

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Лабораторная работа № 3

Расчет надежности печатного узла

Основы теории точности и надежности

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Цель и задачи;

1 Надежность в технике ГОСТ 27.002-2015;

1.1 Термины и определения;

1.2 Расчет единичных показателей надежности;

1.2.1 Вероятность безотказной работы - $P(t)$;

1.2.2 Интенсивность отказа - $\lambda(t)$;

1.2.3 Плотность отказа - $f(t)$;

1.2.4 Средняя наработка до отказа - $T_{ср}$;

Задания и указания к выполнению лабораторной работы;

Список литературы;

Приложение А

Цель и задачи

- **Цель:** освоить навыки расчета надежности печатных узлов.
- **Задачи обучения:**
 - 1. изучить основные единичные показатели надежности и формулы для их расчета;
 - 2. произвести расчет надежности печатного узла.

Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения (ГОСТ 27.002-2015)

- **Надежность** – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.
- *Примечание.* Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости о назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения (ГОСТ 27.002-2015)

- **Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.
- **Ремонтопригодность** – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.
- **Восстанавливаемость** – свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться без ремонта.

Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения (ГОСТ 27.002-2015)

- **Долговечность** – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, тех. обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.
- **Сохраняемость** – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования
- **Готовность** – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, тех. обслуживания и ремонта

Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения (ГОСТ 27.002-2015)

- **Надежность** – это количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта. Если показатель надежности характеризует одно из свойств, то он называется **единичным показателем**, если же несколько свойств – **комплексным показателем**.
- К **единичным показателям безотказности** относятся:
 - вероятность безотказной работы;
 - средняя наработка на отказ;
 - гамма-процентная наработка до отказа;
 - средняя наработка между отказами;
 - гамма-процентная наработка между отказами;
 - интенсивность отказа;

Интенсивность отказа

- **Интенсивность отказа** – условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N(t)\Delta t}$$

- где Δn - количество отказов за время, $N(t)$ - среднее количество исправно работающих элементов за время Δt .
- Интенсивность отказа выражается в количестве отказавших объектов на один час наработки, и записывается следующим образом:

$$\lambda(t) = 2,5 \times 10^{-9} \text{ [1/час]}$$

Интенсивность отказа

- Интенсивность отказов также называется λ – характеристикой. Характерная кривая интенсивности отказов представлена на рисунке 1

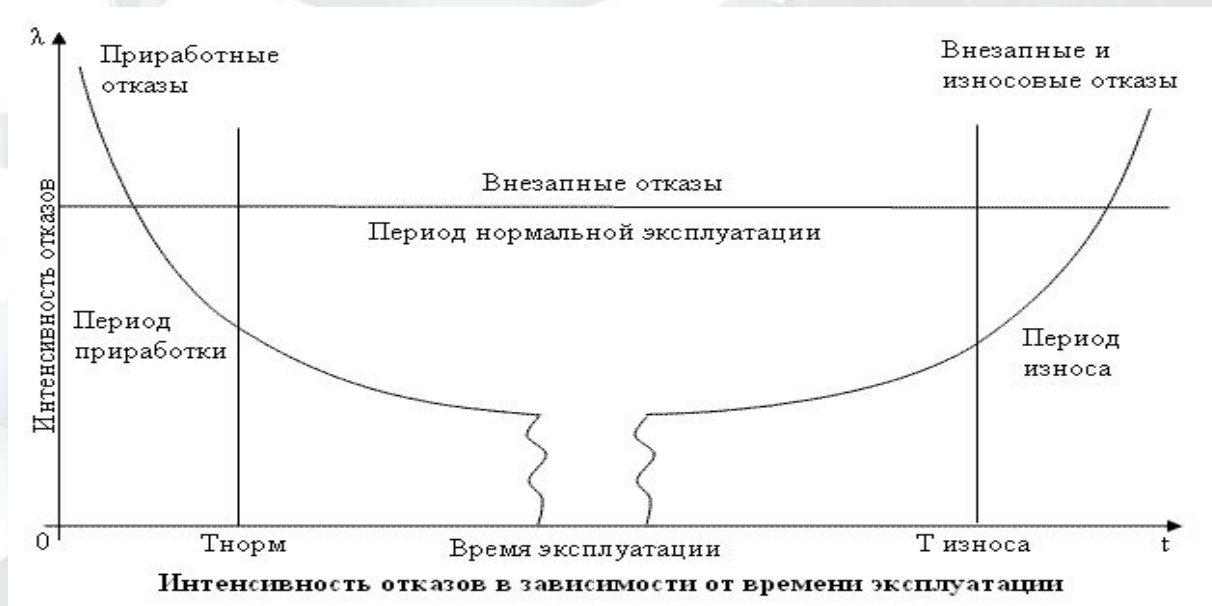


Рисунок 1

Вероятность безотказной работы

- Под **вероятностью безотказной работы** ($P(t)$) объекта понимается вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет.
- Математически данная логика описывается так:
$$P(t) = P\{T \geq t\}, t \geq 0$$
- Случайная величина T является неотрицательной и имеет дискретное или непрерывное распределение, t – фиксированное (требуемое) значение наработки объекта.
- Вероятность безотказной работы вычисляется по следующим формулам:

Вероятность безотказной работы

- В случае постоянной интенсивности отказа на всем рассматриваемом временном промежутке работы объекта:

$$P(t) = e^{-\lambda(t)},$$

- где λ – интенсивность отаза за время наработки t .
- Статистически вероятность безотказной работы определяется по формуле

$$P(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} = \frac{N(t)}{N_0}$$

- где N_0 – число объектов поставленных на испытания, n_i – число объектов отказавших за время проведения испытания, $N(t)$ – число исправно работающих объектов на конец испытания.

Вероятность безотказной работы

- Помимо вероятности безотказной работы, характеризующее вероятностное событие работоспособности объекта при наработке T , существует также показатель характеризующий вероятность отказа объекта за время $T < t$, где t требуемое время наработки.
- Вероятность отказа объекта определяется по формуле

$$Q(t) = 1 - P(t)$$

- Экспоненциальное распределение вероятности отказа и безотказной работы представлена на рисунке 2.
- Суммируя вероятность безотказной работы и вероятностью отказа, получим:
 $P(t) + Q(t) = P(t) + 1 - P(t) = 1$

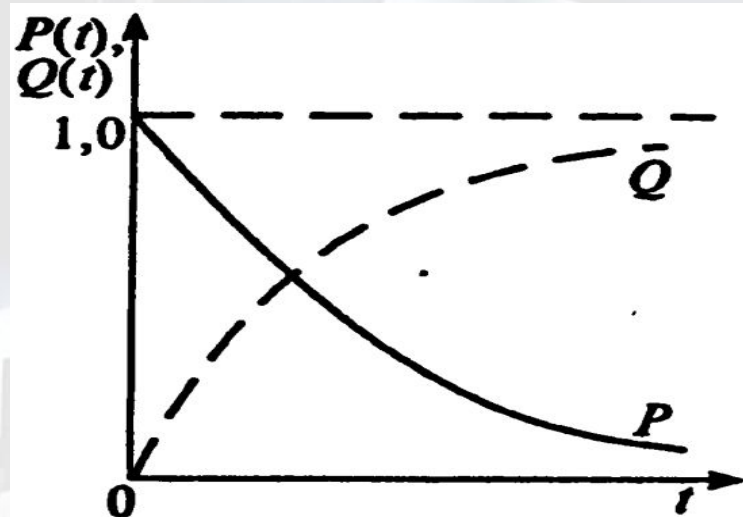


Рисунок 2

Средняя наработка до отказа

- Средней наработкой до отказа называется математическое ожидание наработки объекта до первого отказа T_1

- Для непрерывного распределения

$$T_{\text{cp}} = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

- где $P(t)$ – вероятность безотказной работы на интервале $0 \leq x \leq t$
- Для дискретного распределения, среднее время работы объекта определяется по формуле

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_i$$

- где N – количество поставленных однотипных элементов на испытание, t_i – время работы i – го элемента.

Средняя наработка до отказа

- В случае если исходными данными являются интенсивности отказов элементов системы, то среднее время наработки до отказа системы определяется по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

- где λ_i – интенсивность отказа i – го элемента системы, n количество элементов в системе

Задания и указания к выполнению лабораторной работы

- Произвести расчет надежности печатного узла, входящего в рассматриваемое в предыдущих лабораторных работах электротехническое изделие по следующему алгоритму:
 - 1. Исходными данными для расчета является спецификация, разработанная в 1-ой лабораторной работе;
 - 2. Оформление таблицы для расчета интенсивностей электрорадиоизделий и всего изделия в целом следующего вида:

№ п/п	Наименование	Кол-во (n)		а	к	
				0,1 - 1	6,84	

- 3. Произвести расчет средней наработки до первого отказа изделия с учетом поправочных коэффициентов (приложение А);

Задания и указания к выполнению лабораторной работы

- 4. Рассчитать вероятность безотказной работы изделия;
- 5. Произвести расчет вероятности безотказной работы для 5 моментов времени t , ч: 1000, 5000, 10000, 20000, 50000; по результатам построить график кривой вероятности безотказной работы изделия в процессе его наработки;
- 6. Условием для удовлетворения заявленных в ТЗ показателей надежности являются средняя наработка на отказ не менее 10000 ч и вероятность безотказной работы при 10000 ч наработки больше либо равной 0,85;
- 7. По полученным данным сделать выводы относительно уровня надежности изделия, в случае неудовлетворяющих ТЗ результатов разработать рекомендации по условиям эксплуатации (указанным в ТУ), грамотному выбору комплектующих (указаны в спецификации).

Список литературы

- 1. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения». М.: 2016 – 28с.;
- 2. Назаревич С.А. Методики оценивания качества продукции / С.А. Назаревич; ГУАП. – СПб., 2015г. – 93с.: ил.
- 3. Животкевич И.Н. Надежность технических изделий. М.: Изд-во: Институт испытаний и сертификации вооружений и военной техники, 2004. — 472 с.

Приложение А

$$k_n = k_1 * k_2 * k_3 * k_4,$$

- где k_1, k_2 - поправочные коэффициенты в зависимости от воздействия механических факторов; k_3 - поправочный коэффициент в зависимости от воздействия влажности и температуры; k_4 - воздействие атмосферного давления.
- Средние поправочные коэффициент k_n :
 - для резисторов – 0,6;
 - для конденсаторов – 0,7;
 - для диодов – 0,5;
 - для катушек индуктивности – 0,6;
 - для транзистора – 0,5.
- Поправочные коэффициенты a :
 - для резисторов – 1;
 - для конденсаторов – 0,6;
 - для диодов – 0,6;
 - для катушек индуктивности – 0,9;



Спасибо за внимание