal{E}_2} \cdot K_{P_2}(T, K_H) \\ \dots \\ \lambda_{s_i} = \lambda_0 \cdot K_{\mathcal{E}_i} \cdot K_{P_i}(T, K_H) \end{cases},$$

где λ_0 – базовая интенсивность отказов (интенсивность отказов СЧ при нормальных условиях (НУ) и номинальной нагрузке); $K_{\mathcal{E}_i}$ – коэффициент эксплуатации; K_{P_i} – функция режима (функция, учитывающая режим эксплуатации).

$$\begin{cases} K_{P_{i,1}} = K_{i,1} \cdot a_{1,i} \cdot e^{a_{2,i} \cdot T} \\ K_{P_{i,2}} = K_{i,2} \cdot a_{2,i} \cdot e^{a_{2,i} \cdot T} \\ \dots \\ K_{P_{i,10}} = K_{i,10} \cdot a_{10,i} \cdot e^{a_{10,i} \cdot T} \end{cases},$$

где $K_{i,k}$ – коэффициент, зависящий от коэффициента электрической нагрузки СЧ; $a_{1k,i}$, $a_{2k,i}$ – постоянные коэффициенты; T – температура среды, окружающей СЧ.

Макромодель позволяет получать значение интенсивности отказов в зависимости от изменения величины нагрузки, группы аппаратуры и температуры окружающей среды.

Современная РЭА, например, такая, как аппаратура ракетной техники, большую часть времени находятся в режиме ожидания хранения. При создании такой аппаратуры широко применяются элементы зарубежного производства, для которых в НТД отсутствует описание характеристик сохраняемости. Поэтому были созданы математические модели интенсивности отказов в режиме ожидания (хранения). Общий вид модели приведен ниже:

$$\lambda_{px} = \lambda_{xb}(\lambda_b) \prod_{i=1}^n \pi_i,$$

где λ_{xb} – базовая интенсивность отказов типа (группы) ЭРИ в режиме *ожидания (хранения)*; π_i – коэффициенты модели; n – количество коэффициентов.

Использование такой модели позволило избежать больших погрешностей при проведении расчетов надежности РЭА.

Наряду с экспоненциальной моделью отказов в качестве моделей надежности могут применяться и другие (например, DN -распределение, α -распределение). Описание значений параметров таких моделей в документации отсутствует. Поэтому был разработан метод идентификации параметров моделей отказов по справочным данным. Разработанный метод представляет собой метод регулярного поиска, с осуществлением последовательного перебора значений, так как функция распределения является монотонно возрастающей.

В конечном итоге задача параметрической идентификации сводится к решению системы интегральных уравнений следующего вида (для DN -распределения):

$$\begin{cases} F_\lambda = F(\alpha, v, t_\lambda) \\ F_\gamma = F(\alpha, v, t_\gamma) \end{cases},$$

где t_λ , t_γ – экспериментальные точки; α – средняя скорость изменения определяющего параметра (неизвестный параметр); v – коэффициент вариации скорости (неизвестный параметр).

Практическое применение разработанных математических моделей и методов отражено в программном комплексе АСОНИКА-К. Применение ПК АСОНИКА-К для оценки надежности позволило сократить время на расчет и уменьшить погрешности, как систематические, так и случайные. Основным достоинством является использование в анализе надежности сложных систем вместо аналитического подхода численный, имеющий меньшее количество ограничений.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНОГО ОЗОНАТОРНОГО УСТРОЙСТВА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д. В. Якемсев, И. Г. Учайкин (научный руководитель)
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
430000, Саранск, ул. Большевикская, 68
E-mail: newozon@mail.ru

В настоящее время отечественной промышленностью и за рубежом разработаны озонаторы производительностью более 30 кгО₃/ч и потребляемой мощностью 500 кВт и более. Об актуальности проблемы освоения озонных технологий можно судить по количеству предприятий и географии их размещения на территории России: ОАО «Курганхиммаш» предлагает широкий ассортимент озонаторов производительностью 30 кгО₃/час; ассоциация