

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВЫБОРОК ИЭТ ПО ЧИСЛОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА В НАЧАЛЬНЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ

С.М. БОРОВИКОВ, Е.Н. ШНЕЙДЕРОВ, Р.П. ГРИШЕЛЬ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
bsm@bsuir.by*

Постепенные отказы изделий электронной техники (ИЭТ) определяют такое понятие, как параметрическая надёжность – свойство ИЭТ, состоящее в отсутствии в изделии постепенного отказа по рассматриваемому функциональному параметру в течение заданной наработки при выбранных электрических режимах и условиях работы. Предлагается: параметрическую надёжность выборок ИЭТ для заданных будущих наработок прогнозировать по значениям основных числовых характеристик функционального параметра этой выборки в начальный момент времени.

Ключевые слова: постепенные отказы, изделия электронной техники, параметрическая надёжность, прогнозирование.

При работе ИЭТ его функциональный параметр (обозначим через y) изменяется, говорят, деградирует, и может рассматриваться как функция времени t . Параметрическая надёжность характеризует способность ИЭТ сохранять уровень $y(t)$ в пределах норм (от a до b), указанных в технической документации или установленных потребителем, в течение заданной наработки t_3 при выбранных режимах и условиях работы. В качестве количественной меры уровня параметрической надёжности используют вероятность $P_n(t_3)$, определяемую как [1, 2]

$$P_n(t_3) = P\{a \leq y(t) \leq b, t \leq t_3\}, \quad (1)$$

где $P\{\dots\}$ – вероятность выполнения условия, указанного в фигурных скобках.

Постепенные отказы и, следовательно, параметрическую надёжность ИЭТ можно прогнозировать [3]. Для получения достоверного прогноза о постепенном отказе надо располагать количественной моделью надёжности в виде зависимости деградации функционального параметра ИЭТ от наработки, температуры, электрической нагрузки и других эксплуатационных факторов [4]. Такая модель базируется на изучении поведения ИЭТ не только в момент отказа, но и в ходе изменения функционального параметра при наработке ИЭТ, то есть на исследовании кинетики отказов, и может быть получена путём обработки результатов физического моделирования наработки выборок ИЭТ с помощью вероятностно-статистических методов. Построенную таким способом модель деградации функционального параметра ИЭТ будем называть физико-статистической [5, 6].

В качестве физико-статистической модели функционального параметра $y(t)$ предложено использовать условный (для интересующей наработки t) закон его распределения. Значение вероятности $P_n(t_3)$, определяемой выражением (1), является результатом изменения статистического распределения параметра $y(t)$ за время работы t_3 , $t_3 = t_1, t_2, \dots, t_k$, например изменения условной плотности распределения $w(y/t)$ (рис. 1).

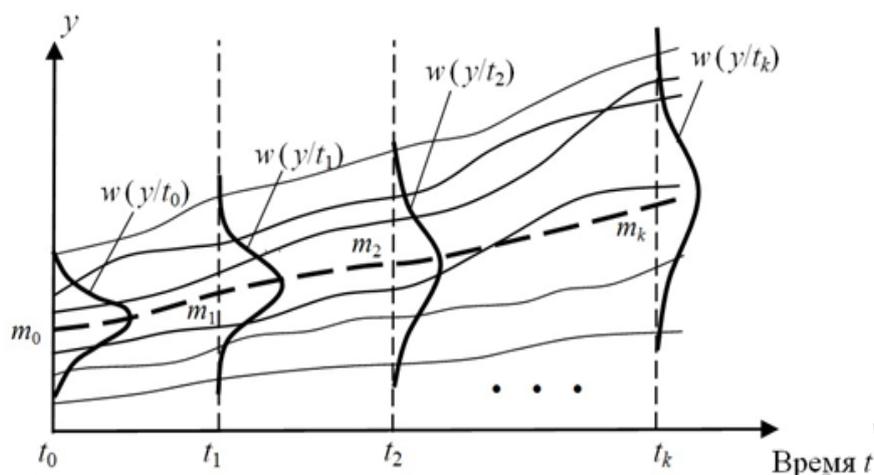


Рис. 1. Изменение плотности распределения параметра y при работе ИЭТ: t_0, t_1, \dots, t_k – моменты времени – временные сечения; m_0, m_1, \dots, m_k – средние значения y во временных сечениях (штриховая линия)

Показано, что эффект «переплетения» с течением времени функций $y_j(t)$ мало заметен, в первом приближении сохраняется вид начального распределения функционального параметра ИЭТ в любом временном сечении и имеет место тесная корреляция параметра $y(t)$ для различных временных сечений (рис. 1). Наличие тесной корреляции подтверждено экспериментальными исследованиями на примере биполярных транзисторов большой мощности типа КТ872А, КТ8272В и КТ8271В для таких функциональных параметров как напряжение насыщения коллектор–эмиттер ($U_{КЭнас}$) и статический коэффициент передачи тока базы в схеме с общим эмиттером ($h_{21э}$) [7].

На основе указанных закономерностей предложено: характеристики (параметры) условного закона распределения находить как функции наработки t и основных числовых характеристик функционального параметра прогнозируемой выборки, найденных для начального момента времени. Для получения этих функций (математических выражений) предложено использовать предварительные исследования определённой выборки ИЭТ. Эти исследования представляют собой обучающий эксперимент и проводятся один раз для ИЭТ рассматриваемого типа.

Полученная указанным способом физико-статистическая модель деградации в виде условного (для любой интересующей наработки t) закона распределения функционального параметра ИЭТ может использоваться для прогнозирования вероятности $P_n(t_3)$, определяемой выражением (1).

Список литературы

1. Прогнозирование надёжности изделий электронной техники / Под ред. С.М. Боровикова. Минск, 2010.
2. Боровиков С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография. М., 2013.
3. European Organization of the Quality Control Glassary. Bern, 1988.
4. Физические основы надёжности интегральных схем / Под ред. Ю.Г. Миллера. М., 1976.
5. Боровиков С.М., Шалак А.В., Бересневич А.И. и др. // Докл. НАН Беларуси. 2007. Т. 51, № 6. С. 105–109.
6. Borovikov S.M., Shneiderov E.N. // Proceedings in The 1-th International Global Virtual Conference Workshop «GV-CONF 2013». Zilina, 8–12 April 2013. P. 267–270.
7. Боровиков С.М., Шнейдеров Е.Н. // Матер. XVI международ. НТК «Современные средства связи». Минск, 27–29 сентября 2011. С. 81.