

3. Rui, Xu Motion Estimation Based on Mutual Information and Adaptive Multiscale Thresholding / Rui Xu, David Taubman // IEEE Transactions on Image Processing – 2016. – 1095–1108.

С.М.БОРОВИКОВ<sup>1</sup>, А.В.БУДНИК<sup>2</sup>, Н.С.ШМАТКО<sup>1</sup>

### ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО РАСЧЁТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

В работе рассмотрены подходы и методы определения эксплуатационной интенсивности отказов печатных плат, включённые в справочники или стандарты по расчёту надёжности электронного оборудования следующих стран: Россия, США, Франция, Китай [1–5]. Указанные технические источники отличаются учитываемыми факторами, описывающими особенности печатных плат, среди которых, например, число слоёв печатной платы, количество сквозных металлизированных и неметаллизированных отверстий и др. Пользуясь указанными техническими источниками, можно спрогнозировать ожидаемый уровень надёжности печатных плат электронной аппаратуры. При этом, для одной и той же печатной платы значение эксплуатационной интенсивности отказов  $\lambda$ , оказывается разным в зависимости от используемого справочника или стандарта. Возникает вопрос, какой технический источник обеспечивает получение более достоверных результатов.

Для ответа на поставленный вопрос был сделан анализ указанных источников. В качестве критериев, принятых во внимание для принятия решения о более высокой достоверности оценки надёжности, использовалась полнота и точность учёта конструкторско-технологических особенностей печатных плат.

На основе анализа установлено, что в большей степени учёт условий эксплуатации, конструкторско-технологических и других особенностей печатных плат обеспечивает модель расчёта эксплуатационной надёжности, включённая в справочник «RDF 2000 : Reliability Data Handbook. A universal model for reliability prediction of Electronics components, PCBs and equipment» [3]. Эта модель учитывает следующие важнейшие факторы:

- температуру окружающей среды;
- количество слоёв печатной платы;
- количество отверстий для установки элементов;
- площадь печатной платы;
- количество токопроводящих дорожек;
- значение преобладающей ширины токопроводящих дорожек;
- возможные тепловые изменения при использовании печатной платы на объекте в составе аппаратуры.

Математический вид модели количественной оценки эксплуатационной интенсивности отказов печатной платы  $\lambda$ , [3]:

$$\lambda_{\ominus} = 5 \cdot 10^{-12} \pi_t \pi_c \left[ N_t \sqrt{1 + \frac{N_t}{S}} + N_p \frac{1 + 0,1\sqrt{S}}{3} \pi_L \right] \left\{ 1 + 3 \cdot 10^{-3} \left[ \sum_{i=1}^j (\pi_n)_i (\Delta T_i)^{0,68} \right] \right\} \quad (1)$$

где  $\pi_t$  – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды;  $\pi_c$  – коэффициент, учитывающий количество слоёв печатной платы;  $N_t$  – количество отверстий в печатной плате для установки элементов;  $S$  – площадь печатной платы в см<sup>2</sup>;  $N_p$  – коэффициент, учитывающий количество токопроводящих дорожек;  $\pi_L$  – коэффициент, учитывающий преобладающую ширину токопроводящих дорожек;  $\Delta T_i$  – среднее колебание теплового изменения, соответствующее  $i$ -й фазе (циклу) использования;  $(\pi_n)_i$  – коэффициент, учитывающий годовое число циклов теплового изменения со значением  $\Delta T_i$ ;  $j$  – годовое число циклов с тепловым изменением  $\Delta T_i$ .

Результат значения интенсивности отказов  $\lambda$ , по приведённой модели будет получен в размерности 1/ч.

На основе модели (1) в БГУИР разрабатывается программное средство для автоматизированной оценки надёжности печатных плат электронной аппаратуры для интересующих (заданных) эксплуатационных условий. Коэффициенты, входящие в модель расчёта  $\lambda_3$ , определяются либо по экспериментально полученным функциональным зависимостям или же выбираются из таблиц, приводимых в техническом документе [3]. В качестве примера приведена таблица выбора коэффициента  $\pi_L$ , учитывающего ширину токопроводящих дорожек (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние преобладающей ширины токопроводящих дорожек

Ширина преобладающей токопроводящей дорожки, мм	0,56	0,35	0,23	0,15	0,10	0,08
Значение коэффициента $\pi_L$	1	2	3	4	5	6

Для автоматического выбора значений коэффициентов или их расчёта по моделям, полученным экспериментально, создана база данных. Достоверность прогнозирования эксплуатационной интенсивности отказов печатной платы  $\lambda_3$ , во многом зависит от правильности получения значений параметров, входящих в модель (1) расчёта  $\lambda_3$  и значений параметров, влияющих на коэффициенты  $\pi_t$ ,  $\pi_c$ ,  $\pi_L$  и  $(\pi_n)_i$ .

Специалистов, которые заинтересовались разрабатываемым программным средством, просим обращаться в БГУИР (кафедра проектирования информационно-компьютерных систем, лаборатория «Теоретические основы проектирования и надёжности электронных систем», 1-й учебный корпус, ауд. 37) или по электронному адресу [bsm@bsuir.by](mailto:bsm@bsuir.by)

ЛИТЕРАТУРА

1. Надёжность электрорадиоизделий, 2006 : справочник / С. Ф. Прытков [и др.] // научн. руководитель авторского коллектива С. Ф. Прытков. – М. : ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641 с.
2. Reliability prediction of electronic equipment : Military Handbook MIL-HDBK-217F. – Washington : Department of defense DC 20301, 1995. – 205 p.
3. A universal model for reliability prediction of Electronics components, PCBs and equipment. RDF 2000 : reliability data handbook . – Paris : UTE C 80-810. 2000. – 99 p.
4. Reliability Prediction Model for Electronic Equipment : The Chinese Military / Commercial Standard GJB/z 299B. – Yuntong Forever Sci.-тек. Co. Ltd. China 299B.
5. Надёжность изделий электронной техники для устройств народнохозяйственного назначения : справочник / Разработан в соответствии с руководящим документом РД 50-670–88. – М. : ВНИИ «Электронстандарт», 1990. – 188 с.