

Статистические показатели надежности элементов функциональной микроэлектроники: тезисы доклада

И. В. Бардушкина, О. Д. Тимонина

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия

olyatimonina97@gmail.com

Statistical Values of Functional Microelectronics Elements' Reliability

I. V. Bardushkina, O. D. Timonina

National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia

olyatimonina97@gmail.com

The authors did point out at functional electronics elements reliability evaluation as mandatory step in the design of microelectronic devices. Based on test results of one hundred elements the authors have carried out statistic data analysis, testing the hypothesis of exponential distribution of failure-free operation of elements. They have shown that the failure rate of electronic components during normal operation is constant.

Keywords: reliability; failure rate; statistical analysis; hypothesis testing.

Современная электроника широко применяет интегральные микросхемы. Усложнение задач микроэлектроники требует увеличения числа элементов электронной аппаратуры, поэтому актуальна задача повышения надежности элементов и узлов электронных изделий.

В системах электроники возникают процессы, случайные с точки зрения отказов элементов. Под элементами функциональной микроэлектроники будем понимать невосстанавливаемые элементы (резистор, конденсатор и др.) или узлы, имеющие показатели надежности и входящие в систему.

Перечислим показатели надежности элементов.

$P(t)$ — вероятность безотказной работы элемента в течение времени t .

T_1 — среднее время безотказной работы (наработка до отказа).

$f(t)$ — плотность распределения времени исправной работы элемента.

$\lambda(t)$ — интенсивность отказа как функция времени.

Указанные функции связаны формулами [1]:

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right), \quad f(t) = -P'(t),$$

$$P(t) = \int_t^{+\infty} f(t)dt,$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad T_1 = \int_0^{+\infty} P(t)dt.$$

Плотность распределения наиболее полно характеризует время до отказа. Основным способом определения показателей надежности является

455	552	109	340	103	152	62	163	35	5
129	81	221	35	318	180	20	37	26	18
151	85	4	17	7	20	79	50	41	51
32	217	90	210	39	74	71	57	106	14
171	86	36	180	61	3	47	578	23	131
95	97	54	50	127	176	21	122	109	89
88	291	70	1	642	89	266	260	136	2
90	162	162	155	139	27	11	9	30	77
334	203	78	72	51	137	216	35	43	12
315	57	4	59	133	77	142	103	63	13

Требуется определить статистические и теоретические показатели надежности элемента без восстановления: время безотказной работы, вероятность безотказной работы в зависимости от времени, плотность распределения времени исправной работы, интенсивность отказа.

Число интервалов группировки определено по формуле Стерджеса: $m \approx 1 + 3,322 \cdot \lg n$, где n — объем выборки. Соответствующие частоты в 16 интервалах представлены в виде вектора

$$N = [29, 22, 14, 11, 7, 6, 2, 3, 2, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1].$$

Легко построить гистограмму и полигон частот для интервально группированной выборки. Вычисления производим в пакете прикладных программ MATLAB [2; 3]. Выборочные числовые характеристики: выборочное среднее $\bar{x} = 116,65$; несмещенная дисперсия $s^2 = 1,493 \cdot 10^4$.

статистическая обработка данных о времени отказа в процессе эксплуатации систем или при испытаниях. Данные о времени работы элементов до первого отказа являются исходными.

Постановка задачи: на испытания поставлено 100 элементов. Моменты времени отказов элементов (в часах) представлены в таблице. Элементы после отказа не ремонтируются.

По виду гистограммы можно сделать предположение об экспоненциальном распределении генеральной совокупности. Требуется с помощью критерия χ^2 на уровне значимости $\alpha = 0,05$ статистически проверить гипотезу H_0 о том, что данная выборка извлечена из генеральной совокупности с экспоненциальной функцией распределения.

Необходимым условием применения критерия χ^2 является наличие в каждом из интервалов группировки по крайней мере пяти наблюдений. Поэтому последние интервалы — для которых частоты $n_i < 5$ — объединим с соседними интервалами: [29, 22, 14, 11, 7, 6, 5, 6]. После вычисления вероятностей p_i попаданий случайной величины с экспоненциальным законом распределения в интервалы и теоретических частот получено выборочное значение статистики

$$\chi_B^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 17,0719,$$

где $n'_i = np_i$ — теоретические частоты, n_i — частоты в объединенных интервалах. Поскольку $\chi^2_{\text{в}} < \chi^2_{0,95}(6) = 23,6848$, то гипотеза H_0 об экспоненциальном законе распределения не противоречит результатам наблюдений при уровне значимости α .

Зная оценку среднего времени безотказной работы \bar{x} , найдем параметр распределения: $\lambda = 0,00847$. Функция плотности распределения $f(t) = -P'(t) = 0,00847e^{-0,00847t}$. Вероятность безотказной работы элемента в течение времени t :

$$P(t) = \int_t^{+\infty} f(t)dt = e^{-0,00847t}.$$

Интенсивность отказа как функция времени $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = 0,00847$. Таким образом, интенсивность отказа элементов электроники при нормальной работе является постоянной величиной.

Применение статистических методов обработки данных позволяет оценивать параметры надежности по результатам экспериментов или испытаний аппаратуры.

Литература

1. **Половко А. М., Гуров С. В.** Основы теории надежности: Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 559 с.
2. Лабораторный практикум по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика» / В. В. Бардушкин, В. В. Лесин, В. Н. Земсков, Н. Н. Мустафин. М.: МИЭТ, 2009. 116 с.
3. Задания для выполнения лабораторных и индивидуальных работ по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика» с использованием пакета MATLAB / В. В. Бардушкин, И. В. Бардушкина, В. В. Лесин, А. М. Ревякин // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB: Мат-лы V Междунар. науч. конф. (г. Харьков, 11—13 мая 2011 г.) / Сост. В. В. Замаруев. Харьков: БЭТ, 2011. С. 471—533.

Бардушкина Ирина Вячеславовна — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики № 2 Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1), i_v_bars@mail.ru

Тимонина Ольга Дмитриевна — студентка группы ЭКТ-38 Национального исследовательского университета «МИЭТ» (Россия, 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1), olyatimonina97@gmail.com

References

1. Polovko A. M., Gurov S. V. Osnovy teorii nadezhnosti: Praktikum (Reliability Theory Basics: Practical Course), SPb., BKhV-Peterburg, 2006, 559 p.
2. Laboratornyi praktikum po kursu “Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika” (Laboratory Practicum on Theory of Probability and Mathematical Statistics), by V. V. Bardushkin, V. V. Lesin, V. N. Zemskov, N. N. Mustafin, M., MIET, 2009, 116 p.
3. Zadaniya dlya vypolneniya laboratornykh i individual’nykh rabot po kursu “Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika” s ispol’zovaniem paketa MATLAB (Tasks for Laboratory and Independent Work in “Theory of Probability and Mathematical Statistics” Course Using MATLAB Software), by V. V. Bardushkin, I. V. Bardushkina, V. V. Lesin, A. M. Revyakin, *Proektirovanie inzhenernykh i nauchnykh prilozhenii v srede MATLAB: Mat-ly V Mezhdunar. nauch. konf. (g. Khar’kov, 11—13 maya 2011 g.)*, Sost. V. V. Zamaruev, Khar’kov, BET, 2011, pp. 471—533.

Bardushkina Irina V., candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, associate professor of Higher Mathematics Department No. 2, National Research University of Electronic Technology (Shokin Square, 1, 124498, Moscow, Zelenograd, Russia), i_v_bars@mail.ru

Timonina Olga D., student of EKT-38 group, National Research University of Electronic Technology (Shokin Square, 1, 124498, Moscow, Zelenograd, Russia), olyatimonina97@gmail.com