

УДК 621.3

А.А. Андрусевич¹, И.В. Жарикова², В.В. Невлюдова², Н.П. Демская²¹ Криворожский колледж Национального авиационного университета, Кривой Рог² Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ОТОБРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЭС НА ОСНОВЕ СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В статье представлены особенности системологического подхода к исследованию параметров РЭС, в частности, рассмотрены основные понятия системологии для анализа изменения параметров РЭС. Описана структура табличного отображения переменных системы с течением времени. Изложены критерии выбора параметров РЭС, использующихся для построения системологической модели. Разработана методика прогнозирования параметров РЭС и построения модели отказов на основе использования математического аппарата системологии с целью повышения надежности радиоэлектронных модулей.

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

Введение

Направления дальнейшего совершенствования способов и средств автоматизации проектирования радиоэлектронных средств (РЭС) сопряжены с необходимостью сокращения трудоемкости создания, адаптации и сопровождения прикладных программных систем автоматизации, сокращения трудоемкости и повышения качества проектирования с внедрением этих систем, обеспечения возможностей накопления и распространения опыта более обученных профессионалов, интеграции действий инженерного проектирования.

Системная методология представляет собой совокупность способов исследования параметров разных классов систем и решения системных задач, т.е. задач, касающихся отношений в системах.

Анализ предметной области. 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]. 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 соот-

ветствующие 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).

Постановка задачи. На основе системологического подхода может быть разработана модель процесса отказов РЭС.

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. В свою очередь стоит отметить, что устойчивость фильтра является параметром его качества и, в конечном итоге, характеризует безотказность всего устройства в целом.

Табличное представление параметров РЭС

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 распространенным средством является «табличный язык» – рис. 1.

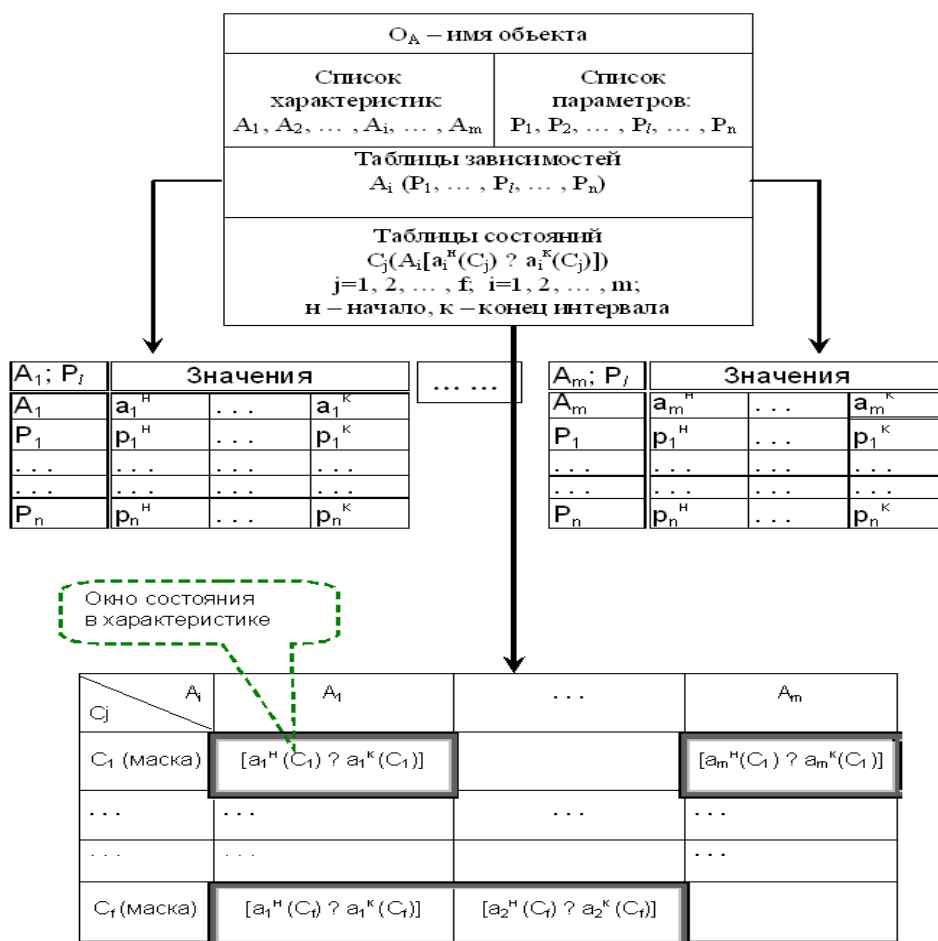


Рис. 1. Табличное описание объекта O_A, имеющего m характеристик, заданных на n параметрах и f состояний, маска состояния – строка C, окно состояния в характеристике – элемент строки C

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 показан на рис. 2, можно определить момент времени, когда величина добротности фильтра будет недопустимой.

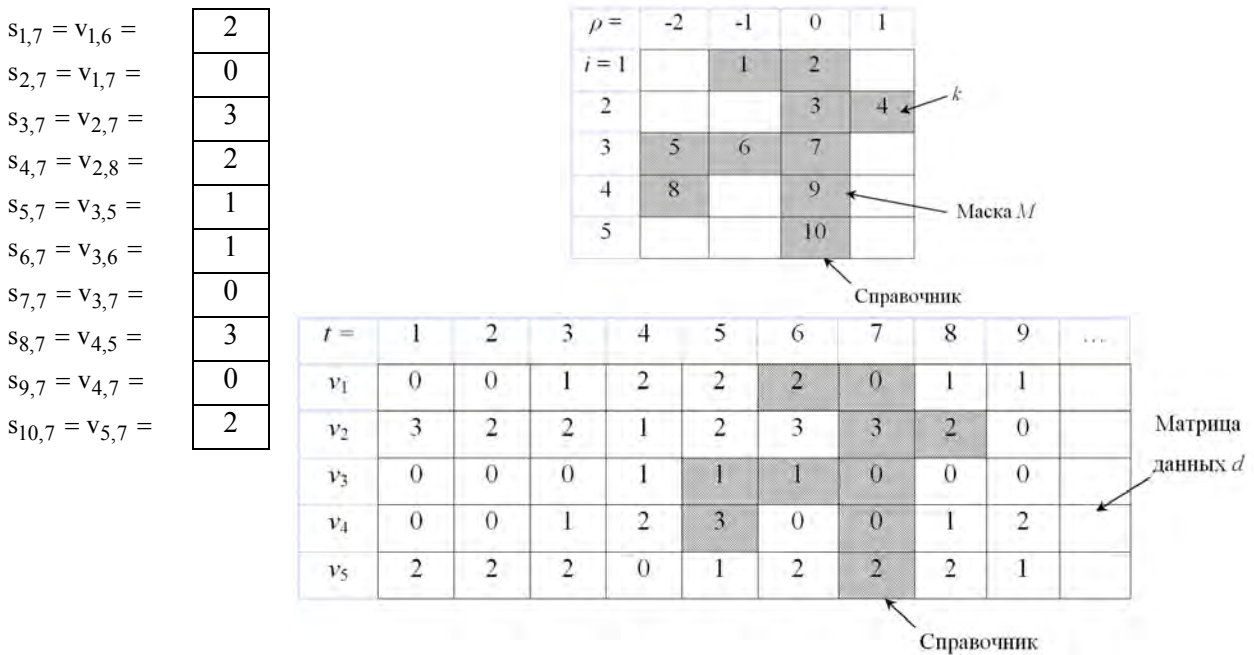


Рис. 2. Пояснение понятия маски для полностью упорядоченных параметрических множеств

Выбор параметров системы РЭС

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.

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

В качестве объекта исследования были выбраны бортовые РЭС, которые, как правило, работают в наиболее жестких условиях по сравнению с другими устройствами радиоэлектронной промышленности. 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.

Например, на выходные параметры конструкции бортового РЭС на гибком печатном основании могут влиять такие параметры (рис. 3):



Рис. 3. Параметры РЭС для построения системологической модели

– 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.

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.

Методика прогнозирования параметров РЭС

Первым этапом любого эмпирического исследования является определение исходной системы на соответствующем объекте. Основная проблема этого этапа исследования явления – выбор обычно из многих возможностей исходной системы, наилучшим образом соответствующей цели исследования и удовлетворяющей имеющимся ограничениям.

В ходе анализа параметров модулей РЭС с использованием системологического подхода необходимо:

- определить наиболее важный параметр;

При единичном наблюдении свойство имеет одно конкретное проявление. Для определения возможных изменений его проявлений требуется множество наблюдений этого свойства. Для этого, однако, необходимо, чтобы отдельные наблюдения свойства, осуществляемые с помощью одно и той же процедуры наблюдения, каким-то образом отличались одно от другого. Любое существенное свойство, на самом деле используемое для определения различий в наблюдениях одного и того же свойства, будем называть базой (backdrop).

Выбор подходящих баз достаточно гибок, однако не совершенно произволен. Ограничения при этом выборе достаточно выражены в описанных ниже требованиях, которым должны удовлетворять правильно выбранные базы; эти ограничения могут служить руководящими принципами в процессе определения системы на интересующем нас объекте.

Во-первых, базы должны быть применимы ко всем свойствам системы, для которой они определены.

Во-вторых, базы системы должны отвечать назначению, для которого определяется данная система.

И в-третьих, наблюдения всех свойств системы должны однозначно определяться базами системы, т.е. каждый элемент базового множества (значение определенного момента времени) определяет одно и только одно проявление любого из свойств.

Типичной базой, пригодной практически для любого свойства, является время. В этом случае разные наблюдения одного свойства отличаются друг от друга тем, что они сделаны в разные моменты времени.

Также в процессе построения подобных табличных представлений изменения переменных (параметров РЭС) с течением времени возникает проблема квантования этого времени, т.е. выбора единиц его измерения, или, иными словами, интервала времени между столбцами, наиболее подходящего для задач прогнозирования. Так, например, в нашем случае это могут быть минуты, часы, дни.

– выделить наиболее значимые переменные, имеющие конкретные значения в определенные моменты времени;

- определить возможный диапазон изменения

переменных;

– свести значения переменных в таблицу, отображающую их связь с величиной параметра;

– определить методологический тип переменных и параметров, т.е. комбинации таких свойств данных, как упорядоченность, расстояние, непрерывность.

Удобнее всего при исследовании параметров РЭС данные представлять как упорядоченные и использовать дискретные переменные;

– определить систему объекта, представляющую и исходную системы, а также канал наблюдения.

Последний может быть четким или нечетким;

Каналом наблюдения будет выступать любая операция, вводящая конкретную переменную как образ свойства. Канал наблюдения, с помощью которого свойство a_i представляется переменной v_i , реализуется функцией

$$o_i : A_i \rightarrow V_i .$$

– если данные получены через нечеткий канал наблюдения, то необходимо выполнить представление данных соответствующими четкими данными;

– определить допустимые маски.

Будем включать в маску те переменные, которые получены по четкому каналу наблюдения и те, в значениях которых с течением времени можно проследить некую закономерность, уже не зависящую от времени;

– определить функцию поведения.

Функция f_B – типичная функция выбора – выбирает состояния выборочных переменных из множества всех потенциальных состояний (из декартова произведения S). Так как подобный выбор дает по крайней мере некоторые сведения о поведении этих переменных, функцию f_B обычно называют функцией поведения (behavior).

Стоит обратить внимание на то, что функция f_B определяет реально встречающиеся состояния s , но не определяет значение параметра, при котором они имеют место. Таким образом, эта функция является параметрически инвариантной. Также следует обратить внимание на область определения f_B . Она одинакова для всех типов функций поведения и определяется через маску, которая, в свою очередь, определяется через переменные и параметры представляющей системы. Отсюда следует, что некоторая система, скажем система F_B , характеризующая параметрически инвариантное ограничение на множество переменных через функции поведения, определяется тройкой

$$F_B = (I, M, f_B) , \quad (1)$$

где I – обобщенная представляющая система; M – маска, определенная на I ; f_B – функция поведения, определенная через M и I . Такая система будет называться системой с поведением.

Несмотря на то, что любая система с поведением, определяемая (1), параметрически инвариантно описывает ограничения на переменные представляющей системы, она не содержит описания того, как использовать это ограничение для порождения данных. Для разработки такого описания нужно разбить выборочные переменные на 2 подмножества:

– переменные, состояния которых порождаются из ограничения; назовем их порождаемыми переменными;

– переменные, состояния которых используются как условия в процессе генерации, назовем их порождающими переменными.

Вычислять распределение вероятности или возможности по частотам можно разными способами. Выбор способа зависит от того, какой смысл придает пользователь этим вероятностям или возможностям. Так, например, если вероятности рассматриваются как характеристики данных, то обычно вычисляются относительные частоты, т.е. отношения $N(c)$ к общему числу имеющихся выборок из данных по используемой маске. Отсюда

$$f_B(c) = N(c) / \sum_{\alpha \in C} N(\alpha). \quad (2)$$

Если, однако, вероятности рассматриваются как оценки частот по уже имеющимся результатам наблюдения, то они вычисляются по формуле

$$f_B(c) = (N(c) + 1) / \left(\sum_{\alpha \in C} N(\alpha) + |C| \right). \quad (3)$$

Поскольку распределения возможностей менее ограничены, чем их вероятностные аналоги (например, к ним не надо добавлять 1), существует еще больше возможных правил для вычисления их по частотам $N(c)$. Естественный способ вычисления распределения возможностей, который можно считать аналогом формулы (2) – это считать значение возможности равной отношению частоты $N(c)$ к максимальной зафиксированной частоте, т.е.

$$f_B(c) = N(c) / \max N(\alpha), \alpha \in C. \quad (4)$$

По другой формуле распределение возможности вычисляются по соответствующим вероятностям. Пусть $f_B(c)$ и $f'_B(c)$ – это соответственно возможность и вероятность состояния c ($c \in C$).

Тогда

$$f_B(c) = \sum_{\alpha \in C} \min[f'_B(c), f'_B(\alpha)]. \quad (5)$$

Выводы

Таким образом, благодаря системологическому подходу, использованию табличного представления экспериментальных данных, использованию масок и вычислению функций поведения становится возможным прогнозировать изменение параметров модулей РЭС с течением времени, в частности, определять допустимый диапазон изменения переменных с целью анализа безотказности РЭС.

Список литературы

1. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клар. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
2. Флейшман Б.С. Основы системологии / Б.С. Флейшман. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
3. Жарикова И.В. Системологический подход при исследовании параметров РЭС / И.В. Жарикова, В.В. Невлюдова // Технология приборостроения. – 2014. – №2. – С. 40-43.
4. Жарикова И.В. Анализ параметров гибких коммутационных шлейфов на основе системологической модели РЭС / И.В. Жарикова, В.В. Невлюдова, Ж.И. Хоменко // Тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій», 17–19 вересня 2014 р., м. Запоріжжя. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – С. 278-279.

Поступила в редколлегию 15.09.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.И. Филипенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ РЕЗ НА ОСНОВІ СИСТЕМОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ

А.О. Андрусевич, І.В. Жарікова, В.В. Невлюдова, Н.П. Демська

У статті представлені особливості системологічного підходу до дослідження параметрів РЕЗ, зокрема, розглянуті основні поняття системології для аналізу процесу зміни параметрів РЕЗ. Описана структура табличного представлення змінних системи з плином часу. Викладені критерії вибору параметрів РЕЗ, що використовуються для побудови системологічної моделі. Розроблена методика прогнозування параметрів РЕЗ і побудови моделі відмов на основі використання математичного апарату системології з метою підвищення надійності радіоелектронних модулів.

Ключові слова: системологія, маска, параметри РЕЗ, прогнозування, масив даних.

REPRESENTATION OF RADIOELECTRONIC DEVICES PARAMETERS CHANGING PROCESS ON THE BASIS OF SISTEMOLOGY MODEL

A. A. Andrusевич, I. V. Zharikova, V. V. Nevlyudova, N. P. Demskaya

In the article the features of the sistemologic method for radioelectronic devices parameters researching are presented. In particular, the basic concepts of sistemology are considered for the analysis of radioelectronic devices parameters changing. The structure of tabular representation of system variables with the course of time is described. The criteria of radioelectronic devices parameters choosing, used for the sistemologic model construction are expounded. The method of radioelectronic devices parameters prognostication and failures modeling is developed on the basis of sistemology mathematical techniques using for the purpose of radioelectronic modules reliability increase.

Keywords: sistemology, mask, radioelectronic devices parameters, prognostication, data array.