

К. т. н. А. А. ЕФИМЕНКО, А. В. ГОЛОВ

Украина, г. Одесса, Гос. политехнический ун-т;  
Россия, г. С.-Петербург, ГП «Дальняя связь»

Дата поступления в редакцию  
22.07 1998 г.

Оппонент д. т. н. Л. С. ЛУТЧЕНКОВ

## СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ МЕЖБЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Предложенные показатели качества могут быть использованы на этапе разработки конструкций соединений и способствовать оптимизации электронных модулей.*

*The proposed quality index can be used on this development stage of joints construction and to promote optimization of electronic models.*

Межблочные электрические соединения являются частью конструкции электронных модулей второго и третьего уровней (ЭМ-2 и ЭМ-3) и предназначены для обеспечения электрических связей соответственно ЭМ-1 и ЭМ-2. При этом электрические соединения рассматриваются в двух аспектах — межконтактные соединения и контактные соединения [1, с. 89], которые, с учетом технологии выполнения, можно представить соответственно как *виды* и *методы* электрических соединений (в дальнейшем — соединений).

Виды соединений, т. е. межконтактные соединения, согласовываются с методами соединений. В то же время одному и тому же виду соединений может соответствовать множество методов и наоборот. Иначе говоря, множество соединений является производением множества видов  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  и множества методов  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ :

$$A \times B = \{(a_1, b_1), (a_1, b_2), \dots, (a_n, b_m)\}. \quad (1)$$

Следовательно, можно говорить о большом многообразии соединений, которое становится значительно большим с использованием различных вариантов конструктивной реализации этих соединений.

Множества  $A$  и  $B$  находятся в единстве (т. к. невозможно создать целое, т. е. соединение, без их сочетания) и в противоречии — поскольку оптимальное сочетание видов и методов необходимо находить.

Электрические соединения обладают всеми качествами, присущими радиоэлектронным средствам (РЭС). Разработка оптимальных конструкций соединений должна производиться по определенным критериям и оцениваться системой показателей качества.

Обычно показатели качества используются на всех стадиях разработки РЭС, в т. ч. и конструкций соединений. На проектных стадиях это, как правило, качественная оценка, на рабочей — количественная. Но особенность использования показателей качества состоит в том, что оценка проводится по результатам разработки какого-то этапа и предполагает наличие разработанных конструкций и конструкторских документов [2, 3]. Результаты оценки могут быть как положительными, когда уровень показателей качества равен или превышает заданный (базовый), так и отрицательными. Первый случай является приемлемым, хотя возможна избыточность, а значит, появление неоправданных затрат. Второй случай, когда уровень отдельных показателей качества или комплексного показателя ниже требуемого, зачастую приводит к необходимости переработки РЭС.

Хорошо бы при создании оптимальных конструкций соединений использовать показатели качества для оценки конструкций в процессе их разработки. Но для этого необходимо другое представление их, а именно, они должны нормироваться, т. е. иметь приведенные или удельные значения. В настоящей работе сделана попытка найти систему таких значений. При этом имеется в виду использовать показатели качества для разработки конструкций соединений с использованием интерактивной САПР, а сама разработка будет носить итерационный характер. Это диктуется условиями создания конструкций соединений, когда, как отмечалось выше, на множество соединений накладываются конструктивные особенности разработки, такие как длина соединений, расположение трасс, расстояние между элементами соединений и их взаимное расположение, сечение проводников, конструкции контактов и т. д.

Использование показателей качества для разработки конструкций соединений может рассматриваться в трех аспектах:

- когда задаются их предельно допустимые значения в предположении, что они принимают оптимальные значения;
- когда находится максимальный комплексный показатель качества;
- когда ограничиваются один или несколько показателей, а по максимальному комплексному показателю находятся квазиоптимальные значения остальных.

Однако остается актуальной и другая задача — оценка конструкции РЭС в сравнении с другими изделиями аналогичного назначения. В этом случае показатели качества должны быть относительными, т. е. отнесенными к сложности конструкции всего изделия.

Рассмотрим характерные для конструкций электрических соединений показатели качества, которые могут использоваться для разработки и оценки уровня конструкций по сравнению с базовыми.

1. Применительно к массе конструкции показатели качества можно представить в следующем виде:  
а) показатель удельной массы конструкции соединений

$$m_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i l_i + \sum_{i=1}^n m_{ki} n_{ki}}{n}, \quad (2)$$

где  $n$  — количество соединений в изделии;  
 $m_i$  — масса единицы длины  $i$ -го соединения;  
 $l_i$  — длина  $i$ -го соединения;  
 $m_{ki}$  — масса контакта  $i$ -го соединения;  
 $n_{ki}$  — количество контактов  $i$ -го соединения;  
б) коэффициент массы электрических соединений

$$K_m = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n m_i l_i + \sum_{i=1}^n m_{ki} n_{ki}}{M}$$

или

$$K_m = 1 - \frac{m_{мэс}}{M}, \quad (3)$$

где  $M$  — масса всего изделия;  $m_{мэс}$  — масса конструкции межблочных соединений. (Здесь и в дальнейшем выражения для расчета относительного показателя  $K_i$  справедливы для условия  $0 < K_i \leq 1$ , при этом рост показателя соответствует более высокому качеству конструкции.)

2. Оценку варианта конструкции соединений по объемному показателю предлагается проводить посредством показателя удельного объема конструкции электрических соединений

$$V_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i l_i + \sum_{i=1}^n v_{ki} n_{ki}}{n}, \quad (4)$$

где  $v_i$  — объем единицы длины  $i$ -го соединения;  
 $v_{ki}$  — объем контакта  $i$ -го соединения.

Для оценки конструкции соединений изделия предлагается использовать коэффициент занимаемого объема РЭС межблочными электрическими соединениями

$$K_V = 1 - \frac{v_{мэс}}{V}, \quad (5)$$

где  $v_{мэс}$  — объем, выделенный в конструкции изделия под межблочные соединения;  
 $V$  — объем всего изделия.

3. Оценка надежности электрических соединений проводится посредством показателя наработки на отказ. Вариант конструкции соединений оценивается выражением для удельной наработки на отказ

$$t_{уд} = \frac{1}{\left( \sum_{i=1}^n \lambda_i + \sum_{j=1}^d \lambda_j \right) n}, \quad (6)$$

где  $\lambda_i$  — интенсивность отказа  $i$ -го межконтактного соединения;  
 $\lambda_j$  — интенсивность отказа  $j$ -го контакта;  
 $d$  — количество контактов в изделии.

Соответственно надежность электрических соединений изделия оценивается посредством коэффициента относительной надежности соединений

$$K_H = t_{мэс} / T, \quad (7)$$

где  $t_{мэс}$  — наработка на отказ конструкции межблочных электрических соединений;  $T$  — наработка на отказ всего изделия.

4. Оценка скорости передачи сигналов по электрическим соединениям может быть выполнена путем использования такого показателя, как приведенная задержка обработки информации

$$\tau_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (8)$$

где  $\tau_i$  — задержка сигнала в  $i$ -ом соединении в тракте обработки информации;  
 $l_i$  — длина  $i$ -го соединения в тракте.

5. Оценка температурного режима конструкции соединений осуществляется посредством коэффициента перегрева

$$K_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad (9)$$

где  $t_i$  — температура  $i$ -го соединения;  
 $\Delta t_i$  — перегрев  $i$ -го соединения относительно окружающей среды.

Наряду с приведенными показателями качества целесообразно использовать и другие известные показатели, пригодные для оценки электрических соединений. К ним относятся:

— коэффициент автоматизации и механизации электрического монтажа

$$K_{ам} = H_{ам} / n, \quad (10)$$

где  $H_{ам}$  — количество соединений, которые предусматривается осуществлять автоматизированным или механизированным способом;

— трудоемкость электрического монтажа

$$T_M = \sum_{i=1}^b T_i, \quad (11)$$

где  $T_i$  — трудоемкость электрического монтажа по  $i$ -му виду работ;

— технологическая себестоимость электрического монтажа

$$C_T = C_M + C_3 + C_{цр}, \quad (12)$$

где  $C_M$  — стоимость материалов, затраченных на электроустановкам;

$C_3$  — заработная плата производственных рабочих;

$C_{цр}$  — цеховые расходы.

Использование предложенных показателей качества совместно с приведенными известными позволит более объективно подойти к оценке уровня качества электрических соединений при разработке их оптимальных конструкций.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств. — М. : Высш. школа, 1990.
2. ГОСТ 22851 — 77. Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Основные положения.
3. ОСТ4.091.175 — 81. Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА.

### СИМПОЗИУМЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВЫСТАВКИ

С 7 по 12 сентября в Одессе проходила Международная научно-практическая конференция «СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ» («ССПОИ-98»). Организаторы конференции — Академия связи Украины, Одесское ОАО «Нептун», Украинская государственная академия связи им. А. С. Попова, редакция журнала «ТКЭА», Одесский государственный политехнический университет, Одесская государственная академия холода. Это уже вторая конференция (первая состоялась в 1997 г.), цель которой — организация непосредственного контакта разработчиков, изготовителей и потенциальных потребителей средств передачи и обработки информации, поддержание связей между разработчиками и изготовителями аппаратуры, компонентов и материалов электроники в странах СНГ.

На конференции были представлены доклады по следующим направлениям:

- ♦ средства передачи и обработки информации;

- ♦ конструирование и производство аппаратуры;
- ♦ электронные компоненты и материалы для них.

В конференции приняли участие ученые и специалисты НИИ, КБ и вузов Армении, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Молдовы, России и Украины. Ряд докладов был рекомендован к опубликованию в международном научно-техническом журнале «Технология и конструирование в электронной аппаратуре» («ТКЭА»).

Учитывая общее стремление к возрождению электронных отраслей промышленности в Украине, конференция высказалась за создание ассоциации разработчиков и производителей РЭС (включая микроэлектронику), которая способствовала бы информационному и организационному сближению научно-производственных учреждений и предприятий.

Принято решение провести в 1999 г. 3-ю конференцию — «ССПОИ-99», в рамках которой организовать деловые встречи и практические семинары.

*К. т. н. И. П. МАЛЯВИН*



**планар**  
КБТЭМ-ОМО

### Многоканальный лазерный генератор изображений ЭМ-5299Б

Предназначен для прямой генерации изображений на полупроводниковых пластинах.

Позволяет:

- ♦ выполнять специализацию слоя межсоединений в производстве полужаказных СБИС;
- ♦ осуществлять последовательный перенос информации из САПР на пластины и изготавливать любые слои для заказных СБИС.

### НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЦЕНТРЫ СНГ

Размер минимального элемента	800 нм
Адресная сетка	25 нм/50 нм
Неровность края:	
при дискретности адресации 25 нм	50 нм
при дискретности адресации 50 нм	100 нм
Погрешность совмещения слоев (2 $\sigma$ )	100 нм
Воспроизводимость размеров (3 $\sigma$ )	50 нм
Погрешность размеров	50 нм
Время экспонирования пластины диаметром 100 мм:	
при дискретности адресации 25 нм	40 мин
при дискретности адресации 50 нм	20 мин
Размеры области экспонирования	200×200 мм