

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ $DN$ -РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ РЭС

В. В. ЖАДНОВ, С. Б. СЕЛЕЗНЕВ

Московский институт электронного  
машиностроения

Расчет показателей безотказности радиоэлектронной аппаратуры при использовании экспоненциальной модели отказов вызывает определенные трудности, связанные с тем, что наряду с интенсивностью отказов изделий электронной техники (ИЭТ)  $\lambda_0^C$ , приведенной в [1], в технических условиях на ИЭТ для минимальной наработки  $t_{\min}$  приводится  $\lambda_0^{TV}$ , причем  $\lambda_0^{TV} \ll \lambda_0^C$ .

Поскольку обе интенсивности отказов определяются экспериментально, то можно сделать вывод о том, что  $\lambda_0$  не является константой, т. е. экспоненциальная модель не применима для расчетов показателей безотказности РЭС.

К настоящему времени разработаны различные модели отказов, среди которых наибольшее распространение получило  $DN$ -распределение времени наработки до отказа.

Однако практическое использование этой модели отказов при расчетах показателей безотказности РЭС вызывает определенные трудности и сомнения в достоверности получаемых результатов. Это связано с методом оценки параметров  $DN$ -распределения времени наработки до отказа ИЭТ, предложенным в [2], который основан на использовании  $\lambda_0^C$  и экспериментальной вероятности  $p^{\ominus}$ , для которой была получена оценка  $\lambda_0^C$ .

Недостатком этого метода является то, что оценивается лишь один параметр  $DN$ -распределения — скорость изменения среднего значения определяющего параметра  $a$ , второй параметр — коэффициент вариации процесса деградации  $V$  — оценивается априорно и принимается равным единице. Другим недостатком является то, что значение  $p^{\ominus}$  берется из устаревшего справочника по надежности.

Предлагаемый метод идентификации параметров  $DN$ -распределения времени наработки до отказа ИЭТ основан на использовании нормативно-технической документации на ИЭТ.

Исходные данные представляют собой:

—  $t_{\min}$  и срок сохраняемости ИЭТ  $t_{\text{сохр}}$ , приведенные в [3];

—  $\lambda_0^C$  и  $\lambda_0^{TV}$ , приведенные в [1];

— соответствующие  $t_{\min}$  и  $t_{\text{сохр}}$  условия и режимы работы

ИЭТ, приведенные в [3], и модели отказов, приведенные в [1], в виде поправочных коэффициентов  $\kappa_{\min}$  и  $\kappa_{\text{сохр}}$  при  $\lambda_0^{\text{TY}}$  и  $\lambda_0^{\text{C}}$  соответственно.

Полагая, что в точках  $t_{\min}$  и  $t_{\text{сохр}}$  плотности вероятностей по экспоненциальному и диффузионному распределениям равны, можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} f^{\text{exp}}(t_{\min}; \lambda_0^{\text{TY}} \kappa_{\min}) = f^{\text{DN}}(t_{\min}; a_{\min}, V_{\min}); \\ f^{\text{exp}}(t_{\text{сохр}}; \lambda_0^{\text{C}} \kappa_{\text{сохр}}) = f^{\text{DN}}(t_{\text{сохр}}; a_{\text{сохр}}, V_{\text{сохр}}). \end{cases} \quad (1)$$

Принимая во внимание, что отказ — следствие протекания деградиационных процессов и воздействие ускоряющих факторов приводит лишь к изменению скорости протекания соответствующих процессов без качественного их изменения, имеем равенство коэффициентов вариации процессов:

$$V_{\min} = V_{\text{сохр}} = V. \quad (2)$$

Скорости изменения среднего значения определяющего параметра зависят от реальных условий и режимов работы:

$$\begin{aligned} \kappa_{\min} a &= a_{\min}; \\ \kappa_{\text{сохр}} a &= a_{\text{сохр}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставляя выражения (2), (3) и (4) в систему (1), получим систему уравнений:

$$\begin{cases} f^{\text{exp}}(t_{\min}; \lambda_0^{\text{TY}} \kappa_{\min}) = f^{\text{DN}}(t_{\min}; a \kappa_{\min}, V); \\ f^{\text{exp}}(t_{\text{сохр}}; \lambda_0^{\text{C}} \kappa_{\text{сохр}}) = f^{\text{DN}}(t_{\text{сохр}}; a \kappa_{\text{сохр}}, V). \end{cases} \quad (5)$$

Преобразуем систему (5):

$$f^{\text{exp}}(t; \lambda_0) = \lambda_0 \exp(-\lambda_0 t); \quad (6)$$

$$f^{\text{DN}}(t; a, V) = \frac{1}{V t \sqrt{2\pi a t}} \exp\left(-\frac{(1-at)^2}{2V^2 a t}\right) \quad (7)$$

и, поделив первое уравнение на второе, получим выражение для параметра  $V$ :

$$V^2 = \frac{\frac{1}{a \kappa_{\text{сохр}} t_{\text{сохр}}} - \frac{1}{a \kappa_{\min} t_{\min}} + a \kappa_{\text{сохр}} t_{\text{сохр}} - a \kappa_{\min} t_{\min}}{3 \ln\left(\frac{t_{\min} \kappa_{\min}}{t_{\text{сохр}} \kappa_{\text{сохр}}}\right) + 2 \lambda_0^{\text{C}} \lambda_0^{\text{TY}} (\kappa_{\text{сохр}} t_{\text{сохр}} - \kappa_{\min} t_{\min})}, \quad (8)$$

анализируя которое можно определить область допустимых значений для параметра  $a$

$$0 < a^2 < \frac{1}{\kappa_{\min} \kappa_{\text{сохр}} t_{\min} t_{\text{сохр}}} \quad (9)$$

при

$$\kappa_{\min} t_{\min} > \kappa_{\text{сохр}} t_{\text{сохр}}.$$

Теперь, зная область значений параметра  $a$  и подставив выражение для параметра  $V$  в одно из уравнений системы (5), можно решить его относительно параметра  $a$ .

Апробация методики проведена на ряде ИЭТ. Так, например, для стабилизатора Д815А получены  $T_0 = 170539$  ч и  $V = 0,52$ . Для сравнения существующая методика при  $p^3 = 0,998$  дает  $T_0 = 226733$  ч и  $V = 1$ .

Описанный выше метод идентификации параметров  $DN$ -распределения времени наработки до отказа ИЭТ программно реализован в составе пакета программ анализа показателей безотказности РЭС. Пакет функционирует на ПЭВМ «Электроника-85», IBM PC/AT и имеет развитые сервисные характеристики ввода и вывода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность изделий электронной техники для устройств народного хозяйственного назначения/Справочник. Изд. 5-е. — М.: ВНИИ «Электронстандарт», 1987.
  2. Погребинский С. Б., Стрельников В. П. Проектирование и надежность многопроцессорных ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1988. — 168 с.
  3. Отраслевой руководящий материал: Сборник справочных листов. — М.: ВНИИ «Электронстандарт», 1987.
-