

К. т. н. А. С. КОНДРАШОВ, к. т. н. В. И. ШЕЛЕСТ

Россия, г. С.-Петербург, Центр прикладной математики
и механики СПб.О РАН
E-mail: kast68@mail.ru

Дата поступления в редакцию
22.07—11.11 2002 г.

Оппонент А. Л. КРАВЦОВ
(НИИРИ, г. Харьков)

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ БАЗОВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Становится возможной постановка задачи синтеза перспективных БНК, учитывающей как внешние факторы, так и их внутреннюю структуру.

Современным базовым несущим конструкциям (БНК) в полной мере присущи свойства сложных систем. Это иерархичность структуры, тенденция к унификации, дискретность большинства параметров, возможность разделения БНК как сложной системы на подсистемы по функциональному признаку, интегративные свойства упомянутых подсистем, взаимодействие с окружающей средой. В связи с этим особую актуальность приобретает приложение теории системного подхода к проектированию БНК.

Следует отметить, что на современном этапе развития системного подхода к проектированию БНК радиоэлектронных средств (РЭС) преобладает методика [1], представляющая разрабатываемую БНК в виде черного ящика (рис. 1), внутренняя структура которого может иметь самую различную организацию (конструктивное исполнение). При этом задается множество изменяемых $\{X_i\}$ и неизменяемых $\{Y_j\}$ факторов (ограничений) и множество показателей качества $\{Z_k\}$, связанных между собой системой уравнений связи F . Подобное применение системного подхода позволяет выполнить комплексный анализ принимаемого технического решения, а синтез этого решения осуществляется эвристическим или, в лучшем случае, полуавтоматическим способом.

Для автоматизированного многокритериального синтеза перспективных БНК необходима разработка методов системного подхода с учетом внутренней структуры БНК. Рассмотрению такой возможности и посвящена настоящая работа.

Для разработки методов системного синтеза необходимо представить БНК как комплекс взаимодействующих подсистем, описать структуру взаимосвязей, определить входные, выходные параметры и ограничивающие факторы для каждой выявленной связи между подсистемами. После этого можно разрабатывать базы данных по возможным вариантам построения подсистем БНК, выбирать известные или применять оригинальные математические модели для количественного описания этих взаимосвязей. Это со-

здает основу для алгоритмизации задачи системного синтеза БНК.

Учитывая вышеизложенное, руководствуясь определением внутренней структуры БНК и связями между подсистемами, регламентированными государственными (ГОСТ 26.765.20, ГОСТ 26.765.21) и другими отечественными и международными стандартами, выполним разделение БНК на подсистемы по признаку их функционального назначения (см. рис. 2).

На каждом уровне структурной иерархии БНК можно выделить следующие основные подсистемы: 1 — подсистема размещения и компоновки РЭС (отвечающая за определение габаритных, координационных, установочных и присоединительных размеров); 2 — подсистема обеспечения механической прочности; 3 — подсистема обеспечения нормального теплового режима размещаемых РЭС; 4 — подсистема размещения и крепления электромонтажа; 5 — подсистема обеспечения электромагнитной совместимости размещаемых РЭС; 6 — подсистема внешней и межуровневой коммутации (включая применяемые интерфейсы).

Как видно из рис. 2, в составе БНК как сложной системы присутствуют горизонтальные внутриуровневые и вертикальные межуровневые связи, обусловленные наличием взаимного влияния подсистем модулей БНК различного уровня иерархии. Обоснуем факт существования выявленных взаимосвязей между подсистемами и раскроем их качественный характер.

Важной особенностью внутриуровневых связей подсистем БНК является то, что связи между подсистемами осуществляются не непосредственно, а че-

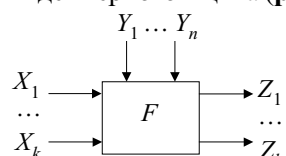


Рис. 1. Графическое представление системной модели БНК без учета ее внутренней структуры

которого может иметь самую различную организацию (конструктивное исполнение). При этом задается множество изменяемых $\{X_i\}$ и неизменяемых $\{Y_j\}$ факторов (ограничений) и множество показателей качества $\{Z_k\}$, связанных между собой системой уравнений связи F . Подобное применение системного подхода позволяет выполнить комплексный анализ принимаемого технического решения, а синтез этого решения осуществляется эвристическим или, в лучшем случае, полуавтоматическим способом.

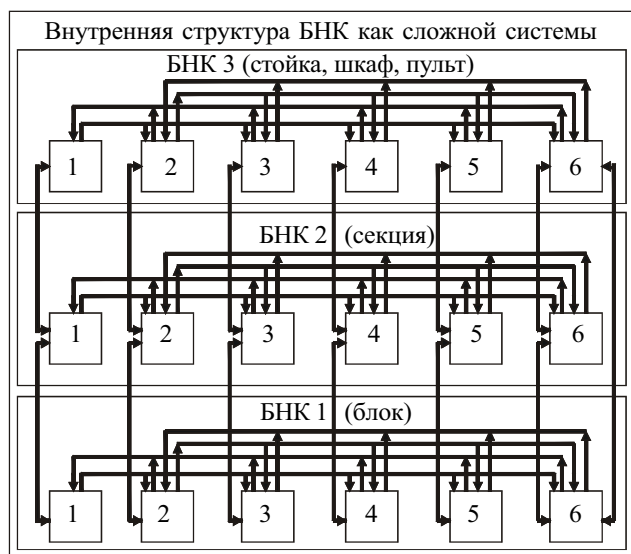


Рис. 2. Внутренняя структура БНК как сложной системы, состав и взаимосвязь ее подсистем

рез структуры и параметры подсистемы размещения и компоновки РЭС, причем эта связь носит двухсторонний характер. Этот факт объясняется тем, что для физического воплощения указанных подсистем требуется определить местоположение и выделить объем в конструктивном модуле соответствующего уровня. При этом расположение и форма выделяемого объема влияют на эффективность работы размещаемых подсистем. И наоборот, от реализации размещаемых подсистем будет зависеть место их расположения и выделяемый под размещение объем.

Между подсистемами обеспечения механической прочности, нормального теплового режима и электромагнитной совместимости, межмодульной коммутации и внутримодульного электромонтажа также имеют место двухсторонние горизонтальные внутриуровневые связи. Они обусловлены тем, что эти подсистемы должны размещаться на элементах системы обеспечения механической прочности НК или интегрироваться с этими элементами.

Наличие вертикальных межуровневых связей между подсистемами компоновки и размещения РЭС обусловлено иерархичностью конструкции базовых перспективных НК, когда модуль НК i -го уровня иерархии служит для размещения в нем n -го числа модулей НК $i-1$ -го уровня иерархии, а сам, в свою очередь, входит как элемент для размещения в модуле НК $i+1$ -го уровня иерархии. При этом должно быть обеспечено размерно-геометрическое соответствие между наружными габаритами модулей i -го уровня иерархии с соответствующими геометрическими параметрами подсистемы компоновки и размещения модуля $i+1$ -го уровня иерархии.

Межуровневые связи между подсистемами обеспечения механической прочности носят двухсторонний характер. Это обусловлено необходимостью фиксации модулей нижнего уровня иерархии в модуле вышестоящего уровня иерархии. За выбор точек крепления, способов фиксации, обеспечение жесткости конструкции отвечает подсистема механической прочности. И эти параметры должны быть согласованы между уровнями конструктивной иерархии.

Межуровневые связи между подсистемами обеспечения нормального теплового режима отражают комплексный характер задачи обеспечения нормального теплового режима РЭС внутри БНК, т. к. невозможно провести адекватный расчет теплового режима модулей верхних уровней иерархии без информации о тепловом режиме модулей нижних уровней иерархии, входящих в их состав, и наоборот. Это полностью согласуется с методикой поэтапного расчета теплового режима РЭС, размещаемых в стоечных конструкциях.

Вертикальные межуровневые связи между подсистемами межмодульной коммутации и межмодульного и внутримодульного электромонтажа обусловлены необходимостью согласованного расположения зон коммутации и электромонтажа на смежных уровнях конструктивной иерархии, иначе осуществление электрических соединений станет конструктивно невыполнимым.

Межуровневые связи между подсистемами обеспечения электромагнитной совместимости обусловлены, в первую очередь, необходимостью осуществления и согласованного расположения гальваничес-

ких связей между экранирующими элементами и шинами заземления. При этом подобные связи могут существовать, в отличие от других межуровневых связей, не только между смежными уровнями.

Следует подчеркнуть, что в предлагаемой работе разделение БНК РЭС на подсистемы выполнялось именно по функциональному принципу с точки зрения того, какие основные задачи решают БНК как подсистемы более сложных систем, каковыми являются РЭС. Поэтому ряд иных подсистем, оказывающих существенное влияние на БНК проектируемых РЭС (в частности, подсистема применяемых интерфейсов, подсистема координационных, установочных и присоединительных размеров, подсистема обеспечения надежности при различных заданных условиях эксплуатации, подсистема применяемой элементной базы), учтены через параметры, ограничения и уравнения связи перечисленных подсистем. Так, на параметры надежности функционирования РЭС, размещенных в проектируемых БНК, оказывают влияние практически все перечисленные подсистемы БНК. Влияние выбора элементной базы также учитывается через параметры и ограничения приведенных подсистем.

Для компактного описания и исследования БНК как сложной иерархической системы с позиций системного подхода обозначим каждую подсистему через M_j^i , где i — номер уровня структурной иерархии модуля БНК, к которому принадлежит подсистема, а j — номер этой подсистемы внутри уровня. Тогда для количественного описания БНК как сложной системы необходимо определить вектор входных параметров $\{X_j^i\}$, вектор неизменяемых $\{Y_j^i\}$ факторов (ограничений), вектор выходных параметров $\{Z_j^i\}$ и связей между этими векторами в виде системы уравнений связи F_j^i . Указанные связи можно описать используя базы данных по реализации соответствующих подсистем и при помощи известных и оригинальных математических моделей или методик расчета [2, 3]. При этом отправной точкой при системном синтезе БНК по-прежнему остаются внешние входные параметры и ограничения, накладываемые на БНК как на целевую систему.

Таким образом, анализ внутренней структуры БНК как сложных технических объектов с учетом связей между подсистемами БНК дает возможность описать математически указанные связи и осуществить автоматизированный многокритериальный синтез внутренней структуры и параметров перспективных БНК. При этом становится возможным построить комплексную математическую постановку задачи синтеза перспективных БНК, учитывающую как внешние факторы и ограничения для БНК, так и их внутреннюю структуру.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств. — М.: Высш. шк., 1990.
2. Лутченков Л. С. Автоматизированное проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств. — М.: Радио и связь, 1991.
3. Кондрашов А. С. Алгоритм выбора оптимальных типоразмеров коммутационных плат при разработке несущих конструкций для аппаратуры связи // В сб.: Синтез и анализ алгоритмов оптимальной обработки сигналов.— СПб.: ГУТ, 1993.— № 158.— С. 94—99.