

А.В. ФЕДУХИН

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ В ФОРСИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

Abstract: The method of an estimation of variation factor of an operating time to refusal of products in a mode of application on results of the forced tests on the basis of using the additional aprioristic information about compound processes of degradation is offered.

Key words: variation factor, force factor.

Анотація: Запропоновано метод оцінки коефіцієнта варіації наробітку до відмови виробу в режимі призначення за результатами форсованих випробувань на основі використання додаткової апріорної інформації про складні процеси деградації.

Ключові слова: коефіцієнт варіації, коефіцієнт форсування.

Аннотация: Предлагается метод оценки коэффициента вариации наработки до отказа изделий в режиме применения по результатам форсированных испытаний на основе использования дополнительной априорной информации о составных процессах деградации.

Ключевые слова: коэффициент вариации, коэффициент форсирования.

1. Введение

Коэффициент вариации наработки до отказа изделия является важной обобщенной характеристикой и совпадает с коэффициентом вариации обобщенного процесса деградации [1]. Коэффициент вариации зависит от уровня отработки технологии изготовления, уровней и коэффициентов вариации нагружений и коэффициентов вариации составных процессов деградации [2].

Необходимость знания величины коэффициента вариации определяется еще и тем, что эта характеристика используется для параметризации вероятностно-физических моделей надежности, которые в последнее время находят все большее распространение в области исследования надежности объектов различной природы [3].

Для высоконадежных изделий, какими являются изделия электронной техники (ИЭТ) и электронные устройства на их основе, величину коэффициента вариации в режиме применения (нормальном режиме эксплуатации) оценить не представляется возможным, так как это требует больших объемов испытаний. Решению поставленной задачи в рамках реальных объемов испытаний с использованием форсированных режимов посвящена настоящая работа.

2. Постановка задачи исследований

Предположим, что на испытания по плану с ограниченным временем [NUT] в форсированном по температуре режиме (далее по тексту форсированный режим обозначается индексом 1, а режим применения – 0) поставлена выборка изделий объемом N . Предшествующий испытаниям анализ априорной информации об изделии показал, что в нем протекает $j(j = \overline{1, m})$ деградационных процессов с энергиями активации E_{aj} и коэффициентами вариации в режиме применения V_{0j} . По

результатам испытаний зафиксированы отказы, идентифицируемые каждому из составных процессов деградации, и на их основе вычислены значения долевого участия каждого из составных процессов деградации p_{1j} в обобщенном процессе деградации изделия. Методом квантилей получена оценка средней скорости обобщенного процесса деградации в режиме испытаний a_1 . Необходимо оценить величину коэффициента вариации обобщенного процесса деградации изделия в режиме применения V_0 .

3. Оценка коэффициента вариации в режиме применения

Коэффициент форсирования скорости деградации каждого составного процесса деградации при переходе к режиму испытаний вычисляется по известной формуле

$$K_{\phi 1j} = \frac{a_{1j}}{a_{0j}}. \quad (1)$$

Откуда выражение для скорости деградации составного процесса деградации в режиме применения примет вид

$$a_{0j} = \frac{a_{1j}}{K_{\phi 1j}}. \quad (2)$$

Вычислим значение скорости деградации составного процесса деградации в режиме испытаний по формуле [2]

$$a_{1j} = \frac{a_1 p_{1j}}{\left(\sum_{j=1}^m p_{1j}^2\right)^{1/2}}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), выражение для a_{0j} вычисляется следующим образом:

$$a_{0j} = \frac{a_1 p_{1j}}{\left(\sum_{j=1}^m p_{1j}^2\right)^{1/2} K_{\phi 1j}}, \quad (4)$$

где p_{0j} – доля отказов по j -му процессу деградации в режиме применения.

Для термически активируемых процессов деградации коэффициент форсирования вычисляется по формуле

$$K_{\phi 1j} = \exp\left[\frac{E_{aj}}{k} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)\right],$$

где T_0, T_1 – абсолютные температуры полупроводниковой пластины соответственно в режиме применения и испытаний ($T = t^{\circ}C + 273$);

E_{aj} – энергия активации j -го процесса деградации;

k – постоянная Больцмана.

Для процессов, не имеющих термической составляющей, коэффициент форсирования принимается равным единице.

Искомая оценка коэффициента вариации обобщенного процесса деградации в режиме применения определяется по формуле [2]

$$V_0 = \left(\frac{\sum_{j=1}^m V_{0j}^2 a_{0j}^2}{\sum_{j=1}^m a_{0j}^2} \right)^{1/2}. \quad (5)$$

Поставленная задача решена, а справедливость (5) проиллюстрируем следующим примером.

Пример. На испытания по плану [NUT] поставлена выборка из $N = 100$ изделий при температуре $t_1 = +125$ °С. За время $t_{ucn} = 500$ ч. отказало $r = 69$ изделий. В результате предварительных исследований установлено, что в изделия протекают три деградационных процесса с характеристиками: $E_{aj} \{0,3; 0,8; 1,0\}$, $V_{0j} \{0,88; 0,96; 0,66\}$, $t_0 = +40$ °С. Необходимо оценить величину коэффициента вариации обобщенного процесса деградации в режиме применения.

Решение:

1. Определяем абсолютные температуры режимов испытаний и эксплуатации:

$$T_0 = t_0 + 273 = 313 \text{ } ^\circ\text{K}; \quad T_1 = t_1 + 273 = 398 \text{ } ^\circ\text{K}.$$

2. Определяем коэффициенты форсирования составных процессов деградации:

$$K_{\phi 1j} = \exp \left[\frac{E_{aj}}{K} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) \right]; \quad K_{\phi 11} = 10,72; \quad K_{\phi 12} = 558,44; \quad K_{\phi 13} = 2714,69.$$

3. По результатам анализа отказов определяем долевые участия составных процессов деградации: $p_{11} = 0,01$; $p_{12} = 0,1$; $p_{13} = 0,89$.

4. Определяем эмпирическую вероятность отказа изделий за время испытаний:

$$\hat{F}_1(t_{ucn}) = r/N = 0,69.$$

5. Определяем параметр x по таблицам квантилей DN -распределения:

$$x = 1,125.$$

6. Определяем среднюю скорость обобщенного процесса деградации в режиме испытаний:

$$a_1 = x/t_{ucn} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч}.$$

7. Определяем скорости составных процессов деградации в режиме применения:

$$a_{0j} = \frac{a_1 p_{1j}}{\left(\sum_{j=1}^3 p_{1j}^2 \right)^{1/2} K_{\phi 1j}}; \quad a_{01} = 2,38 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}; \quad a_{02} = 4,57 \cdot 10^{-7} \text{ 1/ч}; \quad a_{03} = 8,32 \cdot 10^{-7} \text{ 1/ч}.$$

8. Вычисляем коэффициент вариации обобщенного процесса деградации в режиме применения:

$$V_0 = \left(\frac{\sum_{j=1}^3 V_{0j}^2 a_{0j}^2}{\sum_{j=1}^3 a_{0j}^2} \right)^{1/2} = 0,86.$$

4. Выводы

Разработанный метод позволяет по результатам форсированных испытаний оценить величину коэффициента вариации наработки до отказа в режиме применения. Для этого необходимо в течение ограниченного времени испытать одну выборку изделий в форсированном режиме с привлечением дополнительной априорной информации о составных процессах деградации в виде значений энергий активации и коэффициентов вариации в режиме применения. Результаты исследований могут быть использованы в развитии вероятностно-физического подхода к ускоренной оценке надежности изделий информационной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погребинский С.Б., Стрельников В.П. Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 168 с.
2. Федухин А.В., Бутенко Е.В. Ускоренная оценка надежности изделий электронной техники // Математические машины и системы. – 1997. – № 2. – С. 84 – 93.
3. Стрельников В.П. Новая технология исследования надежности // Математические машины и системы. – 1997. – № 2. – С. 78 – 83.