

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ РЭС

К.т.н. И. В. Жарикова, В. В. Невлюдова, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В статье рассмотрены особенности системологического подхода к анализу параметров РЭС, в частности модулей для бортовой аппаратуры, изготавливаемых с применением гибких коммутационных плат.

У статті розглянуто особливості системологічного підходу до аналізу параметрів РЕЗ, зокрема модулів для бортової апаратури, виготовлених на основі гнучких комутаційних шлейфів.

The description of systemology method features for radioelectronic devices parameters researching is presented in this article. In particular, this type of analyze is used for in-flight modules fabricated on flexible commutative boards basis.

Ключевые слова: системология, маска, параметры РЭС, прогнозирование, массив данных, гибкий шлейф, фильтр.

Введение

Надежность электронной аппаратуры во многом обеспечивается конструктивно-технологическими решениями. Повышение плотности размещения элементов соединений на единицу площади печатных плат, увеличение их абсолютного числа и уменьшение размеров усложняют задачу обеспечения надежности.

Выбор контролируемых параметров модуля РЭС производится исходя из особенностей проектирования и технологии изготовления, а также условий его эксплуатации.

Модель процесса отказов РЭС может быть разработана на основе системологического подхода.

Системология занимается актуальными проблемами поиска математических методов решения междисциплинарных задач и имеет достаточно гибкий аппарат, позволяющий описывать широкий спектр систем и системных задач. В системологии рассматривается широкое поле системных проблем, среди которых определяющее значение имеют информационные, реляционные и структурные проблемы [1].

Основные понятия системологии для анализа параметров РЭС

Можно выделить следующие типы описания РЭС:

- функциональное – отображает основные принципы работы и протекающие в РЭС физические и информационные процессы;

- конструкторское – отображает физическую реализацию РЭС, его геометрические формы, расположение в пространстве, используемые материалы и компоненты;

- технологическое – относится к методам и средствам изготовления РЭС.

Традиционное использование моделирования подразумевает, что система, воспроизводящая соответствующие свойства объекта исследования, моделируется на компьютере для порождения сценариев

при различных предположениях относительно среды системы, а также при различных параметрах самой системы.

Множество переменных обычно подразделяется на два подмножества, называемые основными переменными и параметрами.

Параметр – переменная величина, имеющая объективную меру. На множестве значений параметров задаются значения характеристик.

Чаще всего в качестве параметров выступают время, пространство и различные совокупности объектов одного типа.

Совокупность состояний всех параметрических переменных образует параметрическое множество, при котором наблюдается изменение в состояниях отдельных основных переменных.

Основные переменные при построении системологической модели отказов РЭС могут быть разделены на входные и выходные переменные. При таком разделении состояния входных переменных рассматриваются как условия, влияющие на выходные переменные.

После того как исходная система дополнена данными, т. е. действительными состояниями основных переменных при определенном наборе параметров, системы этого уровня называются системами данных. В зависимости от задачи данные могут быть получены из наблюдений или с помощью измерений (как в задаче моделирования систем) или определены как желательные состояния (в задаче проектирования систем).

Так, например, благодаря визуализации процесса изменения параметров РЭС с использованием табличного отображения переменных в системе данных можно проследить динамику изменения переменных во времени, произвести оценку стабильности параметров системы и характера воздействия на них, а также спрогнозировать отказы РЭС, определив граничные значения параметров. Такие матричные модели могут быть использованы, в частности, при оценке устойчивости параметров НЧ-фильтров в зависимости от паразитных параметров в течение определенного времени [2]. В свою очередь стоит отметить, что устойчивость фильтра является параметром его качества и, в конечном итоге, характеризует безотказность всего устройства в целом.

Изменения во внешнем мире системология описывает понятиями «событие» и «состояние». При наблюдении изменения во времени события относят к моменту времени, а состояния к отрезку времени.

Состояниями объекта будем называть выделенные подмножества значений его характеристик.

Если в момент времени t_1 значение индуктивности катушки, входящей в состав фильтра, изменилось, то будем говорить, что произошло событие. При этом произошла также смена состояния.

В терминах события и состояния полное наблюдение за объектом имеет следующую структуру:

$S1(t_1)$, событие – появление объекта;

$S(t)$, состояние – существование объекта;

$S2(t_2)$, событие – исчезновение объекта,

причем $t_2 > t_1$; $t_1 < t < t_2$.

Поведением объекта будем называть изменение его состояний во времени.

Современная системология вырабатывает средства описания, пригодные для передачи как человеку, так и автомату (компьютеру). Таким наиболее распространённым средством является «табличный язык» – рис. 1.

Содержимое всех клеток таблицы называется данными. Поэтому можно сказать, что объекты в системологии описываются множеством данных. Очевидно, что все данные на рис. 1 можно свести в одну более сложную таблицу.

Если речь идет, например, об изменении значения добротности низкочастотного фильтра, то по таблицам, вид которых оказан на рис. 2, можно определить момент времени, когда величина добротности фильтра будет недопустимой.

Важной задачей при построении модели отображения параметров РЭС является выбор данных для столбцов таблицы массива данных, которые позволили

бы впоследствии с использованием так называемых масок проследить развитие системы.

Оптимальное решение задачи выбора маски дает возможность получения наилучшей функции поведения системы.

Самая подходящая маска характеризуется мерой сложности, оцениваемой по используемому числу выборочных переменных $|M|=k$ и порождаемой маской нечеткости.

Важной задачей при построении модели отображения параметров РЭС является выбор данных для столбцов таблицы массива данных, которые позволили бы впоследствии с использованием так называемых масок проследить развитие системы.

Оптимальное решение задачи выбора маски дает возможность получения наилучшей функции поведения системы.

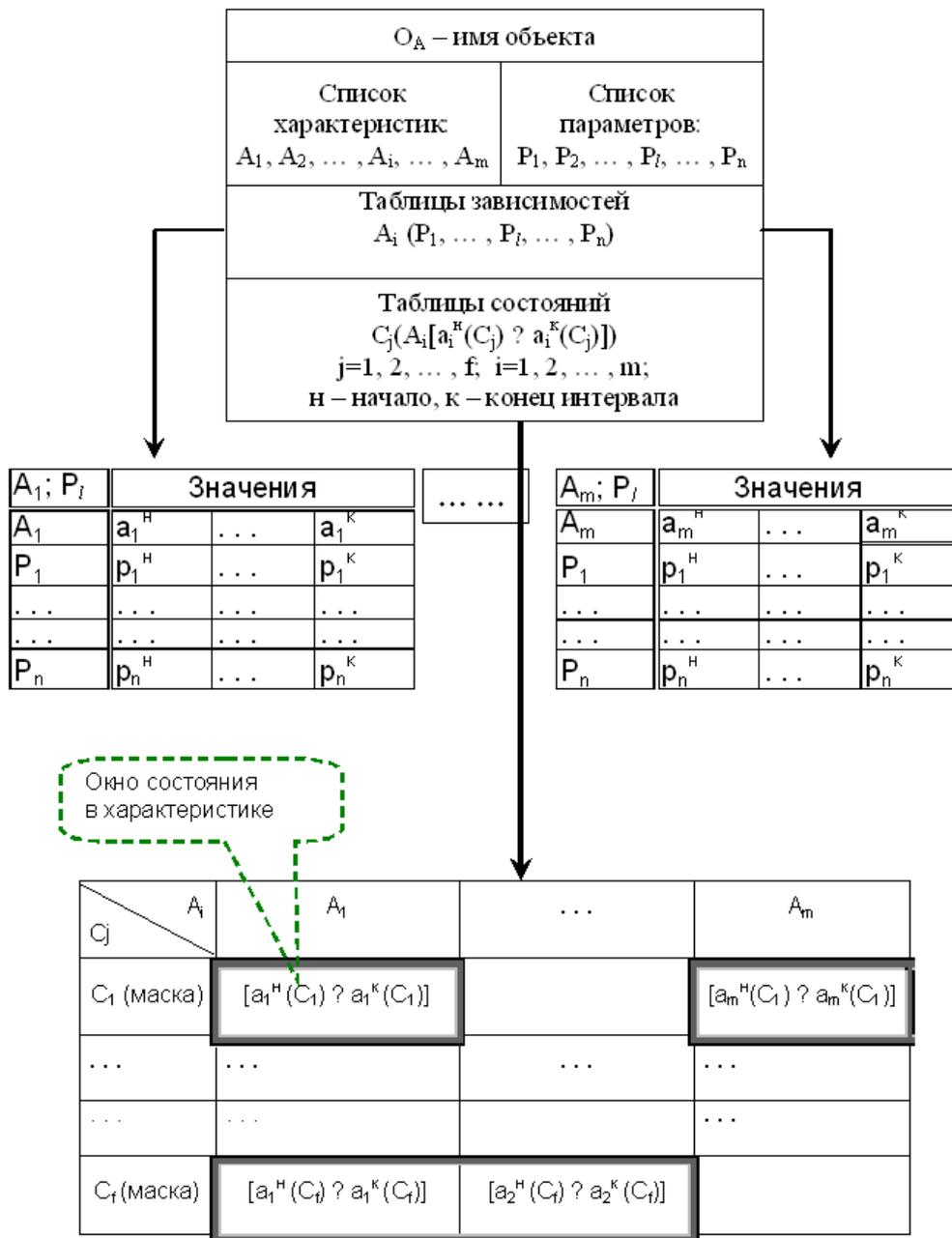


Рис. 1. Табличное описание объекта O_A , имеющего m характеристик, заданных на n параметрах и f состояний, маска состояния – строка C , окно состояния в характеристике – элемент строки C

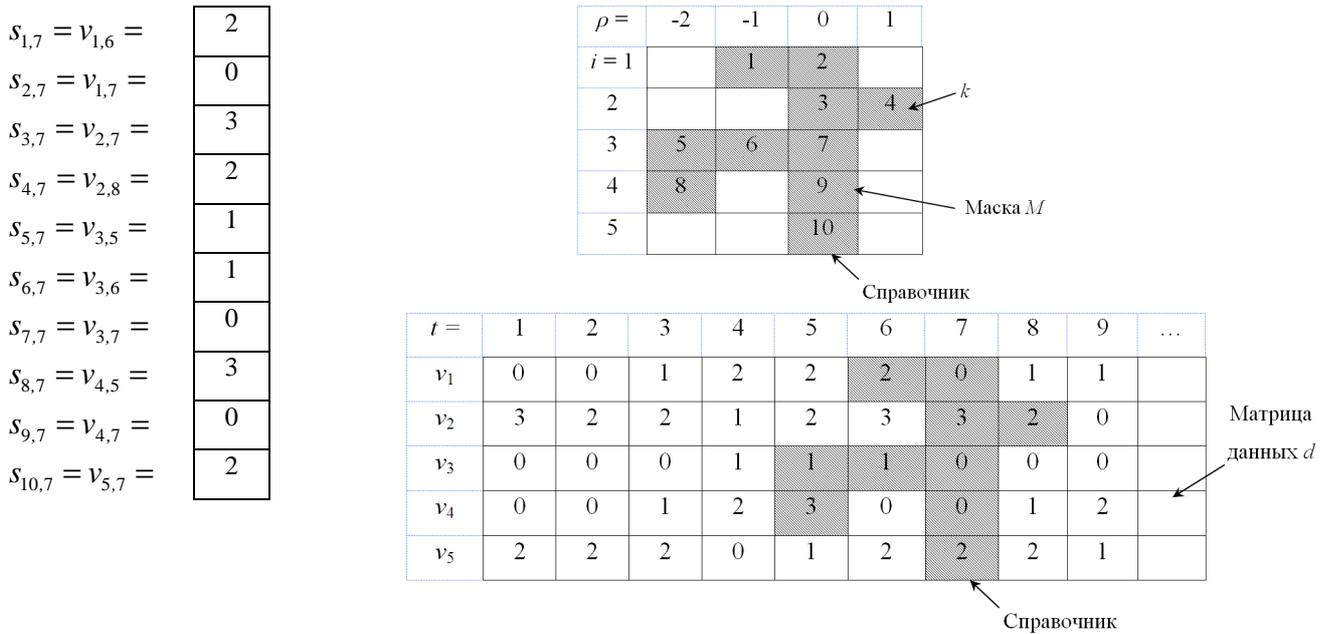


Рис. 2. Пояснение понятия маски для полностью упорядоченных параметрических множеств

Самая подходящая маска характеризуется мерой сложности, оцениваемой по используемому числу выборочных переменных $|M|=k$ и порождаемой маской нечеткости.

Более сложные маски дают меньшую нечеткость, но их обработка более трудоемка. Число допустимых масок $N(n, \Delta M)$ зависит в каждом конкретном случае от выбора параметров n (число базовых переменных) и ΔM (глубина маски):

$$N(n, \Delta M) = (2^{\Delta M} - 1)^n - (2^{\Delta M - 1} - 1)^n.$$

Выбор параметров системы РЭС

В качестве объекта исследования были выбраны бортовые РЭС, которые, как правило, работают в наиболее жестких условиях по сравнению с другими устройствами радиоэлектронной промышленности (рис. 3). Характерной особенностью для них является быстрая смена температур и вибраций.

Одной из важнейших задач при создании бортовых РЭС является выбор способов защиты от дестабилизирующих факторов (механических, климатических, помех).

Таким образом, основные требования к конструкциям РЭС различного назначения выражаются в их способности противостоять климатическим и механическим воздействиям в процессе эксплуатации.

При воздействии на аппаратуру вибраций ударов и линейных ускорений могут произойти следующие нарушения функционирования: восстанавливаемые и невозстанавливаемые.

К восстанавливаемым относятся электромагнитные шумы и параллельная модуляция, к невозстанавливаемым – обрывы и поломки. К восстанавливаемым отказам относятся акустические искажения и появления в получаемом сигнале большого уровня шумов и паразитная модуляция положительного сигнала, которая возникает вследствие тензоэффекта и пьезоэффекта.

Такие нарушения могут возникать в тонкопленочных резисторах, полупроводниковых приборах и даже в обычных проводниках, которые колеблются в магнитном переменном поле. При

воздействии на конструктивный элемент вибрации малого уровня может возникнуть динамическая упругая деформация, при большом уровне вибраций может возникнуть пластическая деформация. Если же вибрации будут еще большие, то может произойти разрушение конструкции.

Кроме механической ветви реакции РЭС существует ещё и электрическая. Она обусловлена деформацией и механическим напряжением. Существует понятие устойчивости РЭС, оно характеризуется нормальным функционированием аппаратуры при механических воздействиях. Причинами нарушения устойчивости РЭС могут быть:

- изменение значения переходного сопротивления в контактных группах разъемов и т. д.;
- изменение параметров пассивных элементов РЭС;
- изменение параметров активных элементов РЭС;
- появление шумовых напряжений в проводниках, колеблющихся в магнитных полях;
- появление шумовых напряжений в колебаниях за счет возникающих электрических зарядов при механических воздействиях в высококачественных диэлектриках.

В дальнейшем предполагается изготовление устройства для бортовой аппаратуры на основе гибких коммутационных плат, которые получили широкое распространение благодаря обеспечению возможности снижения габаритно-массовых характеристик, стоимости, повышения надежности устройств, содержащих такие структуры.

Особенно актуальным применение подобных шлейфов является для портативных телекоммуникационных устройств, для систем наземной и спутниковой связи.

Перечисленные конструкторско-технологические направления в развитии техники монтажа многослойных коммутационных плат предъявляют целый ряд специфических требований к качеству материала гибких оснований и к технологическим операциям при изготовлении плат и кабелей и их сборке.

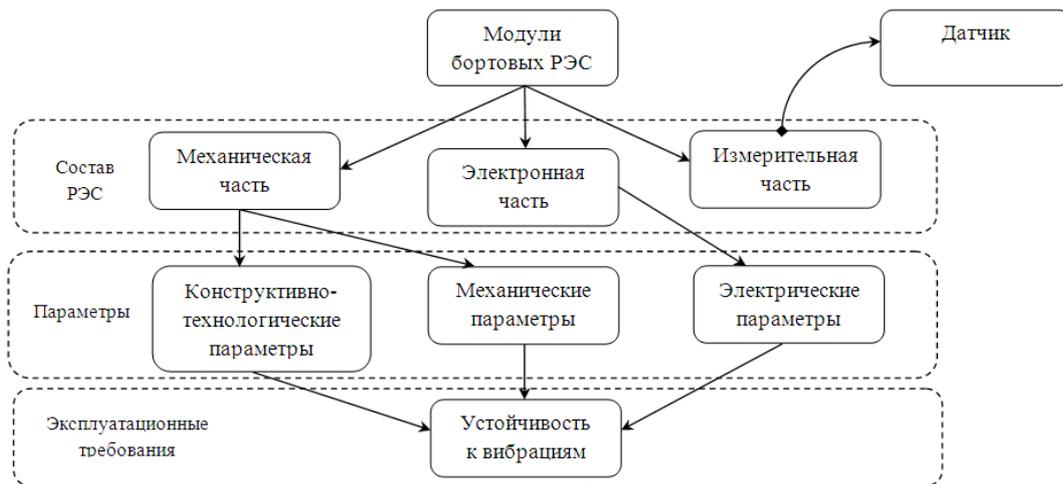


Рис. 3. Схематическое отображение параметров бортовых РЭС и взаимосвязей между ними



Рис. 4. Параметры РЭС для построения системологической модели

На выходные параметры конструкции РЭС на гибком печатном основании могут влиять такие параметры (см. также рис. 4):

- механические: жесткость платы, частота собственных колебаний, динамическая гибкость, износ;
- электрические: паразитные параметры системы проводников, электромагнитная совместимость и т. п.
- технологические: количество слоев платы, материалы основания и проводящих слоев, тип межслойного соединения, ширина проводников и зазор между ними [3-4].

В конечном итоге названные переменные, характеризующие надежность модуля в целом, могут быть использованы в качестве переменных для табличного отображения динамики изменения параметров модулей бортовых РЭС, о чем уже говорилось выше.

Выводы

Таким образом, предложенный системологический подход к анализу изменения параметров РЭС может быть использован для прогнозирования отказов при помощи

визуализации динамики изменения переменных системы во времени и возможности отслеживания их приближения к критическим значениям.

При этом новизной такого подхода может также стать возможность комплексной оценки параметров РЭС на всех этапах жизненного цикла изделий, включающих их проектирование, производство и эксплуатацию.

Дальнейшие исследования будут направлены на построение модели, связывающей входные и выходные параметры РЭС, а также создание ПО для реализации функции прогнозирования отказов РЭС на основе системологического подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
2. Філінюк М. А., Ліциньська Л. Б. Активні УВЧ і НВЧ фільтри: монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 396 с.
3. Технологии в производстве электроники. Часть III. Гибкие печатные платы / Под общ. ред. А. М. Медведова и Г. В. Мылова. – М. : Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
4. Пирогова Е. В. Проектирование и технологии печатных плат. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

