

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С УЧЕТОМ МНОЖЕСТВА ФАКТОРОВ

Д. т. н. А. А. Ефименко, А. П. Карлангач

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
sasha7725@i.ua

Предложена модель электронных модулей первого уровня для определения размеров печатных плат радиоэлектронной аппаратуры в различном конструктивном исполнении. Рассматривается комплекс факторов и их формализованное представление, которые учитываются при составлении модели и определении размеров.

Ключевые слова: размеры печатных плат, компоновочные характеристики, коэффициент заполнения, электронный модуль.

На современном этапе развития радиоэлектронной аппаратуры актуальными являются задачи улучшения качества и надежности ее работы с одновременным уменьшением массы, габаритов при минимальных сроках и затратах на этапах проектирования и производства.

Важным этапом в проектировании электронных модулей первого уровня является определение их размеров. Это представляется достаточно сложной задачей, поскольку связано с необходимостью учета большого количества факторов, которые имеют свои особенности оценивания.

В настоящей работе создана модель электронных модулей на основе печатных плат (ПП) для определения их размеров с учетом множества действующих факторов.

В основе определения размеров ПП лежит вычисление площади, необходимой для размещения электронных компонентов и их электрических соединений (трассировки).

К основным факторам, определяющим как площадь, так и размеры печатных плат, отнесем следующие:

- 1 — схема проектируемого узла;
- 2 — элементная база узла;
- 3 — метод проектирования (функционально-узловой или другой);
- 4 — возможность расположения как одного, двух, так и более функциональных устройств на одной печатной плате;
- 5 — функциональная емкость модуля;
- 6 — размеры стандартных ПП;
- 7 — тип конструкции ПП (односторонняя, двухсторонняя, многослойная);
- 8 — требования ремонтпригодности, технологичности, теплового режима, электромагнитной совместимости (ЭМС);
- 9 — класс точности ПП;
- 10 — назначение и область использования функционального узла (силовая электроника; НЧ-, ВЧ-, СВЧ-схемы; устройства с большим тепловыделением и повышенной прочностью);
- 11 — количество размещаемых электронных компонентов на ПП.

Для создания модели электронных модулей формализуем представленные факторы.

Первый и второй из них в совокупности можно выразить суммарной установочной площадью электронных компонентов модуля $S_{\text{уст}}$.

Метод проектирования (3), возможность расположения определенного количества функциональных устройств на ПП (4) и функциональную емкость модуля (5) в совокупности представим коэффициентом пропорциональности $K_{\text{МП}}$. При функционально-узловом методе проектирования $K_{\text{МП}}$ принимает значения 1, 2, 3, ..., h в зависимости от количества функциональных узлов на одной ПП.

При других методах проектирования $K_{МП}$ может принимать дробные значения.

Размеры стандартных ПП (6) удобно представить их площадью $S_{ПП}$.

Тип конструкции ПП (7) выразим количеством слоев N .

Ремонтопригодность, технологичность, тепловой режим, ЭМС (8) представим коэффициентом заполнения K_3 , при этом следует иметь в виду, что чем эти показатели выше, тем меньше должен быть коэффициент заполнения.

В свою очередь, технологичность можно выразить коэффициентом технологичности

$$K_{техн} = C_1/C_2, \quad (1)$$

где C_1 — базовая себестоимость ПП и монтажа печатного узла, приведенная к площади рассматриваемой ПП; C_2 — их реальная себестоимость.

Другие показатели выразим коэффициентами ремонтопригодности $K_{рп}$, теплового режима $K_{тр}$, электромагнитной совместимости $K_{ЭМС}$.

Класс точности ПП (9) может быть выражен коэффициентом плотности электрических соединений, определяемым по формуле

$$K_{пс} = n_{сх} / n_{с1}, \quad (2)$$

где x — класс точности ($x = 1, \dots, 5$); $n_{сх}$, $n_{с1}$ — количество электрических соединений на единицу площади ПП для x -го и 1-го классов точности соответственно.

Назначение, область использования функционального узла (10) и количество размещаемых ЭК на ПП (11) выразим коэффициентом плотности упаковки электронных компонентов на ПП

$$\gamma_S = n_{ЭКЗ} / n_{ЭКН}, \quad (3)$$

где $n_{ЭКЗ}$, $n_{ЭКН}$ — соответственно, количество электронных компонентов заданного назначения (области использования) и для базового варианта использования электронных компонентов.

Используя имеющиеся данные, составим формулу для определения площади заданной ПП:

$$S = S_{уст\Sigma} \cdot K_{МП} / K_3, \quad (4)$$

Коэффициент заполнения ПП K_3 зависит от количества слоев N ; требований технологичности $K_{техн}$, коэффициентов ремонтопригодности $K_{рп}$, теплового режима $K_{тр}$, ЭМС $K_{ЭМС}$; класса точности, выраженного коэффициентом $K_{пс}$; плотности упаковки γ_S :

$$K_3 = f(N, K_{техн}, K_{рп}, K_{тр}, K_{ЭМС}, K_{пс}, \gamma_S).$$

Влияние перечисленных факторов на коэффициент заполнения N -слойной ПП выразим следующим образом:

$$K_3 = N \cdot K_{пс} \cdot \gamma_S / (K_{техн} \cdot K_{рп} \cdot K_{тр} \cdot K_{ЭМС}). \quad (5)$$

Таким образом, выражение (4) с подставленным значением коэффициента заполнения (5) можно рассматривать как модель для определения площади проектируемых печатных плат. Определение размеров ПП может быть выполнено двумя путями: сравнением с ПП стандартных размеров $S_{ПП}$ и выбором ближайшего размера или же с учетом конструктивных требований к разрабатываемой радиоэлектронной аппаратуре и ограничений, накладываемых соответствующими стандартами на размеры печатных плат.

A. A. Yefimenko, A. P. Karlangach

Model of the electronic module for determining the size of printed circuit boards taking into account many factors

The paper presents a model of the first-level electronic module for determining the sizes of PCBs for electronic equipment of various design versions. The authors consider a set of factors and their formalized representation, which are taken into account when making up a model and determining the size.

Key words: PCB dimensions, layout characteristics, fill factor.