

Программное обеспечение многоаспектного параметрического моделирования

Кходер Хабиб Мухссен¹, Г. В. Верховая², С. В. Акимов³

Кафедра автоматизации предприятий связи

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций

¹h.khoder@list.ru, ²galina500@inbox.ru, ³akimov-sv@yandex.ru

Аннотация. Предложены многоаспектные модели системных объектов для автоматизированной системы комплексирования магистрально-модульных систем. Представлено программное обеспечение многоаспектного параметрического моделирования для автоматизации поддержки таких систем на этапах жизненного цикла, в том числе маркетинговые исследования, проектирование, производство, эксплуатация с составлением электронного паспорта изделия.

Ключевые слова: магистрально-модульные системы; многоаспектное моделирование; параметрический синтез; система жизненного цикла; комплексная модель; СВЧ-усилитель

I. ВВЕДЕНИЕ

Модульный принцип построения систем получает все более широкое распространение благодаря гибкости и возможности быстрого комплексирования систем из унифицированных модулей. Однако универсальные автоматизированные системы, ориентированные на комплексирование магистрально-модульных систем и поддержку их на всех этапах жизненного цикла, отсутствуют. Данное положение дел обусловлено необходимостью использовать в таких системах специальные многоаспектные модели [1, 2], адекватно отражающих специфику модульных систем, включая возможность комплексирования с учетом различных видов совместимости.

II. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МНОГОАСПЕКТНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Модульный принцип обеспечивает возможность комплексирования системы из ряда независимых, функционально и конструктивно законченных модулей [3], обеспечивая потребителю возможность самому подбирать необходимую конфигурацию системы и выполнять ее модернизацию. Взаимодействие модулей обычно осуществляется через единую магистраль, ввиду чего часто говорят о магистрально-модульном принципе построения систем [4]. При комплексировании систем необходимо соблюдать различные виды совместимости (функциональной, конструктивной, программной, информационной и т.д.).

При создании автоматизированных систем комплексирования модульных систем необходимо использовать модели, адекватно отражающие сущность модульного построения. Данные модели должны обеспечить представление многоаспектной информации о модуле, включая информацию об интерфейсах, агрегируемых модулях, связях между модулями. Кроме того, данные модели должны обеспечить формализмы манипуляциями отдельными модулями, включая комплексирование с учетом различных видов совместимости.

В основу автоматизированных систем комплексирования модульных систем могут быть положены комплексные и параметрические модели, являющиеся частным случаем комплексных моделей. И комплексные и параметрические модели являются многоаспектными моделями, так как позволяют отражать различные аспекты моделируемых объектов. На рис. 1 показано соотношение системных объектов (модулей), объединенных в классы, аспектов, и параметров данных аспектов [5].

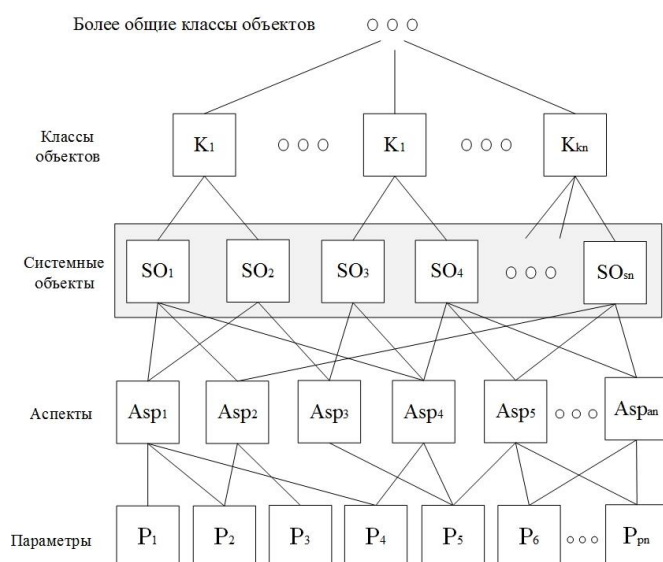


Рис. 1. Представление магистрально-модульных систем на основе многоаспектных параметрических моделей

Представление множества технико-экономических характеристик на основе параметрического многоаспектного моделирования, учитывающего различные аспекты модулей, может быть определено в следующем виде (1):

$$TЭХ = \bigcup_{i=1}^n P_{A_i} \quad (1)$$

где P_{A_i} – множество параметров, i -го аспекта.

Определение технико-экономических характеристик и технико-экономических требований может быть выполнено с использованием параметров комплексной модели (2):

$$P_{A_i} \in P \quad (2)$$

где P – множество параметров, используемых в комплексных моделях.

Назначением параметров комплексных моделей является удобное представление различных характеристик моделируемых объектов, автоматическую идентификацию алгоритмов обработки информации (многокритериальный поиск, комплексирование с учетом выполнения различных видов совместимости), что определяет различие в представлении и реализации параметров многоаспектных моделей и типов в алгоритмических языках общего назначения.

Ниже представлены примеры параметров (3–6):

Целочисленный параметр (3):

$$\begin{aligned} \overset{def}{Int} = & \langle name, symbol, type, unit, v, v_{min}, v_{max}, init, dim \rangle; \\ & v, v_{min}, v_{max} \in \mathbb{Z}; \\ & type = Int. \end{aligned} \quad (3)$$

Вещественный параметр (4):

$$\begin{aligned} \overset{def}{Real} = & \langle name, symbol, type, unit, v, v_{min}, v_{max}, init, dim \rangle; \\ & v, v_{min}, v_{max} \in \mathbb{R}; \\ & type = Real. \end{aligned} \quad (4)$$

Параметр булева типа (5):

$$\begin{aligned} \overset{def}{Bool} = & \langle name, symbol, type, v, init \rangle; \\ & v, init \in \{0,1\}; \\ & type = Bool. \end{aligned} \quad (5)$$

Строковой параметр (6):

$$\begin{aligned} \overset{def}{String} = & \langle name, symbol, type, v, init, dim \rangle; \\ & v \in Strings; \\ & type = String. \end{aligned} \quad (6)$$

где $name$ – имя параметра, $symbol$ – обозначение параметра, $type$ – тип параметра, $unit$ – единица измерения параметра, v – текущее значение параметра, dim – размерность параметра, $init$ – значение параметра по умолчанию, v_{min}, v_{max} – минимальное и максимальное значение параметра.

III. АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Создание универсального программного обеспечения, обеспечивающего автоматизированное комплексирование магистрально-модульных систем, требует наличия библиотеки многоаспектного параметрического моделирования. Данное программное обеспечение должно создаваться на базе методологии комплексных и параметрических моделей, рассмотренных в предыдущих разделах. Ниже приведены результаты разработки прототипа автоматизированной системы многоаспектного моделирования магистрально-модульных систем.

При разработке программного обеспечения использовались следующие технологии: программная платформа Microsoft .NET 4.6, технология ASP.NET 4.6, технология MVC 6, язык программирования C#, документно-ориентированная система управления базами данных MongoDB. На рис. 2 представлена архитектура программного обеспечения.

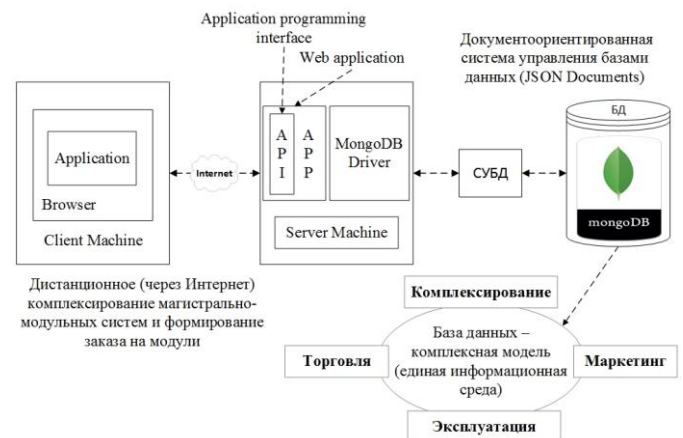


Рис. 2. Структурная схема программного обеспечения

В основе разработанного модуля лежит библиотека программных сущностей, реализующих параметры комплексных моделей (3-6). Данная библиотека может быть использована в информационных средах комплексной поддержки магистрально-модульных систем на всех этапах жизненного цикла (маркетинговые исследования, формирование оптимальных параметрических рядов стандартных функциональных модулей, комплексирование, развертывание, эксплуатация, модернизация).

При создании автоматизированной системы были разработаны программные библиотеки моделирования магистрально-модульных систем, механизмы ведения единой базы данных модулей различных производителей, доступной через Интернет, а также разработаны веб-приложения комплексирования модульных систем на основе магистрально-модульного принципа построения.

На рис. 3 представлена объектная модель, отражающая основные сущностные классы системы многоаспектного параметрического моделирования.

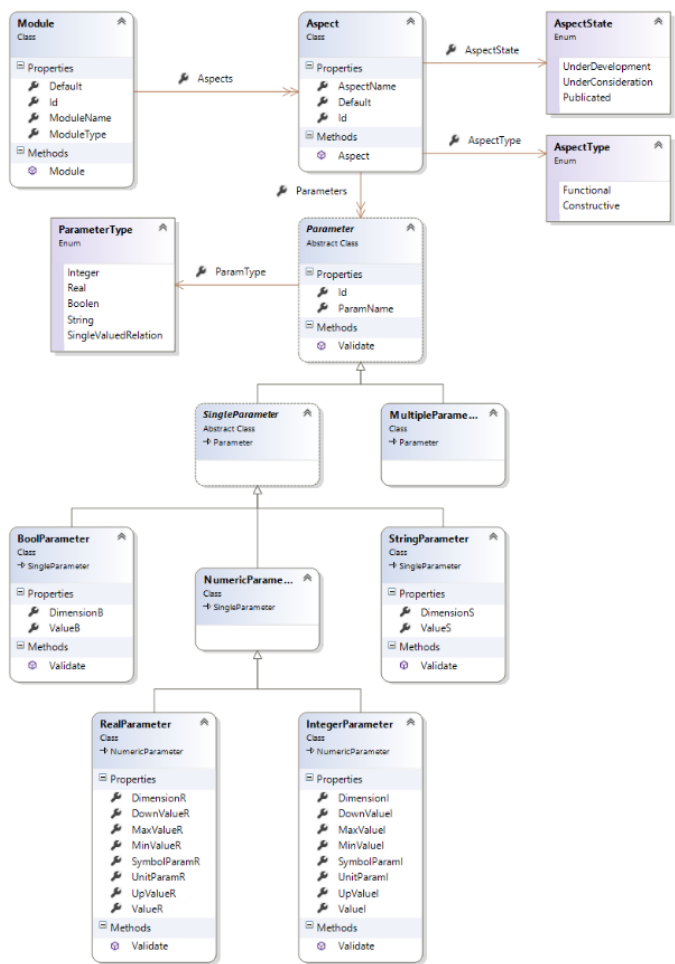


Рис. 3. Структура базы данных для сохранения информации о модулях

IV. МНОГОАСПЕКТНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрим примеры многоаспектного параметрического моделирования системных объектов, к которым относятся как отдельные модули, так и магистрально-модульные системы, с помощью разработанного программного обеспечения. На рис. 4 представлен пример пользовательского интерфейса создания электронного модуля на основе многоаспектных параметрических моделей.

Многоаспектные параметрические модели обеспечивают манипуляцию моделями на уровне системных аспектов. Другими словами, методология параметрического многоаспектного моделирования обеспечивает адекватное представление системных параметров как отдельных модулей, так и составленных из них систем и не требуют значительных вычислительных ресурсов.

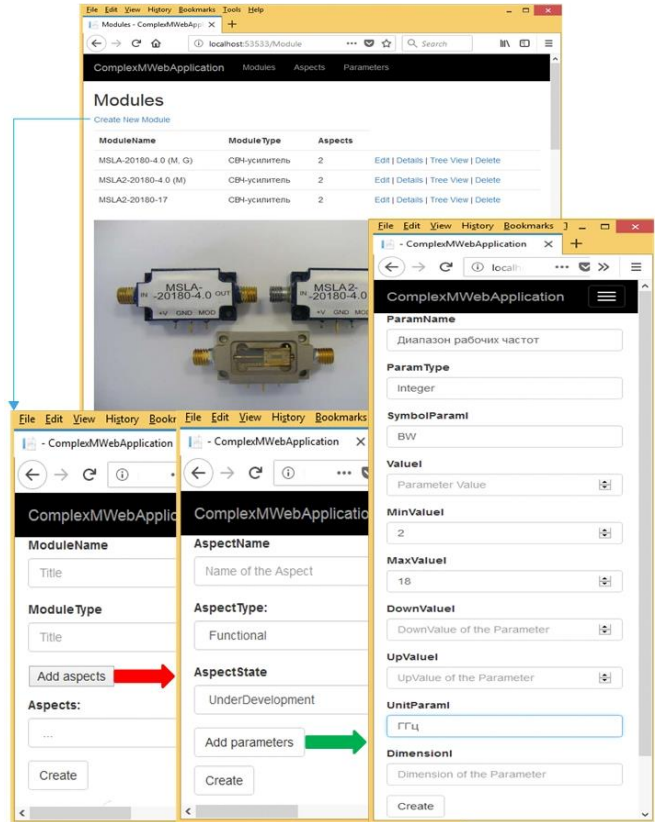


Рис. 4. Интерфейсы многоаспектного параметрического моделирования системных объектов

Приведем пример многоаспектного параметрического моделирования импульсного радара, который состоит из модулей (подсистем), таких как смеситель, генератор импульсов, маломощный усилитель, мощный широкополосный усилитель, детектор и т.д. Каждый компонент в системе импульсного радара может быть представлен многоаспектной макромоделью, которую можно рассматривать как черный ящик, отражая лишь те параметры, которые необходимы для обеспечения совместимости и определения характеристик модулей различного уровня разукрупнения.

Маломощный широкополосный СВЧ-усилитель является одной из составных частей импульсной радиолокационной системы, и может быть представлен с использованием данной методологии на системном уровне (рис. 5). Параметры усилителя представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (MSLA 2) при T=25°C, 50 Ом

Параметры	Обозн	MSLA-20180-4.0 (М)	Ед. изм.
Диапазон рабочих частот	BW	2 - 18	ГГц
Коэффициент усиления	G _{ss}	24 - 28	дБ
Коэффициент шума	N _f	< 4.5	дБ
Выходная мощность при компрессии 1 дБ	P _{1dB}	>10	мВт
КСВН входа и выхода	VSWR	< 2.5	

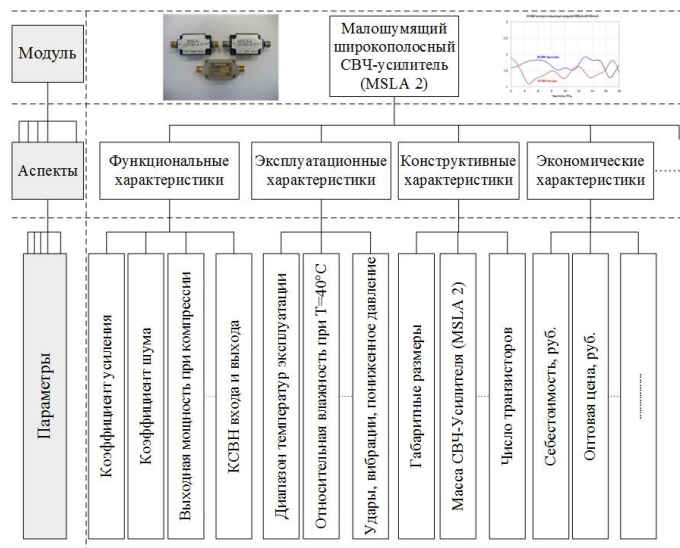


Рис. 5. Представление малошумящего широкополосного СВЧ-усилителя с помощью многоаспектного параметрического моделирования

На рис. 5 представлены параметры усилителя MSLA 2, сгруппированные по аспектам. Как видно из рис. 6, все параметры усилителя могут быть представлены с помощью одного из параметров комплексных моделей (3–6).

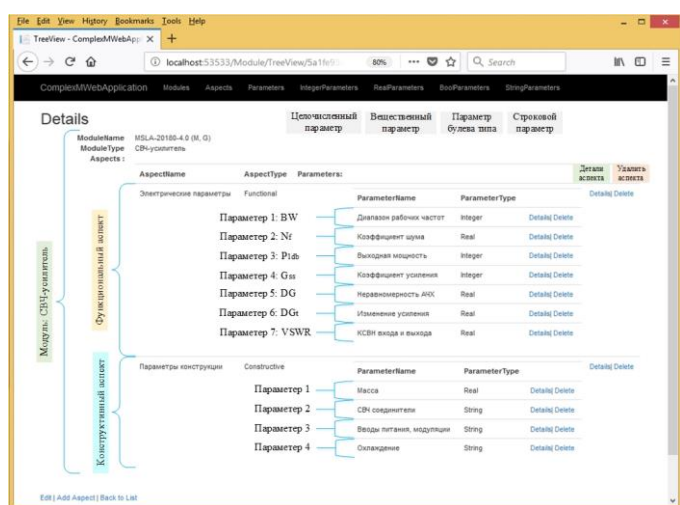


Рис. 6. В данном окне отображаются детали модуля (Малошумящий широкополосный СВЧ-усилитель (MSLA 2))

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный действующий прототип автоматизированной системы многоаспектного параметрического моделирования реализован в виде веб-приложения и обеспечивает:

- создание информационных шаблонов отдельных аспектов, которые могут быть использованы при параметрическом моделировании модулей различного уровня разукрупнения;

- поиск модулей по нескольким параметрам, а также с учетом совместимости с другими модулями.

Созданный прототип может быть положен в основу единой информационной среды, представляющей собой новый тип информационных продуктов, сочетающих в себе систему автоматизированного комплексирования, систему управления жизненным циклом изделия, торговую площадку и площадку проведения маркетинговых исследований. Данная среда обеспечит поддержку магистрально-модульных систем на всех этапах жизненного цикла, включая:

- проведение маркетинговых исследований и формирование рациональных параметрических рядов стандартных функциональных модулей;
- комплексирование магистрально-модульных систем из модулей разных производителей, представленных в данный момент на рынке, с учетом всех видов совместимости;
- дистанционное (через интернет) формирование заказа на модули;
- формирование электронных каталогов, содержащих комплексную информацию о модулях различного уровня разукрупнения, с обеспечением поиска по заданным критериям и учетом совместимости с другими модулями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Verkhova G.V., Akimov S.V. Multi-aspect modeling system objects in CALS // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). 2017. pp. 449–451.
- [2] Akimov S.V., Verkhova G.V. The four-level integrative model methodology of structural and parametric synthesis of system objects // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). 2016. pp. 321–323.
- [3] Levin M. Modular System Design and Evaluation. Switzerland.: Springer International Publishing, 2015. 485 p.
- [4] Шубарев В.А., Меткин Н.П., Зверев В.Н. Магистрально-модульное построение РЭС – стратегическое направление радиоэлектронного приборостроения // Электроника: наука, технология, бизнес / СПБ, 2008. Спецвыпуск. С. 20–23.
- [5] Khoder H.M., Verkhova G.V., Akimov S.V. Parametric multi-aspect modeling of distributed bus-modular control systems // Proceedings of 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS). 2017. pp. 259–262.