

4) разработка математических моделей данных, применяемых при оценке текущего состояния объектов топологии в условиях реального времени подгонки и регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС;

5) систематизация расчетных методов получения характеристик РЭ для отображения результатов подгонки при ее имитации;

6) разработка алгоритма моделирования лазерной подгонки на основе анализа системного и индуктивного подходов и структуры топологии гибридных ИС;

7) идентификация пленочных РЭ по данным моделирования и натурального эксперимента лазерной подгонки;

8) разработка баз данных для формирования и представления знаний о топологии гибридных ИС для моделирования и проектирования подгонки при настройке механизма регулирования ТП;

9) создание методики настройки механизма регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС проектированием подгонки РЭ;

10) разработка комплекса программ автоматизированной системы моделирования и проектирования подгонки для настройки механизма регулирования ТП изготовления плат гибридных ИС;

11) разработка специализированного языка для редактирования сценариев моделирования и представления результатов.

Теоретическая часть работы выполнена на основе методов процессного управления, уравнений электромагнитного поля Максвелла, теории нечетких множеств, гибридной технологии микроэлектроники.

В экспериментальной части работы применяются численные и аналитические модели, теория электрических цепей, методы теории аппроксимации и интерполяции, методология искусственного интеллекта и экспертных систем.

УДК 621.3

## **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРВИЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ**

Д.П. Михайлов

Самарский университет, г. Самара

Было предложено использовать 11 измерений. Результаты измерений обрабатываются следующим образом:

1) по полученным выборкам (11 измерений) в каждой точке рассчитывается среднее значение по формуле

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{11}}{11},$$

где  $X_{\text{ср}}$  – среднеарифметическое значение результатов измерений;

$X_1, \dots, X_{11}$  – измеренные значения напряжения (тока), В (мА), соответственно;

2) определяется среднеквадратическое значение отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}},$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерения напряжения (тока), В (мА), соответственно,

$V_i = X_i - X_{cp}$  – случайная составляющая погрешности измерения  $i$ -й выборки;

$X_i$  –  $i$ -й результат измерений;

$n$  – число измерений;

3) определяется случайная составляющая погрешности измерения:

$$\sigma_{гр} = 3\sigma;$$

4) определяется систематическая составляющая погрешность измерения:

$$\Delta_c = X_{cp} - X_{уст},$$

где  $X_{уст}$  – установленное значение параметра;

5) определяется абсолютная погрешность измерения следующим образом:

- если  $\left| \frac{\Delta_c}{\sigma_{гр}} \right| < 0,8$ , то систематической составляющей погрешности по сравнению со случайной составляющей погрешности измерения пренебрегают, и абсолютная погрешность измерения принимается равной  $\Delta = \sigma_{гр}$ ;

- если  $\left| \frac{\Delta_c}{\sigma_{гр}} \right| > 8$ , то случайной составляющей по сравнению с систематической составляющей погрешности измерения пренебрегают, и абсолютная погрешность измерения принимается равной  $\Delta = \Delta_c$ ;

- если указанные неравенства не выполняются, то абсолютная погрешность измерения определяется по формуле

$$\Delta = \sqrt{\sigma_{гр}^2 + \Delta_c^2};$$

6) определяется суммарное среднеквадратическое отклонение, %, по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta}{X_{уст}} \cdot 100$$

Суммарное среднеквадратическое отклонение  $\delta_{\Sigma}$  не должно превышать значений погрешности, указанных в ТУ для соответствующих пределов;

7) определяется относительная погрешность  $\delta$ , % по формуле

$$\delta = \frac{X_{cp} - X_{уст}}{X_{пред}} \cdot 100,$$

где  $X_{\text{пред}}$  – максимальное значение предела измерения, указанного в ТУ.

Относительная погрешность  $\delta$  не должна превышать значений погрешности, указанных в ТУ для соответствующих пределов. Абсолютная погрешность  $\Delta$  не должна превышать погрешность, указанного в ТУ.

Результаты измерений и обработки оформляются протоколом, который выводится на печать.

УДК 681.32

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

А.В. Иванов

Самарский университет, г. Самара

В результате проведения исследовательских испытаний электронных модулей (ЭМ) на медленное изменение температуры окружающей среды (термоциклирование) в течение 3700 циклов было зафиксировано 17 отказов паяных соединений (ПС) по компоненту LBGA1225, что согласно модели Энгельмайера-Уайльда говорит о достижении порога испытательных циклов при вероятности отказа более 50% (17 отказов - 53% отказов).

На основании полученной статистики отказов ПС ЭМ по компоненту LBGA1225 был определен параметр  $\beta$  - наклон участка вероятности Вейбулла. Параметр  $\beta$  был определен графически с применением линейного тренда (рис. 1); его значение составило 2.

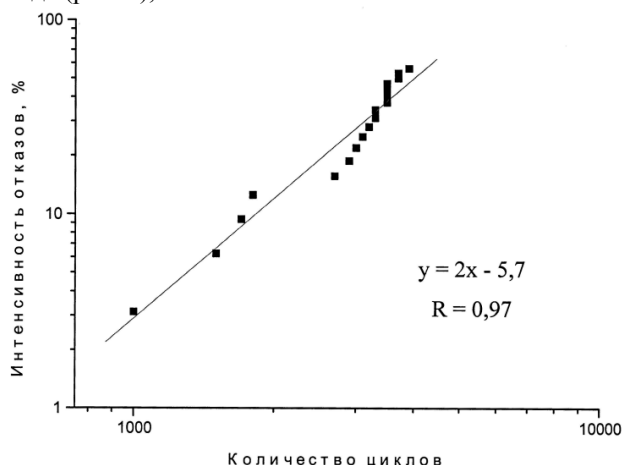


Рисунок 1 - Статистика отказов паяных соединений ЭМ по компоненту LBGA1225