

Лабораторная работа №3к

Расчет надежности микросборки

1. Цель работы

Ознакомится с методикой расчета и рассчитать надежность отдельных элементов микросборки (МСБ) и всей МБС в целом по внезапным и постепенным отказам, а также определить допустимое время работы МСБ с заданной вероятностью.

2. Задание

1. Цифровая микросборка (МСБ) выполнена в металлостеклянном корпусе, который имеет по 24 выводов с четырех сторон. МСБ содержит N кристаллов ИМС, посаженных на клей. Каждый кристалл имеет m выводов. Монтаж всех выводов кристаллов к контактным площадкам платы и соединения между контактными площадками платы и внешними выводами МСБ осуществлены с помощью микросварки. Подложка приклеена к корпусу. Рассчитать надежность МСБ.

2. Показатели надежности элементов:

№ п/п	Элемент	λ_i , час ⁻¹	M_i , час	σ_i , час
1	ИМС	10^{-9}	5×10^6	10^3
2	Сварное соединение	2×10^{-9}	5×10^6	10^3
3	Клееное соединение	10^{-7}	10^6	2×10^3

$N = 22$ и $m = 8$

4. Определить:

4.1. Среднее время безотказной работы каждой группы однотипных элементов

и МСБ в целом (наработку до отказа). Оценить вклад этих составляющих.

4.2. Построить примерную временную зависимость вероятности безотказной

работы МСБ с учетом внезапных и постепенных отказов, учитывая следующие значения интеграла вероятностей от параметра:

$$Z=t-M ; \Phi_0=0 \quad \Phi_1=0,34 \quad \Phi_2=0,477 \quad \Phi_3=0,49865.$$

Графики строить в следующем порядке:

4.2.1. Построить вероятность безотказной работы по внезапным отказам для каждой группы элементов.

4.2.2. Построить вероятность безотказной работы МСБ по внезапным отказам.

4.2.3. Построить вероятность безотказной работы по постепенным отказам для каждой группы элементов в масштабе, выбранном в п.4.2.2.

4.2.4. Построить общую временную зависимость вероятности безотказной работы с учетом внезапных и постепенных отказов.

4.3. Определить допустимое время работы МСБ с заданной вероятностью $P_{бр} = 0,9$ и $P_{бр} = 0,99$ (по результирующему графику).

5. Методика расчета надежности с учетом внезапных и постепенных отказов

1. Определим вероятность безотказной работы $P_{\text{б}}$ системы, состоящей из N элементов, по внезапным отказам

Полагаем:

- Для работы РЭА должны быть исправны все элементы; отказ одного из элементов приводит к отказу всего РЭА. Такую цепь в теории надежности называют последовательной.

- Отказы независимы. Тогда вероятность сложного события $P_{\text{бр.}\Sigma}$, состоящего из независимых событий, характеризующихся $P_{\text{бр.}i}$

$$P_{\text{бр.}\Sigma} = \prod_{i=1}^N P_{\text{бр.}i}(t)$$

при $\lambda_i = \text{const}$ вероятность безотказной работы отдельного элемента будет:

$$P_{\text{бр.}i} = e^{-\lambda_i t}$$

Тогда вероятность безотказной работы всех элементов:

$$P_{\text{бр.}\Sigma} = \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i t} = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t} = e^{-\lambda_{\Sigma} t},$$

интенсивность отказа РЭА:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i,$$

среднее время безотказной работы РЭА:

$$T_{\text{ср.}\Sigma} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \lambda_i},$$

В случае, когда у нас имеется n групп в каждой из которых имеется m_j –число элементов с одинаковой надежностью, то

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n m_j \lambda_j$$

$$T_{\text{ср.}\Sigma} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j \lambda_j}$$

Таким образом, для расчета надежности блока необходимо знать надежность λ_i , каждого элемента и их число.

Пример:

$N = 10^3$ элементов, все они равнонадежны

$$\lambda_i = \lambda_j = 10^{-7} \frac{1}{\text{час}}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{N\lambda_i} = \frac{10^7}{10^3} = 10^4 \text{ час} = 1 \text{ год} \rightarrow P_{\text{бр}} = 0,37$$

Следовательно, вероятность $P_{\text{бр}} = 0,9$, можно будет обеспечить в течении

$$t = 0,1T_{\text{ср}} = 0,1 \text{ года} = 36 \text{ дней} \approx 1,5 \text{ мес.}$$

Эта система с вероятностью $P_{\text{бр}} = 0,99$ будет работать $t = 0,01T_{\text{ср}} = 3,6$ дня.

2. Определим вероятность безотказной работы P_{Π} системы по постепенным отказам

Вероятность безотказной работы системы, состоящей из N элементов, учитывая только постепенные отказы, а также то, что они взаимно независимы, будет

$$P_{\Pi\Sigma} = \prod_{i=1}^N P_{\Pi i}(t) = \prod_{i=1}^N [0,5 - \Phi(z_i)]$$

в случае, когда все элементы равнонадежные

$$P_{\Pi}(t) = [0,5 - \Phi(z_i)]^N$$

$\Phi(z_i)$ - табличный интеграл вероятности

Приведенные формулы позволяют просчитать надежность РЭА по постепенным отказам, при известных M , σ и N .

$$q'_{\text{отк}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}}, \quad (-\infty < t < \infty)$$

$q'_{\text{отк}}$ - плотность вероятности отказа

$$M = \frac{\sum_{i=1}^N T_{\text{э}i}}{N} - \text{среднее время безотказной работы, математическое}$$

ожидание определяется из эксперимента по постепенным отказам

σ -среднеквадратическое отклонение случайной величины от своего математического ожидания M

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (T_{\text{э}i} - M)^2}}{N - 1}$$

для непрерывной функции распределения случайной величины

$$M = \int_{-\infty}^{\infty} t q'_{\text{отк}} dt$$

Например:

Узел состоит из $N=10$ – равнонадёжных элементов

$$M = T_{\text{ср}} = 8000 \text{ часов по постепенным отказам}$$

$$\sigma = 1500 \text{ часов}$$

Определить вероятность безотказной работы по постепенным отказам за время $t = 5000$ часов

находим

$$Z = \frac{t - M}{\sigma} = \frac{5000 - 8000}{1500} = \frac{-3000}{1500} = -2$$

Определим по таблице

$$\Phi(z) = \Phi(-2) = -\Phi(2) = -0,477$$

$$P_{п}(t) = [0,5 - \Phi(2)]^N = [0,5 + 0,477]^{10} = 0,79$$

3. Определим суммарную вероятность безотказной работы $P_{бр.Σ}$ по постепенным и внезапным отказам

Полагаем, что внезапные и постепенные отказы независимы

$$P_{бр.Σ}(t) = P_{вне.Σ} P_{п.отк.Σ} = e^{-t \sum_{i=1}^N \lambda_i} \prod_{i=1}^N [0,5 - \Phi(z_i)]$$

Таким образом, формула позволяет рассчитать надежность как на период нормальной работы (внезапные отказы), так и на период старения РЭА. При этом период приработки исключается.

Пример:

В состав РЭА входит $N=10$ равнонадёжных элементов, характеризующихся

$$\lambda_j = \lambda_i = 10^{-5} \frac{1}{\text{час}} \quad , \quad \mu_j = \mu_i = 10^4 \text{ часов}$$

по постепенным отказам

$$\sigma_j = \sigma_i = 1 * 10^3 \text{ часов}$$

Рассчитать вероятность безотказной работы по внезапным и постепенным отказам и построить график $P_{бр}$.

Определим отправные точки для расчета:

1. По внезапным отказам

$$T_{ср.i} = \frac{1}{\lambda_i} = 10^5 \text{ часов}$$

$$T_{\text{ср.}\Sigma} = \frac{1}{N\lambda_{\Sigma}} = \frac{10^5}{10} = 10^4 \text{ часов}$$

$$P_{\text{бр.в.}\Sigma} = e^{-N\lambda_i t} = e^{-\frac{t}{T_{\text{ср.}\Sigma}}}$$

$$t = T_{\text{ср.}\Sigma} \rightarrow P_{\text{бр.в.}\Sigma} = 0,37$$

2. По постепенным отказам

$$P_{\text{п.}\Sigma} = \prod_{i=1}^N P_{\text{п.}i} = [0,5 - \Phi(z)]^N$$

в моменты времени

$$t = M - 3\sigma \rightarrow P_{\text{п.}i} = 1$$

$$t = M + 3\sigma \rightarrow P_{\text{п.}i} = 0$$

$$t = M \rightarrow P_{\text{п.}i} = 0,5 - \Phi(0) = 0,5$$

$$P_{\text{п.}\Sigma} = 0,5^{10} \rightarrow 0$$

На рисунке 1 представлен общий вид результирующих кривых для вероятностей безотказной работы по внезапным отказам, по постепенным отказам и их произведение.

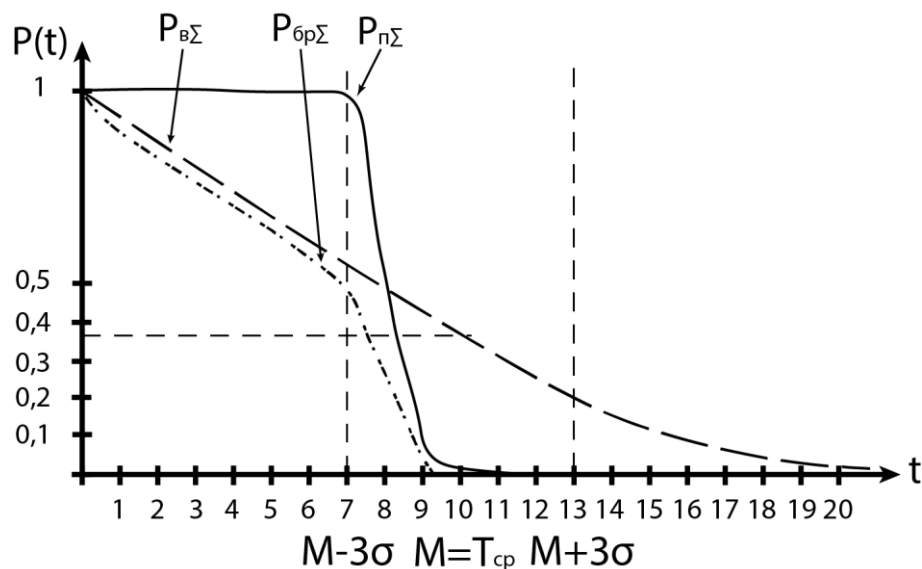


Рис. 1. График вероятности безотказной работы по внезапным отказам (штриховая линия), по постепенным отказам (сплошная линия) и суммарный график (штрихпунктирная линия)