

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2016 г. С.А. ФУРСОВ

Московский технологический университет (МИРЭА)
e-mail: serfursv@gmail.com

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) исследованию надежности изделий электронной техники (ИЭТ), входящей в ее состав, уделяют особое внимание. Это связано с широкой областью применения РЭА, а также высокими требованиями к надежности, предъявляемой к РЭА на борту космических аппаратов, самолетов, военной и специальной техники и др.

На всех стадиях жизненного цикла на РЭА и входящие в нее ИЭТ происходит воздействие внешних факторов, связанных с условиями эксплуатации. Наиболее существенное влияние внешние воздействующие факторы (ВВФ) оказывают на стадии эксплуатации, где неправильный выбор конструктивных, схемотехнических и других мер защиты от ВВФ могут привести к отказам и выходом РЭА из строя.

Целью исследования влияния условий эксплуатации, характеризуемой влиянием ВВФ, является повышение стойкости к ВВФ, повышение сроков функционирования и показателей безотказности изделий электронной техники [1]. Необходимо отметить, что надежность изделий электронной техники зачастую является определяющей для системы в целом, например, выход из строя ИМС в результате теплового пробоя может привести к отказу блока (модуля) РЭА.

Учитывая вышеизложенное, исследованию влияния условий эксплуатации на показатели надежности изделий электронной техники (ИЭТ) следует уделять особое внимание при анализе надежности на всех стадиях жизненного цикла РЭА.

В настоящее время при прогнозировании надежности ИЭТ используются математические модели расчета показателей безотказности. Например, эксплуатационную интенсивность отказов можно описать выражением [2]:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} \prod_{i=1}^m K_i \quad (1.1)$$

где, λ_{Σ} – базовая интенсивность отказов элементов выбранной группы (ИМС, соединители, транзисторы СВЧ и др.);

m – число учитываемых факторов;

K_i – коэффициенты, учитывающие изменение эксплуатационной интенсивности отказов.

Математические модели расчета эксплуатационной интенсивности отказов строятся в соответствии с выражением 1.1, однако имеют свои особенности, учитывая конструктивные особенности ИЭТ, режимы работы и др.

Например, интенсивность отказов ИМС отечественного производства можно описать математической моделью:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma} K_t K_{\text{ис}} K_{\text{корп}} K_V K_{\Sigma} K_{\Pi} \quad (1.2)$$

где, λ_{Σ} – базовая интенсивность отказов элемента (используются статистические данные о надежности изделия);

K_t – коэффициент, зависящий от температуры корпуса элемента (зависит от функционального назначения ИМС);

$K_{ис}$ – коэффициент, учитывающий количество элементов ИМС;
 $K_{корп}$ – коэффициент, учитывающий тип корпуса;
 K_V – коэффициент, учитывающий напряжение питания;
 $K_э$ – коэффициент эксплуатации, зависящий от жесткости условий эксплуатации РЭА;
 $K_{т}$ – коэффициент приемки, учитывающий степень жесткости требований при контроле качества и приемке в условиях производства (требование к жесткости норм параметров).

Используя выражение 1.1 с учетом коэффициентов моделей ИЭТ и данных о базовой интенсивности отказов из справочников по надежности ЭРИ [3, 4] можно получить данные об интенсивности отказов ИЭТ, применяемых в РЭА. Полученные данные используют при расчете показателей безотказности РЭА.

Таблица 1

Прогнозируемая интенсивность отказов различных ИЭТ в зависимости от условий эксплуатации

| Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$ | Условия эксплуатации | | | | |
|---|----------------------|--|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Лабораторные условия | Мобильная техника на колесном, гусеничном ходу | РЭА на надводных кораблях | РЭА бортовая вертолетов | РЭА бортовая самолетов |
| ИМС | 0,1968 | 0,3635 | 0,4362 | 1,3241 | 2,0375 |
| Диод СВЧ GaAs | 0,062 | 0,1798 | 0,1121 | 1,3620 | 2,3036 |
| Транзистор СВЧ Si | 0,0186 | 0,1037 | 0,1037 | 0,2231 | 0,3397 |
| Резистор | 0,084 | 0,0478 | 0,0335 | 0,1627 | 0,1863 |
| Конденсаторы кер. | 0,0022 | 0,0158 | 0,0095 | 0,0433 | 0,0620 |
| Тумблер | 0,0340 | 0,150 | 0,150 | 0,528 | 0,756 |

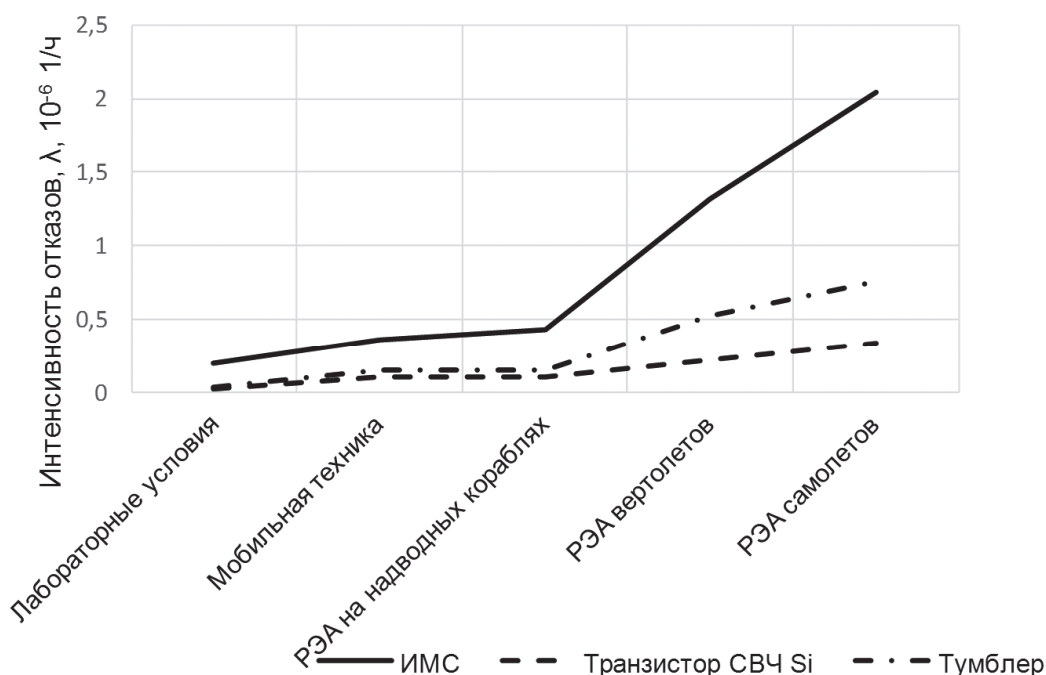


Рис. 1. Прогнозируемая интенсивность отказов с учетом условий эксплуатации.

По данным приведенным в таблице 1 можно построить зависимости интенсивности отказов некоторых ИЭТ от условий эксплуатации. Из зависимости на рис. 1 видно, что при различных условиях эксплуатации показатель интенсивности отказов изменяется при различных условиях эксплуатации, следовательно, чтобы сохранить должные показатели безотказности в ИЭТ необходимо предусматривать меры по обеспече-

нию стойкости к ВВФ. Так же подобные защитные меры предусматриваются в составе аппаратуры.

Во всех моделях расчета λ_3 присутствует коэффициент K_3 , это необходимо для учета влияния ВВФ на эксплуатационную интенсивность отказов.

Коэффициент K_3 позволяет спрогнозировать во сколько раз интенсивность отказов ИЭТ в различных условиях эксплуатации выше, чем в аппаратуре при нормальных климатических условиях (лабораторные условия), что можно описать выражением.

$$K_3 = \frac{\lambda_{3i}}{\lambda_{3\text{ л.у.}}} \quad (1.3)$$

где, $\lambda_{3\text{ л.у.}}$ – интенсивность отказов ИЭТ в нормальных условиях эксплуатации (лабораторные условия);

λ_{3i} – интенсивность отказов в различных условиях эксплуатации (учитывается влияние различных ВВФ обуславливаемых условиями эксплуатации).

Как правило λ_{3i} рассчитывается исходя из распределения отказов по каждому воздействию фактору. С целью снижения времени расчетов целесообразно использовать автоматизированные системы расчета надежности, например, модуль системы АСОНИКА-К-СЧ.

Необходимо отметить, что в методиках расчета эксплуатационной интенсивности отказов, приведенных в источниках [3, 4] используемые математические модели имеют различия, в том числе и значения K_3 , что может привести к неточностям при расчете показателей надежности РЭА с использованием импортной электронной компонентной базы.

С целью прогнозирования надежности и уточнения влияния различных ВВФ на работоспособность изделия возможно построение и анализ дерева неисправностей (отказов) и дерева событий [5].

Методы построения деревьев неисправностей и событий основываются на анализе факторов и условий, влияющих на работоспособность ИЭТ. Данный метод наиболее целесообразно использовать при прогнозировании надежности на ранних стадиях жизненного цикла с последующим утонением на последующих стадиях. Используя статистические данные о надежности ИЭТ в совокупности с вышеуказанными методами можно значительно повысить точность расчета показателей надежности ИЭТ [6].

Таким образом, можно сделать вывод что анализ влияния внешних воздействующих факторов, обусловленных условиями эксплуатации значительно влияет на показатели безотказности изделий электронной техники (λ_3, T_3). Оценка влияния условий эксплуатации ИЭТ проводится через коэффициент эксплуатации, однако, для объективности необходимо получение статистических данных о надежности ИЭТ. Полученные статистические данные позволят скорректировать используемый в моделях K_3 , пересчитать показатели и принять соответствующие меры по предотвращению отказов РЭА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жаднов В., Гаршин А., Жаднов И. Дифференцированная оценка влияния ВВФ при проектных исследованиях надежности электронных компонентов // Журнал: Электронные компоненты, № 3, 2010 г.
2. Боровиков С.М., Цырельчук И.Н., Троян Ф.Д. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств, 2010 г. г. Минск, БГУИР, с. 7-12.
3. Справочник Надежность электрорадиоизделий, 22 ЦНИИ МО РФ, 2006 г., с 604-640;
4. MIL-HDBK-217F, Military handbook reliability prediction of electronic equipment, p. 3-3;
5. Жаднов В.В., Полесский С.Н., Карапузов М.А. Влияние внешних возмущающих факторов на долговечность СВЧ устройств // Надежность и качество сложных систем № 2 (6), 2014, с. 14-19.
6. Фурсов С.А., Киров А.В., Телец А.В. Обеспечение надежности радиоэлектронной аппаратуры на стадии производства и эксплуатации // Электронная техника. Серия 2: Полупроводниковые приборы, ОАО «НПП «Пульсар», г. Москва, 2015 г., с. 60-64.