

Министерство образования Российской Федерации
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
УЗЛА ПРИ МНОГООПЕРАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Методические указания к лабораторной работе

Самара 2002

Составители: И.В. Лофицкий, Б.Н. Березков, А.В. Архипов, Г.П. Шопин

УДК 621.396

Исследование точности выходных параметров функционального узла при многооперационном процессе изготовления. Метод. указания / И.В. Лофицкий, Б.Н. Березков, А.В. Архипов, Г.П. Шопин, СГАУ, Самара 2002

Статистическим методом анализа производственных погрешностей исследуется влияние технологических операций на точность выходных параметров функционального узла. Сообщаются краткие теоретические сведения, даются указания к проведению измерений и составлению отчета.

Методические указания предназначены для студентов специальности 200800 «Проектирование и технология РЭС» дневной и вечерней форм обучения.

Рецензент: А.В. Зеленский

Цель работы: Статистическим методом анализа производственных погрешностей исследовать влияние операций подгонки резистивных элементов, монтажа навесных компонентов и нанесения защитного покрытия на точность выходных параметров функционального узла.

Задание

1. Построить гистограммы и полигоны распределения погрешностей выходных параметров партии функциональных узлов после операций подгонки резистивных элементов, монтажа навесных компонентов и нанесения защитного покрытия. Определить среднее значение и среднеквадратические отклонения выходного параметра, сравнить экспериментальные распределения погрешностей с предполагаемыми теоретическими.
2. Оценить точность и стабильность технологического процесса, сравнивая среднее значение и поле отклонений выходного параметра с заданными по ТУ номинальным значением и полем допуска на этот параметр.

Теоретические сведения

Общие положения

При изготовлении функциональных узлов на всех основных операциях технологического процесса (подгонка резистивных элементов, монтаж навесных компонентов, нанесение защитного покрытия и т. д.) действует множество систематических и случайных факторов, которые влияют на распределение выходных параметров партии изделий. Если все случайные факторы взаимонезависимы и по своему влиянию на общую погрешность выходного параметра являются величинами одного порядка, то погрешность выходного параметра распределяется по нормальному закону:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[x-M(x)]^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где $\varphi(x)$, σ , $M(x)$ и x – соответственно плотность распределения, среднеквадратическое отклонение, математическое ожидание и текущее значение измеряемого параметра. При большом числе измерений считают, что $M(x)$ совпадает со средним арифметическим значением параметра \bar{x} .

Для оценки точности и стабильности технологического процесса экспериментально снятые кривые распределения выходного параметра сравнивают с номинальным значением $x_{ном}$ и полем допуска по ТУ на этот параметр. При этом вычисляют коэффициент относительной асимметрии α_i , характеризующий отклонение среднего значения от номинального по сравнению с полем допуска на параметр по ТУ:

$$\alpha_i = \frac{\bar{x} - x_{ном}}{\delta_{ТУ}}, \quad (2)$$

где $\delta_{ТУ}$ – половина поля допуска по ТУ.

Степень расхождения между величинами поля допуска и поля отклонений производственных погрешностей оценивают коэффициентом относительного рассеивания погрешностей K_i , иногда называемым коэффициентом точности. Его величину при нормальном законе распределения рассчитывают по формуле:

$$K_i = \frac{3\sigma(x)}{\delta_{ТУ}}, \quad (3)$$

Если коэффициент α_i близок к нулю и сохраняет свое значение при выпуске ряда партий, то это свидетельствует о настроенности технологического процесса. При $K_i > 1$, точность технологического процесса не удовлетворительна, поскольку параметры части

изделий будет не соответствовать ТУ. В случае $K_i \ll 1$ имеется значительный избыток точности, что экономически не оправдано.

При много операционном процессе изготовления функционального узла каждая операция вызывает смещение центров группирования и изменение величины рассеивания выходных параметров. Величины коэффициентов K_i и α_i при этом также меняются. На рис. 1 в качестве примера показана динамика изменения погрешности длительности импульса мультивибратора. Из рисунка видно, что отбраковка изделий по допускам ТУ на предварительных операциях технологического процесса может привести к неоправданным потерям «потенциально годной» продукции.

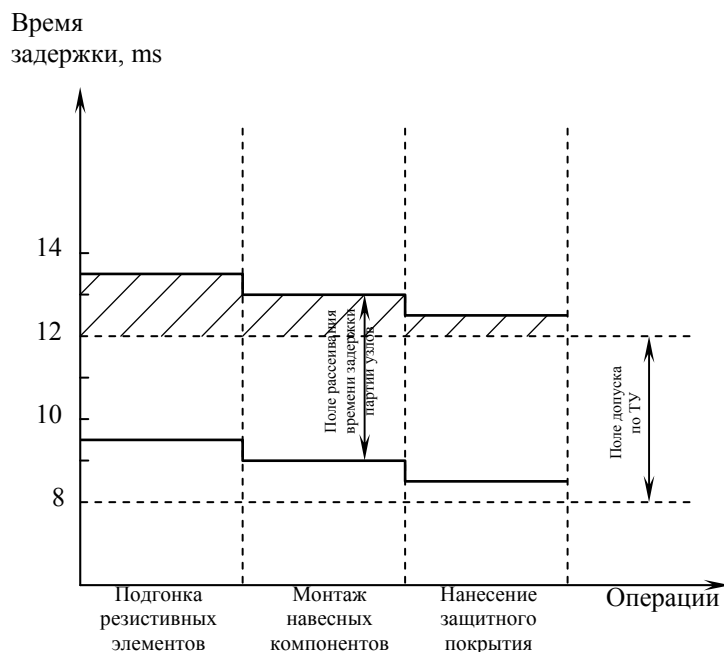


Рис. 1. Диаграмма изменения времени задержки в процессе изготовления мультивибратора

Построение экспериментальных кривых распределения производственных погрешностей

Для построения экспериментальных кривых распределения производственных погрешностей из протокола измерений находят крайнее значение параметра X_{min} и X_{max} и выбирают ширину интервала ΔX так, чтобы в интервал в среднем приходилось не менее 7-10 значений. Результаты представляются в виде таблицы 1.

Таблица 1

| № интервала | Границы интервалов | Середина интервала | Частота | Частость |
|-------------|--|--------------------|---------|----------|
| 1 | $x_{мин}-0,5\Delta x$ $x_{мин}+0,5\Delta x$ | $x_{мин}$ | n_1 | n_1/N |
| 2 | $x_{мин}+0,5\Delta x$ $x_{мин}+0,5\Delta x$ | $x_{мин}+\Delta x$ | n_2 | n_2/N |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| m | $x_{макс}-0,5\Delta x$ $x_{макс}+0,5\Delta x$ | $x_{макс}$ | n_m | n_m/N |

Для наглядности интервальный ряд распределения изображают графически гистограммой и полигоном распределения погрешностей.

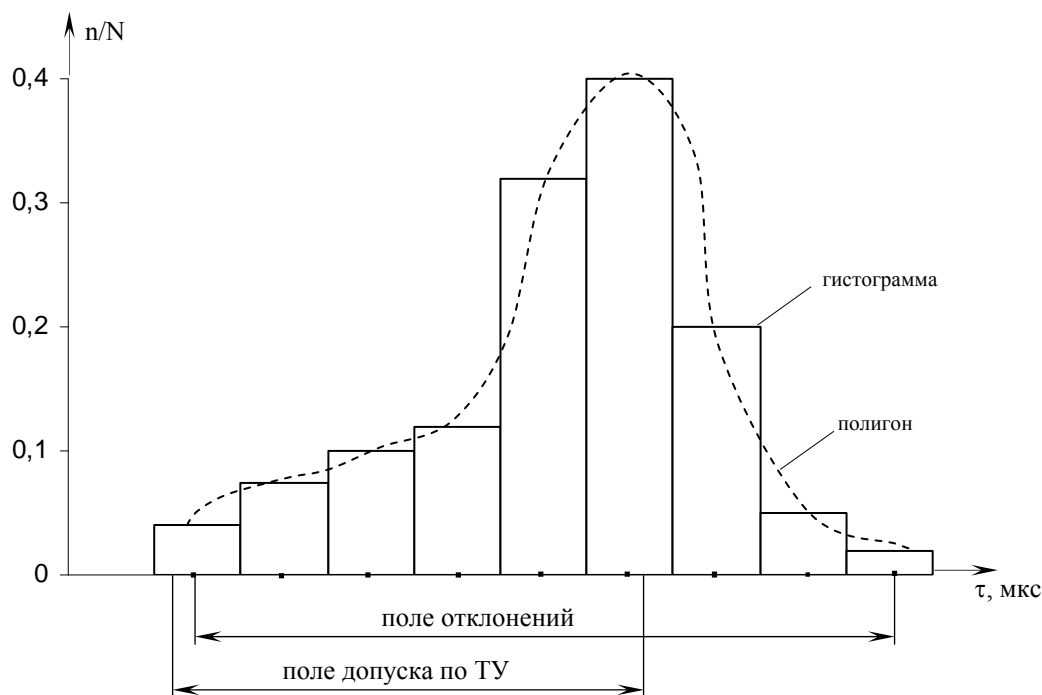


Рис. 2. Гистограмма и полигон распределения погрешностей длительности импульса мультивибратора

Вычисление среднего значения и среднеквадратичного отклонения для интервального ряда распределений производят по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^m x_j m_j}{N}, \quad (4)$$

$$\delta(x) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2 \cdot n_j}. \quad (5)$$

Для оценки степени соответствия практических распределений теоретически обычно пользуются критерием А.Н. Колмогорова. В основе этого критерия лежит сравнение двух функций распределения. Первая $-W_H(x)$ представляет собой функцию наклонных частот опытной кривой распределения. Накопленную частоту получаем, суммируя к частоте j -того интервала частоты всех предыдущих интервалов. Вторая функция $-F_H(x)$ представляет собой интегральную функцию предполагаемого теоретического распределения. В случае нормального закона распределения

$$F_H(x) = \int_0^x \varphi(x) dx. \quad (6)$$

Для нахождения интервала (6) пользуются табулированными значениями интеграла вероятностей /1/.

По результатам сравнения указанных функций находим наибольшее значение разности:

$$P_{\max} = W_H(x) - F_H(x). \quad (7)$$

Далее рассчитывают $\lambda = P_{\max} \cdot \sqrt{N}$, где N -число значений параметра и по таблицам /2/ определяют соответствующее значение вероятности $P(\lambda)$, по величине которой делается

заклучение о степени соответствия практической кривой распределения теоретическому закону.

Влияние технологических факторов на выходные параметры функционального узла

1. Подгонка резистивных элементов

Получение резистивных элементов микросборок на платах осуществляется групповым способом. В результате действия различных технологических факторов, точность получаемых номиналов отличается от заданной. С целью повышения процента выхода годных плат применяют процесс подгонки резистивных элементов. Процесс подгонки заключается в удалении части материала с поверхности резисторов. Это позволяет свести к минимуму разброс параметров резистивных элементов на плате, но приводит к снижению номинальной мощности рассеивания.

2. Монтаж навесных компонентов

Монтаж навесных компонентов на толсто пленочные платы микросборок осуществляется пайкой. При монтаже навесных компонентов с жесткими (балочными) выводами используют групповую пайку с применением паяльной пасты. Монтаж компонентов с гибкими выводами осуществляется с использованием полуавтоматических и автоматических установок пайки. Влияние пайки на параметры функционального узла обусловлено, главным образом, тепловым воздействием на элементы, интенсивность которого зависит от следующих факторов:

- температуры и продолжительности пайки;
- величины и характера температурного коэффициента линейного расширения материалов;
- количества элементов на плате и расстояний между ними;
- температурных коэффициентов параметров комплектующих элементов.

Перегрев при пайке вызывает изменение параметров резисторов, конденсаторов и особенно полупроводниковых приборов. Отклонение сопротивления резисторов от номинального значения достигает в отдельных случаях 20%.

3. Нанесение защитного покрытия

Наиболее широкое распространение для герметизации толсто пленочных плат микросборок получили компаунды на основе эпоксидных смол. Достоинствами эпоксидных смол являются:

- отверждение без повышенного давления и при допустимых температурах;
- хорошая адгезия почти к любым поверхностям;
- хорошая совместимость с неорганическими порошкообразными наполнителями;
- хорошие механические и диэлектрические характеристики, относительно малая усадка.

К недостаткам можно отнести следующее:

- токсичность;
- большая удельная масса (2,5-3 г/см³);
- длительность технологического цикла.

При нанесении защитного покрытия происходят следующие изменения свойств функциональных узлов, сказывающихся на выходных параметрах:

1. Повышение механической прочности.
2. Повышение влагостойкости.
3. Повышение электрической прочности в связи с заменой воздуха полимером с высоким объемным сопротивлением.
4. Повышение собственной емкости.

5.Изменение условий теплоотвода.

6.Увеличение массы.

7.Внутренние механические напряжения. Во-первых, они вызваны первичной усадкой при полимеризации в связи с переходом сравнительно низкомолекулярной смолы в высокомолекулярное соединение более компактной структуры. Во-вторых, температурный коэффициент линейного расширения компонентов меньше, чем у компаунда. При циклическом изменении температуры возникают большие усилия деформации, в результате которых накапливаются внутренние механические напряжения.

Порядок выполнения работы.

- 1.После проверки готовности к работе получить у преподавателя партию плат микросборок мультивибратора.
- 2.Провести измерение сопротивлений резисторов полученных после операции подгонки согласно карте измерений.
- 3.Провести измерения длительности импульса мультивибраторов после операции монтажа навесных компонентов.
- 4.Провести измерения длительности импульса мультивибратора после операции герметизации. Построить гистограмму и полигон распределения длительности импульса, найти τ , $\delta(\tau)$, α_i , k_i .
- 5.Сравнить результаты распределения длительности импульса функциональных узлов и сделать выводы о динамике ее изменения по сравнению с номинальным значением и полем допуска по ТУ на этот параметр.

Контрольные вопросы

- 1.Когда имеет место нормальный закон распределения производственных погрешностей? Запишите его математическое выражение и объясните основные величины, входящие в это выражение.
- 2.Как определяется и что характеризуют коэффициенты относительной асимметрии α_i и относительного рассеивания погрешностей k_i ?
- 3.Каковы должны быть значения коэффициентов α_i и k_i в случае настроенного, стабильного и достаточно точного технологического процесса?
- 4.Как построить кривую распределения производственных погрешностей?
- 5.Как определяется соответствие экспериментального закона распределения нормальному теоретическому закону?
- 6.Как меняются свойства функционального узла в результате нанесения защитного покрытия.

Список использованных источников

- 1.А.К.Митропольский. Интеграл вероятностей. Изд. ЛГУ, Ленинград, 1972 г.
- 2.И.В. Лунин-Барковский, Н.В. Смирнов. Теория вероятностей и математической статистики в технике. Гостехиздат, М.,1955 г.