

Д. т. н. А. А. ЕФИМЕНКО, А. П. КАРЛАНГАЧ

Украина, Одесский национальный политехнический университет

E-mail: sasha7725@i.ua

НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ С ПОВЫШЕННЫМИ КОМПОНОВОЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Предложены решения построения несущих конструкций в части вставных блоков и блочных каркасов, позволяющие повысить компоновочные характеристики электронных модулей, секций и настольных приборов и увеличить их функциональную емкость без изменения структуры построения стандартных несущих конструкций. Показана эффективность разработанных предложений.

Ключевые слова: несущие конструкции, блочные каркасы, вставные блоки, электронные модули.

Развитие радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) во многом обязано совершенствованию и развитию электронных компонентов (ЭК), с одной стороны, и механических структур, которые во многих случаях представлены стандартными несущими конструкциями (НК), с другой стороны. До широкого внедрения микроэлектроники масса НК составляла приблизительно треть от общей массы изделия, а с его началом стала значительно возрастать и превысила две трети общей массы [1, с. 16]. При этом НК вообще, а в первую очередь стандартные НК, в силу своих особенностей и высокой стоимости разработки и подготовки производства создаются на многие годы, а значит, должны удовлетворять требованиям РЭА не только на момент создания НК, но и в некоторой перспективе.

Таким образом, постоянно существует проблема сдерживания избыточности массы НК по отношению к массе ЭК. Однако масса является выражением прочности конструкции, обеспечение которой является не менее важной задачей.

Эти проблемы могут решаться разными путями, основные из которых следующие:

- создание новых НК, учитывающих развитие ЭК;
- повышение компоновочных характеристик НК без существенного их изменения, т. е. путем модификации и совершенствования.

Первый путь радикален и, конечно же, необходим, но он требует больших материальных и временных затрат и зачастую не может быть использован. Более гибким является второй путь. Им пользуются производители НК, разработчики РЭА в процессе достаточно длительного использования НК. И очень часто такие изменения НК выражаются в появлении новых стандартов. Так, необходимость в увеличении количества контактов на выходных соединителях

электронных модулей первого уровня привела к появлению новых электрических соединителей с увеличенным количеством контактов за счет уменьшения шага расположения контактов с 2,5 до 2 мм и увеличением возможного количества рядов контактов. В результате созданы стандарты на соединители [2, 3] и несущие конструкции блочных каркасов и вставных блоков [4].

Однако, несмотря на постоянное развитие стандартных НК, до сих пор остались без внимания два вопроса:

- использование соединителей для монтажа на поверхность;
- применение печатных плат меньших, чем это предусмотрено стандартами, размеров (для повышения их коэффициента заполнения в условиях использования функционально-узловых метода конструирования).

Целью настоящей работы было исследование несущих конструкций модулей первого уровня (вставных блоков) и модулей второго уровня (блочных каркасов) для повышения компоновочных характеристик, разработка предложений по использованию соединителей для поверхностного монтажа, а также применение печатных плат меньших размеров без изменения структуры построения НК для повышения компоновочных характеристик.

Улучшение характеристик РЭА, комплектуемой в настольных корпусах и секциях

Существует немало конструктивных решений по проектированию РЭА на основе НК, однако со временем их становится недостаточно в связи с интенсивным развитием радиоэлектронных средств. Так, например, создано много модификаций разъемной конструкции [5, с. 7; 6], которая предусматривает возможность установки электронных модулей с двух сторон — фронт-

тальной и тыльной. При этом модули устанавливаются в электрические соединители с задней стороны, являющиеся продолжением соединителей, установленных с фронтальной стороны кросс-платы. Они жестко закреплены, что создает определенные ограничения на размещение электронных модулей с задней стороны РЭА.

В связи с этим можно выделить такие недостатки:

- количество вставных блоков с задней стороны не может быть больше, чем с фронтальной;
- фронтальные и задние соединители образованы одними и теми же контактами, т. е. фронтальный и задний вставные блоки электрически жестко связаны между собой. Это хорошо для увеличения площади печатной платы при функционально-узловом методе конструирования, но плохо, если фронтальный и задний вставные блоки должны быть электрически не связанными.

Принимая во внимание эти недостатки, а с другой стороны, те возможности, которые можно развить при создании настольных приборов и секций шкафов и стоек, предлагается конструкция блочного каркаса с использованием для межблочных соединений кросс-плат и электрических соединителей для поверхностного монтажа [7]. Применение таких электрических соединителей позволяет обеспечить более эффективное использование площади кросс-платы, исключить жесткую привязку электрических соединителей с двух сторон кросс-платы друг к другу, уменьшить длину связей между электронными модулями, расположенными по обе стороны кросс-платы, и таким образом уменьшить влияние паразитных связей.

Кросс-плата с использованием электрических соединителей для поверхностного монтажа позволяет увеличить количество независимых электронных модулей в зависимости от их ширины и, соответственно, увеличить функциональную емкость проектируемого настольного прибора или секции.

Конструкция секции на основе такого блочного каркаса представлена на **рис. 1**. Она состоит

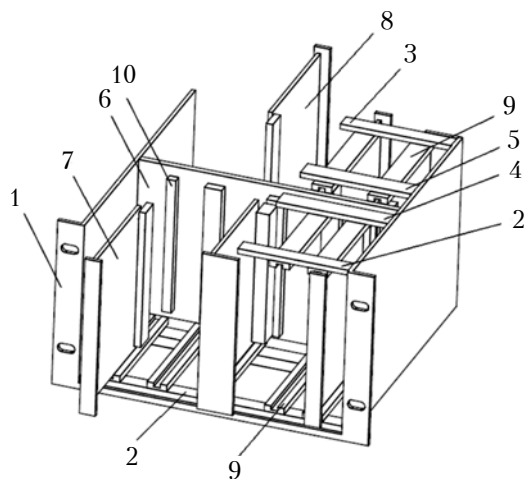


Рис. 1. Конструкция секции на основе блочного каркаса

из собственно блочного каркаса, вставных блоков и кросс-платы, выполняющей роль элемента межблочных электрических соединений.

Боковые стенки 1 механически соединены посредством восьми поперечных реек, которые расположены снизу и сверху спереди 2, сзади 3 и по обеим сторонам 4, 5 кросс-платы 6. Кросс-плата разделяет объем созданного таким образом блочного каркаса на две части, предназначенные для установки вставных блоков с фронтальной стороны 7 и сзади 8. Положение кросс-платы по глубине блочного каркаса определяется стандартными размерами печатных плат, которые в общем случае могут быть разными.

Между верхними и нижними парами поперечных реек, т. е. сверху и снизу кросс-платы, закрепляются направляющие 9, служащие для установки вставных блоков.

Блочный каркас предназначен для образования электронных модулей второго уровня типа настольных приборов — функционально законченных радиоэлектронных аппаратов, и секций — составных частей шкафов и стоек. И в первом, и во втором случае он комплектуется вставными блоками, электрическое соединение которых с кросс-платой осуществляется с помощью разъемных соединений — электрических соединителей.

Особенностью предлагаемой конструкции является использование электрических соединителей 10 для поверхностного монтажа на кросс-плате, благодаря чему реализуется совершенно независимая установка вставных блоков с обеих сторон кросс-платы в отличие от [2, 3]. Расположение соединителей определяется электрической принципиальной схемой, элементной базой и компоновкой РЭА.

Проведем количественную оценку компоновки секции. В качестве показателя компоновки будем использовать коэффициент, который характеризует выигрыш при использовании секции предложенной конструкции по сравнению со стандартным блочным каркасом:

$$K = n_1/n_2, \quad (1)$$

где n_1 — максимально возможное количество вставных блоков, устанавливаемых в секции предложенной конструкции;

n_2 — максимальное количество вставных блоков, которое можно установить в стандартном блочном каркасе.

При проведении расчетов приняты следующие допущения:

- коэффициент K рассчитывается только для одинаковых типоразмеров (по ширине) вставных блоков, устанавливаемых с фронтальной стороны;

— рассматривается ограниченное количество типоразмеров вставных блоков с шириной передней панели 15,24 мм (3НР); 20,32 мм (4НР); 25,4 мм (5НР); 30,48 мм (6НР); 35,56 мм (7НР); 40,64 мм (8НР); 45,72 мм (9НР); 50,8 мм (10НР), где НР — шаг приращения в стандарте МЭК 60297, равный 5,08 мм. Ограничение количества типоразмеров упрощает расчеты и в то

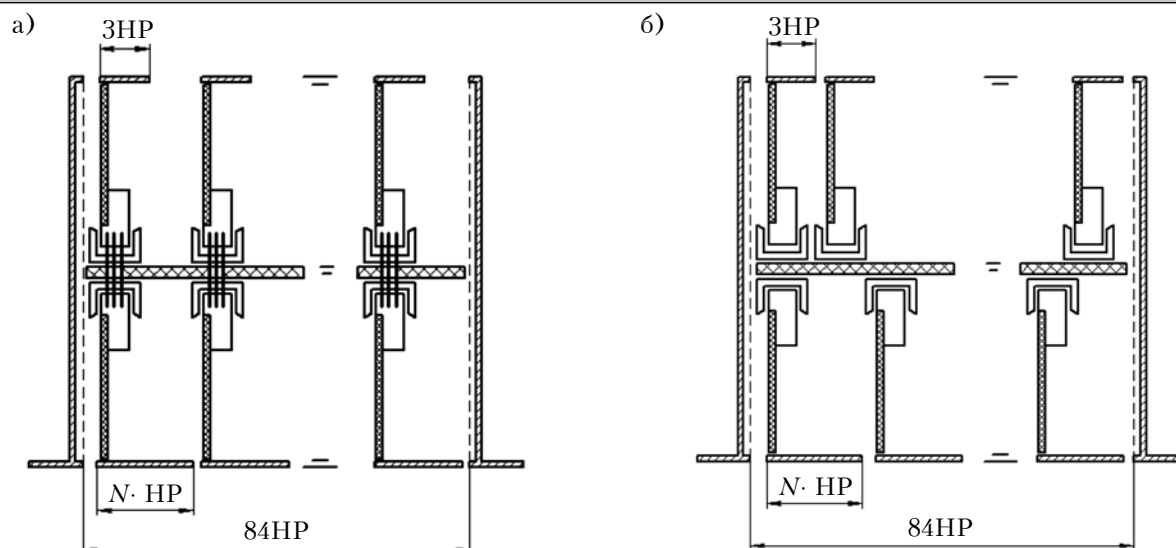


Рис. 2. Компоновка блочных каркасов (а) и секций (б) вставными блоками (N — количество шагов приращения)

же время существенно не влияет на результаты, т. к. позволяет выявлять тенденцию изменения показателей компоновки для основных, наиболее часто используемых типоразмеров;

- компоновочная ширина блочного каркаса и секции составляет 426,72 мм (84HP);

- рассматриваются случаи максимального заполнения блочного каркаса и секции вставными блоками;

- в стандартном блочном каркасе количество вставных блоков, устанавливаемых с задней стороны, зависит от количества вставных блоков, устанавливаемых с фронтальной стороны, и всегда равно им (по указанной выше причине наличия общих электрических соединителей);

- конструкция секции предполагает размещение на обеих сторонах кросс-платы независимых электрических соединителей для поверхностного монтажа.

Очевидно, что весьма затруднительно провести анализ всех вариантов компоновки, определяемых разным количеством вставных блоков с различной их шириной по лицевой панели. Поэтому рассмотрим два наиболее характерных варианта компоновки блочного каркаса и секции вставными блоками.

Вариант 1. С фронтальной стороны устанавливаются вставные блоки разной ширины — от 3HP до 10HP, с тыльной — только шириной 3HP. При этом в стандартном блочном каркасе с фронтальной и задней сторон расположено одинаковое количество вставных блоков, независимо от ширины фронтальных (рис. 2, а); в секции возможна установка большего количества вставных блоков с задней стороны по сравнению с фронтальной (рис. 2, б).

Вариант 2. Отличается от варианта 1 только тем, что в секции с задней стороны устанавливаются вставные блоки и шириной 3HP, и шириной, которая соответствует ширине встав-

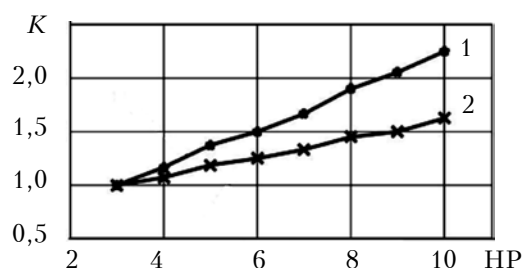


Рис. 3. Зависимость выигрыша в компоновке секций от размеров вставных блоков по ширине для первого (1) и второго (2) вариантов компоновки

ных блоков с фронтальной стороны. При этом принято, что количество одних и других блоков одинаково.

На рис. 3 приведены результаты расчета коэффициента K для двух этих вариантов. Здесь видно, что независимая компоновка вставных блоков с двух сторон в секции позволяет до 2,25 раз увеличить их количество по сравнению с фиксированной компоновкой блочных каркасов, что является хорошим результатом.

Улучшение компоновочных характеристик вставных блоков

С развитием элементной базы объективно уменьшается коэффициент заполнения печатных узлов и связано это, в первую очередь, с уменьшением размеров ЭК и увеличением уровня интеграции микросхем. По этой причине при длительном использовании стандартных НК размер печатных плат (ПП) перестает удовлетворять требованиям разработчиков и производителей РЭА в отношении эффективного использования их площади при применении функционально-узлового метода конструирования.

В качестве компенсации этого результата можно на одной ПП располагать два и более

функционально-законченных узла, но это не всегда возможно и удобно, в первую очередь, с позиции унификации печатных узлов (модулей). Вводить же ПП новых типоразмеров в стандартную НК без существенной доработки последней невозможно. При этом возникает негативный побочный эффект — значительное увеличение количества типоразмеров деталей и сборочных единиц отрицательно сказывается на показателях технологичности.

В связи с этим предлагается конструкция вставного блока — электронного модуля первого уровня, в котором при необходимости вместо одной ПП можно использовать две и более ПП меньших размеров без изменения структуры построения НК (рис. 4).

Электронный модуль предназначен для размещения электронных компонентов и соединения печатных узлов между собой. Его целесообразно использовать для РЭА, которая размещается в стандартных НК, поскольку это не требует увеличения типоразмеров модулей всех уровней при одновременном улучшении компоновочных характеристик аппаратуры.

В представленном на рис. 4 варианте печатные платы 3 механически закреплены на несущей рамке 1 с элементами крепления, на которой также крепится передняя панель 2 с внешними установочными элементами. На крайней ПП расположены один или несколько электрических соединителей 4 врубного типа, предназначенные для внешнего соединения электронного модуля. ПП электрически соединяются между собой при помощи гибкого печатного кабеля 5, а для соединения печатных плат с внешними установочными элементами использован ленточный провод 6.

Размеры несущей рамки соответствуют размерам стандартных ПП, а ее форма в поперечном сечении позволяет устанавливать ПП без смещения в горизонтальном направлении и, соответственно, не нарушая сочленение электрических соединителей врубного типа в конструктивах следующего уровня.

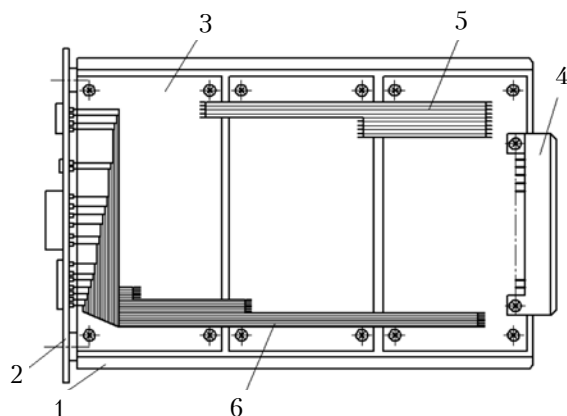


Рис. 4. Конструкция электронного модуля с тремя ПП, взаимозаменяемого со стандартными вставными блоками

Использование передней панели, электрических соединителей врубного типа и рамки с элементами крепления для разных размеров ПП позволяет размещать две и более ПП в зависимости от функционального назначения электронного модуля, использовать разные конструкции электрических соединений между печатными платами, между ПП и электронными компонентами на передней панели, между ПП и выходными электрическими соединителями.

Применение такой конструкции электронного модуля, когда при необходимости можно на место одной ПП установить несколько ПП меньшего размера с более плотной компоновкой, позволит в перспективе повышать функциональную емкость электронного модуля. Для количественной оценки выигрыша, который можно получить при этом, необходимо определить изменение коэффициента заполнения ПП (K_3) с развитием РЭА. Очевидно, что получить точную зависимость на сравнительно продолжительный период времени практически невозможно в связи с действием многих факторов, влияющих на изменение K_3 . В первую очередь, это многообразие типов функциональных модулей, а значит, и применяемых наборов электронных компонентов, существенно различающихся по габаритным и компоновочным показателям. Однако для выявления тенденции изменения K_3 со временем и демонстрации выигрыша, который дает предлагаемый подход, представим коэффициент заполнения ПП в виде полинома n -й степени

$$y(t) = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + \dots + b_nt^n, \quad (2)$$

где $y(t)$ выражает зависимость K_3 от времени t .

Графическое изображение этой модели представлено на рис. 5.

Продemonстрируем на примере, какой выигрыш можно получить при использовании предложенного подхода. Для этого примем следующие допущения.

1. На ПП каждого типоразмера размещается один функциональный узел.

2. С точки зрения унификации и удобства компоновки электронных модулей целесообразно использовать кратные размеры и, соответственно, площади ПП, а именно S/n , где S — площадь исходной ПП; n — целое число. Тогда ряд значений площади ПП можно при необходимости представить как $S, S/2, S/3, S/4$ и т. д.

3. В исходном состоянии допустимый коэффициент заполнения ПП принимаем равным 0,8.

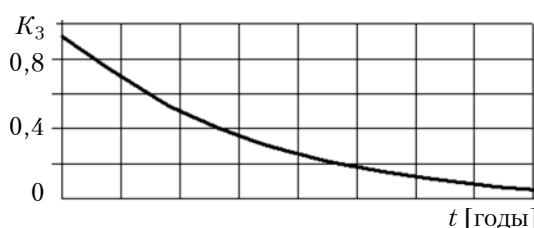


Рис. 5. Тенденция изменения коэффициента заполнения ПП с развитием РЭА

Переход на ПП $S/2$ возможен в том случае, когда K_3 снизится до 0,4, т. е. когда суммарная установочная площадь электронных компонентов уменьшится в 2 раза и станет возможным применение двух плат вместо одной.

Переход от исходной платы на типоразмер $S/3$ (т. е. на три ПП) возможен при уменьшении коэффициента заполнения в 3 раза: $K_3 = 0,8/3 = 0,27$; переход от конструкции с двумя ПП — при уменьшении K_3 на треть: $K_3 = 0,8 \cdot 2/3 = 0,53$.

Переход от исходной платы на типоразмер $S/4$ (т. е. на четыре ПП) возможен при уменьшении коэффициента заполнения в 4 раза: $K_3 = 0,8/4 = 0,2$; переход от конструкции с тремя ПП — при уменьшении K_3 на четверть: $K_3 = 0,8 \cdot 3/4 = 0,6$.

Аналогично можно представить условия перехода на другие типоразмеры ПП.

Если в соответствии с представленными условиями изменять конструкцию электронного модуля в части изменения количества ПП, соответственно уменьшая их площадь, то зависимость коэффициента заполнения от времени, представленная на рис. 5, примет такой вид, как показано на рис. 6.

В электронном модуле, конструкция которого позволяет при наступлении соответствующих условий устанавливать две, три и более ПП вместо одной, увеличение коэффициента заполнения ПП происходит скачкообразно и составляет, соответственно, два, три и более раз. При этом выигрыш можно представить также увеличением функциональной емкости электронного модуля, соответственно, в два, три и более раз. Этот выигрыш — максимальный в принятых условиях, т. е. при требовании достижения максимального значения $K_3 = 0,8$ и обеспечения своевремен-

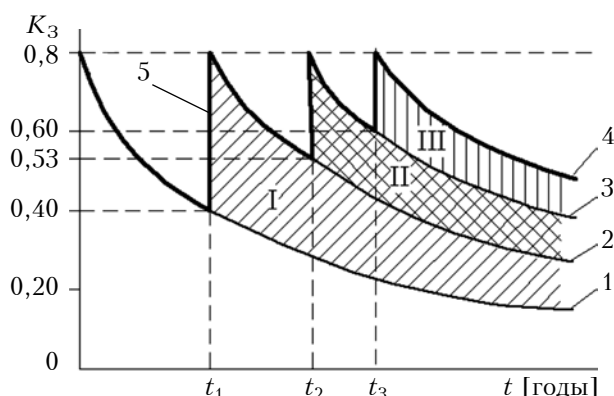


Рис. 6. Корректировка тенденции изменения коэффициента заполнения ПП с развитием РЭА путем использования конструкции электронного модуля с двумя (2), тремя (3) и четырьмя (4) ПП вместо одной (1):

1 — 4 — статистические кривые снижения коэффициента заполнения печатных плат; 5 — кривая, иллюстрирующая зависимость K_3 при своевременном переходе на меньшие размеры ПП; t_1, t_2, t_3 — моменты перехода, соответственно, на две, три и четыре ПП

ного перехода на соответствующее количество ПП в электронном модуле.

На рис. 6 получаемый с течением времени выигрыш от перехода к двум печатным платам вместо одной, к трем вместо двух и к четырем вместо трех отражается площадью заштрихованных зон, соответственно, I, II и III.

Выводы

В результате исследования несущих конструкций вставных блоков и блочных каркасов с целью повышения их компоновочных характеристик разработаны следующие конструктивные решения:

1. Конструкция вставных блоков, предусматривающая вместо одной две и более печатных плат меньших размеров, что позволяет компенсировать уменьшение коэффициента заполнения плат в перспективе и повысить функциональную емкость электронных модулей.

2. Конструкция блочного каркаса с двусторонним расположением вставных блоков и организацией электрических соединений с помощью кросс-платы, в которой используются электрические соединители для поверхностного монтажа, что позволяет выполнять независимую установку вставных блоков по обе стороны кросс-платы и создавать условия для увеличения количества вставных блоков.

При этом важным является то, что предложенные решения не приводят к изменению структуры построения стандартных несущих конструкций и ухудшению других ее показателей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Шимкович А. А. Конструирование несущих конструкций РЭС и защита их от дестабилизирующих факторов. Учебное пособие. — Минск: БГУИР, 1999.
2. МЭК 61076-4-101:2001. Разъемы для электронного оборудования. Часть 4-101. Разъемы установленного качества для печатных плат. Частный стандарт на модули разъемов, состоящих из двух частей, с координатной сеткой шагом 2,0 мм для печатных и объединительных плат в соответствии с МЭК 60917.
3. МЭК 61076-4-113:2002. Соединители для электронной аппаратуры. Соединители для печатных плат. Часть 4-113. Частные технические условия на соединители, состоящие из двух частей, имеющие 5 рядов и координатную сетку 2,54 мм, применяемые для печатных плат и задних панелей шин.
4. МЭК 60297-3-104-2006. Механические конструкции для электронного оборудования. Размеры механических конструкций серии 482,6 мм (19 дюймов). Часть 3-104: Размеры блочных каркасов и вставных блоков, зависящие от серии применяемых разъемов.
5. ГОСТ Р МЭК 60297-3-101-2006. Конструкции несущие базовые радиоэлектронных средств. Блочные каркасы и связанные с ними вставные блоки. Размеры конструкций серии 482,6 мм (19 дюймов).
6. МЭК 60297-3-101:2004. Механические конструкции для электронного оборудования. Размеры механических конструкций серии 482,6 мм (19 дюймов) Часть 3-101. Блочные каркасы и связанные с ними вставные блоки.
7. Пат. 110872 України. Радиоэлектронный блок / А. А. Єфіменко, О. П. Карлангач, С. М. Лазарев. — 2016. — Бюл. № 4.

Дата поступления рукописи
в редакцию 14.09 2016 г.

НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ З ПІДВИЩЕНИМИ КОМПОНУВАЛЬНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Запропоновано рішення побудови несущих конструкцій у частині вставних блоків і блочних каркасів, що дозволяють підвищувати компоновальні характеристики електронних модулів, секцій і настільних приладів і підвищити їх функціональну ємність без зміни структури побудови стандартних несущих конструкцій. Показана ефективність розроблених рішень.

Ключові слова: несучі конструкції, блочні каркаси, вставні блоки, електронні модулі.

DOI: 10.15222/ТКЕА2015.4-5.23

UDC 621.3.396.6

YEFIMENKO A. A., KARLANGACH A. P.

Ukraine, Odessa National Polytechnic University

E-mail: sasha7725@i.ua

MECHANICAL STRUCTURES WITH ENHANCED LAYOUT CHARACTERISTICS

The authors propose solutions for constructing mechanical structures for electronic equipment in terms of plug-in units and subracks, allowing to increase the layout characteristics of electronic modules, sections and desktop devices and increase their functional capacity without changing the architecture of standard mechanical structures. The paper shows effectiveness of the developed solutions. There is a problem of restraining of mass redundancy of mechanical structures for electronic equipment in relation to the weight of the electronic components. On the other hand, the weight is an indicator of structural strength, providing of which is not less important problem.

These problems can be solved in different ways, the main of which are the following: a) development of new mechanical structures for electronic equipment taking into account the development of the electronic components; b) improving layout characteristics of mechanical structures for electronic equipment without significant changes in their architecture.

The aim of the study was to research mechanical structures of the first level (plug-in units and modules of the second level) of subracks to improve layout characteristics, and to develop methods for the use of connections for surface mounting and for the use of printed circuit boards of smaller dimensions without changing the architecture of the mechanical structures in order to improve layout characteristics.

The research allowed the authors to develop the following solutions:

- 1. The design of plug-in units in which instead of one printed circuit board (PCB) may be two, three or more PCBs of smaller dimensions to compensate a decrease in PCB fill factor in time and to increase the functional capacity of electronic modules.*
- 2. Construction of block designs with a bilateral arrangement of plug-in units and the organization of the electrical connections by way of backplanes with electrical connectors for surface mounting, which allows performing independent installation of plug-in units on both sides of the backplane and creates conditions for increasing the number of plug-in units.*

The proposed solutions do not lead to a change in the architecture of standard mechanical structures for electronic equipment or any performance degradation.

Key words: standard mechanical structure, subrack, plug-in unit, electronic module.

REFERENCES

1. Shimkovich A. A. *Konstruirovaniye nesushchikh konstruktsey RES i zashchita ikh ot destabiliziruyushchih faktorov* [Design of Mechanical structures for electronic equipment and their protection from the destabilizing factors]. Minsk, BSUIR, 1999, 214 p. (Rus)
2. IEC 61076-4-101:2001. Connectors for electronic equipment. Part 4-101: Printed board connectors with assessed quality. Detail specification for two-part connector modules, having a basic grid of 2,0 mm for printed boards and backplanes in accordance with IEC 60917.
3. IEC 61076-4-113:2002. Connectors for electronic equipment - Printed board connectors - Part 4-113: Detail specification for two-part connectors having 5 rows with a grid of 2,54 mm for printed boards and backplanes in bus applications.
4. IEC 60297-3-104:2006. Mechanical structures for electronic equipment - Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series - Part 3-104: Connector dependent interface dimensions of subracks and plug-in units.
5. State Standard R MEK 60297-3-101-2006. [Mechanical structures for radio-electronic equipment. Subracks and associated plug-in units. Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series], 2006 (Rus)
6. IEC 60297-3-101:2004. Mechanical structures for electronic equipment - Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series — Part 3-101: Subracks and associated plug-in units.
7. Yefimenko A. A., Karlangach O. P., Lazarev S. M. *Radioelektronnyy blok* [Radioelectronic unit]. Patent Ukraine, no 110872, Bul. 4, 2016 (Ukr)