

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ

В. В. ЖАДНОВ, М. В. ШАТОВ

Московский институт электроники
и математики

Методика предназначена для расчета допустимой мощности рассеивания резисторов и допустимой температуры полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных микросхем (ИС), при которой обеспечивается заданная минимальная наработка до отказа.

В основе методики лежит принятая в настоящее время теоретическая модель — экспоненциальное распределение времени наработки до отказа, которое используется и при экспериментальном подтверждении минимальной наработки до отказа:

$$p = \exp[-\lambda_0 n t_m], \quad (1)$$

где p — вероятность безотказной работы ИЭТ, принятых при испытаниях на подтверждение минимальной наработки до отказа ($p = 0,95$); n — коэффициент запаса, обычно принимается равным 2; λ_0 — эксплуатационная интенсивность отказов.

Примечание. Известно, что для резисторов

$$\lambda_0 = f(T_{oc}),$$

где T_{oc} — температура окружающей среды. Так как резисторы работают в условиях глубокого вакуума, то принято $T_{oc} = T_p$, где T_p — температура резистора, которая может быть получена в результате расчетов (например с помощью подсистемы АСОНИКА-Т) или в результате экспериментальных исследований; t_m — минимальная наработка до отказа.

Исходя из изложенного можно предложить методику определения допустимой мощности рассеивания для резисторов и допустимой температуры для ПП-приборов и ИС.

Исходные данные:

- типонаименование ИЭТ;
- минимальная наработка (t_m);
- вероятность безотказной работы (p);
- коэффициент запаса (n);
- температура ИЭТ (T_p);
- математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов резисторов, ПП-приборов и ИС, приведенных в [1];
- составляющие моделей резисторов, ПП-приборов и ИС, приведенные в [1];
- модель для коэффициента режима (K_p) для резисторов и ПП-приборов, приведенных в [1], а для ИС вычисляется $K_{ст}$:

$$K_{ст} = A \exp[B(T_p + 273)];$$

— значения коэффициентов модели для K_p и $K_{ст}$ резисторов, ПП-приборов и ИС, приведенные в [1].

Порядок расчета следующий:

1. Рассчитывают K_p на основе соотношения

$$K_p = \frac{\ln p}{t_m n f(\lambda_3)}, \quad (2)$$

где $f(\lambda_3) = \frac{\lambda_3}{K_p}$.

Математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов (λ_3) выбирается из соответствующей таблицы [1].

2. Определяют коэффициент электрической нагрузки $K_{эп}$

— для резисторов:

по соответствующей таблице и известным K_p , а также по температуре резистора.

Примечание. Расчетное значение K_p округляется до ближайшего значения $K_{p \text{ табл}}$, приведенного в таблице так, что $K_{p \text{ табл}} < K_p$:

— для ПП-приборов:

$K_{эп} = I_{пр ср} / I_{пр ср max}$ — для диодов;

$K_{эп} = P_{раб} / P_{max}$ — для транзисторов.

3. Рассчитываются допустимая мощность рассеивания для резисторов и допустимая температура для ПП-приборов и ИС:

— для резисторов:

$$P = K_{эп} P_n. \quad (3)$$

Примечание. При использовании модели для K_p вместо рассчитанных $K_{эп}$ и соответствующих P можно воспользоваться выражением

$$P = \frac{P_n N_s \sqrt[4]{\ln \left[\frac{-\ln(p)}{t_m n A f(\lambda_3)} \right] - B \left(\frac{T_p + 273}{N_t} \right)^G}}{\left(\frac{T_p + 273}{273} \right)^J} J. \quad (4)$$

Параметры модели для A, B, N_t, G, N_s, J, H выбираются из соответствующей таблицы, приведенной в [1];

— для ПП-приборов:

допустимая температура определяется по рассчитанным K_p и $K_{эп}$ из соответствующих таблиц или путем решения данного уравнения известным численным методом на ЭВМ:

$$\frac{-\ln(p)}{t_m n f(\lambda_3)} = A e^{(N_t/T_p + 273 + \Delta t K_{эп})} e^{(T_p + 273 + \Delta t K_{эп}/T_m)^L}. \quad (5)$$

В результате расчетов допустимой мощности рассеивания (или температуры) возможны следующие случаи:

— $P > P_n$, т. е. минимальная наработка обеспечивается для любой мощности, допустимой по ТУ;

— $0 < P < P_n$, т. е. минимальная наработка обеспечивается для любой мощности, меньшей рассчитанной;

— $P = 0$, т. е. минимальная наработка не может быть обеспечена ни при какой мощности рассеивания. В этом случае необхо-

димо, либо применять ЭРИ, обладающие более высокой собственной безотказностью (т. е. имеющие более низкую λ_0), либо облегчать режим работы ЭРИ (снижать значение составляющих моделей).

Пример использования методики

Постановка задачи.

Для резистора С2-33-150 КОм + 5/— 1 Вт, работающего при температуре $T_p = 65^\circ\text{C}$, определить допустимую мощность рассеивания для обеспечения минимальной наработки не менее 100000 ч.

Исходные данные:

- резистор С2-33-150 КОм + 5/—1 Вт;
- минимальная наработка 100000 ч.;
- вероятность безотказной работы 0,95;
- коэффициент запаса 3;
- температура резистора 65°C .

Расчет. Математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов (резистор постоянный непроволочный металлодиэлектрический):

$$\lambda_3 = \lambda_0 K_p K_3 K_R K_M;$$

— составляющие модели:

$$\lambda_0 = 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}; K_3 = 2; K_R = 3; K_M = 1,5;$$

— значение коэффициентов модели для K_p :

$$A = 0,26; B = 0,5078; N_t = 343; G = 9,278; N_s = 0,878; J = 1; H = 0,886.$$

Для расчета допустимой мощности рассеивания воспользуемся выражением (4), причем вместо $f(\lambda_3)$ подставим выражение:

$$f(\lambda_3) = \frac{\lambda_0 K_3 K_R K_M K_p}{K_p} = \lambda_0 K_3 K_R K_M.$$

В этом случае выражение (4) принимает вид:

$$P = \frac{P_n N_s \sqrt[3]{\ln\left(\frac{-\ln(p)}{t_m n \lambda_0 K_3 K_R K_M A}\right) - B\left(\frac{T_p + 273}{N_t}\right)^G}}{\left(\frac{T_p + 273}{273}\right)^J}.$$

После вычислений получаем $P = 1,1592$ Вт. Полученное значение превышает P_n , поэтому допустимая мощность рассеивания $P = 1$ Вт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность изделий электронной техники для устройств народнохозяйственного назначения: Справочник. — М.: ВНИИ «Электронстандарт», 1987. — 144 с.